Revilla

FABRICACIÓN

DE ARTILLERIA

F.A.S.
229

FABRICACIÓN DE ARTILLERÍA

TEXTO

Fabricación de Artillería

por

Don Rafael de la Revilla y Cifre,

CAPITAN DE ARTILLERÍA

Obra recompensada con la cruz de primera clase del Mérito Militar, pensionada, por R. O. de 11 de Octubre de 1893, y declarada de texto para la Academia del Cuerpo é impresa por R. O. de 7 de Mayo de 1894.

J. L. V.
BIBLIOTECA
N-75

VALLADOLID:
Establecimiento tipográfico de Hijos de J. Pastor,
Impresores del Ilustre Colegio de Abogados,
LIBERTAD, 13 Y 18.

1894.

Es propiedad.

Ejemplar núm. 36

OBJETO DE LA OBRA

Explicándose en la Academia del Cuerpo, por lecciones orales, la construcción de las bocas de fuego, á causa de la carencia de texto apropiado, pues ni nacional ni extranjera existe obra moderna que detalle tal fabricación, hoy tan esmerada y precisa; la importancia tan grande, á nuestro juicio, que tal ramo de los conocimientos artilleros tiene; y la dificultad de poder ser debidamente estudiada y comprendida solamente con las explicaciones del profesor de la clase, por escogidas y doctas que sean; han motivado que emprendiera este trabajo, hecho sin otras pretensiones que dar á conocer á los alumnos de nuestra Academia, minuciosamente, con método y claridad, fabricación tan delicada, en sus múltiples aspectos, facilitándoles así, el estudio de parte tan interesante de la Industria Militar.

La mayor recompensa, pues, será para mi, haber alcanzado dicho objeto, y que á la vez esta obra, que someto á la ilustración de mis jefes y compañeros, tenga acogida ben vola y sea del agrado del Cuerpo.

Rafael de la Revilla.

FABRICACIÓN DE ARTILLERÍA

SUMARIO.

PÁGINAS.

Introducción..... 3

1.ª PARTE.

Obtención de los elementos constitutivos de los cañones.

CAPÍTULO PRIMERO

Obtención del hierro colado para cañones.

Moldeo..... 11
Arenas.—Su preparación..... 12
Modelos..... 16
Cajas de moldear..... 18
Construcción del molde..... 19
Fusión.—Hierros que se emplean..... 24
Pruebas de recepción de los hierros que constituyen la fórmula de fusión..... 29
Hornos de reverbero..... 30
Marcha de los hornos en una fundición..... 32

CAPÍTULO II

Fabricación del bronce para cañones..... 36

CAPÍTULO III

Fabricación del acero para artillería.

FUSIÓN.

Sistemas de fusión..... 45
Crisoles..... 46
Obtención del acero de crisoles en hornos de viento..... 47

PÁGINAS.

Fusión del acero en crisoles en hornos de reverbero y de gas 53
Fusión del acero en solera.—Hornos Siemens 56
Marcha del gasógeno y modo de operar en el horno Siemens 59

CAPÍTULO IV

Tratamiento á que se someten los lingotes de acero.

Estructura de los lingotes 65
Sistemas para modificarla 66
Teoría celular del acero 71
Forja.—Hornos de recalentar 76
Sistemas de pozos Gjers 78
Martillos 79
Prensas hidráulicas 81
Prensas de forjar Whitworth 82
» » sistema Tannet 85
Ligera comparación entre el martillo y la prensa 87
Manera de forjar los lingotes 88

CAPÍTULO V

Temple de los lingotes forjados, de acero.

El temple, según la teoría celular 91
Efectos que el temple produce según se verifique 92
Maneras de efectuarse la operación de templar 94
Determinación de la temperatura del horno 97
Doble temple y recocido 100

CAPÍTULO VI

Resumen de las operaciones que se practican con los aceros para artillería.—Fabricación de tubos de acero por el procedimiento Mannesman 103

PÁGINAS.

CAPÍTULO VII

Fabricación de sunchos..... 106

CAPÍTULO VIII

Pruebas á que se someten los tubos, manguitos y sunchos de acero, y condiciones á que deben satisfacer..... 112

2ª PARTE.

Operaciones mecánicas.

CAPÍTULO PRIMERO

Cañones de fundición, entubados ó sunchados.

Corte de la mazarota..... 125
Centrado del ánima..... 128
Torneo de los asientos para las lunetas..... 130

CAPÍTULO II

Barrenado del ánima..... 132
Bancos de barrenar en que el cañón gira y la barrena avanza..... 133
Bancos de barrenar en que cañón y barrena ruedan..... 137
Cabezas de barrenar..... 140
Manera de efectuarse el barrenado..... 143
Alojamiento del tubo..... 146

CAPÍTULO III

Entubado, sunchado y últimas barrenas.

Entubado..... 149
Sunchado..... 157
Últimas barrenas..... 160

PÁGINAS.

CAPÍTULO IV

Cañones de bronce comprimido.

Corte de la mazarota, barrenado y mandrilado..... 161

CAPÍTULO V

Cañones de acero.

Diferentes sistemas de artillería de acero..... 168
Preparación del tubo, manguito y sunchos, para enmanguitar y sunchar..... 176
Enmanguitado y sunchado..... 177
Barrenado..... 179

Operaciones mecánicas comunes á todos los cañones.

—

CAPÍTULO VI

Esmerilado del ánima..... 180

CAPÍTULO VII

Rayado de los cañones..... 185
Máquina de rayar con copiador horizontal..... 189
» » » vertical..... 194
» » » lateral inclinado..... 200
» » con hélice en el vástago..... 202
» » llamada universal..... 203
Cabezas de rayar..... 205
Copiadores ó plantilllas para máquinas de rayar.—Su construcción..... 209
Ejemplos prácticos de trazados de copiadores..... 216
Trazado de copiador ó hélice en los vástagos á máquina. 220
Esmerilado de las rayas..... 222

PÁGINAS.

CAPÍTULO VIII

Recamarado..... 224
Recamarado con barrena expansiva, en bancos de barrenar. 225
Máquinas de recamarar con copiador..... 227
Cabeza de recamarar, propia de máquina copiadora..... 229
Copiador para recamarar.—Su trazado y construcción... 230
Ejemplo práctico de construcción de un copiador para recamarar..... 232
Manera de efectuarse el recamarado en máquinas especiales de recamarar..... 235
Bancos de barrenar con copiadores para hacer recámaras. 236
Recámaras de los cañones de carga simultánea..... 238

CAPÍTULO IX

Alojamiento del cierre y anillo..... 239
Roscado del alojamiento del cierre..... 242
Seccionado..... 242

CAPÍTULO X

Torneo exterior..... 247
» de los muñones..... 251
Cepillado entre muñones..... 255

CAPÍTULO XI

Ajuste.—Cierres y obturadores.—Trazado de la línea de mira.—Peso y preponderancia.—Grabado, pavonado y pintura.

Ajuste..... 261
Cierres y obturadores..... 262
» de cuña..... 263
» de tornillo, con obturador Piorskowsky..... 264
Obturador Broadwell..... 266

PÁGINAS.

Obturador Freire 266
» plástico de Bange 269
Cierre italiano, con obturador Bange 269
Obturador mixto 269
Construcción de los obturadores y cierres 270
Determinación y trazado de la línea de mira 277
Trazado de los centros de los soportes para aparatos de punteria 286
Determinación del peso y preponderancia 287
Grabado, pavonado y pintura 288

CAPÍTULO XII

Reconocimientos.

Reconocimientos interiores 291
Hipocelómetros de puntas.—Su fundamento 293
Hipocelómetro modelo alemán 294
» español 297
» Freire 299
Estrella movil 301
Hipocelómetro inglés 303
Compás de rayas 305
Reconocimiento del alojamiento del cierre y otros 307
Antigua estampa española 307
Estampa modelo alemán 308
Reconocimientos exteriores 309
Reconocimientos que deben practicarse según los diferentes casos 310
Prueba de fuego 314

Apéndice.

Fabricación de los cañones de acero con envueltas de alambre 315

FABRICACIÓN DE ARTILLERÍA

FABRICACIÓN DE ARTILLERÍA

INTRODUCCIÓN

La industria militar es una de las principales ramas de la industria general, pues comprendiendo tanto la fabricación de las piezas de artillería, sus montajes y proyectiles, como la de armas de fuego portátiles y blancas, la cartuchería, pólvoras, explosivos y toda clase de artificios, bien se comprende toda su importancia.

Asombra verdaderamente cuán rápidos se suceden los progresos en todos los ramos del saber humano, y es de ver cómo á favor de tales adelantos la industria militar se perfecciona de día en día, y hoy aparece un nuevo invento, que pronto se anticúa, no dándose reposo las naciones á mejorar su material de guerra. La metalurgia se desarrolla, permitiendo la fusión y forja de bloks de acero, de dimensiones extraordinarias, precisas á formar los cañones de grueso calibre y potentes blindajes; el bronce, incapaz de resistir las altas presiones que hoy se piden si se han de

obtener grandes energías, adquiere por el mandrilado tenacidad y dureza bastantes para hacerlo apto á la construcción de algunas piezas de artillería; la química y la electricidad, avanzando en sus descubrimientos, hacen surgir nuevas aplicaciones de ellas, y se presenta el aluminio, como metal capaz de sustituir al bronce y aun al acero, y se combina el nickel con este último, produciendo el acero-nickel, metal de una gran tenacidad, dando lugar á nuevos tipos de corazas, ensayándose á la vez en la construcción de cañones y proyectiles; nacen los modernos explosivos, aparece la pólvora sin humo; y la electricidad se emplea, ya en el funcionamiento de telémetros, para medir distancias, en el teléfono y telégrafo para establecer comunicaciones, ora para iluminar el campo enemigo ó los alrededores de las plazas, bien para comunicar el fuego á las piezas y minas, ó como fuerza, en fin, en algunas modernas construcciones de artillería. Asimismo, el agua y el aire se encierran en frenos hidráulicos, compresores hidropneumáticos y recuperadores, amortiguando el retroceso de los montajes, anulándolo casi, haciendo automática la entrada en batería y ocultando el cañón, apenas ha hecho fuego, mediante los montajes de eclipse. Por otra parte, la mecánica y las matemáticas se enriquecen con nuevas teorías; y la maquinaria favorece el trabajo de investigación; se poseen aparatos delicados y precisos con que hacer el estudio de los fenómenos que tienen lugar dentro de la pieza, desde que la pólvora inicia su combustión, hasta que el proyectil sale, y desde ese instante hasta su choque con un medio resistente, dando un gran paso adelante la balística, así interior, como exterior, y de penetraciones. Y todos estos conocimientos y aplicaciones son precisos, aunándose en conjunto harmónico, para formar el moderno material de guerra.

Tarea por demás árdua sería entrar en el estudio general de la industria militar, que fabricaciones tan várias comprende; más modestas nuestras aspiraciones, solo vamos á ocuparnos del estudio de una parte: de la fabricación de las piezas de artillería.

Las primeras materias que exige la fabricación de las piezas de artillería, son el hierro fundido, el acero ó el bronce, metales y aleaciones metálicas, que satisfacen mejor á las condiciones que debe reunir el material con que estén constituidas, cuales son tenacidad, elasticidad y dureza.

Antiguamente, y antes de conocer las ventajas que habría de proporcionar á la fabricación, el adoptar los metales fusibles, se construyeron de hierro forjado, soldando barras longitudinalmente, reforzadas por aros unidos entre sí, cuyo sistema fué enseguida abandonado, fundiéndose posteriormente de cobre, bronce y casi simultáneamente de hierro colado. Después se empezó á usar el acero, si bien limitando su empleo, hasta que gracias al desarrollo de los procedimientos metalúrgicos para su obtención y los poderosos medios de forja de que hoy se dispone, ha entrado en la confección de las bocas de fuego, ya solo, ó sirviendo para reforzar las de hierro colado, dando nacimiento á la artillería de acero y la de hierro entubada y sunchada.

El bronce, tal como se empleaba primeramente, no podía soportar las presiones que después se exigieron, aumentando su resistencia el mandrilado, dando lugar á la aparición de los cañones de bronce-acero ó bronce comprimido, al sistema Uchatius.

Una nueva aleación metálica, el bronce de aluminio, se presenta como una esperanza para el porvenir, si su producción se verifica en condiciones más económicas, á fin de reducirse su precio, hoy aún alto, y los procedimientos para obtenerlo, ya por el método electro-dinámico, ó por el químico, se perfeccionan de modo que aseguren una producción en gran escala. Las piezas de artillería que se construyeran con tal metal, serían más ligeras que las de bronce y acero, pues su tenacidad es mayor y más pequeña la densidad; resistirían mejor que las de bronce á la acción química de los gases de la pólvora, no estando expuestas á la producción de cavidades por licuación; siendo su calor específico mayor, podrían hacer un número más crecido y seguido de disparos, y tendrían además la ventaja, sobre las de hierro y acero, de no oxidarse.

No obstante, como la metalurgia del aluminio aún no está suficientemente adelantada para producir grandes masas y éstas á precios aceptables, no volveremos á hablar de tal clase de piezas. Y por el estado embrionario de la construcción de cañones de acero-nickel, tampoco hemos de ocuparnos de éstos. En nuestro estudio pues, nos ceñiremos á las piezas constituídas por el hierro, acero y bronce.

Puede decirse que en el momento presente, es el acero el metal por excelencia para la constitución de los cañones, por ser el más tenaz y elástico, á la vez que el que menos se dilata. La fundición, sin embargo, aunque menos elástica y tenaz puede aumentar su resistencia con el sunchado, que admite muy bien, y sobre todo colocando un tubo de acero en el sitio más peligroso, ó sea en la recámara, estendiéndose hasta más allá de los muñones, evitando el prematuro deterioro de dicha parte, no produciéndose las erosiones y desgaste del rayado que se observa en los

cañones de fundición sunchados, de grueso calibre, que tirando con cargas grandes de pólvora progresiva lenta, á causa de la misma lentitud, el calor desarrollado por la combustión de la misma, persiste por más tiempo, quemando las ánimas.

El bronce, que goza de la preciosa propiedad de no romper sinó después de haber rebasado en mucho su límite elástico, es en cambio el más atacado por los gases de la pólvora, separándose bien pronto el estaño, dando lugar á cavidades; no admite tampoco ser reforzado con sunchos, y solo mediante el mandrilado, imaginado por el General Uchatius, se transforma en una aleación más resistente, sin que á pesar de ello, lo sea bastante para poderse emplear en la constitución de piezas que hayan de soportar muy altas presiones.

De todos modos y aunque en casi todas las naciones el material de artillería que se construye es de acero, como también se fabrican en algunas, piezas de bronce comprimido y de hierro colado, de ellas nos ocuparemos en nuestro estudio. Y lo mismo que se construyan con unos ú otros materiales, se puede dividir la fabricación en dos partes: la primera comprende una série de operaciones todas metalúrgicas, y la segunda otras en su casi totalidad mecánicas.

FABRICACIÓN DE ARTILLERÍA

1.ª PARTE

Obtención de los elementos constitutivos de los cañones.

CAPÍTULO PRIMERO

Obtención del hierro colado para cañones.

Moldeo.—Cuando se trata de construir piezas de fundición, sean éstas entubadas ó estén reforzadas con sunchos, hay en primer lugar, que producir el cuerpo del cañón. Este se puede obtener, de primera fusión, es decir, directamente de los altos hornos, ó en segunda fusión, procedimiento el más generalizado, haciendo uso de hornos de reverbero en los que se refunde el hierro colado, que después se vierte en un molde. Por consiguiente, esta primera parte del trabajo de las piezas de artillería de fundición, comprende á su vez dos operaciones distintas; construcción del molde que ha de recibir el metal, ó moldeo; y fundición del hierro.

El moldeo de una pieza de artillería es análogo al de varios objetos de la industria particular y puede por tanto hacerse empleando cualquiera de los tres sistemas generales de moldeo, en barro, en arena, ó mixto, siendo preferible el en arena, que es el que se ejecuta valiéndose de un modelo, generalmente metálico, apisonando la arena de moldeo fuertemente, entre las paredes exteriores de éste y las interiores de las cajas de moldear.

Moldeo mixto es el en que el modelo se construye aplicando capas de barro, preparado expresamente, sobre un alma ó huso que puede girar alrededor de un eje horizontal, dándosele la forma exterior por medio de una terraja puesta de canto contra la superficie del barro. Dicho modelo, así formado, se recuece á fin de hacerle bastante consistente; y valiéndose de él se practica después el moldeo en arena, apisonándola entre él y las cajas.

El moldeo en barro se efectúa sobre un modelo formado de barro refractario, que es recocido, y sobre el que se estienden sucesivas capas de igual materia hasta que reuna el suficiente espesor; y retirando después el modelo, queda hecho el molde, que se recuece, y refuerza con aros y flejes de hierro que sustituyen á las cajas.

Por la ligera idea dada de las tres clases de moldeo, se comprenderá que el en arena tiene ventajas sobre los demás; y así es que generalmente es el seguido para el de las piezas de artillería de hierro colado.

Las cajas, así como los modelos, son de hierro, y su duración por tanto mayor; resultando, tratándose de una producción grande, el sistema, económico, fácil y de gran exactitud. Por otra parte, como la arena es más consistente que el barro, se separan con más facilidad, las piezas fundidas, del molde, quedando las superficies más limpias.

Para efectuar el moldeo por este sistema hay necesidad de cajas, modelos, y arena conveniente.

Arenas.—*Su preparación.*—La arena que se emplea para moldeo, como ha de hallarse en contacto con el metal en el momento de la colada, debe ser suficientemente refractaria para no fundirse, que se pondría blanda, dando lugar á que el molde se degradara produciendo cavidades en el exterior de la pieza fundida; y de grano algo grueso y anguloso, pues muy menuda sería más fácil que el molde se deformara, ya al sacar el modelo, ó en el momento de sentir el metal líquido y porque dicha forma y tamaño de grano hacen más poroso el molde, eliminándose mejor la humedad

al secarle en las estufas, y dejando en la colada más fácil salida á los gases que al contacto del metal fluído se forman.

Atendiendo, pues, al doble objeto que han de llenar tales arenas, de ser plásticas para que el molde conserve la forma que se le haya dado, y duras y refractarias en alto grado, para evitar las deformaciones de aquél fundiéndose ó agrietándose, es claro que han de estar formadas por la mezcla, en determinadas proporciones, de sílice y alúmina. Estas, suelen variar entre 70 y 95 de sílice y 30 á 5 de alúmina; entrando además en su composición, la cal, magnesia, potasa y diferentes óxidos metálicos, en particular el de hierro.

Como los óxidos metálicos hacen más y más fusibles las arenas, á medida que los poseen en mayor cantidad, conviene que no entren en una proporción que exceda del 1 al 2 %. Por igual razón no debe pasar la cal del 2 %. Tampoco contendrán carbonato de cal, pues descomponiéndose á una temperatura inferior á la del hierro colado líquido, al verificarse la colada se desprendería ácido carbónico, que degradaría el molde produciendo cavidades en la superficie de la pieza fundida. La magnesia y la potasa no perjudican á las arenas; ésta porque suele entrar en pequeñas dósis y aquélla porque aun llegando al 3 % solo las hace más untuosas.

Siendo las cualidades que ha de reunir una buena arena de moldeo, las expresadas, es raro que una arena sola baste; y lo más general es constituirla con la reunión ó mezcla de dos ó más de las que cada una tenga predominante una de las cualidades, agregándolas también una parte de las que ya hayan servido ó viejas; y éstas en tanta mayor proporción cuanto más acabado y perfecto sea el trabajo ó preparación que sufran, sobre todo si lo es mecánica; así mismo se mezcla á las arenas, para hacerlas más refractarias é impedir que el hierro se adhiera á las paredes del molde, obteniendo piezas más limpias, polvo de cok que posee además la ventaja de que el enfriamiento de la pieza fundida sea más lento.

Hemos dicho que antes de emplearse las arenas deben sufrir un trabajo ó preparación. Esta puede hacerse mecánica-

mente ó no. En fábricas de importancia en que el consumo de ellas sea grande, la preparación mecánica es indispensable, compensándose bien pronto los mayores gastos de instalación de maquinaria, con la economía resultante en mano de obra; y por otra parte, tal procedimiento permite aprovechar en mayor escala la arena vieja, siendo el trabajo mejor, y la mezcla, grano y cuerpo, más uniformes. En fundiciones menos importantes, debe también implantarse tal sistema, por la bondad del mismo.

Constituyen, pues, las arenas de moldeo, una ó más generalmente, varias clases de arenas, polvo de carbón de cok, y para dar el baño final, polvo de carbón vegetal.

Las operaciones por que han de pasar antes de poder ser empleadas son: trituración, tamizado, secado, mezcla, pulverización del cok, humectación é intimación y corte en rebanadas después de otro tamizado. Mecánicamente se llevan á cabo tales operaciones en máquinas ó aparatos adecuados.

Las arenas, tal como se reciben del lugar de que se extraen, se colocan en estufas ó secadores hasta quitarlas la humedad, que pasan á los trituradores ó quebrantadores, molinos de muelas, de diferentes tipos, recibiendo el movimiento por la parte superior ó la inferior según los casos y provistos todos de unos rascadores ó paletas que siguiendo en su curso á las muelas, separan la arena que á ellas se adhiere. El representado en la figura 1.ª, lámina 1, pertenece á aquellos en que el movimiento lo reciben por debajo; y está compuesto de la artesa A sostenida por tres piés B, uno de los que sirve de soporte al eje C en que van montadas las poleas P y P', loca una de ellas, y que terminando en un piñón cónico que engrana con otro del pivote D, fijo al eje de las muelas M, le obliga á girar, recorriendo éstas sus respectivas pistas. Dos paletas E las siguen, con el objeto ya dicho, y la arena molida se vierte por tres aberturas que como la H tiene, recogiéndola en unos recipientes en que se conduce á los tamizadores. Estos pueden ser de eje horizontal, ó inclinados; el de la figura 2.ª, lámina 1.ª es de los de la primera clase,

más generalmente usados; y lo constituye un tambor troncocónico A al que va adosada una rueda dentada B que por engranar con el piñón B' montado en el ejo C de las poleas P y P', gira, al hacerlo una de éstas, pues la otra es loca, accionada por la correa correspondiente; y para facilitar el giro del tambor, tiene éste unas gangantas E que apoyan en unos pequeños rolletes D. En el citado tambor hay dos órdenes de tamices *a* y *b*, cuyas mallas son más pequeñas en uno que en otro. De modo que la arena que se introduce en la parte interior pasa de uno á otro compartimiento á través del primer tamiz, y al exterior la más fina.

Seguidamente de esta operación se mezclan en proporciones convenientes, se humedecen y remueven en cilindros apropiados, pasando á las máquinas de empastar, y de aquí á los tamizadores de la arena fina; cortándose luego, la arena hecha pasta, nuevamente en rebanadas y sufriendo por fin otro tamizado la que haya de ser usada.

De no seguirse procedimientos mecánicos para preparar las arenas, las operaciones á que se someten se reducen á asolear ó en su defecto secar, ya en el suelo de las estufas que tienen todos los talleres de fundición, ó en sitios adecuados al objeto, la arena, que se habrá extendido en capas de pequeño espesor; incorporar á la nueva la que ya ha servido otras veces ó vieja, pulverizando la mezcla con pisones ó rodillos, pasándola después por tamices cuyas mallas son de cuatro milímetros de lado; y seguidamente se añade cok en polvo en proporción conveniente, que en Trubia es de un sexto en volumen, préviamente pulverizado y tamizado, pasándole por un tamiz de mallas muy finas, de un milímetro. Todo se vuelve á estender en capas de veinte á veinticinco centímetros de espesor y se riega con agua en cantidad próximamente el décimo de su volumen; al cabo de 24 horas que ya se habrá humedecido por igual, se corta la pasta en rebanadas verticales; volviéndose á mezclar de nuevo y á cribarlas con tamices de unos seis milímetros, si se han de emplear seguidamente.

La arena, de uno ú otro modo preparada, deberá tener la humedad y plasticidad necesaria, que se conoce cogiendo una porción de ella en la mano, que se cierra, comprimiéndola; debiendo formar una masa qúe tenga impresa la forma de los dedos sin que se adhiera á ellos, no deshaciéndose al partirla.

También se puede conocer si una arena es propia para moldear, tratándola por los ácidos, deduciéndose de la efervescencia que se produzca, si es más ó menos caliza ó silíciosa, más ó menos fusible en fin; no produciéndola las absolutamente refractarias.

Otros procedimientos hay para juzgar de la bondad de las arenas, tales como fundir hierro, que se vierte en un molde, hecho con la arena que se quiere examinar, de una superficie plana de muy poca altura, viendo si el metal se agita como si estuviese en ebullición ó si queda en calma ó es arrojado fuera del molde; acusando asímismo la pieza fundida, la calidad, conviniendo también analizarlas químicamente.

El polvo de cok que se usa, procede generalmente del que se forma en los almacenes en que se conserva dicho combustible, preparándose cuando no le hay, moliendo la carbonilla que cae á través de las parrillas en los ceniceros de los hornos. Si hubiera necesidad de hacerle de hullas, habrían de elegirse que no contuvieran piritas ni esquistos sulfurosos.

Modelos.—Las piezas de artillería que se construyen de hierro colado, son ahora más fáciles de moldear que las antiguas lisas y aun las rayadas de ante-carga, que no sufrían la operación del torneo exterior, sacando de fundición las diferentes molduras que tenían.

Hoy, ya hayan de ser sunchadas ó entubadas, ó ambas cosas á la vez, la figura exterior del cuerpo de fundición está constituída por una parte cilíndrica seguida de otra cónica cuya base menor corresponde al final de la caña, llevando además, las que no hayan de suncharse, muñones, pues de recibir sunchos, uno de éstos los tiene.

El modelo, que exteriormente ha de afectar la forma de dicho cuerpo, es muy sencillo; componiéndose de varios trozos correspondientes al número de cajas de que haya de constar el molde, de igual altura que éstas respectivamente, siendo cilíndricos los referentes á la mazarota y culata, y tronco-cónicos los demás, necesitándose cuando el cañón haya de salir fundido con muñones, otros dos para moldear éstos y el del cuerpo de muñones. En la figura 3.ª, lámina 1, están representados en *a b c d e h*.

Por mazarota se entiende una parte sobrante de metal que se deja al cañón; y cuyo objeto es retardar el enfriamiento de la pieza, recibir las escorias é impurezas, que siendo más ligeras que la fundición, ocupan la parte superior y que quedarían sinó en la culata, precisamente el sitio más peligroso; dá además el metal necesario para llenar el hueco, que, efecto de la contracción, habría entre el metal y las paredes del molde, y origina, por la presión que ejerce sobre las distintas capas de metal que forman la pieza, una mayor densidad y tenacidad.

Como el objeto de los modelos es dejar en el molde vaciada la figura exterior de la pieza, basta que sean huecos, con lo que el peso disminuye; y para que no se deformen bajo las influencias atmosféricas, más si han de servir para la reproducción de muchas piezas, es conveniente hacerlos de hierro mejor que de madera, pues su coste mayor se economiza en las reparaciones que éstos necesitan, y su conservación es más fácil no estando expuestos á que sus dimensiones puedan variar con el grado de humedad ó sequía del local en que se tengan.

Los modelos están torneados, y tienen unos encastres á ángulo recto que sirven para la unión entre sí de las diversas partes que forman reunidas el modelo completo. Los de los muñones se hacen generalmente de bronce, y se unen á la parte de modelo correspondiente del cuerpo del cañón, por medio de tornillos que se roscan á aquéllos por dentro del modelo del cuerpo de la pieza.

Como el hierro se oxida mucho, se tienen los modelos cubiertos de una capa de grafito ó plombagina; y no deben dejarse mucho tiempo en contacto del molde, después de hecho éste.

Para facilidad en las maniobras, necesarias tanto para moldear como después para extraer los modelos, cada trozo en que está dividido, lleva un travesaño de hierro con un gancho ó argolla, ó unos ganchos lateralmente.

Cajas de moldear.—Las cajas de moldeo están destinadas á contener la arena del molde, formando su cubierta exterior, y es su objeto darle solidez evitando que se degrade y permitiendo á la vez que se pueda mover de un lugar á otro.

Son de hierro colado, necesitándose dos medias cajas para cada parte en que se descompone el modelo, del que reciben nombre; así se llaman cajas de la mazarota, de la caña, de muñones, etc., á aquéllas que sirven para moldear dichas partes. Cada caja, pues, se divide en dos medias, según un plano diametral vertical y tienen unos rebordes inferior y superior, y otros dos en sentido longitudinal; aquéllos para la unión de una caja con la inmediata, y éstos para la de dos medias cajas entre sí, verificándose una y otra por el intermedio de pernos y clavijas, para lo que dichos rebordes están provistos de agujeros. Interiormente presentan análoga forma que el trozo respectivo del modelo, y su sección es circular con dos salientes curvos en los extremos de un mismo diámetro para la colocación de los bebederos. En la figura 3.ª, lámina 1, A, B y D son las cajas.

La superficie es por dentro desigual ó llena de cavidades de forma rectangular para que la arena entrando en ellas, se adhiera más fuertemente á la caja.

Las medias cajas B correspondientes al cuerpo de muñones, poseen á su vez dos más pequeñas, C, salientes, tronco-cónicas ó tronco-piramidales, para moldear los muñones; conteniendo una, cada media caja, dotadas de un reborde con varios taladros para fijar una tapa con pernos y clavijas ó tornillos.

La caja inferior D sobre que apoyan todas las demás, suele ser entera, de sección circular y pequeña altura, cerrándose en la parte inferior con una tapa que la sirve de fondo, fija á los rebordes inferiores con tornillos; y cuando la pieza que se haya de moldear lo sea con alma, tiene el fondo una abertura circular en su centro, á la que se ajusta la extremidad inferior del núcleo; además contiene el reborde superior para su unión con la inmediata, y asas para su manejo, como todas las demás.

Construcción del molde.—Los cañones pueden fundirse en sólido ó en hueco; cuando el calibre es pequeño se hacen sólidos, pero cuando aumenta dicha dimensión se funden huecos, tanto para no tener después que quitar mucho metal al barrenar, como para que la disposición molecular esté en condiciones favorables para mejor resistir las altas presiones interiores efecto de los disparos; empleándose el procedimiento Rodman, ó simplemente haciendo pasar una corriente de agua fría por el interior del núcleo.

En los cañones fundidos en sólido, el enfriamiento tiene lugar por capas concéntricas, del exterior al centro, siendo naturalmente las que primero enfrían aquellas que están en contacto del molde; verificándose, efecto de tal modo de enfriarse, una compresión exterior y una expansión interior, nada convenientes á la resistencia de la pieza. Si por el contrario, se consiguiera provocar, mediante el enfriamiento de la parte interior á la exterior, una disposición molecular que produjera tensiones permanentes en sentido opuesto á las que la pólvora desarrollara en el momento del disparo y como consecuencia de él, el metal, es indudable que estaría en mejores condiciones de resistencia. A ese fin responde el sistema Rodman, que consiste (fig.ª 5, lámina 1) en establecer una corriente de agua que penetra por un tubo A que desciende hasta el fondo del alma, y que sale por otro B dispuesto en la parte superior; y rodear las cajas C por un horno D formado de ladrillos, en cuya parte inferior se establece una parrilla E sobre la que se pone combustible al que se da

fuego. De este modo, se retarda el enfriamiento exterior y se acelera el interior; haciendo pasar el agua últimamente, cuando ya están frías las paredes interiores, por el mismo ánima de la pieza, previo haber antes extraído el alma.

En Trubia, los cañones de calibres superiores al de 15 centímetros, se funden en hueco con corriente interior de agua, que se limita á pasar por el árbol del alma, A' (fig.ª 4) y no se hace uso de hornillos exteriores.

Por uno ú otro de ambos procedimientos, el metal que, líquido, llena el molde, se enfría; haciéndolo primero las capas más próximas al alma, solidificándose rápidamente la primera, que se contraerá, sin dejar por eso de estar en contacto con la inmediata, la que á su vez se enfriará, y al contraerse lo hará comprimiendo á la primera y así sucesivamente las demás, consiguiéndose quede el metal con tensiones permanentes de contrario sentido á los esfuerzos que ha de resistir la pieza.

De lo acabado de exponer se desprende que el moldeo, ó sea la construcción del molde, variará según se emplee uno ú otro procedimiento, según que haya de fundirse en sólido ó en hueco.

Para moldear un cañón, se moldean las diversas partes en que se dividió el modelo; y si suponemos que no tenga alma, la operación se efectúa del modo siguiente: se toma la caja última, en que han de apoyar las restantes, y se coloca su tapa, echando una capa de arena de moldeo, que se apisonará fuertemente, constituyendo el lecho inferior; seguidamente se pone encima la siguiente caja, correspondiente á la caña ó una parte de ella, después de haber unido las dos medias cajas perfectamente; y ambas se introducen en una pequeña fosa, de las que todos los talleres de fundición tienen varias, llamadas fosas para moldear, donde se sitúan en posición vertical descansando la tapa de la caja inferior en el piso, formado de arena, de la fosa; hecho esto, se coge con una grúa el trozo de modelo correspondiente, que se pone en el interior de ambas cajas, centrándolo muy bien y apoyando

por su base inferior en el lecho de arena de la última caja, se le espolvorea con polvo fino de cok, y se vierte poco á poco la arena de moldeo, por pequeñas porciones, en el espacio vacío que queda entre las paredes exteriores del modelo é interiores de las cajas, apisonándola con pequeños pisones, dando á la vez vueltas alrededor de la caja, con objeto de que sea más uniforme la presión con que quede la arena, hasta que se ha llenado el espacio anular y comprimido todas las capas, que se iguala bien la superficie superior, echándola después polvo de cok. Sobre la parte de modelo ya moldeado, se lleva el siguiente trozo de los en que está descompuesto el total del cañón, y la caja correspondiente se fija á las anteriores con los oportunos pernos y clavijas ó chavetas; echándose arena, que se apisona como se ha dicho, hasta moldear esa parte; y así se prosigue hasta que la altura de la parte moldeada es demasiado grande, en cuyo caso se separan unas de otras las cajas citadas, dejando como base la última porción del molde cuya caja se coloca en el fondo de la fosa, con su modelo puesto, y sobre ella se fijan la siguiente caja y el modelo, continuando el moldeo como antes.

Si el cañón tiene muñones y los ha de sacar de la fundición, al llegar á la parte del cuerpo que los ha de contener, no se prosigue el moldeo del cañón y se procede al de aquéllos. La arena apisonada, no pasa del nivel de los contramuñones y entonces se colocan los modelos de los muñones en el del cuerpo, atornillándoles, como se ha dicho, por el interior de éste, quedando centrados en sus cajas. Sobre el suelo del taller, se deja la caja de modo que descanse por la tapa de una de las de muñones, con lo que la otra ocupará la posición opuesta en la parte superior, vertiéndose y apisonándose la arena en ésta, en el hueco que entre el modelo del muñón y sus paredes hay, hasta llegar al reborde, que se cierra con su tapa, quedando moldeado un muñón; se invierte la situación de las cajas y de igual manera se moldea el otro. Entonces se sitúa la caja sobre las demás y se continúa el moldeo del cañón inclusa la mazarota.

Terminada de moldear la pieza se sacan de los moldes las diversas partes del modelo, teniendo la precaución, si se moldearon los muñones, de quitar, al llegar á la parte de modelo que los contiene, los tornillos con que á él se fijaron, con lo que se puede retirar ya aquél, y después los de los muñones.

Las cajas se ponen con cuidado en el suelo descansando por los rebordes, y se arregla cualquier desperfecto que el molde tuviese; dándole, por último, con una brocha fina, la capa de negro, compuesto de polvos de carbón vegetal echados en agua y arcilla; ó bien de dicho polvo de carbón y jugo de estiércol de caballo, al que se añade un poco de arcilla; y cuyo objeto es que los moldes no se degraden en el secado así como en la colada.

Cuando los moldes han recibido el baño de negro, se desecan perfectamente en estufas adecuadas, para evitar que al colar, la temperatura tan alta de la fundición líquida, dé lugar á una producción grande de vapores que originarían cavidades en la pieza fundida, y aún podrían causar explosiones, blanqueando por otra parte demasiado la fundición, por el enfriamiento tan rápido al contacto de molde tan húmedo.

Las estufas son cámaras cerradas con hogares cuyas parrillas dan á la parte exterior y con chimeneas ó conductos para la salida de los humos; una puerta las hace comunicar con el taller, la que, tan pronto como se han dispuesto en la estufa los moldes, se cierra perfectamente, para que no entre el aire exterior. La conducción del fuego debe ser, de manera que lentamente se vaya elevando progresivamente la temperatura, pues de otro modo los moldes podrían agrietarse efecto de la evaporación rápida que tendría lugar.

De fundirse en hueco el cañón, la construcción del molde difiere, en que además de tener que moldear aquél como en el caso anterior, hay también que moldear el alma que ha de dejar después de fundida la pieza un hueco cilíndrico en toda su longitud. El alma está formada por un núcleo ó tubo

de hierro A, (figs. 4 y 5, lám.ª 1,) cerrado por su extremo inferior ó abierto, según que el sistema que haya de emplearse sea el Rodman ó sencillamente de corriente interior de agua, con agujeros en su superficie, ó mejor canales ó estrias que se estienden en toda su longitud, para facilitar el escape de los gases, y sobre el que se arrollan lías de esparto *a* que se recubren con varias capas refractarias *b* de arena, barro, estiércol de caballo y pelo de vaca, hasta conseguir el diámetro debido, variable con los calibres, secándose después en la estufa.

Los bebederos H (figs. 4 y 5, lám.ª 1,) conductos por que el metal líquido se vierte en el molde, no deben, sobre todo cuando el cañón es de bastante longitud, establecerse en la parte superior, pues cayendo el chorro de metal de tan gran altura, podría degradar el fondo; á obviar ese inconveniente responde poner el bebedero á un costado, ó dos á los extremos de un diámetro, los que llegan hasta el fondo, partiendo á diferentes alturas de ellos varias canales transversales J que, ligeramente inclinadas, se prolongan hasta el interior del molde; con esto se consigue que la colada se haga más tranquila; el metal entra por la parte inferior en el molde hasta llegar á la altura de las primeras canales, que sale por ellas, y así sucesivamente, sistema ventajoso de llenar el molde.

El moldeo de los bebederos y canales se practica cuando el de cada trozo del cañón, colocando los modelos verticales en los extremos del diámetro mayor de cada caja, y á ellos se fijan los de las canales; ó bien, después de moldeada cada parte, se hacen éstas, quitando arena con cucharas y espátulas, arreglándolas por último.

Terminado de secar el molde en las estufas, puede ser colocado en la fosa de colada, para lo que se unen entre sí las diversas cajas, que son introducidas en dicha fosa, procurando que el plano superior de la última ó sea la de la mazarota, quede próximamente á la altura de su borde, que está rasante con el piso del taller, á cuyo fin la tapa de la

caja inferior apoyará sobre una base horizontal, distante del fondo de la fosa, lo preciso para conseguir que el molde no quede más alto de lo dicho; y se pone vertical con ayuda de una plomada y cruceta.

De tener el molde, alma, una vez puesto dentro de la fosa, hay que disponer aquélla en su interior y en el centro, la que se hará descender hasta que la extremidad inferior del núcleo encaje en el agujero circular de la tapa de la caja inferior, abrazando su otro extremo un soporte en forma de trípode que apoya en la caja de la mazarota, capaz de corrección, para obtener la verticalidad del alma; á dicha parte se atornilla el tubo que ha de permitir la entrada del agua en el núcleo.

Para que el molde conserve su posición vertical, se sujeta con tornapuntas, de las cajas á las paredes de la fosa.

Al armar el molde, hay que tener la precaución antes de poner la caja correspondiente al cuerpo que lleva los muñones, si la pieza por lo tanto ha de sacarlos de fundición, de colocar á la entrada de cada uno de aquéllos una placa de hierro de muy pequeño espesor llena de agujeros, que se fijan al molde con unas puntas de Paris ó alambres finos, y cuyo objeto es impedir que al llegar la fundición á la altura de los muñones entren en ellos las escorias é impurezas, que siempre ocupan la parte superior del baño, las que luego no podrían salir, debilitando dichas partes. Se llaman placas fusibles, porque se funden completamente al contacto del metal líquido.

Fusión.—*Hierros que se emplean.*—Es el hierro colado, llamado también hierro fundido y fundición, el producto que resulta de la reducción y fusión de los minerales de hierro, en virtud del calor, el carbón y el aire, en los hornos altos; pudiéndose clasificar, según el método que se emplee para obtenerlo, en fundiciones al cok y al carbón vegetal, al aire frío y al caliente, ya se produzcan usando una ú otra clase de combustible y ora se inyecte en los hornos destinados á la fusión, aire á la temperatura de la de la atmósfera, ó que sea

más elevada. De uno ú otro modo, la fundición está compuesta, esencialmente, de hierro y carbono, si bien va acompañada de algunos otros cuerpos tales como el silicio, fósforo, azufre, manganeso, antimonio, zinc, etc., ejerciendo la influencia más importante la dosificación del carbono y el estado en que se encuentra.

En dos estados distintos hay que considerar, en los hierros colados el carbono que poseen; hay parte combinado y disuelto en la masa misma de la fundición y otra mezclada mecánicamente con el hierro, formando carburo de hierro y carbono libre ó grafito respectivamente, lo que hace variar las propiedades de la fundición según la proporción en que se hallen uno y otro; así es que las fundiciones blancas tienen la mayor parte del carbono combinado químicamente, difiriendo las grises en que es la menor parte del que contienen la combinada, estando la mayor mezclada en forma de grafito.

La textura de la fundición blanca, es de un color de plata y brillante, laminar y cristalina, afectando los cristales formas romboédricas, según sea laminoso ó proceda de minerales carbonatados espáticos. La estructura de la fundición gris es desigual y granular, clasificándose generalmente en tres números, según que su fractura sea de granos ásperos y desiguales, ó más y más compacta y de grano más fino y homogéneo.

Las fundiciones mezcladas ó truchadas son realmente mezclas de fundición gris y blanca en distintas proporciones, presentando su fractura puntos grises sobre fondo blanco, ó viceversa, según que en la mezcla domine una ú otra fundición.

Dependiendo principalmente la dureza mayor ó menor de la fundición, de la cantidad de carbono libre ó grafito que contenga, ó más bien, á medida que aumente la proporción del combinado, cuanto más blanca sea la fundición, tanto mayor dureza tendrá, siendo tal la de algunas que no se pueden trabajar; por lo tanto, para facilidad en el trabajo son

preferibles las grises, que por otra parte son más tenaces y tienen mayor resistencia.

Así como el carbono modifica las propiedades de la fundición del modo que hemos visto, el silicio, fósforo y azufre influyen también, según la dosis en que se hallen, en su resistencia y tenacidad. El silicio casi siempre entra en todas las fundiciones formando un siliciuro de hierro y habiendo parte de él libre, dando lugar las en que hay un exceso de silicio á la producción de objetos de pequeña consistencia. El fósforo, disminuye la tenacidad en las mismas, y aunque las hace muy fusibles y líquidas, con lo que los moldes delicados llenan muy bien, es muy perjudicial para los efectos que han de tener gran resistencia. Igualmente el azufre hace blanquear las fundiciones y quebradizas, por lo que conviene no le contengan. El antimonio y zinc, aunque aumenta su fusibilidad, también las hace quebradizas.

Como de la calidad de los hierros colados que formen la carga de los hornos de reverbero, depende la que después ha de tener el metal con que se han de fundir los cañones, se comprende que en todas las fundiciones se hayan estudiado con detención las fórmulas de fusión ó mezclas de fundiciones que en los reverberos es preciso introducir para obtener una final que reuna en el mayor grado posible tenacidad, elasticidad y dureza.

Conocidas las propiedades de cada una de las fundiciones y la acción que sobre ellas ejercen el carbono, silicio, fósforo, azufre y los demás cuerpos, es claro que se preferirán, por más puras, aquellas que se obtienen al carbón vegetal y al aire frío, puesto que con tal clase de combustible se impide la entrada del azufre, que siempre contiene el cok y tan perjudicial es; y haciendo uso del aire frío la fundición poseerá también menos silicio. De ahí que generalmente las fundiciones nuevas que se hacen entrar en las fórmulas de fusión para piezas de artillería, sean de dicha clase; sin que esto quiera significar que han de excluirse en absoluto, por no servir, las al cok y al aire caliente, que mediante una marcha

adecuada en el horno alto y después en los de reverbero, y mezcladas con otros hierros, ya sean procedentes de mazarotas ó trozos de cañones inútiles, de material reconocidamente bueno, podrían dar lugar á un buen metal de cañones. En Trubia, todos los hierros que constituyen la fórmula de fusión, entrando como fundiciones nuevas, son al carbón vegetal y aire frío, de una pureza muy grande; y los productos que se obtienen no pueden ser mejores. En algunos tiempos formaron parte de la fórmula de fusión, hierros colados al cok procedentes de Inglaterra, de las fundiciones de Blacnavon y Lormnoor, así como de los hornos altos que Trubia tenía.

Para deducir qué tipo debe ser el del hierro colado de cañones, conviene examinar las propiedades de cada una de las fundiciones. La fundición grís es tenaz y de fácil trabajo, pero falta de elasticidad y blanda. Como consecuencia de esto, un cañón cuyo metal fuera de tal naturaleza, estaría expuesto á deterioros muy rápidos del ánima; los esfuerzos interiores que la acción del disparo produciría, serían causa de dilataciones, efecto de la poca elasticidad, y bien pronto la pieza quedaría inútil; y aunque ciertamente que una presión alta la resistiría sin romperse, mejor que si la fundición fuese blanca, sería igualmente inútil. Las fundiciones blancas, que son duras, no resisten, por este motivo, las presiones á que deben someterse en el servicio, y su trabajo es sumamente difícil y á veces imposible.

Parece lógico por tanto, exigir un hierro del tipo de la fundición mezclada gris sobre fondo blanco, pues estando compuesta de la gris, que posee en el más alto grado la tenacidad, y de la blanca, dura y elástica, reunirá el máximo posible de dureza, elasticidad y tenacidad, cualidades precisas para que esté asegurada la resistencia de las piezas, pudiendo éstas durar bastante en el servicio, sin dar lugar, por una parte, á dilataciones en el interior del ánima, y por otra, á roturas violentas, aún más temibles, por los efectos desgraciados que podrían causar.

Antiguamente y bajo la base de que la condición primordial que debía tener el metal de un cañón era tenacidad, y en la imposibilidad de poseer un hierro que á la vez fuese suficientemente duro y elástico, sacrificaban estas cualidades; y ya de primera fusión, ó en hornos de reverbero, obtenían una fundición bastante gris; error grande, pues es verdad que no rompían violentamente, pero bien pronto la precisión desaparecía á causa de las grandes dilataciones interiores, los fogones se destruían, y en fin, se inutilizaban en absoluto. En vista de esto, se volvió á buscar la fundición que reuniese en lo que es posible las tres cualidades, y por tanto á la mezclada gris sobre fondo blanco, cuyo grano es grueso y desigual, estando repartidas las manchas grises, de figura esferoidal, en la masa, de modo que se hallen rodeadas de la fundición blanca.

El procedimiento seguido comunmente para obtener el hierro colado de cañones, es el de refusión, en hornos de reverbero, de fundiciones elegidas convenientemente, pues de producirse de primera fusión, la fundición que el horno dé debe ser tal, que reuna las propiedades dichas, para lo que se han de usar minerales escogidos y reconocidamente buenos, que como los suecos son á propósito para ese objeto; de otro modo, es muy difícil conseguir buen resultado, y es lo que hace que sea preferido aquel sistema, que aunque origina un mayor gasto que si se obtuviera el hierro colado directamente del horno alto, se compensa con la posibilidad de utilizar mazarotas, bebederos y trozos de cañones inútiles; además el trabajo se hace con mucha más facilidad, es más igual el producto que resulta y éste se puede conseguir de excelentes propiedades, merced á una buena elección en la mezcla de fundiciones; siendo general la creencia de que tanto mejor será el material producido cuanto mayor sea el número de hierros diferentes que constituyan la fórmula de fusión. De ahí que antiguamente dicha fórmula estuviera compuesta de muchos hierros, habiéndose reducido posteriormente el número, y bastando quizás uno solo, y maza-

rotas, y trozos inútiles, elegidos convenientemente los matices, y con una marcha adecuada del horno de reverbero, para que la fundición resultase aceptable.

La fórmula de fusión que se usa en la fábrica de Trubia para la fundición de cañones, es 0'40 de hierro de Vera y 0'20 de cada una de las tres clases siguientes, Baracaldo, Guriezo y mazarotas de cañones. Tanto el lingote de Vera como los de Baracaldo y Guriezo son obtenidos al carbón vegetal y aire frío.

Pruebas de recepción de los hierros que constituyen las fórmulas de fusión.—Las condiciones á que han de satisfacer los hierros colados que formen parte de la fórmula de fusión, deben ser tales que garanticen su pureza y el empleo de aquellos lingotes para dar un producto capaz de resistir las fuertes presiones de la pólvora sin deteriorarse, teniendo á la vez que tenacidad, dureza y elasticidad suficiente. Las pruebas por tanto á que han de someterse deben ser muy severas, y mucho más aún, cuando se trate de introducir algún nuevo hierro en la fórmula de fusión. Generalmente, además del análisis químico y las pruebas mecánicas, se verifica una prueba de fuego.

Las de recepción de los hierros colados que se emplean en Trubia para la fabricación de artillería, son las que siguen: De cada partida de 1.000 quintales métricos se toman al azar 21 quintales de diversos matices conteniendo aproximadamente de cada cien partes, 20 gris oscuro, 40 mediano y otras 40 claro y con ellos se funde un cañón de 10 centímetros largo y liso modelo francés, que es de las antiguas piezas de las de más longitud de ánima, el que se coloca sobre una cureña rastra de madera, haciéndose 56 disparos distribuidos del siguiente modo.

20	disparos	con	1,380	kilógramos	de	pólvora,	1	bala	y 2 tacos
20	»	con	1,840	»	»	»	2	»	y 2 »
10	»	con	1,840	»	»	»	3	»	y 2 »
4	»	con	3,680	»	»	»	6	»	y 2 »
2	»	con	7,361	»	»	»	7	»	y 2 »

La pieza para ser admisible debe sufrir sin reventar estos disparos, los que se prosiguen después, con igual carga, pero aumentando el número de balas de una en una, hasta la rotura de la pieza, ó llegar á la boca. La pólvora que se emplee debe dar un alcance de 218 metros con el morterete. Reconocimientos minuciosos del ánima se practican después de cada série de disparos, para poder apreciar las dilataciones que se producen; completando el estudio, la medición de algunas presiones en el ánima, con dos aparatos Crusher para más exactitud.

La rotura de la pieza puede á veces ser originada porque se acuñen dos balas en el ánima ú otra causa independiente de la falta de resistencia del material; no obstante, de romper el cañón antes de los 56 disparos, se toman otros 21 quintales y se funde otro, que se somete á igual prueba, desechándose la partida y eliminando de la fórmula de fusión el hierro, si no saliese victorioso de la segunda prueba.

Además de la prueba de fuego á que se someten cada uno de los hierros de la mezcla, se verifican otras mecánicas á la tracción con barretas sacadas de una rodaja cortada de la boca del cañón de prueba, se hace el análisis químico, y se determina la densidad, que tomada en la mazarota varía entre 7'15 á 7'36 lo que hace suponer sea mayor en el resto de la pieza.

Como las cualidades que posee un hierro colado dependen principalmente de la naturaleza del mineral empleado en el alto horno y de la marcha de éste, es muy conveniente, elegidos los altos hornos que han de surtir de hierro á ese fin, examinar los materiales que se emplean, haciendo de ellos algunos análisis, presenciar el trabajo del horno, y no omitir ninguna diligencia para cerciorarse de que el lingote es de la clase fijada al hacerlo entrar en la fórmula de fusión.

Hornos de reverbero.—El procedimiento seguido para la fusión de piezas de artillería dijimos es, con rarísima excepción, el de refusión, en hornos de reverbero, de distintas fundiciones, de antemano elegidas. Dichos hornos (figura 7,

lámina 1) son prolongados y de bóveda rebajada, y sus partes principales, el hogar *a* con su parrilla *b* sobre la que se quema el combustible, la solera *c* en que tiene lugar la fusión, y la chimenea *d* que se encuentra en la parte opuesta á la parrilla, de modo que la llama y los gases atraviesen todo el horno antes de salir al exterior; preservando la fundición del contacto del combustible, el altar *h*, especie de puente que colocado inmediatamente detrás de la parrilla, se eleva por encima de ésta. La solera, que se estiende del altar al tragante de la chimenea, suele ser de forma trapezoidal, porque así la parte más ancha, que es la inmediata al altar, recibe la mayor intensidad de la llama, y la más estrecha cercana al tragante, algo menos. La relación entre la longitud y anchura de la solera se fija en un doble, ocasionando mayor longitud un descenso de temperatura en los productos de la combustion, perjudicial; y si por el contrario es muy corta, casi todo el calor se perdería por la chimenea. También se hace algo inclinada hácia el agujero de colada, para que corra más fácilmente el metal, al abrirse aquél.

Dependiente de la naturaleza del combustible, en este, como en todos los hornos, varía la separación entre las barras que constituyen las parrillas; y entre su superficie, cenicero, chimenea y tragante, existe la debida relación para conseguir que se caliente con uniformidad el horno y no entre en él aire frío.

La altura del puente varía también con las dimensiones del horno, debiendo tenerse presente, que demasiado alto, si bien preserva más de la oxidación al baño metálico, perjudica á la fusión; y que cuanto más grasa sea la hulla que se queme en la parrilla y más corta la solera, más altura debe tener aquél.

La elevación de la bóveda es función de la anchura de la solera y superficie de la parrilla; demasiado alta, concentraría mal el calor, y muy baja, dificultaría la carga del horno.

El tragante es, asimismo, una de las partes principales del horno y cuyas dimensiones pueden ser causa de que se funda

bien ó no; porque como de él depende el tiro, su sección ha de ser tal que ni éste sea muy pequeño ni tan grande que no dé lugar á que la combustión se haga debidamente y el calor adquiera la intensidad conveniente; por otra parte, no debe elevarse demasiado sobre la solera, para que la llama lama bien el metal. La chimenea tiene una sección algo mayor que la del tragante con la que la llama y el humo, escapan con mayor facilidad. La altura varía entre 20 y 25 metros.

Tienen también los hornos uno ó dos agujeros *o* para la salida del metal líquido, situados en el frente opuesto al del hogar, llamados agujeros de colada. A uno de sus costados está la puerta de carga *p* por la que se introduce el hierro en él, y otra *s* seguida de una tolva, para alimentar de combustible la parrilla, repartiéndolo con uniformidad, la que se tapa con el mismo carbón para impedir la entrada del aire exterior.

El combustible que se quema en los hornos de reverbero, es el carbón de piedra grueso, ni muy seco ni excesivamente bituminoso; en un caso produciría poca llama, y en el otro se aglutinaría, obstruyendo la parrilla, que no dejaría entrar el aire necesario á la combustión; tampoco debe contener piritas, que introducirían azufre en el hierro, ni más del 5 % de cenizas.

Marcha del horno en una fundición.—Según el calibre de la pieza que se haya de fundir, así se necesitará mayor ó menor cantidad de metal y tendrá que emplearse distinto número de hornos, calculándose la carga por el peso bruto del cañón con mazarota, aumentando un 10 % por lo que merma.

La carga de cada horno, pesada de antemano y compuesta de la correspondiente proporción de hierros distintos que constituyen la fórmula de fusión, en número y matices, se dispone sobre la solera de modo que circule la llama entre todos los pedazos de hierro, lamiendo á la vez el suelo y paredes para que estén bien calientes, haciendo una ó varias pilas con los lingotes, separados entre sí, y cuyo primer lecho

descanse sobre ladrillos en el suelo del horno; el espacio que entre los lingotes se deje no ha de ser grande, para mejor utilizar su capacidad, ni estar tan próximos, que la llama no circule bien entre ellos. Las mazarotas y trozos inútiles de cañones ocupan la parte opuesta al hogar y los lingotes la más cercana. Sobre la solera se estiende antes de introducir la carga, una capa de arena refractaria bien apisonada, y á veces se echa cok menudo, para preservar, después, del contacto del aire, la superficie del baño.

Cargado el horno ú hornos precisos, se reparte el combustible sobre la parrilla en una capa de suficiente espesor, se enlodan las uniones de la puerta de carga y se cierra con un tapón de arcilla el agujero que aquélla tiene para observar la marcha del horno, de no estar provisto de una lámina de talco ó de cristal; y se dá fuego, valiéndose de ramage seco ó paja encendida, puesta en el cenicero, debajo de la parrilla; teniendo el fundidor gran cuidado de que el aire exterior no penetre en el horno, para lo que la parrilla estará siempre bien cubierta de combustible, picándola cuando se aperciba que hay muchas cenizas ó se aglutina el carbón.

Al principio, las cargas de combustible se renuevan á menudo, cada diez minutos próximamente, retardándolas á medida que la fundición va licuándose, removiendo varias veces el baño con barras de hierro ó mejor berlingas de madera, que producen una gran ebullición que favorece la mezcla de los distintos hierros.

Fundida toda la carga se deja en baño una media hora con lo que se afina más, y ya se puede colar.

Antes de colar, se habrán calentado con leña todas las canales x formadas de arena, que han de conducir la fundición de los hornos al molde, y que tienen su fondo inclinado, por estar los agujeros de colada de los hornos más altos que el de la artesa ó artesas de que se vierte la fundición al molde, para que corra aquélla mejor. Todas las canales concurren á una central x' de que parten otras dos más cortas x'', á continuación de las que se colocan las artesas z, recipientes de chapa recubiertas

sus paredes interiores con barro refractario, que en su base están provistas de un agujero con un tubo que se hace entrar en cada uno de los bebederos, los que se tendrán cerrados, hasta el momento de colar, con dos tapones cónicos de arcilla refractaria fijos al extremo acodado de unas barras, sostenidas cada una por un operario. En cada una de estas dos canales cortas, se coloca una compuerta, que es una chapa de hierro que entra por los macizos de arena de las citadas canales, quedando su borde inferior por encima del fondo para permitir, mientras así estén, el paso por debajo, de la fundición líquida. La artesa se representa en mayor escala en la fig.ª 6, lám.ª 1.

Todo así preparado, se abren los agujeros de colada de cada horno, golpeando con barras, y sacando con cucharas la arena que se vá desprendiendo, hasta que el hierro fundido se precipite por ellos, limitando su salida con tapones cónicos de barro, puestos en barras de hierro, los que se comprimen contra los agujeros cerrando más ó menos éstos, y recorre todos los canales llegando por fin á las artesas levantándose los tapones puestos en éstas cuando el hierro llena las dos terceras partes de su capacidad, para verter en el molde, que se irá llenando poco á poco hasta llegar cerca del borde superior, en cuyo momento, se golpea con unas barras sobre las compuertas, que se introducen por los macizos hasta cerrar el paso á la fundición, levantándose al mismo tiempo las artesas por la parte que entra en los bebederos; cubriendo por último con carbonilla ó cok menudo la superficie superior de la mazarota para retardar su enfriamiento. Si la carga se calculó bien, ni habrá faltado ni sobrado hierro.

Algunas precauciones deben tenerse al colar; es una la de inflamar los gases combustibles que se desprenden del molde por las uniones de las cajas y medias cajas en el momento de empezar á entrar la fundición en él, que de otro modo, faltándoles salida al exterior, lo degradarían; y otra también, el impedir la entrada de la escoria; valiéndose para ello de palas, con que se echa hacia atrás, fácilmente, pues ocupa la parte superficial del metal líquido.

Si la pieza que se haya de fundir ha de serlo con corriente de agua interior, se atornilla al extremo superior del tubo del alma ó núcleo, otro acodado, puesto en comunicación con el de una bomba, si el agua que se ha de emplear se saca de algún depósito más bajo, pues de estar más alto bastará enlazarle con otro que tenga el citado depósito, y al empezar á colar se deja el paso al agua que circulará por el interior del núcleo; midiéndose la temperatura á que sale de éste para hacer cesar dicha corriente en cuanto se iguale con la ambiente. La lía de esparto, que recubre el núcleo, arde en los primeros momentos pasando los gases inflamados por las canales de aquel.

Siendo la temperatura de la fundición tan elevada, tarda el cañón bastante en enfriar, variando naturalmente con la cantidad de materia y por tanto con el calibre. Ya frío, se saca el molde de la fosa con ayuda de la grúa del taller y se procede á desmoldear, operación que se lleva á cabo poniéndole sobre el piso del taller apoyado en varias viguetas; y que consiste en separar las diferentes medias cajas unas de otras, después de quitar las clavijas ó chavetas y pernos que las unían; la arena cae, se cortan los bebederos, se escarpa y limpia el cañón para quitarle la arena que tenga adherida á su superficie, y pueden ya en él comenzarse á ejecutar las operaciones mecánicas, que han de convertir esa masa de hierro colado en máquina poderosa de guerra.

En el caso de haberse fundido con alma, antes de sacar de la fosa el molde y desmoldear, hay que extraer el núcleo del interior del mismo, que se practica, aflojando los tornillos de presión que le sujetaban por su extremo superior al soporte trípode puesto sobre la primera caja, tirándose después de él hacia arriba, que como se quemó la lía por cuya mediación estaba ligado á las capas de barro que le envolvían, se halla libre y puede salir fácilmente. El resto de la operación es igual al caso anterior con la variante de tener que escarparse el interior del cañón por quedar incrustada mucha arena, que al barrenar inutilizaría cuchillas, y haría aún más lenta esta fase del trabajo que ya por sí lo es mucho.

CAPÍTULO II

Fabricación del bronce para cañones.

De muy antiguo se han fabricado bocas de fuego de bronce, pues ya á principios del siglo XIV los venecianos emplearon el procedimiento que les enseñó Bertoldo Schwartz obteniéndolas de *fustera* ó sea por fundición, de una aleación en que se mezclaba el cobre, el estaño y el zinc con todas sus impurezas, consiguiendo piezas de mayores dimensiones que las que se venían fabricando con barras de hierro yustapuestas como las duelas de un tonel, sujetas con aros de hierro forjado, cuyo sistema de fabricación presentaba muchas dificultades. Esta aplicación del bronce se extendió poco después en las demás naciones, á pesar de las precauciones adoptadas por el Consejo de los Diez, que llegó al extremo de encerrar en los Plomos al dicho Schwartz para que no difundiera un secreto que la Serenísima República deseaba explotar exclusivamente; y así pudieron fundirse en España los cañones de bronce empleados en la defensa del Castillo de Caparroz en 1379; continuando el desarrollo de esta industria en el siglo XV, durante el cual se desacreditaron los cañones de hierro forjado, sin duda por no poderlos obtener de buena calidad, y cuando aún no se contaba con

elementos necesarios para fundir aquel metal en las masas necesarias para bocas de fuego, por estar en sus albores esta industria, nacida, por entonces, en las provincias Rhinianas. Más adelante surgieron graves inconvenientes, no siendo el menor la necesidad de un enorme espesor de metales para asegurar resistencias, hasta cierto punto grandes, lo que traía consigo el gran peso de las piezas y las dificultades de transporte.

El empleo del bronce, haciéndolas más sencillas, fué adoptado por todas las naciones europeas á fines del siglo XVI, y la artillería dió un gran paso en el desarrollo de su poder, encontrando aplicación tales piezas no solo en las guerras de sitio, como se las venía usando, sinó en las batallas, donde con relativa facilidad podían maniobrar las piezas de este metal, llamadas *de campo*, que fundidas en Malines aparecieron en Francia por primera vez, y no tardaron en adoptarse en España en vista de sus notables resultados, dando origen á la artillería de montaña, nacida en nuestro pais, como lo prueba el hecho de haber usado el Marqués de los Balbases en el sitio del Canal de Monferrato en 1630, cañones llevados á lomo, por caballerías.

Todo induce á creer que eran entonces las piezas fundidas en hueco, si bien diferían los procedimientos de fabricación en los diversos Estados.

Analizados algunos bronces de aquella época acusan proporciones muy variables de cobre y estaño, mezclados con pequeñas dosis de otros metales; siendo la aleación más general la en que el estaño está comprendido entre el 8 y 14 °/₀ del cobre, si bien los límites son de 6 y 30 °/₀.

Durante la mitad de este siglo, el bronce empleado ha sido una aleación de cobre y estaño, tan puros ambos metales como es posible obtenerlos, variable según la clase de pieza á que se destinaba; así que para los cañones de 8 centímetros ó de menor calibre lo era al 8 °/₀, y de 11 á 12 °/₀ para los de más calibre; habiéndose generalizado algunos años después la proporción única de 11 °/₀ para

toda clase de piezas, tolerándose uno por ciento en más ó en menos.

El bronce se fundía en hornos de reverbero especiales. Estos eran alimentados con leña, siendo su solera de forma circular. Estaban compuestos (fig. 9, lám. 1,) por el laboratorio A en que tenía lugar la combustión cubierto con una bóveda muy rebajada para mejor aprovechar el calor, y provisto de cuatro aberturas *a b c* y *d* que comunicaban respectivamente, con el hogar, con el exterior, llamándose ésta agujero de colada, y sirviendo las otras dos, denominadas puertas de carga, para la introducción de los materiales; por la solera, formada por dos planos inclinados que se cortaban en dirección del eje; por el hogar B con su parrilla y ceniceros, el altar C que separa el combustible del baño metálico, y la chimenea D que recoje, lanzándolos al exterior, los productos de la combustión después de pasar por el laboratorio, y los gases procedentes del canal de carga del hogar y de los de las puertas de carga.

Una fosa F colocada delante del agujero de colada, recibia los moldes de barro situados verticalmente entre arena, en los que se vertía el bronce ya fundido; existiendo otra fosa F′ que servía de depósito á la tierra que se empleaba en la colocación de los moldes.

El fuego, al principio lento, se activaba poco á poco, no añadiendo mucha leña de cada vez por la cantidad de calor que absorbe; y así se continuaba hasta que el baño estaba líquido, removiendo éste entonces con berlingas de madera, que al quemarse y producir abundancia de gases carbonados, hacían hervir al baño, favoreciendo tal ebullición la mezcla de los metales y haciéndola más íntima. Cuando el horno aparecía deslumbrador, la llama viva y sin humo, y la temperatura, tomada con un pirómetro Wedgwood, era la debida, se procedía á la colada; invirtiéndose en la fusión de catorce á quince horas.

El metal resultante era una mezcla de sus componentes cobre y estaño, pero no una combinación química.

Esta no llega nunca á obtenerse, y si bien se mezclan, es la aleación poco estable por la pequeña afinidad y la tendencia á separarse de estos dos metales que no llegan á compenetrarse formando una sustancia nueva y de propiedades particulares, como ocurre con otras en que sus elementos se confunden una vez unidas. Solamente pues, se mezclan ambos metales mecánicamente por fusión, en todas proporciones, variando las cualidades de cada una de las ligas diferentes que se obtuvieran.

La poca estabilidad de tal aleación hace que al enfriarse en el molde, no sea la misma la composición de todas las capas en una sección recta de la pieza, observándose que en aquellas partes más próximas al molde, como en las más delgadas, sin duda por efecto de ser más rápido el enfriamiento, el metal es más homogéneo, el color más dorado y contiene el 8 °/₀ de estaño, mientras que en el interior de la masa llega al 12 °/₀, acusando la presencia del estaño manchas blancas.

El metal de cañones así obtenido, que entonces llenaba bien las condiciones que el servicio exigía á esa clase de piezas, y cuya fabricación era facil, rápida y económica, desde el momento que fué preciso producir mayores energías, que las presiones tuvieron forzosamente que crecer, y que el calor desarrollado por la combustión de la pólvora en las ánimas persistió por más tiempo, no pudo resistir; el deterioro de éstas era inmediato, y se pensó por tanto en buscar otro medio de aumentar la resistencia de tal clase de piezas, que no podían de ningún modo competir con las de acero, cuyo metal, siendo más duro, tenaz y elástico, admitía presiones altas, procurando obtener un bronce cuya resistencia á la rotura y límite de elasticidad se aproximaran á los característicos del acero.

Con ese fin, ya en el año 1872, en Austria, el entonces Coronel Uchatius emprendió concienzudos y fructíferos estudios y ensayos, sirviéndole de partida, según él mismo expresa en su conferencia dada en Abril de 1874 en el

Arsenal de Viena á los oficiales de la guarnición, una muestra de bronce, comprimido en estado fluído, que le fué entregada por S. A. I. el Archiduque Guillermo. En la Exposición de Viena fueron presentados por M. Laveisiere, de París, unos cañones de igual metal colados en moldes metálicos de fundición de bastante espesor, y que por efecto del rápido enfriamiento producido por el molde, era el metal muy homogéneo y sin manchas de estaño, según ponía de manifiesto uno de los cañones aserrados en sentido de su longitud; y cuya bondad acreditaban las pruebas á la tracción practicadas con barretas sacadas de las mismas piezas. Esto sirvió de guía también al Coronel Uchatius para dirigir sus esperiencias en el sentido de colar en moldes metálicos persiguiendo el ideal de dar á las capas interiores la dureza y elasticidad precisas.

A ese fin, y una vez determinada qué aleación era más adecuada para colar en tales moldes, trató, enfriando el interior, de que las capas interiores y centrales tuviesen las mismas cualidades que las exteriores, ya haciendo pasar una corriente de agua ó de aire por un núcleo de fundición ó de bronce, recubierto de arcilla unas veces, y otras sin envuelta, y posteriormente por la introducción de cilindros macizos, de bronce primero y luego de cobre, en el molde antes de colar, que había que barrenar; y últimamente, en fin, obtuvo lingotes que después sometió á un mandrilado interior con ayuda de una prensa hidráulica, empleando seis mandriles, de los que el primero tenía un diámetro dos milímetros mayor que el del ánima, disminuyendo la diferencia sucesivamente de los otros mandriles, puesto que conforme eran las paredes más comprimidas, más aumentaba la resistencia que oponían á tal compresión.

Esta operación, de no ser buena la calidad del bronce, deja aparecer grietas en el ánima, lo cual es una garantía, puesto que bronce que acuse tal defecto, se desecha, no prosiguiéndose con él el trabajo.

Pasado el último mandril experimenta el ánima una

contracción, que si bien es pequeña, puede apreciarse con los aparatos de reconocimiento hoy de tanta precisión, y demuestra que todas las capas de la pieza se encuentran en tensión, ejerciéndose, á causa del mandrilado, del exterior al interior una presión igual á la que aquél produjo de dentro á fuera.

El procedimiento Uchatius, se abrió bien pronto camino, y aunque se exageraron las propiedades del nuevo metal de cañones, llamado bronce-acero, las pruebas hechas con barretas, así como las de fuego de piezas ya por tal sistema construídas, demostraron que se había hecho mucho en provecho de utilizar el bronce como material propio para cañones, que ya estaba casi abandonado, y que en ese concepto dió Uchatius un paso grande mejorando notablemente el bronce.

Todos los establecimientos constructores de cañones de bronce, siguen en un todo el método ideado por Uchatius para la obtención del bronce comprimido, que vamos á detallar seguidamente.

Lo primero que se necesita construir para tal fabricación, es el molde ó matriz (fig. 8, lám. 1,) para cada tipo de piezas; matrices metálicas cuya forma interior sigue los contornos de la pieza con mazarota, con creces suficientes en todos los diámetros para después tornearla á dimensiones, debiéndose tener en cuenta además, al fundir dichas matrices, la contracción que al enfriarse el metal se verifica, si bien á evitar esto, entre otras cosas, tiende el dejar una fuerte mazarota. Dichas matrices son de fundición, de bastante espesor, divididas en dos mitades, según el eje de la pieza, las que se unen por medio de bridas y pernos.

Antes de colocarlas en la fosa de colada se las dá interiormente una ligerísima capa de kaolí y la parte de la matriz que corresponde á la mazarota, se recubre interiormente con barro refractario que alcanza bastante espesor, para retardar la solidificación del metal.

El molde metálico, preparado así, se dispone en la fosa,

verticalmente, ocupando la boca del cañón la parte inferior, y haciendo que el borde superior quede á la altura del piso del taller.

La mazarota, tiene por objeto contener las impurezas del metal, darle mayor densidad, y poder, á medida que se contrae, llenar los espacios vacíos que en el interior de la masa se producen, efecto de los fenómenos de solidificación y enfriamiento que tienen lugar.

El bronce que se emplea para colar en moldes metálicos es al 8 % de estaño, y como siempre tiene algunos otros cuerpos como el zinc, plomo, hierro, arsénico, etc., solo se toleran pequeñas cantidades que no excedan del 1 % de zinc, hierro y plomo reunidos, y de 0,5 % solo de este último, siendo aún mucho menor la cantidad que se admite de arsénico, antimonio y azufre. No rebasándose estos límites, la homogeneidad de la aleación aumenta con el zinc, á la vez que se disminuyen las cavidades en la pieza, al fundir; el plomo y el hierro no perjudican á su tenacidad, y los demás cuerpos no ejercen acción alguna apreciable.

La fusión se verifica en hornos de reverbero análogos á los que sirven para la del hierro colado, si bien tienen el altar más alto, para alejar la llama del baño, y el crisol está más cercano á él; dando de tales hornos una idea la figura 10 de la lámina 1.

La carga del horno se constituye con trozos de cañones inútiles, mazarotas y resíduos de los canales de otras coladas, virutas procedentes de las operaciones mecánicas de cañones de bronce, y cobre nuevo mezclado con estaño al 4 %, asegurándose por medio de los oportunos análisis químicos del tanto por ciento de estaño y cobre que cada parte contiene, para que cada uno de los materiales que se introducen en el horno lo sea en la proporción debida, para que la aleación resultante contenga la dosis precisa de uno y otro metal, y obtener un bronce al 8 % de estaño. Dicha carga en peso excederá por lo menos en un 4 % del total de la pieza con mazarota, para proveer las pérdidas ó mermas tanto en la

fusión como en la colada. Los diversos bronces, se disponen sobre la solera del horno de reverbero, en pilas, permitiendo circular libremente el calor entre todos los trozos.

El combustible se estenderá sobre la parrilla evitando entre el aire exterior, y se le dará fuego, cuidando de que no sea muy vivo y de que haya regularidad en la intensidad, sobre todo cuando el bronce empieza á licuarse, desde cuyo momento se agitará varias veces el baño con berlingas de madera, para que sea más homogénea y completa la mezcla.

Al final de la operación se incorpora el estaño preciso para que la aleación resulte con la proporción debida; lo que se hace, próximo el momento de colar, cuando ya el bronce haya estado en baño el tiempo necesario, y medida la temperatura ésta sea la conveniente, abriendo el agujero que los hornos tienen por encima del de colada. De otro modo, caso de no estar aún bastante caliente el baño, se oxidaría el estaño, y el tipo del bronce que se produjera sería distinto. Antes de colar, se practican algunos ensayos sacando del horno una pequeña porción, de la que se dosifica, por un medio breve el estaño, colándose tan pronto como la dosis sea la fijada.

La colada tiene lugar, abriendo el agujero con barras de hierro; precipitándose por él el bronce, recorriendo después, hasta llegar á la matriz, el canal ó canales que á ella lo conducen, las que son de chapa de hierro recubiertas de barro refractario, que préviamente se habrán calentado como la matriz antes de hacer la colada.

La diferente densidad del cobre y el estaño y sus distintas temperaturas de fusión, son causa de que ambos metales tiendan á separarse al solidificarse la masa fluída, y de ahí las manchas blancas de estaño, que tan bien se distinguen en los cañones colados en moldes de barro y aún de arena; defecto que se atenúa mucho con el relativamente moderno sistema de fundir en matrices metálicas, que por ser tan rápida la solidificación, no dá tiempo á los dos metales para separarse.

El color de las piezas así fundidas, es amarillo dorado, y

su fractura manifiesta un grano fino y compacto; tiene una densidad de 8'70, y sus características de resistencia son: límite elástico 12 kg. mm^2 y de rotura 24.

Cuando la pieza fundida se ha enfriado, se extrae del molde, ya fuera de la fosa y separadas que hayan sido las dos medias matrices, quedando en disposición de sufrir las operaciones mecánicas que en otro lugar describiremos.

CAPÍTULO III

Fabricación del acero para artillería.

FUSIÓN.

La obtención del acero para artillería, ya que este metal entre totalmente en la composición de las piezas, ó bien que, bajo la forma de tubos ó sunchos, constituya el refuerzo de las de hierro colado, comprende dos fases ó periodos distintos; es el primero, la fusión, y el segundo el trabajo del blok producido, de importancia suma los dos; estudiándolos por consiguiente en distintos capítulos.

Sistemas de fusión.—Para que un acero pueda entrar en la constitución de un cañón ha de ser en primer lugar perfectamente homogéneo, además de reunir muchas y variadas circunstancias que á su tiempo expondremos; de ahí se sigue que no todos los sistemas por que se obtiene, sean aplicables á esta fabricación especial y por tanto haya desde luego que excluir todos aquellos métodos en que no entre la fusión, pues sin ella es imposible que llegue á adquirir la necesaria é indispensable homogeneidad.

Dos son los métodos que en la actualidad se siguen: el de fusión en crisoles y el de fusión en solera por el procedi-

miento Siemens, adquiriendo de día en día más aceptación el segundo por la facilidad de fabricación y con el grado de carburación que se desee, así como en cantidades tan considerables como sea menester para la obtención de los grandes bloks que necesitan las piezas de artillería de grueso calibre modernas, además de que el producto resulta muy económico y de una homogeneidad completa.

Crisoles.—El primer sistema de fusión del acero exige el empleo de pequeños crisoles de arcilla refractaria y grafito, de figura ligeramente tronco-cónica, cuyo mayor diámetro corresponde á la boca y de una cabida variable entre 30 y 40 kilógramos de acero fundido, si bien los hay de otras dimensiones (fig.ª 11, lámina 2.)

Se construyen de una pasta que se forma, mezclando arcillas refractarias de muy buena calidad, con restos de antiguos crisoles, y grafito ó plombagina, en las proporciones que la práctica fija, después de pulverizados los expresados materiales, cribados bien, mezclados y humedecidos.

La pasta en forma de cilindros de poca altura, se introduce en moldes de fundición tronco-cónicos A (figura 12, lámina 2) abiertos por las bases, y ajustándose en la inferior, haciendo oficio de fondo, un disco movible de hierro B, después de untar ligeramente de aceite las paredes interiores cuya figura es la exterior de los crisoles.

Un mandril de madera dura C cuyo contorno exterior tiene las dimensiones interiores del crisol, y que termina en la parte inferior por un pivote que se hace pasar por el taladro que en su centro lleva el disco que sirve de fondo, penetra en el molde á golpes de mazo ó por otros medios mecánicos más perfeccionados, comprimiendo la pasta, que se vé obligada á ocupar el espacio vacío que entre las paredes de uno y otro queda; cortándose con un cuchillo el sobrante de materia refractaria, que se acumulará en la parte superior, cuando aquél haya llegado al final de su curso.

Dicho mandril, que termina por su extremo superior en una espiga de hierro cuya cabeza está taladrada, se extrae,

despues de hacerle girar, con un volvedor que se introduce en dicho taladro; repasando seguidamente con la mano el interior del crisol.

Para sacarlo del molde, como éste está fijo, se empuja de abajo á arriba el disco que hace de fondo, subiendo el crisol que en él descansa por su base, desprendiéndose á la vez de las paredes de aquél. Se tapa por último el agujero del fondo, que habrá dejado el pivote del mandril, con un tapón de la misma pasta, y se lleva á secar, operación que dura meses y se practica en estufas. También se moldean en la prensa figura 13, lámina 2.

Las tapas de los crisoles, que son cilíndricas, de un diámetro poco mayor que el de la boca, se construyen de igual materia y por un procedimiento de moldeo análogo. Algunas suelen tener un agujero en el centro para la introducción de una varilla de hierro, que indica el estado de fusión del acero, pero comunmente carecen de él.

Es de suma importancia que los crisoles sean de buena calidad, pues de otro modo, la fusión del acero se hace mal.

Obtención del acero de crisoles en hornos de viento.—Los crisoles destinados á fundir el acero, se colocan en hornos de viento en los que pueden caber dos, cuatro y más, si bien es lo más usual contengan cuatro, puestos en dos filas; así se consigue aprovechar mejor el calor, debiendo dejarse una separación entre cada crisol y las paredes del horno de cinco á seis centímetros para que los pedazos de cok los rodeen bien. La boca de dichos hornos se halla al nivel del suelo del taller y los ceniceros en la parte inferior del mismo. Se cercan aquéllas con placas de fundición y están provistos de una tapa móvil, que apoya sobre las placas, formada de un marco de hierro cuyo hueco interior se llena de ladrillos refractarios; un mango, también de hierro, unido á uno de los lados del marco, permite abrir ó cerrar las bocas. La fig.ª 14, lámina 2, representa estos hornos.

El combustible que se emplea es el cok, de muy pocas cenizas, de superior calidad; siendo el consumo tan grande

que de él se hace comparado con la cantidad de acero que se produce, una de las principales causas del excesivo precio á que resulta el producto, á pesar de ser económicos y fáciles de construir los hornos de viento.

La carga de cada crisol varía con la calidad del acero que se desee obtener; para los suaves como lo son la casi totalidad de los empleados para la construcción de cañones, se compone de trozos de acero pudlado, ó hierro de diferentes pasadas, óxido de manganeso y carbón vegetal, procurándose que sea igual la de todos, en peso y proporciones.

Cargados los crisoles se les pone las tapas y se colocan en los hornos sobre unos suplementos de barro refractario, llamados "quesos,, con objeto de que se eleven sobre las parrillas, pues á causa de su poca altura y la disposición del horno, estarían completamente en la zona de combustión en que se produce el ácido carbónico, ya que el cok que cubre la parrilla rodea también los crisoles, transformándose el ácido carbónico en óxido de carbono en una parte relativamente alta, motivo porque para una tonelada de acero fundido sea menester gastar muy cerca de tres de cok, siendo por consiguiente el horno de viento el aparato de fusión menos económico.

Dispuestos los crisoles del modo dicho, se les rodea de cok al que se dá fuego, cuidando de llenar de combustible el espacio que entre ellos vaya quedando libre al consumirse, cada tres cuartos de hora poco más ó menos, procurando que la temperatura se conserve constante y muy alta, inspeccionándolos para apreciar el momento de estar su contenido del todo fundido, introduciendo en los mismos unas varillas de hierro que se sacan rápidamente, poniendo de manifiesto el estado en que se halla la operación. Fundido el acero de todos los crisoles, se les quita la escoria uno por uno, y se procede á colar, lo que se verifica vertiendo el contenido de todos ellos en lingoteras de hierro colado, ya divididas en dos mitades, que se unen fuertemente con bridas, ó bien de una pieza, ligeramente tronco-cónicas, ó tronco-piramidales

siendo su sección en un caso circular y en el otro octogonal, y teniendo ó no sus aristas redondeadas ó achaflanadas. Dos tipos de ellas representan las figs. 15 y 16, lámina 2.

La operación de colar se efectúa en todos los establecimientos de modo semejante. En el centro del taller se fija la lingotera á la que se hacen converger una ó varias canales, usualmente varias, de chapa de hierro revestidas de arcilla refractaria, en declive hacia ella para que mejor corra el metal fundido, las que préviamente se calientan para evitar se enfríe el acero á su paso por ellas.

Krupp también coloca la lingotera en el centro del taller, constituído por una vasta sala que en dos filas laterales contiene 24 hornos capaces de 12 crisoles de 35 kilógramos de cabida cada uno. Es aquélla cilíndrica, de hierro colado, á la que concurren dos largas canales, inclinadas, sostenidas por trípodes sobre las que hay cuatro embudos en que vierten los operarios el contenido de los crisoles á fin de que la corriente sea contínua. (Fig. 18, lám. 2.) A veces rodea á la lingotera un horno A para mantenerla caliente durante la colada.

En disposición el acero para colar, calientes los embudos y canales, ocupan los operarios sus puestos respectivos que de antemano se les ha asignado, siendo indispensable ese orden y disciplina para que cada movimiento se ejecute á su tiempo y la operación se termine bien, sin interrupciones en el chorro líquido, ni otros accidentes. Los que están en los ceniceros, quitan las barras de hierro que forman la parrilla, excepción hecha de las puramente indispensables para sostener los crisoles, y dejan caer todo el cok al suelo rascando la superficie exterior de aquéllos, para limpiarlos de las escorias que siempre se adhieren, facilitando así el que luego se puedan sacar con las tenazas por las bocas de los hornos. Otros operarios toman parte de los crisoles con las tenazas, extrayéndolos de los hornos y conduciéndolos entre cada dos, frente á las canales de la lingotera, y reunidos todos los que sean correspondientes á la primera

série, otros les quitan las tapas, y se empieza á verter, retirándose enseguida los que han vaciado su crisol, los que son arrojados, por los agujeros que el taller tiene á ese objeto, á la parte inferior del mismo, evitándose de ese modo el calor tan sofocante que se originaría de dejarlos en el taller, y se permite la mejor circulación de los muchos hombres empleados en la operación.

Mientras la primera série vierte el acero, han ocupado sus sitios enfrente, los de la siguiente, que empiezan á verter cuando van á terminar aquéllos, continuándose así hasta que se han vaciado todos los crisoles.

La colada, como se vé, hay que ejecutarla con un gran orden para lo que se necesita tener perfectamente instruído al personal, que debe conservar en todos los momentos, gran serenidad, pues ya porque un crisol se rompa, ú otra causa, se corre el riesgo de quemarse, y las consecuencias podrían ser tanto más graves cuanto por el pavor, por huir, se dejaran caer los crisoles.

Cualquier accidente puede ocasionar la pérdida del blok que se funde: la introducción en los crisoles de algún trozo de cok, poco tiempo en los hornos el acero, haberse calentado demasiado, colar cuando el metal esté algo frío, interrupciones en el chorro líquido, un escoriado mal hecho, todo esto es causa de que el lingote rompa al forjarse en caliente, ó que se produzcan muchos poros, ya de que aparezca el metal quemado, disminuyendo por tanto la resistencia á la tracción en los aceros suaves, y verificándose la rotura en los duros, como que el lingote tenga, en fin, soluciones de continuidad, y tantas otras faltas que se presentan en los aceros. Se comprende por lo mismo, el esmero con que hay que llevar á cabo tanto la carga de los crisoles, como después tener durante la fusión del acero, y en la colada.

En Bochum con el fin de evitar que los crisoles puedan tener distinta temperatura al colar, que es muy facil, y á la vez impedir el enfriamiento del acero por el trayecto que debe recorrer para ser vertido en la lingotera, seguian otro

sistema: Cuando la carga de los crisoles adquiría el estado pastoso, se vertía en un horno de recalentar de conveniente capacidad, préviamente calentado á una temperatura más alta que la de los hornos de viento, de cuyo modo el acero sufría una alta temperatura más uniforme en todo él, anulando el defecto que se quería quitar; y se colaba por el agujero de colada del horno, vertiéndolo en un gran caldero, que antes se había calentado, el que se conducía con rapidez sobre la lingotera, donde se vaciaba por su parte inferior, ocupando las escorias la superior, cuidando de interrumpir la salida al empezar á caer éstas.

En la fábrica de Trubia antes de poseer los nuevos talleres de fusión y forja de acero recientemente instalados, se obtenía todo el necesario para la construcción de cañones y demás efectos del material, por el procedimiento de fusión en crisoles, calentados en hornos de viento de chimenea ó de pecho que contenían cuatro cada uno de 36 kilógramos de cabida los unos y de 30 los usados en los de pecho.

Los crisoles unas veces se han adquirido «Morgans» de grafito, y otras alemanes, sujetándose para ser admitidos á la siguiente prueba: de cada 200 se toma uno al azar de cada capacidad, y secos convenientemente, se cargan con 30 kilógramos de pletina de hierro, 450 gramos de peróxido de manganeso y 45 gramos de carbón vegetal en polvo por cada 100 de hierro, los más pequeños; y los otros, con 36 kilógramos de pletina de hierro, conservando iguales proporciones de peróxido de manganeso y carbón vegetal: con cada grupo formado por dos de cada clase se prepara un horno de viento que se alimenta con cok cuya dósis de cenizas sea muy pequeña, dándose fuego y fundiéndose tres veces en otros tantos días consecutivos en idénticas condiciones que las mencionadas, con los mismos crisoles, que deberán resistir esta prueba.

La carga de los crisoles para obtener el acero suave para artillería, se compone de trozos de hierro forjado de cuarta pasada, un mineral muy rico en manganeso, procedente de

las minas de Covadonga y carbón vegetal, reducido á polvo, así como el mineral de manganeso. Por cada 100 kilógramos de hierro, suelen ponerse 664 gramos de mineral de manganeso y 66,2 de carbón. El hierro forjado se obtiene del afino en hornos de pudlar, de fundiciones al carbón vegetal, que han tenido como base excelentes minerales de Bilbao, haciendo sufrir tres ó cuatro pasadas, á las planchuelas bastas, que después de una escrupulosa clasificación resultan útiles.

El carbono que contendrá el hierro que se ha de cargar en los crisoles, será de 0,2 á 0,3 %. El carbón vegetal tiene por objeto verificar la reducción del manganeso, y á fin de que la dosis de carbono no aumente en el producto, por lo que le pudieran ceder los crisoles, que la contienen en forma de grafito, se emplean para este fin los que ya han sufrido una fusión.

El mineral de manganeso tiene la siguiente composición:

Sílice.....	1,30	Cal.....	3,60
Peróxido de hierro.....	5,30	Magnesia.	0,80
Oxido rojo de manganeso.	72,60	Pérdidas.	16,40

La composición del acero así obtenido, varía entre los extremos siguientes:

Mn.	*C*	*Si*	*S*	*Ph.*
0,32	0,22	0,05	trazas	0,005
0,38	0,33	0,06	nada	0,007

La colada tiene lugar, poniendo en el centro de la nave destinada á ese objeto, dentro de una pequeña fosa, la lingotera A (fig.ª 19, lámina 2) que se ha preferido de sección circular á la poligonal, para evitar en los lingotes los planos de menor resistencia dirigidos según meridianos que pasan por las diagonales. La sección de la lingotera es cuando menos cuatro veces la del lingote forjado. Sobre ella se pone un embudo B cuyo agujero inferior es proporcionado á

aquella sección y en cuyo contorno superior tiene cinco rebajos, sobre que descansan los extremos de otras tantas canales inclinadas C de chapa, recubiertas de barro refractario, que están sostenidas por unos apoyos en forma de trípodes. Tanto el embudo como las canales, se calientan préviamente, y durante la colada están cubiertas, aquél por una tapadera circular de hierro y éstas por chapas de igual metal, calientes al rojo, para impedir se enfríe el acero á su paso por ellas. Llena la lingotera se tapa con una placa de igual contorno que el interior de aquélla y sobre élla se echa arena. El embudo se detalla en la fig.ª 17.

Frío el blok se saca de la lingotera y se lleva á los talleres mecánicos, donde se le cortan dos mazarotas, una la superior ó positiva igual á un 35 % del peso del lingote y otra la inferior ó negativa de un 5 %, torneándole seguidamente, hasta que los poros que tiene en su periferia desaparezcan. Este trabajo que, es indudable, grava el producto en los jornales que se han de invertir á ese fin, es conveniente practicarlo, pues así se conoce la calidad del acero, siendo desde luego desechados los bloks que presenten en el corazón algún poro, evitando la forja y demás operaciones sucesivas.

Fusión del acero en crisoles, en hornos de reverbero y de gas.—Los hornos de viento tienen el inconveniente de un gran consumo de combustible y éste de primera calidad, generalmente cok condensado de muy pocas cenizas, además de la dificultad de conseguir que todos los crisoles tomen la misma temperatura, lo que dá lugar á falta de homogeneidad del producto. Con objeto de obviarle, los crisoles se disponen en hornos de reverbero ó de gas de cuya manera el calor se utiliza más y es más uniforme, y la combustión se puede dirigir mejor; durando más aquéllos, así sometidos solo á la acción de la llama, que estando en contacto de las cenizas y del combustible, y éste se emplea mucho más barato, carbón de piedra, resultando el acero más homogéneo y económico.

En unos y otros hornos, la llama está en contacto con los

crisoles, efecto de necesitarse una temperatura elevada para la fusión del acero, por lo que las dimensiones del horno lo hacen de pequeña capacidad interior, para así aprovechar todo el calor producido por la combustión, lamiendo en su consecuencia la llama, no solo aquéllos, sinó las paredes y solera. Siemens dá otra disposición á sus hornos para crisoles, haciéndolos de bóveda más elevada, de modo que la llama solo refleje el calor sobre éllos y la solera, calentándose el acero por radiación, sin que haya contacto entre la llama y crisoles.

El citado horno se compone de tres partes principales, el gasógeno, los regeneradores y el horno propiamente dicho. El gasógeno es el lugar donde se producen los gases inflamables que son conducidos á los regeneradores por una tubería de chapa de hierro, ó por una galería subterránea de ladrillos, según que la conducción haya de ser elevada ó enterrada. Los regeneradores, en número de cuatro, acoplados dos á dos, están situados en la parte inferior del horno; y son unas cámaras prismáticas que presentan un gran número de canales en ziczac, de ladrillos refractarios, que son recorridas por los gases y el aire, antes de penetrar, y al salir del horno. Durante el trabajo de éste, los gases que vienen del gasógeno, y el aire exterior, atraviesan aisladamente dos regeneradores calentados anteriormente por el paso de los productos de la combustión en el gasógeno, y cuando llegan á él han adquirido unos y otros una muy alta temperatura, con lo que la del horno se eleva también. Un sistema de válvulas permite á voluntad, cambiar la entrada de aquéllos, almacenando por consiguiente los regeneradores, en uno de los períodos, el calor que han de ceder en el siguiente.

Cada par comunica con un extremo del horno, y las entradas del gas y del aire se hallan á distancia de las paredes y bóveda pudiendo desarrollarse mejor la llama una vez combinados ambos fluídos, sin tocar sin embargo á los crisoles, solera y muros del horno, pero circulando perfectamente el calor entre los crisoles, para lo que deben estar

separados entre-sí. Como la distancia que la llama tiene que recorrer en el horno es pequeña, hay dos entradas de gas separadas cada una y limitadas en las extremidades por las entradas del aire, teniendo lugar la inflamación tan pronto como el aire y el gas entren y ocupen el nivel á que la llama debe atravesar el horno, que es muy alto y ancho; y solo así, dejando un gran espacio á la llama, es como se pueden aprovechar las ventajas que el sistema de calefacción por radiación reporta. La fig. 20, lám. 2, representa un horno de este tipo.

En los hornos de reverbero el combustible que se emplea para calentar los crisoles es sólido, el carbón de piedra, no pudiéndose alcanzar altas temperaturas sinó por un gran consumo de él y forzando el tiro. En los de gas y calor regenerado, el consumo de combustible no depende de la intensidad sinó de la cantidad de calor que es preciso producir y una vez obtenida la temperatura que se desee, se la mantiene con un gasto pequeño de él, que por otra parte puede ser de mediana calidad.

Resulta de lo acabado de exponer, que en los hornos de este sistema se produce una llama de muy alta temperatura, que por tanto se encuentra en las mejores condiciones para obrar por radiación; el calor producido es en su mayor parte absorbido por el acero, pudiéndose hacer el laboratorio bastante grande y capaz, en su consecuencia, de un crecido número de crisoles; siendo el procedimiento muy económico, porque se consume poco combustible y éste de cualquiera clase, y porque aquéllos duran en vez de dos ó tres fundiciones, nueve y más, habiendo además un gran aumento de producción y más homogeneidad en el acero.

Los crisoles se cargan como para los hornos de viento y se introducen en el horno, descansando sobre la misma solera ó en quesos; en la parte superior de la bóveda hay unas puertas para sacarlos. La colada se practica también, como ya se ha dicho, vertiendo el contenido de cada crisol en canales que lo conduzcan á la lingotera, ó á un gran caldero

recubiertas sus paredes con barro refractario préviamente calentado, del que luego se vierte en aquélla.

Fusión del acero en solera.—Hornos Siemens.— Los aceros producidos en crisoles, aún siendo estos calentados en hornos de gas y calor regenerado, no son bastante uniformes, y si bien tal procedimiento tiene la ventaja, pequeña, de que no hay mermas por oxidación puesto que el acero no está libre en el horno, si se compara con la dificultad que ofrece la fusión de grandes masas para lo que se necesita un número muy considerable de crisoles y de operarios para todas las manipulaciones inherentes á la colada, se comprende que, excepción hecha de la fábrica de Krupp, donde se dice que solo se produce el acero para artillería por tal sistema, en la generalidad de los establecimientos dedicados á esa industria se ha adoptado la fusión del acero en solera siguiendo el procedimiento Martín Siemens, que consiste en la fusión sobre la solera de un horno de reverbero, de calor regenerado y gas, de Siemens, de una mezcla de fundición y trozos de hierro ó acero, á la cual se añade mineral de hierro, manganeso, ferrosilicio, etc., según la clase de acero que se desee obtener. Se comprende, que líquida la fundición, que es más carburada que el acero, si se disuelve en ese baño de fundición, hierro, éste la robará parte del carbono, y mediante la mezcla adecuada en cantidades convenientes, de materiales cuyo grado de carburación sea conocido, así como sus demás componentes, se podrá obtener un acero que posea la dosis de carbono que se quiera. Para que tenga lugar esta reacción del baño líquido de fundición y el hierro, es menester una temperatura muy alta y materiales refractarios de muy buena calidad para el revestimiento del horno que resistan esas temperaturas sin deteriorarse en algún tiempo.

Puede también fundirse acero en solera en esta clase de hornos por otro procedimiento, el *ore process* ó al mineral, que si bien no es usual, vamos á decir en qué consiste. A un baño líquido de fundición, se añade mineral de hierro, que

al reducirse oxida con gran energía al carbono de la fundición así como al silicio y manganeso. La operación se practica del siguiente modo: Preparada la solera y cerrado el agujero de colada, se introduce en el horno y próximo á los altares, para evitar el enfriamiento de la solera cerca del agujero de colada, la fundición que se haya de tratar, á la que, fundida y bien caliente, se echa el mineral de hierro por adiciones sucesivas en número de tres á cuatro según la cantidad de aquélla, la mayor ó menor riqueza del mineral y la temperatura del horno. El baño, apenas la reacción comienza, sube poco á poco desprendiéndose burbujas de gas, descendiendo al terminar la reacción, que se hace otra nueva adición pequeña de mineral, volviendo á hervir el baño; vertiéndose á veces la escoria por las puertas; acusando el color azulado de la llama que se produce, la presencia del óxido de carbono, como consecuencia de la reacción sobre el carbono de la fundición. Después de algunas pruebas tomadas, seguidas de adiciones de mineral dando más ó menos entrada al aire, etc., dosificado como se deseaba, se puede colar. Esta fabricación si bien ventajosa para fábricas que carecen de retales, aún á pesar de haber progresado bastante en los últimos años, ofrece grandes inconvenientes en la práctica, y por tanto el método empleado es el de tratar la fundición líquida, por el hierro ó acero en retales, del que nos ocuparemos más detenidamente.

El horno Siemens para fundir en solera, (fig. 21, lám. 2,) es un horno de reverbero; la solera A, lugar en que se verifica la fusión del acero, está formada, sobre placas, por capas de arena siliciosa de 20 á 30 cm. de espesor, y que para que pueda soportar tan alta temperatura, como se desarrolla en el horno la sostienen pequeños pilares, dispuestos de modo que el aire circule libremente por debajo de ella; la bóveda en los modernos hornos, es más elevada, á fin de impedir que la llama esté en contacto con el baño metálico; el agujero de colada B ocupa el punto más bajo de la solera, en el lado opuesto al en que se hallan las puertas

de carga, C, en número de tres, generalmente; las entradas del aire y del gas están situadas á los extremos del horno, las del aire por encima de las del gas, de modo que aquél envuelva completamente á éste, desarrollándose así la llama mucho mejor, alejada lo más posible de la solera y muros, con cuya disposición se realiza una gran economía de combustible, la calidad del producto es mejor, por no estar el acero en contacto de la llama, y es la vida del horno más larga.

En la parte inferior del horno ván los regeneradores, D constituídos por cuatro cámaras llenas de conductos ó canales de ladrillos refractarios, que han de recorrer los gases y el aire al entrar y salir del horno, obedeciendo á la idea de aprovechar el calor que aún conservan los productos de la combustión á su salida, para calentar aún más los gases que llegan del gasógeno, y el aire exterior, antes de introducirse en aquél, con lo que se eleva la temperatura progresivamente. El cambio de la corriente gaseosa se lleva á cabo con válvulas, que se hacen funcionar por medio de palancas. Las cámaras del aire, generalmente tienen un volumen mayor en un 25 ó 50 $^{0}/_{0}$ que las de gas para compensar la diferente densidad de los dos fluídos, calentándose á una temperatura mayor el aire que los gases. Cuando los cuatro regeneradores ó, más propiamente llamados recuperadores, se hallan colocados á lo largo del horno uno al lado del otro en una sola fila, los dos de los extremos corresponden á los de gas y los del centro al aire.

El complemento del horno es el gasógeno, existiendo de muchas clases y sistemas. El de Siemens (fig. 22, lám. 2,) se compone de dos ó más generadores rectangulares, A, con sus correspondientes parrillas en las que se echa el combustible, por tolvas B colocadas en la parte superior, que son recipientes de fondo movil que se puede hacer bascular con una palanca y cuya abertura superior se cierra con una tapa. El combustible, por tanto, llena primeramente las tolvas, á que se ponen sus tapas, y después haciendo girar las palancas,

el fondo de cada una basculá, cayendo el contenido en la parrilla, sin que el aire exterior penetre.

El objeto del gasógeno es obtener una combustión incompleta para producir la destilación de las sustancias gaseosas que contiene el combustible, lo que se efectúa al rojo vivo. La cantidad de aire que por la parrilla penetra á través de las capas de combustible debe ser, en su consecuencia, la estrictamente precisa para que solamente las inferiores estén en ignición, las que calentarán, por radiación y contacto, las superiores, determinando la descomposición en fluídos gaseosos que se elevan á la parte alta de cada generador, reuniéndose los de todos en una caja central C, que hay en la parte superior, de la que pasa á la tubería ó canal que los conduce á los recuperadores según que haya de ir á cierta altura ó ser subterránea.

Los gasógenos deben estar inmediatos al horno y ser su nivel inferior al de éste; porque de estar muy separados, casi todos los hidro-carburos se depositarían en el trayecto, enfriándose los gases; y para evitar su enfriamiento, y que en el menor tiempo posible y sin dificultad lleguen á los recuperadores, es por lo que el gasógeno conviene esté más bajo que el horno.

Marcha del gasógeno y modo de operar en el horno Siemens.—Para poner en marcha el gasógeno, se empieza por cerrar los registros de gas y los de admisión del aire; y abiertas las tolvas por que se cargan de combustible los generadores, se quema en ellos madera en trozos pequeños, introduciendo después por ellas combustible en corta cantidad, saliendo los humos que se produzcan, por la parte superior de las mismas; yéndose aumentando sucesivamente el espesor de carbón sobre las parrillas hasta llegar á una altura de 60 centímetros poco más ó menos; en cuanto se ve que la llama aparece por encima del carbón se repite la carga procurando que siempre conserve su espesor normal la capa de combustible; se abren poco á poco los registros de gas y se van cerrando las tolvas, con lo que se obliga á los gases á

escapar por el conducto ó canal que les dá salida, que los lleva á los regeneradores, arrastrando consigo al aire que en él hubiere. Llegada la corriente gaseosa al horno, se abren con cuidado los registros de admisión del aire, y se inflama la mezcla gaseosa quemando unas virutas en el interior; se cierran completamente las tolvas, y se regula la entrada del aire en la cantidad necesaria para entretener debidamente la combustión, procurando una producción suficiente de gas, y que el aire sea proporcionado al volumen que de aquél entre. El color de la llama indica si hay falta de uno ú otro fluído gaseoso, y con alguna práctica, se arregla la combustión normalizando la marcha de la misma. En la parrilla habrá la cantidad de combustible precisa á impedir la entrada del aire en abundancia, que podría originar explosiones, además de ser perjudicial á la producción gaseosa. Es práctica general, verter agua en pequeña cantidad, pero casi constantemente, en las cámaras de combustión, sobre el combustible, la que descomponiéndose al contacto del carbón, dá luego lugar á formación de óxido de carbono.

Cuando el horno ha adquirido una alta temperatura, se procede á la carga; haciéndolo primero de la fundición calculada necesaria según la cantidad de acero que se vaya á obtener, la que una vez líquida se deja en baño introduciéndose seguidamente, por cargas sucesivas pequeñas, el hierro ó acero en retales, zamarras ó bolas, á medida que la anterior se ha fundido completamente. Terminada la carga del retal y después de hervir el baño, se hacen las adiciones necesarias de mineral de hierro, examinando el grado de carburación del baño tomando en el curso de la operación varias muestras para dosificar el carbono por el sistema colorimétrico sacando pequeñas porciones del acero, las que se martillan hasta reducirlas á unas galletas planas, templándose en agua de jabón fría y se sacan virutas á aquel fin, dando á conocer también la fractura y la mayor ó menor facilidad con que se martilló, el grado de dureza, y lo que es lo mismo el de carburación del baño, haciéndose en su con-

secuencia nuevas adiciones de mineral en la proporción conveniente á conseguir la carburación deseada, ó bien se añade piedra caliza, ó se dá más entrada al aire, etc., hasta que por fin acuse, en una de las pruebas tomadas, que el acero contiene la dosis de carbono pedida, en cuyo caso se puede colar.

El hierro colado, por tal procedimiento se afina aunque lentamente puesto que hay poco aire y por tanto la llama no puede ser muy oxidante; el óxido que tiene el hierro que entra en la composición de la carga y el que se forma á consecuencia del mineral que se añade cuando la fundición y hierro están líquidos, reaccionando sobre el carbono y demás elementos de la fundición dan lugar á una especie de ebullición que hace adquirir gran homogeneidad á la masa, la que con espetones se remueve, para facilitar más la mezcla de todos los elementos.

La fusión del acero dura por término medio de siete á ocho horas, siendo esa misma lentitud causa de que pueda resultar con la dosis de carbono que se quiera, pues cabe modificar convenientemente la calidad del producto en el curso de la operación, lo que constituye una de las muchas ventajas de tal sistema. En las veinticuatro horas se pueden hacer dos fundiciones cuando menos, lo que representa una producción grande y económica; pues caliente el horno, para cada operación se consume muy poco combustible.

Los hornos se hacen de distintas capacidades según las necesidades; y á veces es menester reunir el producto de varios, para la obtención de grandes bloks; conteniendo los grandes talleres de fundición de acero, varios de aquéllos dispuestos generalmente á los costados, con una gran fosa central de diferentes profundidades donde se colocan las lingoteras; pues así como para un blok de 80 toneladas, por ejemplo, es necesario que ésta tenga gran altura, para los pequeños bloks bastan mucho más bajas, y como es muy conveniente que el chorro líquido del acero no caiga de una gran altura al colar, se comprende la utilidad de la fosa en gradería.

Antes de proceder á colar se habrán puesto en la fosa las lingoteras, que son, como ya hemos dicho, de fundición y de sección circular ó poligonal, prefiriéndose las ligeramente tronco-cónicas, de sección octogonal, con sus aristas redondeadas; para su manejo están dotadas de asas ó ganchos, y carecen de fondo, que se forma de arena, sobre una placa.

El acero no se vierte directamente en la lingotera, sinó que se recibe en un gran caldero de chapa revestido interiormente de barro refractario, cuyo espesor aumenta progresivamente hasta el fondo, que se hace inclinado hacia el agujero *a* por que se ha de colar el metal, que está situado en la parte inferior y á la proximidad de las paredes, formándolo dos cilindros de diferente diámetro, en el que se introduce otro de barro refractario con un resalte ó labio que sirve para que encaje en la parte de mayor diámetro, sobre el que se asienta, cerrándole, un tapón tronco-cónico de igual materia, (figura 23, lámina 2.)

Dicho tapón suele ir puesto en el extremo inferior de una varilla de hierro A, la *canilla*, recubierta de barro refractario, que se encorva en forma de U invertida, poco más arriba del borde de la boca del caldero, descendiendo por la parte exterior de éste la otra rama, que es corta, y que se une á una barra dentada ó cremallera que engrana con un piñón cuyo eje es sostenido por un soporte fijo á la pared exterior del caldero, y que actuado por un manubrio hace subir ó bajar la rama corta de la *canilla*, fija á la cremallera, y consiguientemente á aquélla, que abre ó cierra el agujero del caldero. Otras veces la *canilla* se une directamente al extremo de una palanca simple cuyo eje de giro está situado en un apoyo fijo al borde del caldero y que lleva en su otro extremo una palanca larga encorvada hacia abajo que se fija con una chaveta, y que movida á mano, hace, según el sentido del movimiento, que la *canilla* baje ó suba, cerrando ó no el agujero.

Cualquier descuido así en el revestimiento del caldero como de la *canilla* y tapón, pueden ser causa ó de que aquél

se deteriore por estar en alguna parte de él el acero en contacto con la chapa, dando lugar hasta á la corrosión de ésta y la salida tumultuosa del metal tan caliente, origen quizá de algún desgraciado accidente, y desde luego de la pérdida de la fundición, ó bien de que fundiéndose parte de la *canilla* no se pudiera abrir el agujero del caldero, en cuyo caso no se podría colar. Así mismo, la mala colocación del tapón en la *canilla*, puede ocasionar que una vez levantada ésta no sea factible interrumpir la salida del metal al hacerla descender y tratar de cerrar con el tapón dicho agujero, inconveniente que es grave si se ha de verter el contenido en varias lingoteras, pues al pasar de una á otra habrá pérdida de acero. Cuando el agujero no se pueda abrir con la *canilla* por una ú otra causa, se procurará hacerlo á fuerza de golpes dados con una barra en la parte inferior del tapón, y de no conseguirlo se habrá de volcar y vaciar el acero en una lingotera grande, que habrá en la proximidad, dispuesta siempre á ese fin; todo lo que se ha de ejecutar con rapidez, pues podría suceder que se diera tiempo á hacerse muy pastosa la masa lo que imposibilitaría de llevarlo á cabo, no habiendo otro recurso entonces, que dejarle en el caldero hasta enfriar, utilizándose después para volverle á fundir.

El caldero de colada, cuando ha de servir una fosa circular está situado en el extremo del brazo del pescante de una grúa hidráulica central, cuyos movimientos verticales como rotativos alrededor del eje y los de traslación á lo largo del brazo son rápidos y fáciles; y cuando la fosa es rectangular, vá montado en un carro que se puede trasladar lateral y transversalmente por mecanismos hidráulicos ú otros. Antes de verificarse la colada se calienta perfectamente el caldero, ya con leña, astillas ó virutas, ó bien inflamando en él los gases que se producen en los gasógenos del horno, los que son conducidos por una pequeña tubería hasta él, adosándola al extremo un tubo doblemente acodado en forma de sifón, una de cuyas ramas desciende casi hasta el fondo del caldero, que se cubre con chapas en la boca, para que no se pierda el

calor. Dicho sifón se retira al ir á colar, tapando el tubo á que se habrá adosado.

Cuando hay que reunir el acero de varios hornos, se cuela directamente, de uno ó dos de ellos próximos, al caldero colocado en el carro; y además se llena otro con el contenido de otro horno, por ejemplo, si son tres los que han de surtir del material suficiente para obtener el blok; llevándose una vez lleno, sobre el caldero del carro que se habrá situado encima de la lingotera que se vá á llenar, y á la vez que se abre el agujero del inferior se hace lo mismo con el que tiene suspendido la grúa, para que así el chorro líquido no sufra interrupción.

Momentos antes de colar, se echa en el horno el ferro-manganeso en la proporción de antemano prefijada; y más frecuente y conveniente, es dejarlo caer en el canal de colada á medida que el acero lo recorre á su salida del horno.

Terminada la colada se cubren las lingoteras con tapas que se ajusten interiormente á ellas y sobre las que se echa arena, de no ser comprimidos en caliente los bloks. Una vez fríos, se sacan las lingoteras, quedando en la fosa los lingotes, que después se extraen con ayuda de las grúas del taller.

CAPÍTULO IV

Fabricación del acero para artillería.

TRATAMIENTO Á QUE SE SOMETEN LOS LINGOTES.

Extructura de los lingotes.—Tanto los lingotes procedentes de crisoles, como los fundidos en solera, no presentan una extructura igual, apareciendo, en todos ellos, cavidades ó poros, que parecen como burbujas de gases, que al tratar de salir por entre las paredes de la lingotera, fuesen aprisionadas al solidificarse el acero. Esto es causa, de que no pueda desde luego trabajarse con tales lingotes, y que necesiten de varias operaciones, y en particular de una, la forja, que modifique su textura en una de grano fino, haciendo además desaparecer dichos poros, al tiempo que aproxime la forma del blok á la que ha de tener concluída la pieza.

Según observa Tchernoff, un lingote puede presentar dos distintos aspectos; y si se examina la superficie de una sección recta del blok, en el primer caso, contiene: poros repartidos uniformemente en su parte exterior, después una cavidad grande correspondiente á la parte central, mayor cuanto más arriba se tome la sección, sumamente porosa,

llamada embudo ó cono de contracción, y en fin, una zona intermedia, que al principio algo esponjosa, es cada vez más compacta, de extructura cristalina, y grano muy unido; y en el segundo caso, presenta en la superficie, una zona formada por agujas cuyo eje de cristalización es normal, siguiendo una capa de cristales aglomerados, de formas poliédricas irregulares, persistiendo, en el interior, el embudo, rodeado de una zona esponjosa, y entre ésta y la de cristales poliédricos, otra de extructura compacta, brillante y cristalina. Más abajo del lugar en que termina el embudo, la zona sana y compacta, en ambos casos, se extiende hasta el corazón del lingote.

Dichos poros, contienen, según unos, óxido de carbono; y solamente, según otros, hidrógeno; Muller, después de muchos estudios y ensayos, admite que tanto uno como otro fluído gaseoso, se desprenden en el acero; siendo aquél la causa de esa especie de ebullición que se produce en la colada y se prolonga hasta formarse la costra superior, y ocasionando después, el hidrógeno, la subida del metal en la lingotera.

Sistemas para modificar la extructura de los lingotes.—Comprimiendo enérgicamente los lingotes, sea por medio del martillo-pilón ó de la prensa hidráulica, de modo que el blok se estire reduciéndose sus dimensiones transversales, se conseguirá que las cavidades ó poros se alarguen hasta llegar á unirse sus paredes, soldándose las que no estén oxidadas, si al lingote se le dá la necesaria temperatura y el martillo ó prensa empleados son de la potencia precisa; la capa esponjosa también adelgazará y quedará tan superficial, que desaparecerá al tornearse, en desbaste, la pieza. El embudo, que suele ocupar la tercera ó cuarta parte del lingote, no es posible hacerle desaparecer con la forja; y por tanto, la parte correspondiente no se aprovecha, por lo que conviene que, como ya hemos dicho, sea la sección cuatro veces mayor que la de la pieza en estado de forja.

Con el objeto de aprovechar una mayor parte del lingote,

en el Creussot se ha empleado, y en Trubia hemos podido comprobar lo ventajoso que es, una lingotera especial, de hierro colado, de bastante espesor, sobre la que se coloca otra pequeña, de fundición también, ó de chapa, recubierta interiormente de una capa muy fuerte de barro refractario, resultando su hueco interior de una sección bastante menor que la de la lingotera; el suplemento referido, se calienta antes de colar, y por ello el acero que lo ocupa, tardará más en enfriar que el resto, haciendo el oficio de una verdadera mazarota, proveyendo de metal á los espacios vacíos que resultan en la contracción, ejerciendo gran presión sobre el resto del lingote, y haciendo, en fin, que el embudo ó cono quede más alto, utilizándose casi todo el acero de la lingotera, porque aquél solo ocupa poco más del referido suplemento, y como por otra parte es de mucho menos diámetro, su peso es pequeño, comparado con el total. Para favorecer el enfriamiento del acero de la lingotera, se la introduce á veces en un recipiente por que se hace circular una corriente de agua.

Whitworth emplea el sistema de compresión en fluído ó caliente, para evitar los poros y aún el embudo; y opera del siguiente modo. El acero lo cuela en dos clases de lingoteras según haya de forjarse en sólido ó en hueco. Las del primer tipo, son como la de la fig. 29, lám. 4.ª, de acero forjado, ligeramente cónicas de arriba á abajo interiormente, rodeadas en su exterior por una serie de sunchos de igual metal, sirviendo dos muñones, que posee uno de ellos, para su mejor manejo. En la parte superior é inferior de la caja así formada, se fijan fuertemente, dos guías bien centradas, apoyando libremente en cada una, las placas de acero A y B respectivamente, ésta, sobre que ejerce su presión el pistón de la prensa. Interiormente, está guarnecida de duelas de fundición, cuyas aristas posteriores se hallan dispuestas de modo que formen canales verticales, de la altura de la lingotera, que van á concurrir á las ranuras de que están provistas en las caras superior é inferior las placas-guías,

que comunican con la atmósfera, por agujeros abiertos en las mismas, en dirección de dichas ranuras. De este modo, los gases que se desprenden de la masa metálica, escapan con facilidad al exterior. Se revisten interiormente de una mezcla refractaria, á la que se dá una ligera capa de plombagina.

Las del segundo tipo, que se usan siempre que hayan de obtenerse lingotes huecos, como para tubos, manguitos y sunchos de artillería, son de acero, atornillándose en su base un núcleo de igual metal, de la misma altura que ella, y cuyas dimensiones varían con las del lingote que se desee obtener, dejando entre aquél y las paredes de la lingotera, que es de sección circular, un espacio anular cilíndrico, que es el que ocupa el acero. Estas, pueden también tener, la disposición misma de las otras, á fin de facilitar mejor, la salida de los gases al exterior.

En el momento de terminarse la colada, es conducida la lingotera con el acero líquido, á la prensa hidráulica destinada á verificar la compresión; la que se compone (fig. 30, lám. 4,) de cuatro columnas verticales A unidas, fuertemente, con tuercas, á su base, de fundición, así como la cabeza. Esta, tiene dos cuerpos de bomba M con sus correspondientes pistones, á que se unen los vástagos que sujetan el plato movil B, pudiendo correr á lo largo de las columnas que en la mayor parte de su longitud tienen una rosca de gran paso y filete cuadrado, cuyas tuercas C están provistas de las ruedas dentadas D, que forman cuerpo con ellas, y engranan con las E fijas á dos tornillos de filete cuadrado S que apoyan por sus extremos inferiores en los soportes ó ranguas *a* ligadas al plato movil B. Los citados tornillos S contienen en la parte superior las tuercas O en que van las ruedas dentadas R, que engranan con la cremallera horizontal H accionada por el pistón del cilindro hidráulico de doble efecto J, á que va unida.

En la parte inferior del plato movil B se vé el pistón L sobre el que se verifica la compresión, hueco en su interior

á fin de dejar pasar al núcleo de la lingotera para bloks huecos, de usarse ésta, caso general en la fabricación de elementos para cañones, y del que la superficie exterior ajusta con la interior de la lingotera. De comprimirse lingotes sólidos, el pistón está cerrado por su base.

En la base de la prensa existe el cilindro hidráulico T cuyo pistón es el que verifica la compresión, del modo que luego diremos.

La prensa funciona del modo siguiente: Supuesto el plato B en su posición alta, é introducida la lingotera, que vá sobre la plataforma T', debajo del pistón superior, se hace descender el plato, abriendo las llaves que dan paso al agua en los cilindros M, acompañándole en su descenso los tornillos S, que á la vez participan de movimiento de rotación, por tener fijas las tuercas, obligando en su virtud, á girar á las ruedas E, en ellos montadas, que lo transmiten á las D, y por tanto, á las tuercas C que de este modo siguen al plato á pequeña distancia. Cuando la base inferior del pistón L llega á la lingotera, se fija la posición del plato B; y para que al tener lugar la compresión no ceda hacia arriba, se hace llegar el agua al cilindro J, cuyo pistón imprime un pequeño movimiento á las cremalleras H, por el que giran las ruedas R con que engranan, así como las E y D, una pequeña cantidad, suficiente para que las tuercas C desciendan hasta apretarse contra el plato movil, impidiéndole moverse mientras se verifica la compresión.

Esta tiene lugar, porque el pistón que se aloja en el cilindro hidráulico T, de la base, una vez puesta la lingotera, que vá sobre la plataforma T', en prolongación y bien centrada con respecto al eje del fijo L, recibe, mediante la presión hidráulica que se ejerce sobre la base de aquél, abiertas las válvulas correspondientes, movimiento ascensional, elevando la plataforma y lingotera hasta poner en contacto, la masa fluída de acero, con el pistón fijo L, primero, y después obligarle á penetrar poco á poco en la lingotera, comprimiendo el acero en el espacio anular, entrando

el núcleo de ésta por el hueco del pistón L, en que se aloja exactamente, de comprimirse en hueco; de hacerse en sólido, la lingotera es del tipo de la fig. 29, lám. 4.ª, y entonces la compresión se produce sobre el pistón L, cerrado por su base, sirviendo de intermedio la placa B.

Terminada la compresión, que un índice fijo á la plataforma T' marca en una división que tiene una de las columnas A, mediante el debido juego de válvulas se hace descender el pistón que vá en T, de cuyo movimiento participan plataforma y lingotera, retirándose ésta.

Para subir el citado plato movil B, para que el pistón L se separe de la lingotera, primero se dá movimiento á las cremalleras H en sentido opuesto que antes, mediante la entrada del agua en el cilindro J, y con ello se obtiene el giro de las ruedas R, tornillos S y ruedas E y D, en cuya virtud se separan ligeramente las tuercas de él; y si entonces se hace llegar la presión hidráulica á los cilindros M, el plato sube, siguiéndole las tuercas C, en su movimiento; porque como las O se habrán quedado sostenidas por el engrane con las cremalleras, de las ruedas R, á que pertenecen, al iniciar su ascenso el plato la presión entre los extremos de los tornillos S y sus soportes inferiores ó ranguas, hace tan íntima la unión entre ambas partes, que al ascender con él, giran, por atravesar por las tuercas O, transmitiéndose tal giro, por las ruedas E á las D y consiguientemente á las tuercas C; y como el sentido del movimiento es contrario al anterior para bajar el plato, las tuercas C suben con él, ligeramente distanciadas; deteniéndose el movimiento de éste donde convenga, accionando en las válvulas distributoras. Cuando el trabajo se termina, es más conveniente hacer descender el plato movil, hasta la parte inferior, pues de ese modo no tienen que estar con presión los cilindros M.

No es solo Whittworth quien emplea en sus talleres tal procedimiento de compresión en fluído de los lingotes, pues la fábrica de Obouchoff en San Petersburgo sigue igual sistema, contando, á ese fin, con una poderosa prensa de $1^{m},25$

de diámetro su pistón, capaz de una presión de 10.000 toneladas.

También se ha ensayado verificar la compresión, por presión gaseosa; para lo cual, la lingotera, de fundición, tiene una tapa, que á ella se une por tornillos y tuercas, en cuyo centro hay una abertura circular que se cierra con un obturador al que se adapta un tubo que se pone en comunicación con un generador de vapor. Se cuela por la abertura de la tapa, cerrándola enseguida con el obturador, dando una vuelta á un tornillo de presión, y entonces se dá entrada al vapor. Las uniones de la tapa con la lingotera y el obturador, se hacen interponiendo, entre unas y otras, arandelas de cobre.

La operación hay que hacerla con rapidez evitando que se solidifique la costra superior del lingote, antes de entrar el vapor; y para retardar el enfriamiento, se habrá calentado la lingotera, que estará recubierta interiormente, de barro refractario. La compresión ejercida es tal, que según M. Considere, la superficie superior, en vez de plana, tiene la forma de un cono cuyo vértice está en el interior, y que es en volumen poco más ó menos el del embudo de contracción que aparece en los lingotes no comprimidos.

En vez del vapor, se ha hecho también uso del ácido carbónico líquido, introducido á gran presión.

Sin embargo, solo el sistema de compresión en fluído de Whitworth es el que se ha adoptado.

De todos modos, para obtener aceros cuya constitución molecular sea tan perfecta como debe exigirse al acero para cañones, aun con el sistema de compresión en fluído, si se ha de conseguir un grano igual y fino, hay que forjarlos.

Teoría celular del acero.—Antes de describir la manera de llevarse á cabo la forja de los bloks de acero fundido, es procedente explicarnos qué influencia ejerce en éllos, tal operación.

La teoría celular de las propiedades del acero, publicada en 1885, por Osmond y Werth, es hoy la que mejor explica

todos los fenómenos que concurren en las distintas operaciones que con ellos se practican. Es el acero, un compuesto de hierro y carbono principalmente. Al solidificarse en las lingoteras, efecto del enfriamiento, tiene lugar combinación del hierro y del carbono que se hallaban disociados, y siendo más fusibles los carburos que el hierro, que está en exceso, éste se solidificará más pronto, haciéndolo en forma de pequeños glóbulos que se precipitan en un líquido madre constituído esencialmente por un carburo de hierro. Los globulitos, que á causa de estar próximos á su punto de fusión, aún se hallan muy plásticos, efecto de la presión al contraerse las capas exteriores y del peso, se unen tomando formas poliédricas, siguiendo bañados por su agua-madre, que se distribuye en capa finísima en los intervalos capilares; y á medida que el enfriamiento prosigue, el carburo de hierro, único que quedará fluído, se solidifica, uniendo entre sí los glóbulos poliédricos, que se agrupan constituyendo unos centros de aglomeración, produciéndose en diferentes puntos, series de aglomeraciones, que aumentarán, hasta encontrarse con las vecinas, cuyo límite se establece por una superficie común, de forma poliédrica; pero estando formadas por una masa de globulitos sólidos rodeados de un cemento aún líquido, á la contracción ocasionada por el enfriamiento, dicho cemento líquido, comprimido, buscará su salida por los planos de contacto, dando lugar á unas masas de globulitos que no están envueltos por cemento, á las que se dá el nombre de células compuestas; pudiéndose decir que el acero está constituído por células simples, formadas de un núcleo de hierro puro envuelto por un carburo de hierro, que es el cemento; originando la agrupación de varias células simples, otras, compuestas, que no presentan en sus superficies de contacto trazas de carburo de hierro ó cemento.

Si se pulimenta perfectamente la superficie de un trozo de acero cortado perpendicularmente á su eje y se trata por el ácido azóico concentrado, verificando inmersiones seguidas de lavados abundantes, pasando después por el alcohol y el

éter la superficie que fué pulimentada, se distinguen claramente muchas líneas blancas formando un tejido poligonal, en un fondo obscuro; en el centro, son muy visibles los polígonos y están los unos entrelazados con los otros, mientras que conforme se aproximan á la periferia van alargándose normalmente á las caras del lingote; las agujas que así se forman, se encuentran normalmente, cortándose según las bisectrices de los angulos del lingote. Vistas al microscopio dichas caras, se puede apreciar que los polígonos se subdividen en otros más pequeños y regulares, de contornos menos definidos, pero siempre brillantes; no siendo las líneas de separación, blancas, contínuas, rectas ni homogéneas, constituyendo una serie de facetas dirigidas próximamente en el mismo sentido, de distinta longitud y con algunas interrupciones sombrías; son las líneas de presión y de orientación.

Veamos ahora, qué influencia ejerce el calor en el tratamiento de los aceros.

Si á un lingote se le recuece á una temperatura comprendida entre cero y A, en que el carburo de hierro empieza á disociarse, la extructura del metal no varía, puesto que el cemento y glóbulos no tienen ninguna reacción química recíproca. Si se pasa de la temperatura A á la B, que es la en que tiene lugar la fusión del cemento, se produce la disociación del hierro y del carbono; el carburo de hierro cede poco á poco su carbono á los glóbulos, que cada vez se van haciendo más plásticos, el carbono se difunde en la masa, y las pequeñas hojuelas de cemento, pueden desaparecer. Si se deja enfriar después el lingote, su textura se habrá hecho más homogénea, pues las células compuestas se habrán destruído en parte, y habrá formación de cemento en las regiones donde pudiera faltar, repartiéndose de todos modos, más uniformemente; pero como quiera que los movimientos moleculares son difíciles, las granulaciones férreas serán pequeñas, regulares y rodeadas de cemento, y el metal será de granos finos; mas si se considera, sin embargo, que siendo la tempe-

ratura aún relativamente baja, la difusión del carbono es muy lenta, y la porción de cemento disociado queda desigualmente repartido, es claro que no es solo el recocido bastante para modificar la textura del acero hasta hacerla completamente homogénea. Si aún se hace ese recocido, á temperaturas más altas, entre B y C, á la que el acero se funde, el cemento que aún subsiste, se irá fundiendo; y desde que esto suceda, los glóbulos se separan ó aglomeran al menor esfuerzo. Si por mucho tiempo se mantiene el metal á temperaturas superiores á B, ó se calienta cerca de C, el cemento completamente fluído podrá desprenderse, quedando en la solera del horno, faltando la cohesión á las granulaciones férreas; diciéndose entonces que el acero se ha quemado; y aún podrán tener entrada gases oxidantes en la masa metálica, que producirían un acero quemado y oxidado, imposible de regenerar.

Todo esto presente, si se forja entre cero y A, de poder esto verificarse, como á tan baja temperatura no sufre alteración el acero, según hemos dicho, por la acción del martillo solamente se deformarán células y granos, sin dejar por eso de existir, y el cemento podrá disgregarse. La mayor acción la experimentan los núcleos de hierro, pues se produce una transformación molecular, convirtiéndose el hierro ordinario α en una variedad alotrópica β, cuya transformación se caracteriza por una disminución en la maleabilidad y densidad, absorción de calor, y mayor sensibilidad á las reacciones químicas. La forja, por tanto, no debe hacerse á esa temperatura, por ser casi imposible.

Entre A y B, como el cemento está pastoso, la forja acaba mecánicamente la distribución del mismo, iniciada al calentarse á esas temperaturas, y se hace fácilmente, tanto más cuanto más próxima á B sea, aumentando la densidad del acero.

También entre B y C se forja bien; pero como la densidad no varía, y por otra parte si se calienta á mucha mayor temperatura que B, el cemento podría quedar fluído, y bajo

el choque del martillo desprenderse, dejando superficies de debilidad que podrían originar la rotura de la pieza durante la operación, no es conveniente la forja á temperaturas que rebasen mucho el punto B.

Por lo expuesto se vé, que es preferible forjar á una temperatura ligeramente inferior á B; siendo, sin embargo, frecuente, que para economizar tiempo, tratándose de bloks grandes, se forje por encima de B, al rojo cereza claro; en cuyo caso, se martillará con rapidez, procurando que todos los puntos del lingote sientan el choque del martillo, para impedir que las granulaciones térreas se aglomeren; debiéndose terminar la forja á temperatura inferior á B, para conservar la textura dada al acero.

De lo dicho, se deducen reglas prácticas para que la forja de los lingotes se haga en las mejores condiciones. Siempre deberá tener lugar, á temperaturas no muy elevadas y próximas á la B; siendo preferible que se haga en varias caldas á esa temperatura, que terminarla en menos, á más altas; pues si bien es verdad que el medio más rápido es éste, aquél aunque más lento, no está expuesto á producir tan malos resultados.

Hemos expresado también, que las células compuestas tienen una forma prolongada y normal á la superficie exterior, en todo el contorno del lingote; y si consideramos que éste es de sección poligonal, cuadrada por ejemplo, las bisectrices de los ángulos se encontrarán, y cortarán normalmente las células, constituyendo líneas de menor resistencia, en cuya dirección se producirán grietas, ya al enfriarse el lingote en la lingotera, en el recalentado, ó al forjar, si se hace á grandes golpes y temperaturas altas; y si bien, á cincel se pueden hacer desaparecer, generalmente penetran bajo la forma de hojas ó hendiduras apenas perceptibles; en cuyo caso, al calentón siguiente el cemento líquido las llena, dando nacimiento á las líneas obscuras. Asímismo, un martillado violento puede ocasionar que el cemento, líquido ó pastoso, según la temperatura, se introduzca en los poros

donde despues se solidifica, originando esas acumulaciones de cemento que se descubren, al tornear algunas piezas forjadas, en forma de manchas.

Forja.—Hornos de recalentar.—La forja de un blok comprende dos operaciones distintas: la una es calentarlo, y martillarlo la otra. La primera, se practica en hornos de recalentar, y la segunda con martillos-pilones de vapor, ó prensas de forjar, hidráulicas.

De diversos tipos pueden ser los hornos destinados á recalentar los lingotes; empleándose de reverbero análogos á los usados para pudlar, de parrilla ordinaria, de gas, y con regeneradores y gasógenos Siemens. Los primeros solo se diferencian de los de pudlar, en que la plaza está á igual altura que la puerta de carga, falta el chio y la salida de escorias; la solera es ligeramente inclinada y formada de hormigón refractario; y el puente, para mejor resistir las temperaturas tan altas, se puede hacer hueco, circulando el aire por su interior. Para aprovechar el calor y economizar combustible, suelen tener gran longitud, con lo que los gases llegan á la chimenea menos calientes; y como la puerta de carga está próxima á ella, se puede, haciendo avanzar los lingotes hacia el puente, irlos calentando gradualmente.

Los hornos calentados por gas, lo son por distintos procedimientos; y los más generalizados los de Ponsard, Boetius, Bicheroux y Siemens. En los primeros (figs. 24, 24 bis y 25, lám. 3,) se utiliza el calor de los gases que atraviesan el hogar, para aumentar el desarrollado por la combustión, mediante dos corrientes en sentido contrario, marchando el aire en una dirección, y en la opuesta, los gases quemados. En el sistema que nos ocupa, hay una cámara rectangular A con varios conductos acodados, formados por ladrillos refractarios dispuestos de modo que los pares, por ejemplo, sean recorridos por los gases producto de la combustión, y los impares por el aire que se haya de introducir en el horno, que se calienta por conductividad; pudiendo regularse la temperatura con los oportunos registros.

En los del segundo sistema, el aire circula por las paredes del generador, y no es calentado por los gases quemados, pudiéndose emplear los productos de la combustión en calentar calderas; y para que el gasto de combustible sea reducido, la bóveda se hace suficientemente elevada, siguiendo los principios de Siemens sobre caldeo por radiación; obteniéndose, merced al mucho espacio en que la llama se desarrolla, una calefacción más completa, sin que los lingotes estén en contacto de aquélla, ni lama las paredes, durando así más el horno, y siendo el consumo de carbón, reducido. Las figuras 26 y 26 bis de la lámina 3 representan uno de estos hornos.

El horno Bicheroux (figs. 27 y 27 bis, lám. 3,) es contínuo; el gasógeno está generalmente á un costado. La solera descansa sobre placas de fundición, por debajo de las que circula el aire para la combustión, que penetra por A y después en un conducto que atraviesa el puente, rodea el conducto de los gases, y termina en éste, por varias aberturas longitudinales C.

Los hornos de recalentar Siemens, están, como todos los suyos, dotados de gasógeno y regeneradores; éstos, colocados en la parte inferior; con válvulas para invertir la marcha de las corrientes, y los registros convenientes á regular la entrada del aire. Son de grandes dimensiones, en particular los empleados á recalentar bloks para cañones de grueso calibre; el Creussot lo posee de 7,8 metros de longitud, por 3,60 de anchura y 10 metros de altura total; su solera tiene 4,3 metros de largo por 3,4 de ancho, y la bóveda se eleva sobre ella á 2,6 metros. Las puertas de carga son muy grandes también, estando movidas por un aparato hidráulico. Las figuras 28 y 28 bis de la lámina 3.ª, representan este horno.

También hay además de los sistemas de recalentado enumerados, otros en que los hornos se calientan con gas natural, como en las acererías de Pittsbourgh; y con petróleo, en los Estados Unidos, los hornos Hamsworth, que se

componen de una fila de celdas ó cámaras, de ladrillos refractarios, de sección cuadrada, con dos regeneradores Siemens de cada lado; dichas celdas tienen su borde superior al nivel del suelo del taller y se hallan cerradas por tapas de ladrillos refractarios; y en ellas se introducen los lingotes que se han de recalentar.

Sistema de pozos Gjers.—El ingeniero inglés M. John Gjers ha resuelto el problema de utilizar el calor que los lingotes conservan poco después de haberse colado, para forjarlos, sin necesidad de hacer uso de hornos de recalentar. El acero recién colado, tiene una temperatura superior á la que conviene para la forja; pero como lo que se enfría primero, y con cierta rapidez, es la superficie exterior del lingote, y el centro está, acabado de extraer de la lingotera, demasiado caliente para someterlo á tal operación, de esperar á que éste enfríe lo bastante para poderse forjar, el resto del lingote no conservará suficiente temperatura, imposibilitando la forja.

Tal dificultad se vence por el sistema ideado por el citado ingeniero. Dispone en la proximidad de la nave de colada del acero, pozos ó fosas pequeñas, capaces de contener un lingote cada una, las cuales están formadas de ladrillos refractarios en bastante espesor, y cuyo borde superior queda rasante al piso del taller, cerrándose las bocas de los pozos, con ladrillos refractarios contenidos en bastidores de hierro. Para servirse de ellos, se desecan perfectamente y calientan al rojo, introduciéndose después, los lingotes, tan pronto como se desmoldee, cerrando las bocas seguidamente, para que el aire exterior no penetre. Como la masa de acero está por todas partes rodeada de paredes muy calientes, tanto casi como el lingote, la superficie exterior de éste, lejos de enfriarse se calienta más, el calor se reparte uniformemente, y al cabo de una media hora ó más, según el tamaño, se les extrae para forjarles, lo que se hace en buenas condiciones, porque es igual el calor en toda la masa. El calor que los lingotes cedan á las paredes de los pozos, que son refrac-

tarias, eleva su temperatura; y si se llegara á introducir en alguno de ellos uno frío, se calienta enseguida por cederle aquéllas su calor.

La adopción de tal sistema, simplifica la fabricación del acero, pues con él se suprimen los hornos de recalentar, disminuyendo el coste del producto en el de combustible que consumen. Sin embargo, no es aún aplicable más que á pequeños lingotes, y su empleo no es por tanto posible para calentar los grandes bloks que la construcción de artillería gruesa necesita.

Martillos.—La forja se ejecuta, como dijimos, con martillos pilones de vapor y prensas hidráulicas.

El martillo-pilón está constituído por una pieza de acero, la cabeza, unida al vástago de un émbolo, accionado por el vapor, que se mueve dentro de un cilindro colocado en la parte superior, mediante la entrada de aquel fluído en él y la salida del que ha trabajado á la atmósfera, de ser de simple efecto; pues en los de doble efecto, el vapor se utiliza, no solo para levantar la cabeza sinó también, obrando sobre la otra cara del émbolo, para aumentar la energía del choque.

Para sustentar la pieza que se haya de forjar, tiene el yunque, de acero también, que se encaja en una pieza muy resistente, de fundición, la *chabot*, que como es la que ha de soportar todos los esfuerzos y choques, crece en dimensiones, con la potencia de los martillos; y así es que las de los de 100 toneladas del Creussot, de Terni y de S^{t}. Chamond, son muy pesadas y voluminosas; llegando á pesar la del de Terni 998 toneladas; habiéndose preferido para constituirla, fundirla en el mismo lugar que había de ocupar, para evitar las dificultades de transporte y colocación de piezas tan enormes, haciéndose uso de dos cubilotes ordinarios, fundiendo el primer día 80 toneladas, que constituyeron el primer lecho, sobre el que se colaron 613 más, haciéndose la fusión del resto 36 horas después. El molde de la *chabot* se hizo sobre las fundaciones del martillo, sirviendo de fondo la base superior de las mismas.

La relación que de ordinario guarda el peso de aquélla con el del martillo, es de diez á doce veces el de su cabeza.

El cilindro está sostenido por montantes que descienden hasta el suelo, los que, como han de resistir todas las vibraciones, guiar á la cabeza en su curso, y soportar su peso y el del cilindro y demás mecanismos, tienen que ser muy sólidos, tanto más, cuanto tengan mayor altura. La cabeza, no vá directamente unida al vástago, y sí á una pieza fija á éste, llamada porta-cabezas, en la que entra á cola, haciendo la unión más íntima, una cuña; de este modo se las puede cambiar, como es necesario, durante la forja de un lingote.

Para forjar bloks de grandes dimensiones, se hacen necesarios martillos muy potentes, habiendo motivado la forja de los elementos para los modernos cañones de grueso calibre, la construcción de los de 80 y 100 toneladas; y ha sido preciso asimismo, emplazar potentes grúas para su servicio, y hornos de crecidas dimensiones.

Para el manejo de tales lingotes, y en particular darles vueltas en la forja, para que ésta se haga en todos los puntos de su superficie, se sigue en Rive de Gier, S.t Chamond, el Creussot, y en otras varias fábricas el sistema que manifiesta la fig.ª 31, lámina 4.ª, que representa una grúa destinada al servicio de la forja, con un martillo como el del Creussot de 100 toneladas.

El blok A que se vá á forjar, es cogido por la cadena sin fin *a;* y se le puede hacer subir ó bajar, moverse lateralmente y girar alrededor de su eje, para forjarlo en todos los puntos de su periferia, porque la máquina de vapor *b* de la grúa, que tiene dos cilindros conjugados, hace girar al arbol *o,* consiguiéndose, por medio de embragues, el movimiento vertical del lingote, por el giro de la rueda B en que está montado un tambor y á él arrollada la cadena *c,* fija una extremidad al punto P de la grúa y abrazando las poleas h, h', h'', h''' y h^{IV}; y como las h y h' están en dos ejes fijos al soporte I del aparejo diferencial ó motón J, de que está suspendido el blok, éste, sube ó baja según el sentido de la

rotación de la rueda B; el movimiento lateral, porque las poleas h''', h'' y h^{IV} tienen sus ejes unidos á una barra en que termina la cremallera m á la que se hace correr en uno ú otro sentido, trasmitiendo la rotación del árbol o de la máquina, por el engrane cónico t y sin fin x, á la rueda s', que por la cadena g comunica igual movimiento á la rueda p y piñón montado en su eje, y á la rueda q con que engrana, la que á su vez lo hace con la cremallera m; y por último, el giro del blok lo produce la rotación de la rueda J, debida al piñón d fijo en el eje de la rueda d', que engrana con un sin fin, que en su extremo superior lleva un piñón cónico, que engrana con otro unido al eje R en su extremidad izquierda, el cual está articulado y entra en otro exterior, asimismo articulado, que concluye por el piñón cónico n que engrana con el n' del eje D, que á su otra extremidad tiene otro piñón que recibe movimiento del z fijo en el árbol o de la máquina; de modo que al girar éste, se obtiene el de la polea dentada J y consiguientemente el del blok; y aunque éste á la vez suba ó baje, ó entre más ó menos en el yunque, las uniones universales del eje R y el ser éste telescópico, no impiden el giro de aquél.

Prensas hidráulicas.—En Inglaterra dan la preferencia, sobre todo, para la forja de grandes masas, á las prensas hidráulicas.

Una prensa para forjar, la constituyen, un basamento, sobre que se coloca el yunque, y al que se sujetan fuertemente cuatro columnas de acero, que sostienen un cabezal en que se fija el cilindro hidráulico unas veces, sirviendo otras solamente para ligar entre sí verticales y paralelas las columnas. El cilindro de la prensa, cuando ésta tiene por objeto forjar, siempre ocupa la parte superior; pero en las destinadas á prensar con matrices y embutir, se dispone en la parte inferior; en tal caso, el descenso de la cabeza se efectúa por su propio peso, y la estabilidad es quizás mayor que en aquellas en que el cilindro tiene opuesta posición, mas la forja sería tan lenta y difícil, que su uso se haría imposible; baste con-

siderar, que el lingote tendría que ponerse sobre la cabeza, y con ella elevarle, para chocar contra el yunque sujeto en el cabezal superior; por tanto, de estas no nos ocuparemos.

El émbolo ó pistón trabaja en virtud de la presión del agua, la que se ejerce sobre la sección del mismo, comprimiendo fuertemente el metal, que se coloca en el yunque, por mediación de la boca correspondiente, que se habrá unido al soporte que lleva el pistón ó al marco que el mismo mueve; siendo uno de los órganos más importantes, el distributor, porque como la presión es tan grande, es menester que las válvulas apoyen en una superficie extensa para evitar el aplastamiento del asiento, y como á la vez la maniobra debe ser rápida, para que en cuanto se muevan se abra una gran sección al paso del agua, conviene hacerlas equilibradas; siendo varias las disposiciones adoptadas á ese fin.

Toda prensa necesita para su funcionamiento, bombas potentes movidas por poderosas máquinas de vapor, que inyecten el agua en un acumulador, de donde sale con la presión debida. Esto, exige un gran gasto de instalación; pero si se compara con el que representa la de un martillo de igual potencia, resultará más económica la de la prensa, cuyas fundaciones son sencillas no pudiéndose decir lo mismo de las de los martillos, que son de gran importancia; además de que la construcción de la *chabot* es costosísima.

Los tipos de prensas, hasta ahora más generalizados, son los de Whitworth y Tannet, que vamos á describir seguidamente.

Prensa de forjar, Whitworth.—Esta, se compone (figura 32, lámina 4.ª) de cuatro columnas A ligadas fuertemente á su base B, por medio de las tuercas *a*, y de un cabezal fijo C en la parte superior, que dá estabilidad al conjunto, y soporta los cilindros hidráulicos O′ destinados á mover la cabeza D. A ese fin, dicha cabeza, se une por su parte inferior á los barrotes E de los pistones O de los cilindros hidráulicos O′; de modo que si, mediante el debido juego de llaves, se inyecta el agua en dichos cuerpos, desciende ó sube al

hacerlo los pistones; fijándose en la altura conveniente de modo análogo al explicado en la máquina de comprimir el acero. Para ello, encima de la misma se hallan las cuatro tuercas H, del mismo paso que la rosca de las columnas, en que van atornilladas las ruedas dentadas G que engranan con las F, fijas á los vástagos S, que están roscados en toda su longitud y atraviesan por las ruedas L que hay en la parte superior del cabezal C y son tuercas de ellos, las cuales se hallan en contacto con los dientes de las cremalleras I, que pueden ser accionadas por el pistón del cilindro hidráulico K. Los vástagos ó tornillos S, que pasan por todo el espesor de la cabeza, se fijan por su parte inferior en unos soportes J' á ella unidos. Así es, que al descender la cabeza lo hacen los tornillos S, que como están encajados en sus tuercas L, no lo podrán efectuar sin girar á la vez, arrastrando en su rotación á las ruedas F, que la transmiten á las G y, consiguientemente, á las tuercas H, que de esta manera acompañan en su movimiento á la cabeza D; y para que ésta se mantenga inmóvil á la altura que se desee, se hace entrar el agua en el cilindro K, moviéndose las cremalleras I, por cuyo medio giran un pequeño arco las ruedas L, que como son tuercas de los tornillos S, éstos participan de igual giro, como las ruedas F, comunicándoselo á las G, las que harán que las tuercas H se aprieten contra la cara superior de la cabeza. Asimismo, para que los tornillos queden sin movimiento, en el espesor mismo de la cabeza, hay hechas dos cajas, una para cada tornillo, en que llevan un sencillo mecanismo, que se reduce á un prisma de hierro, por que atraviesa el tornillo, al que se rosca otro cuya cabeza lleva la palanca de maniobra de dos brazos, M, que al girar, aprieta contra él una cuña, sobre que apoya su punta, no dejando girar al tornillo S, que es así comprimido fuertemente.

Sostiene también, la cabeza movil D, el cilindro hidráulico R en que se aloja el pistón destinado á producir la compresión ó forja de la pieza que se coloque en el yunque, con una cabeza de acero, de la forma conveniente, que á él

se adapta. El agua, obrando sobre dicho pistón, le hace descender, consiguiéndose el trabajo de la prensa; y la subida después, se efectúa con rapidez suma, con los cilindros O' cuyos pistones O, por intermedio de las bielas E, soportan la cabeza D.

Los cilindros O', cuando la prensa trabaja, comunican con un acumulador ú otro manantial de presión constante; de modo, que tan pronto como la presión ejercida por el pistón del cilindro R cese, aquélla obra sobre los pistones O, elevando rápidamente la cabeza y con ella el cilindro R.

Para indicar cuál es la compresión verificada en el lingote que se está forjando, sobre la cara anterior de la cabeza movil D hay fija una placa *b* que contiene una división en su circunferencia; y una aguja *c*, cuyo eje tiene un piñón que engrana con la cremallera *d* sujeta por su extremidad inferior al marco J atornillado al pistón, gira, al descender la cremallera cuando lo hace aquél, señalando el grado de compresión ejercida á cada golpe.

Las medias cajas T, que son de madera, abrazan las columnas en su parte inferior, uniéndose entre sí con tornillos y tuercas; y sirven para que cuando la prensa ha concluído su trabajo, y deje de forjar, apoye la cabeza movil D por su base inferior en ellas, con lo que los cilindros O' no trabajan.

Para forjar con esta prensa, primeramente se sube la cabeza movil D, lo necesario según las dimensiones del blok, fijándola á tal altura. Después, se hacen jugar las válvulas, y la presión obra sobre el émbolo del cuerpo R á la vez que en los O', verificándose la compresión; y terminada, se eleva la cabeza con los pistones O, repitiéndose esta maniobra hasta que la temperatura desciende, que se retira el blok para darle nuevos calentones.

Cuando los bloks fundidos, lo han sido en hueco, para forjarlos se hace necesario valerse de mandriles como el representado en la fig. 33.ª, lám. 4.ª El lingote A puesto sobre el yunque B de la prensa, está cogido por el mandril

C, roscado á un vástago D, que por su otro extremo, y después de atravesar el cilindro E, lleva un émbolo H, que una tuerca I fija, pudiéndose mover dentro de la parte hueca de E mediante la introducción del agua á la debida presión en el espacio F. El cilindro E, de diferente diámetro, según el del mandril, se sujeta á un collar M que se articula al tornillo N que le sirve de pie, el cual está sostenido por el carro R que rueda sobre los rails correspondientes, pudiendo tomar distintas alturas, porque la tuerca del tornillo tiene un piñón cónico *a* que engrana con otro *b* que se puede hacer girar con un manubrio, ocasionando el movimiento vertical del pie. La extremidad cerrada del cilindro E, es semi-esférica, y no apoya en ella directamente la superficie posterior del lingote, sinó por intermedio de la pieza X, para que aunque haya desigualdades en dicha superficie, queden en línea recta, su hueco interior, el mandril y el cilindro.

Para extraer el mandril del lingote, que, efecto de la forja, queda muy adherido, se inyecta á presión el agua en el espacio F, la que actuando sobre el émbolo, le hace salir, teniendo cogido el lingote entre el yunque y la boca.

Prensa de forjar, sistema Tannet.—Está compuesta (fig. 34, lám. 5.ª,) de cuatro columnas de acero A fijas por medio de las tuercas *a* á la base B que asienta sobre sólida fundación, y que un cabezal fijo C dá más estabilidad al conjunto, á la vez que sostiene los cilindros hidráulicos laterales D.

A lo largo de las columnas, y guiada por los collares E′, puede correr la cabeza movil E E′ en que se hallan los tres cuerpos de bomba *h* y O, cuyos pistones se unen al marco G.

Para efectuar dicho movimiento, una pequeña máquina de vapor, colocada al pie de la prensa y enterrada, se lo imprime de rotación, por dos engranes, á un arbol horizontal provisto de dos piñones cónicos que engranan con otros dos puestos en dos ejes verticales, que ocultan en la figura las columnas, y que en su extremidad superior llevan dos ruedas

dentadas que engranan con otras R fijas á los extremos de dos tornillos, que bajan entre columnas y tienen por tuercas unas piezas de acero sostenidas por los collares E', originando el giro de los tornillos, la traslación de ellas y los collares, y consiguientemente de la cabeza movil E E'.

Al marco G se fija con una cuña, que encaja en uno de los costados de un encastre á cola que aquél tiene, la cabeza para forjar P; situándose el yunque P' sobre la base de la prensa.

El distribuidor M, con las palancas I, establece ó nó la comunicación del acumulador con los cilindros hidráulicos y hace elevar ó descender el marco G y la cabeza P, según que los pistones O y *h* entren ó salgan, así como los de los cilindros laterales D.

Para que la prensa funcione, se necesita que el agua tenga una presión alta, que es constante, mediante el acumulador, servido por bombas poderosas movidas por una máquina de vapor.

La lámina representa una vista de la instalación de una prensa de este tipo en los modernos talleres de fundición y forja de los aceros, de la fábrica de Trubia; y en ella se vé el acumulador H H' y el par de bombas conjugadas X movidas por su máquina de vapor; así como la tubería que conduce el agua, de las bombas al acumulador, de éste al distribuidor y la prensa, y del distribuidor al tanque, después de trabajar, de donde nuevamente la aspiran las bombas.

Para operar con esta prensa, lo primero que hay que hacer, es bajar la cabeza movil E hasta la altura conveniente, según las dimensiones del blok que haya de forjarse. Seguidamente, se ponen en marcha las bombas, que inyectarán el agua en el acumulador; y cuando éste se halle en su posición alta, se comienza á forjar, abriendo con las palancas I las válvulas, que dan paso al agua por la tubería *c* á los cilindros *O, h* y *D*, que actuando sobre sus pistones, los hace descender, y con ellos al marco G y cabeza P, comprimiendo el lingote puesto en el yunque P'; obrando enseguida

sobre las palancas, pasa el agua que acaba de trabajar, por las válvulas, al tanque Z por la tubería *o*; repitiéndose la operación cuantas veces sea preciso para terminar la forja de la pieza, ó hasta que descienda la temperatura de la misma, y sea menester darla un nuevo calentón.

Una división en una de las columnas y un estilete fijo al marco G, indican la compresión que á cada golpe se efectúa.

El acumulador H H', cargado con 162 toneladas de peso encerradas dentro del depósito cilíndrico de chapa H', al que sirven de guías, en su movimiento, las vigas de madera A' á que se fijan unas T de hierro *p*, con un tope al final de su curso para que por su mediación se cierre la válvula de admisión del agua cuando termine su ascensión aquél, produce una presión en ésta de 517 atmósferas.

Dicha prensa es de una potencia valuada en 1.200 toneladas; y se halla servida, así como los dos hornos de recalentar que forman parte de esta instalación, por dos grúas aéreas, movidas por máquinas de vapor y cables, de 25 toneladas cada una.

Ligera comparación entre el martillo y la prensa.—Para forjar grandes masas de acero, como hoy se necesitan para la fabricación de cañones, parece preferible el uso de las prensas, aunque aún son muchas las fábricas que poseen para tal trabajo martillos; porque éstos no forjan bien más que la parte exterior de los grandes lingotes, siendo los choques tan violentos que recibe el acero en el martillado, causa de que las moléculas queden en equilibrio inestable, sobre todo, en la separación entre la parte forjada y la inmediata, que aún no lo está. Por otra parte, el martillo está sujeto á esfuerzos muy variables, productores de roturas que no saben explicarse; hay una trepidación y vibraciones intensísimas, que se trasmiten á todo el conjunto y por la *chabot* se propagan á las paredes del edificio en que se halla instalado. El ser indispensable la *chabot*, que tratándose de grandes martillos, es una obra tan costosa, es también otro inconveniente; así como las vibraciones á que está expuesto

el cilindro, crecientes con la altura del martillo, que llega á ser en el de Terni de 21 metros.

Es además opinión sustentada por varios metalurgistas, que los aceros obtenidos en estado líquido, deben ser forjados con la prensa; y para decir esto, se fundan en que hallándose las moléculas en un estado de condensación debido á la fusión, es menester para producir un cambio en ellas, someterlas á una acción, además de poderosa, persistente; llegando á asegurar, que los choques violentos no hacen gran efecto, porque desde que el esfuerzo cesa, como es tan rápido, permite la reacción sobre sí, de las capas que han sufrido el golpe, como si fueran fuertes muelles. La forja con la prensa por el contrario, no tiene lugar por fuertes golpes casi momentáneos, sinó por una compresión poderosa que se trasmite hasta el centro de los lingotes, con lo que el grano es más igual y unido. Las vibraciones, que tan intensas son en el martillo, apenas si existen en la prensa; y su altura es siempre mucho más reducida que la de aquéllos, teniendo más estabilidad, y no necesitando tampoco grandes fundaciones, ni *chabot*. Además, puede variarse la altura de caída con más facilidad, sin perder energía y ahorrando agua. En cambio, su acción no es tan rápida; aunque si se tiene en cuenta que la forja es más enérgica y por tanto se necesitan menos golpes, la diferencia, de haberla, será pequeña.

Manera de forjar los lingotes.—La forja de grandes bloks necesita máquinas auxiliares de mucha fuerza; así es, que grúas hidráulicas ó de vapor hacen el servicio entre el martillo ó prensa y los hornos de recalentar, siendo unas veces aéreas, pudiendo recorrer toda la longitud del taller, ó pescantes, colocadas en este caso dos delante y dos detrás del martillo, que ocupa el centro, teniendo á sus costados los hornos de recalentar. De uno ú otro modo, el lingote se maneja con dos de los pescantes uno anterior y otro posterior, cuando es muy grande, ó le sostienen dos grúas, bastando una para los pequeños.

Como los lingotes destinados á la construcción de arti-

llería, tienen, cuando menos, una sección cuatro veces mayor que después de forjados, necesitan tantos más calentones cuanto de más longitud sea la pieza que se haya de obtener, sucediendo frecuentemente que no puede entrar toda ella dentro del horno. En tal caso, se caldea primero la mazarota, que se estira, constituyendo un suplemento que sirve para cojer mejor el lingote con las tenazas, y se introduce en el horno la parte que de él quepa, bajándose la puerta y cerrando con ladrillos y barro refractarios la parte que queda abierta de la boca. Cuando ha adquirido la temperatura conveniente, inmediatamente inferior á B, se saca, ayudado de una de las grúas ó pescantes, conduciéndole al martillo ó prensa, cuya cabeza se habrá levantado, para que por debajo de ella se le haga descansar en el yunque, comenzándose seguidamente á forjar, haciéndole girar para que todas sus caras sufran sucesivamente su acción, estirándole, hasta que su temperatura descienda, que se vuelve al horno, cerrando la puerta como antes. La operación se repite tantas veces como caldas sean necesarias, cortándose después, la mazarota, con una tajadera ó cuchilla, cuando no sea precisa. Por último, se le dá la forma cilíndrica, pues suponemos se forje un tubo, ó manguito sin muñones, cambiando antes la boca ó cabeza y yunque por otros que en vez de ser planos, tengan en su centro un rebajo curvo, quedando al cabo de varias caldas, con la forma que en estado de forja hayan de tener. De ser un manguito con muñones la pieza que se forje, se la dá primero la forma prismática de sección rectangular, correspondiendo la anchura á la distancia entre los planos exteriores de los muñones más las creces necesarias para la conclusión, y la altura al diámetro mayor de la culata, con iguales excesos, todo esto con boca y yunque planos; y después, cambiando éstos, se dá la forma cilíndrica á la parte posterior y anterior á los muñones, que ó se dejan cuadrados, ó se estampan para darles la forma cilíndrica.

Cuando los lingotes han sido sometidos, después de colados en lingoteras con núcleo, á la compresión en fluído, como

Whitworth hace, conservan en su centro, una vez fríos, el hueco correspondiente á aquél, y la forja tiene que serlo en hueco, sobre mandril. Esto se ejecuta como ya en otro lugar se dijo, ó simplemente con un mandril de hierro ó acero introducido en el alma del lingote, con un pequeño viento, á fin de que el calor circule con libertad entre ambos, sirviendo á la vez para hacer girar el lingote al forjarlo, para lo que se hacen apoyar sus extremos entre dos caballetes, próximos á la prensa ó martillo, de no ser muy grande el blok, que necesitaría de las grúas.

Este sistema de forja es más económico, pues no hay que quitar luego, al barrenar, el metal que en los lingotes sólidos llena el hueco que en aquéllos ocupa el mandril; y el trabajo resulta más perfecto porque el espesor de acero que sufre la acción del martillo ó prensa es el anular comprendido entre el mandril y aquél, y por consiguiente mejor recibirá todo él dicha acción.

Durante la forja debe observarse si el lingote descubre grietas ó cualquier otra falta, procurando también, que no se adhiera el óxido de hierro que se forma mientras se martilla, para lo cual se rasca la pieza que se está forjando, con unos hierros, que desprenden la cascarilla, y se pasa, así como al yunque, una escoba; siendo asimismo oportuno, arrojar algo de agua á cada golpe, en particular en las últimas caldas, la que al evaporarse desprende el óxido que hubiera.

Forjado el lingote, se le dá un recocido, si ha de conseguirse que el grano sea igual y fino, como se desea. Este se efectúa en hornos de reverbero de construcción adecuada, dentro de los que se deja enfriar, después de haber elevado la temperatura de los mismos al grado debido.

CAPÍTULO V

Temple de los lingotes forjados, de acero.

El temple según la teoría celular.—Aun cuando con la forja seguida de un recocido, se consigue variar la textura de los aceros, ésta no es en todos los puntos bastante igual y no quedan, después de haber sufrido tales operaciones los lingotes, distribuídos los elementos constitutivos del acero uniformemente, especialmente el carbono; necesitándose someterlos á un nuevo tratamiento, que es el temple.

Osmond y Werth explican por la teoría celular de la composición de los aceros, los fenómenos que se verifican en dicha operación, hallándose de acuerdo con los principios expuestos por Akerman en su trabajo «Temple del hierro y del acero.»

El temple no produce efecto ninguno entre cero y A, mas sí entre las temperaturas correspondientes á los puntos A y B, tanto más enérgico cuanto más cercana á B sea.

A dos causas se deben los efectos que el temple produce; es la primera un cambio de estado del carbono, y la segunda una variación alotrópica del hierro. Sabemos que entre A y B el carbono se halla difundido en la masa, efecto de la disociación

del carburo de hierro; si se dejara enfriar lentamente, éste volvería á reconstituirse, pero si se hace rápidamente, falta tiempo para que pueda llevarse á cabo, y una gran parte del carbono queda en disolución en el hierro. El carbono combinado, existirá, pues, bajo dos estados, el uno disuelto en el hierro, más íntimamente combinado, llamado carbono de temple, y otro incompletamente combinado, el carbono de recocido ó de cementación. La textura del acero que haya sufrido esta operación será, por tanto, de granos más finos que después de la forja y recocido, y como las capas exteriores al tener lugar el enfriamiento ejercen una gran presión sobre las interiores, se produce un cambio ó transformación del hierro pasando parte de él del estado α al β.

Si la temperatura á que se dá el temple es entre B y C, crecerá la proporción del hierro β, y teniendo las células compuestas tiempo de reformarse, el metal se hace muy duro.

El temple, pues, ejerce una doble acción; transforma el hierro de los núcleos del estado α al β, y á la vez el carbono combinado del carburo de hierro, en carbono disuelto en el hierro.

Efectos que el temple produce según se verifique.—El temple queda reducido á calentar la pieza á una temperatura superior á A, sometiéndola seguidamente á un enfriamiento rápido: se comprende por tanto, que ejercen una gran influencia, además de la temperatura á que se someta el cuerpo, la mayor ó menor rapidez con que se enfríe y la cantidad de carbono que tenga el acero, así como la naturaleza del líquido que ha de servir de refrigerante; pues que según sea el agua fría ó calentada á distintos grados, la de jabón ó el aceite, variará la energía, que depende del grado de conductividad de cada uno; y consiguientemente los efectos serán distintos.

Independientemente de tales causas variantes, ejerce gran influencia el modo de llevarse á cabo el enfriamiento. Si suponemos que la pieza, tubo ó manguito, se introduce después de calentada por igual, á la temperatura conveniente,

en un líquido, el aceite, que es el más usado, las capas exteriores serán las que primero se enfríen y comprimirán á las interiores ejerciendo sobre ellas gran presión, que se opone al movimiento de las moléculas para agruparse en formas cristalinas, siendo dicha presión la que produce los efectos químicos del temple y bastando para disolver el carbono que no lo hubiera sido al calentar la pieza.

Si se analiza el efecto que sobre la resistencia produce el temple, se ve que como no en todas las partes el enfriamiento es igual, podrán originarse tensiones interiores variables según la manera de tener lugar y la forma del objeto. Consideremos el tubo cilíndrico. Si aquél se verifica por el exterior del tubo, las capas exteriores se contraen comprimiendo á las interiores, pero como éstas tardan mucho en enfriar quedan distendidas; por el contrario, si el enfriamiento es de dentro á fuera, las capas internas quedan comprimidas y en tensión las demás, en las mejores condiciones para poder resistir las presiones interiores. De hacerse el enfriamiento igualmente por el interior y exterior, no es posible predecir si la resistencia del tubo ha aumentado ó disminuído, pues dependerá del modo que las tensiones se desarrollen. El medio pues, más conveniente para enfriar el tubo, parece es aquel en que se verifique por una corriente interior de aceite ó agua, manteniéndose á la vez el calor en el exterior por un hornillo, ó cuando menos, dejando enfriar dicha parte por sí sola. La razón es la acabada de exponer y la misma que abona el procedimiento Rodman para fundir los cañones de hierro colado. Y no es solamente la resistencia transversal tangencial la que aumenta con tal modo de conducir el enfriamiento, sí que también la longitudinal.

La forma de la pieza que se temple, hemos dicho debe también tenerse en cuenta. Así sucede, que si presenta aristas se producen tensiones en dirección de las bisectrices de los ángulos de las mismas; y por el contrario, si tiene ángulos entrantes, en aquella dirección habrá compresión, por lo que conviene redondear unos y otros. Asimismo las piezas cilín-

dricas que como los tubos y manguitos, tienen que ser huecos ya concluídos, deberán barrenarse antes de templarlos, pues de hacerlo de otro modo, cuando después se efectúe tal operación, se encontrarán en los extremos ó bases capas estratificadas oblícuas, en cuyas partes falta la resistencia, y tampoco tendrán la cohesión de las demás paralelas. Para evitar que las compresiones interiores no se transmitan con uniformidad en todo el tubo, se torneará en desbaste, pues sinó, siendo su sección recta, en vez de circular, la oval ó elíptica, el temple ocasionaría falta de uniformidad, que sería muy perjudicial. Atendiendo á todas estas razones, el temple deberá hacerse enfriando el tubo ó manguito por una corriente interior, y antes se habrá barrenado, redondeando los bordes de las bases y torneado, dejando por cada extremo un exceso en su longitud próximamente igual al radio, que se quita después de templado.

Manera de efectuarse la operación de templar.— El temple, aunque como hemos visto debería hacerse por corriente interior, dificultades grandes que en la práctica presenta tal sistema, á pesar de sus ventajas innegables, son causa de que generalmente no se practique; y lo que se hace es introducir la pieza en un depósito de aceite ó agua, después de haberla calentado en un horno. El enfriamiento pues, se verifica así por el exterior como por el interior.

Los elementos necesarios, para llevar á cabo esta operación son un horno y un depósito ocupado por el líquido refrigerante.

Antes de llevar al horno el tubo ó manguito, se le tornea en desbaste para indagar si el metal está sano, que lo indica la carencia de manchas y líneas sombrías, así como la viruta entera que deberá sacar el buril, cumpliéndose á la vez con este trabajo, la condición de dar á la pieza una sección circular para que el temple sea uniforme; y luego se barrena interiormente para preveer los defectos de templar en sólido; dicho barrenado se ejecuta, según que el tubo esté forjado en hueco ó no, con un aparato de alisar, ó con barrena

tubular respectivamente, en un torno, y de tener gran longitud, en un banco de barrenar.

Seguidamente se cortan rodajas, una de cada extremidad, para de cada una de ellas sacar tres barretas según los lados de un triángulo equilátero, que torneadas á las dimensiones debidas sirven para los ensayos á la tracción que acusarán las características que posee el metal en estado de forja, de cuyo estudio se deduce la temperatura á que se deberá calentar la pieza á fin de obtener con el temple las finales que ha de poseer.

Los hornos que se emplean para calentar los tubos y manguitos que deban templarse, son verticales, de tanto mayor altura cuanto más grande sea la longitud de aquéllos; su forma es cilíndrica de más altura que el mayor largo de los más grandes elementos que tengan que templarse en ellos; y ó tienen la puerta en la parte superior ú ocupando todo su frente, en cuyo caso su altura es la del horno. .

Del primer sistema es el representado en la fig. 35, lám. 6.ª; el horno es cilíndrico de sección circular, con una abertura en la parte superior que se cierra con un marco de hierro, en su interior lleno de ladrillos refractarios; la llama y productos de la combustión, que se verifica en el hogar A, penetra por las aberturas *a, a, a,* en el hueco central del horno, en que se introduce el tubo, saliendo por las *b, b, b,* á un canal que los conduce á la chimenea. A diferentes alturas, y en su revestimiento exterior, existen varias pequeñas aberturas *c, c, c,* que se tienen cerradas con unas pequeñas placas á corredera, y sirven para inspeccionar la marcha del horno y conocer cuándo ha llegado á adquirir la conveniente temperatura.

El tubo se introduce en el horno, ayudado de una grúa de cuyo gancho se tiene suspendido con un aparato especial llamado mitra, cuando ha alcanzado una temperatura más alta que la que ha de tener al final, calculada de antemano, teniendo en cuenta el descenso que se origina al robar el tubo, que entra frío, el calor al horno; y se cierra la entrada

del aire y registro de la chimenea, así como la abertura superior, con su tapa, generalmente compuesta de dos mitades con un rebajo central para el paso del vástago de la mitra.

A la proximidad del horno existe un gran recipiente cilíndrico B, lleno de aceite, en cantidad de ocho á diez veces el peso de la pieza que se va á templar, con una doble envuelta, en cuyo espacio anular circula una corriente de agua fría para que no se caliente el aceite.

La disposición que la puerta tiene en este horno no es conveniente, pues se consume un tiempo no despreciable en sacar el tubo para luego introducirlo en el aceite, que tiene que hacerse por un movimiento ascensional de aquél, seguido de otro de traslación al lugar en que está el depósito de aceite y luego de descenso hasta que el líquido le cubra con exceso; tiempo durante el cual se enfría algo. A obviar esta dificultad responde la construcción de los en que la puerta ocupa toda su altura; describiendo como tipo de los de esta clase, el que en S.t Chamond se emplea para el temple de los tubos para cañones de gruesos calibres y los árboles de hélice de los grandes trasatlánticos.

Es dicho horno (fig. 36, lám. 6.ª,) vertical y cilíndrico, con una profundidad de 21 metros, estando su borde superior al nivel del piso del taller, y se halla constituído por el hueco A cilíndrico en que se introduce la pieza que se vaya á templar, cerrado por arriba, sin más que una pequeña abertura transversal para el paso del arbol del soporte del tubo; varios hogares *a, b, c, d, e, f,* queman el combustible que produce la llama que ha de calentar el horno, la que con los humos tiene salida por el canal B que comunica con la chimenea. La parte C de las paredes exteriores del horno, formada de ladrillos refractarios sujetos en una armadura de hierro reforzada con tirantes y bandas á distintas alturas, constituye la puerta, que gira alrededor de un barrote vertical lateral de dicha armadura, soportado por sus extremos convenientemente, y cuyas junturas todas se enlodan con barro refractario para evitar la entrada del aire exterior;

teniendo algunas aberturas, que se cubren con placas, para inspeccionar la marcha del horno.

A lo largo del taller corrre sobre rails una poderosa grúa H con doble movimiento de vapor é hidráulico á fin de obtener una velocidad de inmersión del tubo en el aceite de 30 metros por minuto. Como todos los hogares ocupan solamente un frente, el tubo se calentaría desigualmente, más de este lado que del de la puerta y para que así no suceda, recibe movimiento de rotación, que le es impreso, por la misma grúa, al soporte D que le sostiene, con lo que todos los puntos de su superficie están el mismo tiempo expuestos á la acción más directa de los hogares. La puerta está equilibrada, y con un pequeño cabrestante que en el taller hay colocado detrás del horno, se abre con facilidad, dejando paso al tubo, que es conducido con rapidez, por la grúa, sobre la cuba de aceite E cuya boca se halla en dirección del eje del horno y al nivel de una fosa de igual altura que éste, y que tiene una profundidad de 23 metros; tres depósitos de 200 metros cúbicos de capacidad, llenos de aceite de colza, permiten disponer de tan gran cantidad cuya corriente en el interior de la cuba es contínua, enfriándose á la vez, mediante las bombas y refrigeradores correspondientes. La inmersión en ella se hace en menos de un minuto.

Determinación de la temperatura del horno.— Es de verdadera importancia conocer perfectamente la temperatura que el tubo como el horno poseen, pues de ella depende el resultado del temple. Con ese fin, se hace uso de pirómetros y anteojos pirométricos; pues aunque el color del horno es una buena guía después de cierta práctica, vale más cerciorarse por los aparatos de lo que la vista aprecia.

El pirómetro más generalmente adoptado, es el calorímetro de Siemens (fig.ª 37, lámina 6.ª,) que se compone de un vaso cilíndrico C, de cobre rojo, abierto en su parte superior y encerrado en una envuelta E, de latón, sirviéndole de sostén un disco de madera *d;* una espesa capa de aire, separa el vaso interior del cilindro E para disminuir cuanto se pueda la

pérdida de calor por radiación y conductibilidad; por igual motivo el vaso C está cerrado por una tapa de madera *d'* con un orificio en su centro por el que se introduce en el calorímetro un peso determinado de agua primero y después un cilindro de hierro M, calentado á la temperatura del horno. Sostiene dicho cilindro, dentro del vaso, un agitador que se mueve con la varilla *a;* y un termómetro sirve para señalar la temperatura. Acompañan al aparato, además de varios cilindros de hierro de 100 gramos de peso, iguales al M, un pequeño matraz V con una señal que indica, cuando el agua á ella llega, que contiene medio litro, y un tubo de hierro L con una abertura *x* que se cierra con la pieza R para impedir la caída del cilindro de hierro que en ella se dispone para meterse en el horno, con cuyo objeto el extremo del tubo L se fija á una barra de longitud adecuada.

Para operar con este pirómetro, el cilindro de hierro M, puesto en la pieza L, se introduce en el horno por una de las aberturas que á ese fin tiene, y cuando haya tomado la temperatura de éste, que se conoce en que el color es el mismo en uno que en otro, se extrae, después de haber vertido en el calorímetro medio litro de agua con el matraz V y medido su temperatura con el termómetro del aparato, que aprecia décimas de grado, que supondremos sea *t*, y se sumerge rápidamente en el calorímetro cubriendo la abertura de la tapa y moviendo el agitador para que se iguale la temperatura en toda la masa líquida; el termómetro acusará una viva subida de la columna mercurial que va siendo cada vez más lenta hasta detenerse, comenzando después á bajar; se anota la temperatura que indicó al quedar estacionario el mercurio, la que habrá sido *t'*. La temperatura del horno se determina enseguida por la fórmula

$$T = m\,(t' - t) + t' \quad (1)$$

en la que conocemos t' y t, deduciéndose el término $m\,(t'-t)$ de la tabla siguiente de M. Gueguen:

$t'-t$	$m\,(t'-t)$	$t'-t$	$m\,(t'-t)$	$t'-t$	$m\,(t'-t)$	$t'-t$	$m\,(t'-t)$
1	42	12	475	23	794	34	1039
2	84	13	508	24	814	35	1060
3	121	14	539	25	840	36	1079
4	164	15	569	26	865	37	1100
5	205	16	599	27	887	38	1119
6	246	17	628	28	910	39	1136
7	295	18	657	29	932	40	1158
8	336	19	685	30	954	41	1175
9	372	20	712	31	977	42	1195
10	407	21	737	32	998	43	1212
11	442	22	763	33	1015	44	1243

siendo m el número ó coeficiente de que hay que afectar al primer término de la fórmula para tener en cuenta la variación de la capacidad calorífica del hierro en el supuesto de emplear una masa de 100 gramos de peso.

Como los cilindros de hierro se oxidan, variando en peso al desprenderse la capa de óxido que se forma, se les debe pesar á menudo para conocer esa pérdida; si es p el nuevo peso, como la diferencia $t'-t$ depende de éste, se calcula por proporción la que debería haber, de ser el peso de 100 gramos; de modo que si es x la diferencia nueva, se tendrá

$$\frac{x}{t'-t} = \frac{100}{p} \text{ y } x = \frac{(t'-t)\,100}{p} \quad (2)$$

de donde se deduce

$$T = m\frac{(t'-t)\,100}{p} + t' \quad (3)$$

Dos ejemplos para los dos casos que pueden ocurrir, harán ver mejor el modo de operar.

1.er ejemplo.—El cilindro pesa 100 gramos; el termómetro marcó una temperatura $t=11°$ al verter en el calorímetro el agua, y $t'=42°,6$ después de introducido el cilindro calentado en el horno; la diferencia $t'-t=31°,6$. Buscaremos en la tabla para $t'-t=31°$ y $t'-t=32$, entre que está comprendida la temperatura $31°,6$, los respectivos valores de $m(t'-t)$ que son 977 y 998, que difieren en 21, que multiplicaremos por 0,6 cuyo resultado 12,6 será la cantidad que habrá que agregar á 977 para obtener, por medio de la interpolación hecha, el valor de $m(t'-t)$ correspondiente á la temperatura $31°,6$, que es 989,6; y por tanto sustituyendo en la fórmula (1)

$$T=989,6+42,6=1032°,2.$$

2.° ejemplo.—El peso del cilindro es de 90 gramos, la temperatura del agua después de la inmersión $t'=26°,7$, teniendo antes el agua la $t=12°$. Haciendo aplicación de la fórmula (2) se tendrá

$$x=\frac{14,7\times 100}{90}=16,3$$

y no habrá más que buscar en la tabla, $m(t'-t)$ para $t'-t=16$ y $t'-t=17$, é interpolar, deduciéndose, como en el caso anterior, el valor 607,7 para el primer término; y aplicando la fórmula (3)

$$T=607,7+26,7=634°,4.$$

Cuando la temperatura es muy elevada, la del agua del calorímetro, después de la inmersión del cilindro, sube demasiado, y es en tal caso preferible hacer uso de cilindros de mucho menos peso.

Doble temple y recocido.—Descrita la operación de templar, detalladamente, en el caso general de hacerse el

enfriamiento por el exterior é interior del tubo, vamos á indicar otro sistema de templar, por medio de un doble temple, con lo que la fragilidad se disminuye, conservando la tenacidad. En el Creussot se ha empleado tal procedimiento, templando la primera vez en agua á una temperatura variable según la clase de los aceros, comprendida siempre entre el color cereza y el cereza claro, volviendo á templar después á 400° ó 600°. En la fábrica de Trubia se ha seguido igual procedimiento para el temple de tubos y manguitos para cañones de campaña, si bien el medio refrigerante ha sido el aceite de oliva, habiéndose conseguido excelentes resultados.

El efecto del segundo temple es semejante al que resulta recociendo la pieza después de templada, teniendo sobre este la ventaja de no ocasionar la separación del carbono disuelto. En un blok después de templado la primera vez, el carbono combinado se ha aumentado, y si entonces se calienta á una temperatura inferior á la primera, seguida de un brusco enfriamiento, pasará al estado de carbono de recocido parte del incompletamente combinado, que se había transformado en carbono de temple por la primera operación; el metal por tanto, se hará más dúctil y menos tenaz.

Cuando solo se hace sufrir un solo temple á las piezas, debe seguir siempre un recocido, cuyo objeto es destruir las tensiones moleculares que en aquella operación se desarrollan. El recocido debe efectuarse á una temperatura inferior á la que se templó, para que conservando la misma textura se consiga uniformidad en el enfriamiento, que deberá ser muy lento. Se practica en el mismo horno de templar, conservando dentro la pieza hasta que se enfría, para lo que se deja apagar aquél.

Los tubos de gran longitud en relación con su sección suelen esperimentar flexiones como consecuencia del temple, sobre todo cuando ha sido á una temperatura muy alta; las que se corrijen después, si el diámetro del tubo exteriormente no es grande, enderezándolo bajo la acción de un martillo de vapor, ó por medio de una prensa, calentándole á una

temperatura inferior á la de la última operación sufrida, siendo conveniente darle después un recocido; pero cuando la sección es mayor no se puede hacer esto y hay que recurrir al torno y á la barrena para que tal defecto desaparezca, por lo que al tornearse en desbaste antes de templar se deben dejar suficientes creces; y lo mismo decimos del barrenado, que cuanto más largo sea el tubo, habrá de hacerse á un diámetro relativamente más pequeño.

CAPÍTULO VI

Resumen de las operaciones que se practican con los aceros para artillería. Fabricación de tubos de acero por el procedimiento Mannesman.

En capítulos anteriores hemos examinado de qué modo se conseguía variar la textura de los aceros, mediante un tratamiento adecuado, deducido de su constitución molecular misma, que tan bien esplican Osmond y Werth según la teoría celular; siendo muchas y delicadas las operaciones que hay que practicar hasta que sean aptos para su empleo en la construcción de cañones.

El citado tratamiento comprende en resumen las operaciones siguientes.

Forja: para convertir la textura del metal en otra de granos más finos, disgregando á la vez las células compuestas.

Recocido después de la forja: para uniformar el trabajo por ésta hecho, que por mucho cuidado que se tenga no resulta igualmente enérgica en todos los puntos de llingote.

Temple: que dá al corazón del lingote una textura de granos finos é iguales y

Recocido después del temple, á baja temperatura, para disminuir en las capas exteriores del lingote la proporción de carbono de temple y de hierro β.

Sería pues, muy ventajoso que tales operaciones pudieran

eludirse empleando otro procedimiento más sencillo, con lo que la obtención del acero para artillería sería más facil y espedita.

El sistema ideado por Mannesman para la fabricación de tubos metálicos, hace pensar, que quizás sea algún día aplicable á la construcción de tubos para cañones, pues si bien los ensayos hasta hoy hechos no alcanzan á los de grandes espesores, se prosiguen los estudios para conseguirlo.

Está fundado dicho sistema, en que si á un cilindro que puede girar sobre su eje, se le aplica un disco circular, que le comprima, el cual esté montado en otro eje paralelo al del cilindro y se le imprime movimiento de rotación, éste girará alrededor de su eje; mas si la posición de ambos ejes es perpendicular, y la disposición de los coginetes lo permite, tomará entonces un movimiento rectilíneo.

Esto supuesto, si el eje del disco forma con el del cilindro un cierto ángulo α, los dos movimientos del mismo, de translación y rotación, se combinan, produciendo uno helicoidal, el cual persistirá, si para equilibrar la presión que el disco ejerza se dispone por la parte inferior otro exactamente lo mismo, girando hacia el mismo lado y formando igual ángulo, aunque en contrario sentido.

Si en su consecuencia, se disponen unos laminadores constituídos por rodillos de forma tronco-cónica estriados ligeramente en su superficie terminados por una parte cilíndrica, y se hace pasar por ellos una barra de acero calentada al rojo en un horno, imprimiéndoles movimiento de rotación, animado de gran velocidad, la barra avanzará, y como las capas exteriores son más blandas y están á la vez solicitadas con mucha más fuerza, marcharán con mayor velocidad que las demás, originándose una abertura cilíndrica terminada por un casquete en la parte anterior, mientras que el fondo sigue contínuamente en el lugar donde los laminadores hacen el mayor esfuerzo, girando la parte exterior y avanzando, de manera que las fibras metálicas se separan de su eje destacándose de la superficie.

Como es mayor la rapidez de las externas que de las internas en tal movimiento helicoidal, se disponen de tal modo que los tubos así fabricados tienen una grandísima resistencia.

Los rodillos distan entre sí menos que el espesor del blok con lo que además de ejercer sobre él gran presión, le impiden pasar con facilidad, constituyendo un verdadero tope.

Si el lingote cilíndrico que se introduce en los laminadores tiene sus extremos cortados bien perpendiculares al eje y son planos, se obtiene un tubo abierto por sus dos extremos; y en caso de ser una ó las dos extremidades cónicas ó ojivales, el tubo que resulta lo es cerrado por uno ó por los dos extremos.

Siendo muy grande el gasto de fuerza necesario á tal fabricación, se hace preciso contar con máquinas de extraordinaria potencia; y con objeto de hacer uso de otras algo menos potentes se emplean volantes especiales dotados de gran velocidad, los que están formados por dos grandes platos de chapa de acero montados sobre un eje de sección cuadrada reforzados con teleras, constituyendo un carrete en que se arrolla alambre de acero en capas suficientes á obtener el peso correspondiente, resultando una llanta muy sólida.

Las transmisiones se verifican por medio de ruedas especiales de contactos planos; pues los engranajes cónicos, aun siendo de acero, no resisten, sus dientes, velocidades de más de 300 vueltas por minuto, que tendrían que dar.

Los tubos hasta ahora construídos han resultado tener una resistencia muy grande, efecto del trabajo que con tal operación se hace sufrir al metal, la que desde luego descubre cualquier defecto en la fusión ó colada del lingote, por pequeño que sea, pues solamente con materiales muy buenos se puede llevar á cabo dicho laminado sin que se produzcan grietas y desgarres.

CAPÍTULO VII

Fabricación de sunchos.

Tienen los sunchos por objeto, disponer el metal de que está constituída una pieza, de modo que resista mejor á la acción de la pólvora; pues siendo colocados con un cierto apriete, originan en las capas vecinas al ánima, tensiones repartidas conforme á los principios de construcción de los cañones compuestos.

Son de acero, obtenidos ó por medio de barras arrolladas en espiral, que después se sueldan y laminan, ó ya directamente de un blok fundido.

En el primer caso, su fabricación comprende las varias operaciones que iremos analizando seguidamente.

Paquetes de acero pudlado de la debida calidad, se calientan en un horno de recalentar, estirándose después en los cilindros laminadores, para obtener barras de sección trapezoidal con el fin de que, arrolladas que sean, la sección se convierta en rectangular, efecto de la compresión que sufren en la parte interior y la extensión de la exterior; tal operación se denomina *tirado de la planchuela para espirales.*

Seguidamente se arrolla la planchuela, en hélice, alrededor de un mandril en que termina el cilindro inferior del mismo tren laminador, ó bien se hace uso del aparato especial de la figura 38, lámina 6.ª consistente en un eje vertical A en cuyo extremo superior lleva una virola B sujeta con una chaveta sobre la que ha de arrollarse la barra *c;* debajo de ella hay una placa con varios taladros á distintas distancias del eje; y según que la barra ó planchuela tenga más ó menos grueso, se introduce, en uno ú otro, un clavo ó cuña que se separe del eje una cantidad igual al grueso de aquélla. El eje vertical, en su extremidad inferior, tiene fija una rueda dentada C que engrana con un piñón D montado en el eje de un engrane cónico E que á su vez recibe movimiento de otro arbol G. La planchuela se introduce, por una de sus extremidades, entre el clavo y la virola, al salir del laminador; y merced al movimiento de rotación del eje vertical á que va unida, se arrolla en espiral. Un cilindro vertical H′, que gira alrededor de su eje H, se apoya lateralmente sobre las espiras, comprimiéndolas sobre la virola, para lo que está dotado, además, de movimiento de traslación, que le permite separarse ó acercarse al eje, dado por un volante I y los engranes JJ′ que hacen avanzar ó retroceder los brazos M que soportan el eje de dicho cilindro. Esta operación es la de *formar las espirales.*

Tenidas éstas, por uno ú otro procedimiento, se calientan en un horno de recalentar, al blanco, para pasar á *soldarlas,* lo que se ejecuta en un martillo, cuya cabeza y yunque tienen, aquélla, un mandril tronco-cónico en su centro y ésta un hueco de sección circular, constituyendo entre los dos una matriz en la que se estampa el suncho, mediante dos ó tres caldas. Cuando los sunchos son de grandes dimensiones hay á veces que unir dos espirales después de soldadas, lo que se efectúa también, en el martillo; colocando una de ellas en el yunque, que posee un hueco cilíndrico, encima de la que se pone la otra, martillando hasta soldarlas, quedando ambas ajustadas á las dos medias matrices, pues la inferior tiene el diámetro

exterior de él, y la cabeza ó superior, un mandril del diámetro interior.

Para que el suncho, formado ya por la soldadura de una ó dos espirales, quede, así interior como exteriormente, á las dimensiones de forja, es preciso someterlo á un *laminado*. Este se lleva á cabo en una máquina especial, (fig.ª 39, lám.ª 6) que se reduce á dos cilindros horizontales A y B cuyas extremidades quedan libres, y de los que el inferior está fijo y el otro puede, accionado por dos cilindros de vapor y los correspondientes engranes, subir ó bajar, separándose ó acercándose á aquél. El suncho, después de caliente suficientemente en el horno de recalentar, es conducido á esta máquina é introducido entre los manguitos por que terminan los extremos libres de ambos cilindros, haciendo descender el superior, hasta que en su espesor quede cogido por ambos; y para darle más estabilidad, se apoya también por su costado en dos cilindros pequeños ó rodillos C, uno de cada lado, que lo oprimen en los extremos de una cuerda, los que están fijos á unos arcos dentados D que unos piñones D′ pueden hacer girar aproximándolos ó separándolos del suncho. Puesta en movimiento la máquina, giran los dos cilindros horizontales, y consiguientemente el suncho, que á medida que se hace descender el superior, disminuye en espesor, al propio tiempo que sus diámetros, así interiores como exteriores, aumentan, puesto que la altura no puede variar por impedirlo en su frente la placa de los montantes de la máquina con quien está en contacto por su plano posterior, y del otro lado una pieza H que á ese fin tiene. Una corriente de agua, enfría los cilindros y apoyos del suncho, que de otro modo se calentarían mucho, produciéndose dilataciones que dificultarían la buena marcha. Es claro, que conforme tiene lugar el laminado, para que quede circular el suncho, se van separando los rodillos laterales en que éste apoya por sus costados. En cuanto el espesor es el debido, se detiene la marcha de la máquina, y se le extrae laminado, sumergiéndolo en un pozo con agua, donde se deja enfriar.

Para concluir el suncho, que al cabo del laminado, está en desbaste, se tornea interior y exteriormente en un torno de plato ó de banco partido y se le refrenta por ambos lados, dejándole más pequeño el diámetro interior, para terminarle antes de sunchar después de torneado el cuerpo del cañón.

De obtenerlos de un lingote fundido, se emplea el siguiente procedimiento: Generalmente se funde un blok cilíndrico macizo que pueda dar varios, pues es más económico que fundir pequeños lingotes susceptibles cada uno de uno solo, y se calienta en un horno de recalentar, cortándose, en el martillo ó prensa, ó con una sierra, en trozos que dé cada uno uno de ellos; se vuelve á calentar y forjar para reducir su altura y aumentar su sección, siendo enseguida taladrados en su centro con un mandril cónico de que está provista la cabeza, ensanchándose dicho taladro con mandriles de diámetros cada vez mayores; terminándose, ó en el mismo martillo estampándolo en matrices, ó laminándolos en la máquina ya descrita á ese fin.

El procedimiento que por mucho tiempo se siguió en Essen fué el de cortar en trozos el lingote, los que después se forjaban para convertirlos en tortas de menor altura A (figura 40 lámina 6) que se caldeaban; y valiéndose de un mandril cónico, que se sujeta con unas tenazas, se abrian, ayudados del martillo, dos agujeros próximos á sus extremidades, de unos 50 milímetros de diámetro, uniéndolos por un corte en que se introducian cuñas cada vez mayores hasta alargar la hendidura tanto que la torta tomara las figuras B y la C de un rombo alargado. Otras caldas seguidas de la forja de sus caras laterales, la convertian en un cuadrado D y por último, se hacian de sección circular E, cambiando yunque y cabeza por otras rebajadas en su centro, de figura circular, y forjando sobre mandril. Las dimensiones finales de desbaste se consiguen por medio del laminado en la máquina, ó por la forja en matrices. Después, se templan en aceite ó agua, operación á que debe seguir un recocido.

Los fabricados con barras arrolladas en espiral, si bien

por su disposición especial, dan una gran resistencia á la pieza, como tienen muchas soldaduras, aun siendo el trabajo esmerado, así como la temperatura á que se dieran las caldas la conveniente, siempre presentan puntos débiles, soluciones de continuidad, pues las uniones de las espirales no son perfectas, sobre todo si el suncho es grande. Por tal motivo son preferibles los de acero fundido, forjados después.

Los sunchos de muñones pueden ser fabricados por iguales procedimientos que los lisos. Siguiendo el primero, hay que valerse de dos espirales, que se sueldan separadamente formando dos anillos, á los que se abren en prolongación de sus diámetros, dos cajas ó rebajos cuyo objeto es recibir cada una un medio muñón, soldándose todo reunido en el martillo, para lo que yunque y cabeza se sustituyen por dos matrices que den la figura del suncho en desbaste. De emplearse acero en un lingote, éste se corta, de ser muy grande, á la longitud precisa, y se le forja dándole la forma de un prisma, cuya sección es un rombo alargado cuyo centro se taladra con un punzón grueso ó mandril; de las caras que forman el ángulo más agudo, forjándolas en sus extremidades, se hacen los muñones, y con el empleo de las oportunas matrices, se acaban interior y exteriormente.

Forjado el suncho, se tornea por sus frentes é interiormente en un torno de plato, y los muñones se desbastan, puesto entre puntos en otro torno, taladrándolos después, para que el temple sea uniforme; pues de otro modo como es la parte que de él tiene más metal, no sería igual. El contorno exterior se desbasta en una garlopa vertical.

Haciendo uso de lingotes cilíndricos ó prismáticos fundidos en hueco, sean ó nó comprimidos por el sistema Whitworth, la construcción de los sunchos lisos se simplifica mucho, pues se evita la operación, siempre lenta, de taladrarlos á punzón en el martillo ó prensa, así como las diversas estampaciones que sufren.

Los sunchos se consiguen, por tal procedimiento, de lingotes que se funden en hueco, empleando lingoteras espe-

ciales, cuyo núcleo central puede recubrirse también de barro refractario, ó haciendo uso de las tipo Whitworth, ya descritas. De no comprimirse en fluído los lingotes, deben tener la conveniente dósis de silício á evitar los poros.

Después de separados los lingotes de las lingoteras, se cortan en un torno, en trozos que cada uno dé un suncho, y se laminan, en la máquina ya esplicada para ese objeto, á las dimensiones que en desbaste deban tener. Si los lingotes son prismáticos, se desbastan á torno para hacerlos de sección circular, ó se forjan sobre mandril con igual fin, concluyéndolos con el laminado.

El espesor de dichos lingotes, así como el diámetro del alma, se calcula de modo que aquél resulte unas tres veces mayor que el que tendrá después de laminado.

CAPÍTULO VIII

Pruebas á que se someten los tubos, manguitos y sunchos de acero, y condiciones á que deben satisfacer.

Basado el trazado de una pieza, en la resistencia del metal que la constituya, á la que han de subordinarse los espesores, se comprende es de necesidad, cerciorarse al comenzar su construcción, como durante el curso de fabricación, de que los elementos que la componen poseen las características que al metal se exigen, con lo que la bondad del material queda garantida. Así es, que todos los establecimientos productores de los elementos de acero para artillería, practican, además del análisis químico de las primeras materias empleadas en la fabricación, como del producto final obtenido, pruebas ó ensayos que pongan de manifiesto sus características de resistencia.

Siendo las propiedades más interesantes en el metal para cañones, y consiguientemente en el acero, su tenacidad y elasticidad, y por tanto, éstas las que más conviene conocer y determinar, los ensayos que á ese fin conduzcan, han de merecer especial preferencia.

Las pruebas que se practican á ese objeto, se llaman de

tracción, y si bien en la antigüedad tenían lugar valiéndose de alambres, de los que se suspendían cargas crecientes sucesivas, hasta su rotura, midiendo antes los alargamientos que bajo la acción de cada una experimentaban, las indicaciones no eran suficientemente precisas; y como además, para obtener el alambre se le había sujeto á un trabajo mecánico grande, y sometido á diversas temperaturas, el resultado que arrojaran tales pruebas no era indicio seguro de lo que el mismo material sin ese trabajo y caldas soportaría. Hoy, las pruebas de tracción se verifican, con barretas cortadas de rodajas serradas en frío del metal que se trata de ensayar, antes de ser templada la pieza y después, debiendo hallarse las características comprendidas entre los límites de antemano prefijados.

Después de forjado y recocido en el horno ó en aceite el tubo ó manguito, y desbastado exterior é interiormente, á torno y con barrena tubular, respectivamente, de no haberse forjado en hueco, que se barrenaría con una ordinaria, se cortan dos rodajas, una de cada extremidad, y de ellas se sacan tres barretas á corte y en frío en sentido de las cuerdas, las que deberán guardar, ya torneadas, entre su sección recta y la distancia entre trazos la relación expresada por la fórmula

$$L^2 = 50\, S_n$$

en que L representa dicha distancia y S la sección recta, que se ensayan para averiguar las cualidades del metal; pues si bien al verificarse la colada, y después por el análisis químico del producto, de que se dosifica el carbono, se sabe la calidad del acero, no es bastante este dato para el conocimiento exacto de sus cualidades, y consiguientemente de las operaciones ulteriores á que se deberá someter para llegar á obtener finalmente un tubo ó manguito que, templado, reuna las características que se le señalaran. De otras rodajas, se podrán sacar otras barretas, que templadas á distintas tem-

peraturas y ensayadas, sirven para dar un indicio bastante aproximado de la á que convendrá templar; por más que el estudio de las características del acero antes del temple, basta para deducirla, con alguna práctica y conocimiento del metal.

Para practicar los ensayos á la tracción, se hace uso de máquinas adecuadas; siendo la más generalizada la de Maillard, en que se determinan el límite elástico y carga de rotura, así como los alargamientos correspondientes á ambas cargas, y á aquella otra en que la estricción tiene lugar, con auxilio de manómetros de mercurio de Galy-Cazalat y el anteojo micrométrico de Dumoulin-Froment, anexos á la citada máquina, que permiten apreciaciones muy exactas. También se emplean otras, autográficas, que ya por sí mismas indican completamente el trabajo de resistencia vivo de rotura.

Las características del acero suelen ser:

Resistencia absoluta del metal. .	entre 48 y 58 kg. mm^2
Alargamiento mínimo de rotura. . .	18 %
Límite elástico.	entre 18 y 30 kg. mm^2

Después que los tubos y manguitos se templen y sufran el segundo recocido, se cortan nuevas rodajas de cada una de sus extremidades, si bien es más conveniente verificarlo á alguna distancia de ellas, y se sacan otras nuevas barretas de cada una, que se ensayan igualmente á la tracción, debiendo ser cuando menos la resistencia absoluta del metal 5 kg. mm^2 mayor que la que antes de templar poseían; y en general las características serán las siguientes:

Resistencia á la rotura, mínima. .	53 kg. mm^2
Id. id. máxima. .	67 »
Alargamiento mínimo á la rotura..	14 %
Límite elástico, mínimo. . . .	30 kg. mm^2

Las características á la tracción del acero empleado en Trubia para los cañones de campaña son:

Antes del temple.

R_1 Resistencia máxima á la rotura.	52 kg. mm²
Id. mínima id.	46 »
A_1 Alargamiento mínimo antes de la estricción.	20 °/₀
Id. id. de rotura.. . . .	$0{,}99\ A_1\ (1 + 0{,}01\ A_1)$»

Después del temple.

Resistencia mínima á la rotura.	$R_1 + 10$ kg. mm²
Límite elástico mínimo.	$L_1 + 10$ »
A_2 Alargamiento mínimo antes de la estricción.	18 °/₀
Id. id. de rotura.	$0{,}99\ A_2\ (1 + 0{,}01\ A_2)$»

Después del recocido.

Resistencia mínima de rotura.	$R_1 + 5$ kg. mm²
A_3 Alargamiento mínimo antes de la estriccion.	18 °/₀
Id. id. de rotura.	$0{,}99\ A_3\ (1 + 0{,}01\ A_3)$»

Si después del primer temple, las características, no resultasen dentro de los límites tolerados, pueden volverse á templar, á fin de conseguirlo. De acusar defectos en el metal las barretas ensayadas, se repite la prueba con otras cortadas de rodajas inmediatas á las primeras, de no dar éstas metal bastante para obtenerlas; y de ser el número de las defectuosas, mayor que la mitad de las probadas, es preferible desechar el tubo ó manguito á que correspondan.

Varias son las causas que pueden alterar los resultados obtenidos con barretas ensayadas á la tracción, siendo de las más principales sus dimensiones y el tiempo que en romperlas se invierta. Experiencias muy detenidas é interesantes se han hecho, á fin de examinar las circunstancias distintas que tuvieran influencia en tal sentido. Es claro que si la barreta fuera cilíndrica de igual sección recta en toda su longitud, cualquiera que fuese el diámetro, siempre se verificaría que sometidas á un esfuerzo de tracción en sentido de

su longitud, los alargamientos producidos serían proporcionales á dicha dimensión, y, por tanto, el alargamiento por ciento constante; pero como la sujeción de la barreta á las mordazas de la máquina de ensayar metales, exige que termine por dos cabezas de mayor diámetro, el alargamiento por ciento deja de ser constante, pues efecto de ese aumento de sección en las extremidades, no todas las fibras se acercarán paralelamente al eje á medida que el esfuerzo aumenta y se formará un cuello al principio imperceptible y después cada vez más acentuado hasta comenzarse la rotura, que no tiene lugar bruscamente sinó con cierta lentitud, siendo las fibras que primero rompen las centrales aproximándose más las otras, que se estirarán hasta que la rotura sea completa por el sitio en que se marcó el cuello; recibiendo el nombre de estricción la relación entre el diámetro primitivo de la barreta y el que tiene, al romper, el cuello de que hablamos. El alargamiento en la estricción es mayor que en el resto de la barreta, creciendo á medida que aumenta el diámetro de ésta; de modo que el alargamiento crecerá con la sección, siendo las barretas de igual longitud, y con ésta, de ser el mismo el grueso de aquéllas. De ahí que sea preciso, si han de poderse comparar resultados, que se fijen las dimensiones de ellas, ó ya que tengan formas semejantes deducidas de la fórmula ya expresada, $L^2=50\ S$.

Además de la prueba de tracción que acabamos de reseñar, se suele practicar una de mandrilado, para lo que se cortan rodajas que se someten á la acción de un mandril cónico cuyas generatrices tienen pequeña inclinación con respecto al eje, la que debe ser medida muy exactamente, marcando diferentes trazos finos sobre su superficie exterior que darán á conocer, cuando el mandril entre hasta ellos, las diferentes dilataciones que se producen en las rodajas. Se comprende que aunque las pruebas de tracción hechas con barretas, dan suficiente conocimiento de la resistencia, aún será más exacto el que arroje la de mandrilado, pues de ese modo se somete á la pieza realmente á una presión interior,

Sin embargo, esta prueba no es común, y donde más se aplica es para la recepción de sunchos.

Del mismo modo que los tubos y manguitos, los sunchos se someten á las pruebas de tracción, y como el caso más general es que se construyan de un blok del que se saquen varios, se elige, de entre todos los que haya dado, uno para sufrir la prueba, prefiriéndose el más cercano á la extremidad superior del lingote, que es la más próxima á la mazarota. Las rodajas para las pruebas se cortan de uno de sus frentes, para lo que préviamente se le habrá dejado más altura, y si el suncho es de muñones una de cada muñón; en dichas rodajas y con plantilla se trazan las barretas de modo que sus ejes sean perpendiculares, al del suncho en los lisos, y al de muñones en los otros. Los resultados que deberán dar en las citadas pruebas con barretas sacadas después del temple y recocido serán:

Límite elástico.	38 kg. mm²
Resistencia á la rotura, mínima. .	62 »
Alargamiento de rotura, mínimo. .	12 °/₀

La prueba de tracción circular ó de mandrilado, es también reglamentaria para los sunchos, en casi todas las fábricas. Se practica introduciendo en frío un mandril troncocónico, cuyas generatrices tienen con respecto al eje pequeña inclinación, tal como $\frac{1}{200}$, mediante una prensa hidráulica ú otros medios más imperfectos, hasta obtener una dilatación de 2,5 milímetros por metro. Retirado el mandril del interior del suncho, después de transcurrido un tiempo pequeño, se mide con un hipocelómetro el diámetro interior de él, en varios puntos, los mismos en que se hubiera hecho igual medición antes de la prueba; no debiendo ser, la dilatación, superior á un milímetro por metro.

En vez de esta prueba, en algunos establecimientos como el de Bourges, se sometían á otras de elasticidad y resistencia, que tenían lugar, colocando cada uno de los que debían soportarlas, si la que se hacía era de elasticidad, en caliente

sobre un trozo de fundición, de buena calidad, torneado exteriormente y barrenado al calibre del cañón para que aquél hubiese de servir, y de alguna mayor longitud para que sobresaliese por ambos lados; el apriete con que eran puestos, que se conseguía por el aumento correspondiente del diámetro del cuerpo de fundición, con relación al interior del suncho, era de 1,75 milímetros por metro. Pasadas 48 horas se destruía la pieza de fundición, midiéndose enseguida el diámetro del suncho en varios sitios, que no debía exceder del primitivo, en tres centésimas de milímetro. Si lo que se deseaba probar era la resistencia, el cilindro de fundición se torneaba á una dimensión tal, que el apriete que se obtuviera fuera de 3,5 milímetros por metro, con el que no debían romperse los sunchos al ser puestos sobre él en caliente. Los de muñones se colocaban con uno de 1,50 milímetros por metro para probar su elasticidad y de tres para la prueba de resistencia.

No es solo la prueba de tracción la que se verifica con los elementos de acero que constituyen ó refuerzan los cañones; y si bien es verdad que es la más importante, aún se ejecutan otras, que hacen patentes diferentes condiciones del metal, muy dignas de tenerse en cuenta. Si es un acero, capaz de un alargamiento dado, según resultado de las pruebas de tracción con él hechas, conviene conocer también, qué resistencia presenta al choque; pues aunque ese mismo alargamiento es un indicio de lo que podrá resistir por tal esfuerzo, como la resistencia no crece en la misma relación que dicho alargamiento, es oportuno determinarla.

Las pruebas de choque se ejecutan siempre, colocando una barreta de sección cuadrada, de 20 ó 30 milímetros de lado, apoyada en las aristas de dos soportes fijos, distantes entre sí 120 ó 160 milímetros, según se haga uso de unas ó de otras, dejando caer sobre la misma, una masa de hierro de 18 kilógramos de peso, de una altura constante, que para el primer caso es de $1^{m},10$, y para el segundo de $2^{m},75$; debiendo resistir sin romperse 20 golpes las de 20 milímetros

y 15 las otras. Las barretas se cortan, siempre que sea posible, de las mismas rodajas de que se hicieron las sometidas á las pruebas de tracción.

Otra prueba que se ejecuta también, es la de flexión, sustituída, las más de las veces, por la de plegado, que es una variante de aquélla; haciéndose, lo mismo una que otra, cuando no se pueden efectuar las de choque, por no permitir las rodajas sacar barretas para ellas. Las planchuelas que se cortan, son de sección rectangular, que se disponen en la máquina usual para tales pruebas de modo que estén sujetas por el tercio de su longitud, y que la maza al caer golpee normalmente. El número de golpes que han de soportar sin romper, varía, según la sección de la barreta, entre ocho y doce; y la altura de caída, es también variable, siendo constante el peso, é igual á diez kilógramos. La artillería de la armada en nuestra nación, exige, é igualmente en Francia, que el ángulo máximo de plegado, después de la rotura, sea, de 120 grados para barretas rectangulares de $9 \times 24 \times 70$, y de 130 para las de $7 \times 35 \times 35$. La altura de caída de la maza, es en el primer caso, de medio metro, y de 25 centímetros en el segundo.

Los sunchos sufren iguales pruebas de choque ó plegado, según las barretas que se puedan sacar; y aún se someten además, los de muñones de calibres inferiores al de 15 centímetros, á una prueba extraordinaria de flexión y rotura de los muñones, cuando se haya de construir un lote grande, tomando uno de cada cincuenta ó sesenta. Esta prueba, preceptúa el reglamento vigente para la recepción, de los tubos, manguitos y sunchos de acero para cañones, por la artillería de la armada, se haga del modo siguiente: Templado el suncho elegido, y sufrido el ensayo de mandrilado, se le tornean los muñones hasta dejarlos á dimensiones, no siendo necesario acabarle interiormente ni por su exterior, y se le somete al choque de un martillo pilón ó de una maza, estando aquél puesto en el yunque, descansando por los muñones sobre dos soportes de acero con rebajos semicirculares en

que se ajustan, y distantes entre sí la separación de los contra-muñones, con los frentes horizontales. Encima se pone un disco de acero, del mismo diámetro que el suncho y suficiente espesor, á fin de repartir por igual en toda la superficie la presión del martillo. El peso de la maza y altura de caida es variable con el calibre, debiéndose conseguir un trabajo máximo de 650 kilográmetros para los de los cañones de 7 centímetros, y 13.000 para los de 14; aumentándose la fuerza viva, si no se rompieran los muñones á los cuarenta golpes, hasta producir la rotura; y por último se acaba de destruir el suncho, por aplastamiento, poniéndole vertical sobre un yunque. La fractura indica la calidad del metal de que está hecho, y el número de golpes dá á conocer la mayor ó menor resistencia; midiéndose la flexión de los muñones ó inclinación del eje de cada uno con la horizontal.

Es de uso corriente, por último, someter los tubos también á una prueba de fuego. Esta tiene lugar después de haberlos barrenado á un diámetro algo inferior al definitivo del ánima; y se practica solamente con los ya aprobados por el resultado de las pruebas de tracción y de choque. Consiste la prueba en hacerles sufrir una presión algo menor que la resistencia correspondiente al límite elástico del metal, no permitiéndose una dilatación superior á un milímetro por metro, en los diámetros, que se medirán escrupulosamente con un hipocelómetro, antes y después de ella, ni tolerando ningún defecto interior que se descubriese.

La experiencia se verifica, poniendo el tubo horizontalmente, sobre soportes adecuados, entre dos cámaras de arena; é introduciendo una carga de pólvora entre dos proyectiles cilíndricos, de cabeza plana, de fundición, de igual peso que el más ligero de los que constituyen la dotación de la pieza para que ha de ser el tubo, de los que uno estará taladrado en dirección de su eje para el paso del conductor del estopin eléctrico, que ha de dar fuego á la carga, y el otro tendrá roscado el alojamiento para uno ó dos crusher, llevando ambos, dos bandas de cobre, cuyo diámetro sea dos ó tres

décimas inferior al calibre del tubo. La densidad de carga será de 0,7, y el diámetro del cartucho el apropiado para que su longitud sea la distancia entre los culotes interiores de los proyectiles. La pólvora usual es de grano pequeño, de 2 á 2,5 milímetros, con una densidad variable entre 0,940 y 0,995; determinándose la carga, por las presiones que deba soportar el tubo.

Con igual fin que aquel á que obedece esta prueba se ejecuta otra, la de agua, que reemplaza á la anterior; y que se reduce á producir una presión interior, ligeramente inferior al límite elástico del metal, valiéndose de aquél líquido. Esta se lleva á cabo, colocando el tubo horizontal, cerrado por sus dos extremidades herméticamente, sobre dos soportes, é inyectando agua en su interior, cuya presión se vá elevando sucesivamente; existiendo máquinas que responden á ese objeto. Trubia posee una, que á la vez sirve para prensar.

Consiste (fig. 41 y 41 bis, lám. 6.ª). en una bomba de doble efecto A accionada por el vapor, que aspira el agua contenida en un depósito B dispuesto en la parte inferior, inyectándola en un cuerpo de fundición de grandes espesores ó cilindro hidráulico D, en que se mueve un pistón con su vástago, al que está fija una cabeza cilíndrica de acero F que se emplea para comprimir; ó bien la conduce á otro cuerpo, también de fundición G, algo menor que aquél. Ambos están ligados por cuatro columnas horizontales de acero H y sus correspondientes tuercas, formando el todo una prensa cuyas cabezas son aquéllos. El cuerpo G permite el paso por su centro, á un tubo *a* que conduce el agua, de la bomba á la cara anterior del mismo, al que se adosa, en esta parte, una boquilla. El tubo que se vá á ensayar, se dispone, sobre dos soportes J susceptibles de tomar diversas alturas, horizontal y centrado, cerrando sus extremidades con unos tapones obturadores y volanderas de cobre, dejando en el centro de uno, una entrada para la boquilla por que termina el tubo *a*, comprimiéndole contra la cara *b* de aquél,

haciendo salir el pistón de la prensa D, cuya cabeza F le empujará suavemente, hasta conseguir un contacto perfecto, con el plano *b*, de la otra extremidad. Entonces, se pone en movimiento la bomba, graduando antes la válvula de seguridad, para que la presión no pueda exceder de la que se desee dar; permitiendo, cuando ésta se alcanza, las llaves correspondientes, la salida del agua al depósito. Esta prueba, es de facil ejecución y rápida, y dá buenos resultados. Cuando el tubo es muy corto, entre él y la cabeza D, se coloca una ó varias piezas como las L, que pueden correr á lo largo de las columnas inferiores.

FABRICACIÓN DE ARTILLERÍA

2.ª PARTE

Operaciones mecánicas.

CAPÍTULO PRIMERO

Cañones de fundición, entubados ó sunchados.

CORTE DE LA MAZAROTA, CENTRADO DEL ÁNIMA Y TORNEO DE ASIENTOS.

Corte de la mazarota.—Expuesto en la primera parte el modo de obtener los cuerpos de fundición, así como los tubos, manguitos y sunchos que se emplean para reforzar tales cañones, ó para constituir los de acero compuestos, vamos á ocuparnos de estudiar las múltiples operaciones á que es preciso someter unos y otros hasta la conclusión de la pieza, todas mecánicas, excepción hecha de algunas, como el sunchado, entubado y enmanguitado, que requieren, además de la preparación mecánica adecuada, la acción del calor.

Fundido el cuerpo de un cañón, de la manera dicha, y una vez desmoldeado, cortados los bebederos y escarpado, pasa á los talleres mecánicos á sufrir el resto de las operaciones.

Es la primera, cortar la mazarota ó sea quitarle el metal sobrante que se dejó en la culata.

Se efectúa colocando la pieza en un torno. Si el cuerpo del cañón corresponde á uno fundido con núcleo, es decir, que ha sacado de la fundición el hueco correspondiente al alma, se introducen en sus dos extremos dos brocales, que son unos trozos de hierro ó acero, cilíndricos en la parte que sale fuera del cañón y tronco-cónicos en la que entra en el ánima, con unos rebordes que limitan la parte cilíndrica y corresponden á los planos anteriores y posteriores de las almohadillas ó coginetes de los soportes lunetas que los han de recibir, á fin de evitar que se salgan de ellas. Dichos brocales, generalmente, no se colocan directamente dentro del hueco del alma, sinó que entran en unos anillos ó casquillos de bronce ó hierro colado, serrados en el sentido de su longitud, que se ajustan á los dos extremos de la pieza, y que mediante fuertes golpes dados con un mazo en la cabeza del brocal se expansionan, á medida que éste entra, adhiriéndose completamente á las paredes interiores, que préviamente y en la entrada se escarpan é igualan á cincel sus superficies, para aproximarlas á la cilíndrica. Si fué moldeado en sólido, en las extremidades de la pieza se traza el centro, valiéndose de un compás, después de algunos tanteos, y con una carraca se practican dos taladros cónicos en ambas superficies, que después han de servir para sostener el cañón en el punto de la plataforma del cabezal del torno, y en el punto móvil del mismo.

De uno ú otro modo preparada la pieza, según el sistema por que se hubiera fundido, se pone en un torno, en el primer caso con los brocales dentro de los coginetes de los soportes lunetas, cogiendo las grapas de la plataforma la cabeza, que es cuadrada, de uno de ellos, directamente ó por la mediación de dos planchuelas que abracen al dado de la cabeza, unidas por tornillos, coincidiendo el punto de la plataforma con el centro del brocal; y el punto móvil del torno se aproxima á la otra luneta, de manera que el centro del brocal esté ocupado por la punta del punto que se hará salir con el volante, hasta que no pueda más, que se fijará su posición. En el

segundo caso se dispone de modo que la parte correspondiente á la mazarota, sea cogida por las grapas de la plataforma, haciendo coincidir su centro ó cono, hecho antes, con el punto de la misma, y en el del plano de la boca se introduce el punto móvil del torno.

Debajo del cañón se ponen unas traviesas de madera para impedir que si al cortar la mazarota por un descuido cayera aquél, se rompa el banco del torno.

Si la pieza de fundición tiene muñones, como todas las distancias se refieren, en los planos, al eje de ellos, cuya situación no se puede variar sinó entre límites muy estrechos, lo que permite el exceso de diámetros de desbaste á concluídos, una vez puesto el cañón en el torno y determinado con un compás el centro de uno de ellos, y fijado con un granete, se lleva el carrillo hasta que el buril coincida con él, y poniendo en marcha el torno lentamente, se señala en el otro muñón el extremo del eje de ambos, y aproximando el buril al cuerpo de la pieza, la intersección del plano vertical que pasa por dicho eje con ella; y á partir de dicho trazo se toma hacia la culata la distancia que separa á su plano del citado eje, á la que se añade el grueso que se deja para asientos de las lunetas de algunas máquinas; corriendo entonces el carrillo del torno hasta que la cuchilla se presente frente á dicha parte, se pone en marcha la máquina, haciendo, simultáneamente que la pieza rueda, avanzar la cuchilla, el operario, de no ser automático este movimiento; consiguiéndose al cabo de algún tiempo que el corte haya profundizado bastante, hasta unos 30 milímetros del eje, si es sólido el cañón, ó del hueco del alma de haberse fundido con ella, retirándose entonces la herramienta.

A continuación de este corte se señala otro punto que diste unos 30 milímetros, y por igual procedimiento se hace otro de igual profundidad que el anterior, para conseguir una rodaja destinada á las pruebas de tracción y choque, que se ejecutan con el material de todas las piezas, antes de proseguir el trabajo.

Además, si la mazarota es de grandes dimensiones, se corta en varios trozos procurando que no exceda el peso de cada uno de 300 kilógramos; pues como las mazarotas forman parte de la fórmula de fusión de cañones, es conveniente que no tengan dimensiones exageradas, para facilidad en su manejo y porque entren por las puertas de carga de los hornos de reverbero.

Terminado el corte del último trozo se quita el cañón del torno y valiéndose de cuñas de hierro ó acero, se acaban de separar todos á los pocos golpes dados con un mazo.

De no tener el cuerpo del cañón muñones, se señala en él el sitio que próximamente ocuparían y la intersección del plano vertical que por él pase, con la envuelta de fundición; y á partir de ahí se toman las distancias diferentes, que limitan el plano de culata y rodaja para las pruebas mecánicas, cortando ésta y la mazarota por igual procedimiento que el acabado de exponer.

El buril ó cuchilla de que se hace uso para estos cortes, es del tipo de todos los destinados á practicar cortes profundos, de planchuela de acero duro y bien templado, estrecha, con dos bocas una en cada extremo, para que la misma, cambiando su posición, pueda seguir trabajando cuando el corte se haya gastado, evitando el retardo consiguiente á esperar que se arregle la boca y se temple de nuevo.

Centrado del ánima.—Antiguamente, cuando las piezas se obtenían de fundición con la forma exterior definitiva, era de grandísima importancia el centrado perfecto del ánima ó sea señalar los extremos de su eje en los planos de boca y culata; pues no torneándose las piezas exteriormente, no era posible corregir cualquier error que se cometiera en el barrenado, quedando entonces en una misma sección los espesores desiguales. Mas hoy, que todos los cañones son torneados en conclusión, y en su casi totalidad compuestos, si bien siempre se determina el eje del ánima, ha perdido mucho la importancia de esta operación. Entonces se usaban máquinas especiales para fijar los centros, que hoy

basta determinarlos geométricamente por el exterior, con un compás de puntas.

Las máquinas en que se determina el eje del ánima, aunque de escaso uso, consisten (fig. 42, lám. 6.ª,) en un gran basamento ó banco de fundición X sobre el que, mediante una cremallera á él adosada, se pueden hacer mover dos lunetas A y dos soportes B, que se fijan á las distancias convenientes con tornillos *a*. Los soportes B, en su parte superior están taladrados para que pasen unos tubos *c*, de bronce roscados exteriormente, que se mueven dentro de una tuerca sobre la que está montada una rueda ó volante D; de modo que haciéndose girar á éste, obliga al tornillo, que es el tubo *c*, á salir, y como en cada uno de ellos se aloja un eje *o* unido en su extremo posterior á un volante C, con una llave, y terminado por otro *d* de mayor diámetro que hace de tope, en el opuesto, si en el cuadrado vaciado en dicho eje se introduce una broca, ésta podrá á la vez que avanza, rodar. Las lunetas están constituídas por una base plana de fundición con colas en la parte inferior para ser guiadas en su movimiento á lo largo del banco, y en cuya cara superior H hay vaciada una caja para que dentro de ella puedan contenerse los extremos inferiores de dos piezas verticales I cuyas caras planas están en contacto, y que un husillo O, roscado la mitad en sentido opuesto que la otra mitad, las aproxima ó separa, según el sentido de la rotación del volante R que en aquél se fija, haciendo subir ó bajar á la cuña S de hierro colado ó de bronce, cuya parte superior está redondeada, y que se ajusta á ambas piezas ocupando el hueco que entre ellas existe.

Calculada la posición de los soportes y lunetas en dicha máquina, de modo que la línea que une los centros de las brocas coincida con la que determinan los centros de cada una de las circunferencias que pasan por los tres puntos por que apoya el cañón en las lunetas, la operación de trazar el eje del ánima se reduce á lo siguiente: Puesto el cañón sobre las lunetas, con los volantes se hacen girar los husillos

O hasta que no se pueda más, que es señal de que entonces apoya, en cada una, en las piezas I y la cuña S; y se aproximan los soportes B hasta la boca y culata, haciendo salir las brocas hasta que toquen en dichos planos, é imprimiéndolas movimiento de rotación y de avance á la vez, abren dos agujeros cónicos, que señalarán, sus vértices, las trazas del eje del ánima con ambos planos, y que sirven para coger el cañón en los puntos del torno.

Actualmente rara vez se emplea esta máquina, y es más expedito y suficientemente exacto, hacer dichos dos taladros cónicos, con una carraca, después de determinar los centros con el compás, supuesto que el cuerpo del cañón no tenga alma; que si la tiene, no hay necesidad más que de rectificar los trazados en las cabezas de los brocales.

Torneo de los asientos para las lunetas.—El cuerpo del cañón se coloca en los bancos de barrenar, así como en casi todas las máquinas, apoyado en dos lunetas cuando menos; y es por lo mismo de necesidad tornearle en la parte que con ellas ha de estar en contacto, al diámetro de las mismas. Tal operación se ejecuta en un torno, poniendo el cañón del modo que para el corte de mazarotas, y se reduce á tornear dos fajas de igual anchura que el espesor de las lunetas en que han de asentar, y del mismo diámetro que éstas, una próxima á la boca y la otra en la culata; pudiéndose, en los de grueso calibre y gran longitud, tornear una intermedia más.

Se comprende que si las lunetas de los bancos de barrenar están torneadas perfectamente, hallándose sus centros en la línea de puntos, ó en la del eje de la barrena, y los diámetros á que se han torneado en el cañón los asientos son los interiores de las almohadillas de ellas, cuando apoye en dichos asientos, queda ya centrado, coincidiendo su eje con el de la barrena. Es, pues, muy interesante tornear con sumo cuidado los asientos para las lunetas, porque cualquier error cometido en ello, sería causa de otros mayores en el barrenado, una vez que rodando el cañón sobre aquéllas, lo

mismo que estén éstas mal torneadas, que los asientos, la barrena copiará esa diferencia.

La operación se realiza, después de puesto el cañón en el torno y señalados los puntos en que se deben hacer los asientos, corriendo el carrillo ó carrillos del torno, lo general es que haya más de uno, hasta que se aproximen á ellos; y haciendo coincidir la herramienta con dichos puntos, se pone en marcha la máquina, quedando, después de las pasadas necesarias á conseguir los diámetros correspondientes, que se miden con un compás de vara ó Trougthon, terminados los asientos.

CAPÍTULO II

Barrenado del ánima.

Tiene por objeto dicha operación, constituir el ánima de la pieza, ya practicando totalmente en dirección del eje un hueco perfectamente cilíndrico de sección circular que ocupe toda su longitud, ó bien, si se fundió con alma, aumentar su diámetro hasta el calibre definitivo.

Como los cañones reforzados con tubos, llevan éstos alojados en su interior, hay que subdividir el barrenado en varias partes, que son: barrenado en desbaste del ánima, aumento de diámetros en la región que ha de ocupar el tubo, ó alojamiento del tubo, y barrenado final ó en conclusión de toda la longitud de la pieza, ya puesto aquél en su lugar.

Dicha operación puede efectuarse de dos modos, ó imprimiendo movimiento de rotación á la pieza, haciendo á la vez avanzar la herramienta que ha de producir el ánima, ó dotando de igual movimiento rotativo á cañón y barrena, á un tiempo que el de avance de ésta en dirección del eje; en tal caso, el sentido de la rotación del cañón es contrario al de la barrena. Puede también estar el cañón fijo y ser la herramienta la que participe de los dos movimientos simultáneamente, el de traslación y el de rotación; pero tal sistema, si

bien puede emplearse para cortas longitudes de ánima, no es en general conveniente, porque ocasiona, en piezas de cierta longitud sobre todo, barrenados defectuosos. El barrenado puede hacerse asimismo, por los dos extremos á la vez lo que tiene la ventaja de economizar la mitad del tiempo; pero solo es factible para primeras barrenas, teniendo que terminarse siempre la última, pasando una barrena de uno á otro lado, precisamente. Su utilidad es muy grande para el desbaste del ánima y barrenado de tubos y manguitos para los cañones de acero, compuestos.

Antes de exponer el modo de llevarse á cabo el barrenado, vamos á describir las máquinas en que se efectúa, y demás elementos necesarios á ese fin.

Bancos de barrenar, en que el cañón gira y la barrena avanza.—Como tipo de máquinas de este sistema, describiremos la representada en las figuras 43 y 43 bis, lámina 7.ª. Consta de un gran basamento ó banco de fundición X sobre el que vá otro X′ que sirve de soporte á la barrena V. Sobre el banco X se halla dispuesto, convenientemente ligado á él por medio de pernos y tuercas, en posición invariable, un cabezal con dos soportes M″ en que asienta un eje M′ en cuyo extremo de mayor diámetro se ajusta en caliente y con llave una plataforma M con sus correspondientes mordazas, punto y ranuras, para la sujeción en ella, de la pieza, y cuya otra extremidad lleva un piñón H′; otros dos soportes sostienen un eje C′ sobre el que van, locos, el cono de poleas C y piñón D de dicho cono; y fijos la rueda F y piñón E′ que engrana con la corona dentada E que en la parte posterior posee la plataforma. Otro tercer eje G sujeto en el cabezal, que termina por un piñón F′, tiene una rueda D′ que puede engranar ó nó con el piñón D, así como aquél con la rueda F. Por dos pilarillos se une, asímismo, á dicho cabezal, otro soporte A′ que sostiene entre sus coginetes á otro eje donde van el cono de poleas A y una rueda H que engrana con la H′.

A lo largo del banco inferior se extiende una cremallera

que sirve para facilitar el movimiento de las lunetas L y L' que poseen unas ruedas ó piñones montados en los ejes *d* y *d'* que terminan por unos dados en que se introduce una llave, que les imprime movimiento de rotación, girando en su consecuencia los piñones, que como engranan con la cremallera, producen la traslación de las lunetas á lo largo del banco, guiadas por unas colas que entran en las ranuras de éste; fijándolas donde convenga, cuatro tornillos cuyas tuercas están en la base de las lunetas.

Contiene asimismo el banco X, un carrillo R destinado á hacer las embocaduras, susceptible de situarse á la distancia que se desee.

A la izquierda del banco X, sobre placas de fundición bien asentadas, se atornillan unos soportes Ñ' y Ñ'' sustentando, el coginete del primero y un casquillo que tiene el banco, un eje I sobre el que están las poleas K, K', K'', de éstas la K' loca, y cerca ya del banco la rueda dentada *b'*; y los coginetes del segundo soporte y los del Ñ'' á otro eje que sostiene el cono de poleas B y el piñón J. Un arbol *a*, que se prolonga por el interior del banco hasta *a*, sale por la izquierda, y lleva una rueda *b* que engrana con la *b'* y otra J' que lo hace con el piñón J; un embrague dispuesto en el eje I permite ó no engranar la rueda *b'* con la *b*.

El pasa-correas es movido con ayuda de la palanca montada en el eje *s'*, que al girar, lo hace también el piñón cónico á él fijo; y cuyo movimiento de rotación es comunicado al eje que pasa por *s''*, por el piñón superior, participándoselo al inferior que engrana con el de la derecha del eje *s* y al piñón S y su eje; y como á este se articula la varilla vertical del pasa-correas, la inclinará á uno ú otro lado, según el sentido de la rotación del piñón, corriendo la correa á una ú otra polea.

El arbol *a* lleva un embrague, movido por una palanca que sale al exterior del banco, y permite que la rueda dentada *h* engrane ó no con la *h'*; en el primer caso, comunica el movimiento á otro arbol *a'* que es sustentado por el banco X',

y en el segundo puede transmitirlo ó nó á otro eje paralelo, que á su vez dá movimiento de rotación á un husillo, que determina el de traslación del carrillo R, pues este en su parte inferior lleva una tuerca compuesta de dos medias que según se abran ó unan dejan en libertad al husillo ó hacen mover al carrillo, al girar aquél.

El banco X′ puede correr á lo largo del X una cierta cantidad á fin de permitir barrenar cañones de diferentes longitudes, y su situación se fija apretando las tuercas de los tornillos que atravesando sus pies tienen las cabezas en las ranuras del inferior; consiguiéndose facilidad en el movimiento de traslación, merced á una cremallera fija en éste, y unas ruedas dentadas que con ésta engranan que posee el X′, y que giran por medio del eje Z.

Varios soportes que tiene el banco X′ sostienen el arbol a' del que en un extremo está fija la rueda h' y en el otro el piñón p; este engrana con la rueda p', en el eje de la que va montada otra p'', que lo hace con la p''', la que con una llave se fija al husillo O; de manera que el movimiento de rotación que recibe de la p'', lo trasmite al citado husillo, que al girar, hace avanzar ó retroceder, según el sentido de la rotación, á la albarda P, que en su cara inferior lleva atornillada una tuerca; pudiendo, por ese medio, correr á lo largo del banco.

Dicha albarda tiene un soporte, con sus coginetes ó almohadillas, en que entra el extremo del vástago de la barrena V, que se mantiene horizontal y perfectamente guiado también, porque pasa por los coginetes de otro soporte N fijo al banco X′; evitando la flexión del mismo, uno ó dos tensores como el T, que son unos soportes lunetas por que atraviesa.

El modo de funcionar esta máquina es como sigue. El cono de poleas C recibe el movimiento del arbol general del taller; y en el caso de suponer engranadas las ruedas D y D′, se origina la rotación del eje G y con él la de la rueda F′ que la comunica á la F, cuya ligazón con el cono de poleas

se ha quitado préviamente, girando asimismo el piñón E' montado en dicho eje, que hará rodar la plataforma M y su eje, y por tanto á la vez á las ruedas H' y H y cono de poleas A, de que se transmite el movimiento al cono inferior B que produce el giro del piñón J y éste el de la rueda J'; y, si se han desengranado las *b* y *b'*, el arbol *a a* rodará, como las ruedas *h* y *h'*, y por mediación de las *p*, *p'*, *p''* y *p'''*, el husillo O, moviéndose la albarda P á lo largo del banco, y penetrando por tanto la barrena en la pieza, al tiempo que ésta gira; originándose la abertura del ánima.

Para variar la velocidad de la máquina, dependiente del material que se trabaje y de la cantidad de metal que corte la cuchilla, se pasará la correa á una ú otra polea de las de los conos; y desengranando las ruedas D' y F', D y F y haciendo solidaria del cono de poleas la F se aumenta aún más.

Las poleas K, K', K'', sirven para dar más rápido movimiento al arbol *a a* y consiguientemente al husillo y la barrena; y se emplean para sacar ésta, con objeto de inspeccionar el trabajo y las cuchillas, ó para introducir después la cabeza, cuando se prosigue la obra, hasta su sitio. Para ello, de las tres poleas la K' es loca, y las correas, que sostenidas por el pasa-correas, abrazan á dos de ellas, la una está cruzada, y ambas son comunes á otra polea de llanta ancha montada en un arbol intermedio que recibe el movimiento del general del taller.

Si suponemos que en la disposición que está en la figura, la correa cruzada pasa por K' y la otra por K'', ambas girarán cuando así lo haga el arbol intermedio, y como la K' es loca, la otra hará mover al eje I, y si préviamente se engranan las ruedas *b* y *b'*, y desengranan las J y J', el arbol *a a* tendrá más rápido movimiento de rotación, y con él las ruedas *h'* y *h*, y por fin el husillo O, que sacará la barrena con más velocidad; y para introducirla, basta con auxilio de la palanca montada en el eje *s'*, hacer girar éste, movimiento de que participaría el piñón S transmitiéndolo á la varilla del pasa-

correas, pasando la correa cruzada á la polea K, y la otra á la K′ loca, girando, por consiguiente, el eje I, en sentido contrario, así como el husillo, entrando la barrena.

Bancos de barrenar en que cañón y barrena ruedan.—Para completar el estudio de máquinas de barrenar y descrita una como tipo de las en que la barrena no gira, lo haremos de otra en que ruede, á la vez que avanza en dirección del eje. La fig. 44, lám. 7.ª la representa. Consta de un banco X sobre que asientan las lunetas L, L′ y L″ destinadas á sostener el cañón; y otro banco X′, por el que corre la barrena V dotada á la vez de movimiento de rotación. Las tres lunetas se pueden mover á lo largo del banco primero, y fijarse en él con los tornillos de que están provistas, cuyas cabezas se hallan contenidas en las ranuras que el banco X tiene en toda su longitud. Las L y L′ están formadas por unos basamentos en que hay hechas unas cajas por que pueden resbalar, á corredera, dos soportes que cada uno sostiene un rodillo, y que merced á estar atravesados por un husillo, roscado la mitad en sentido contrario que el otro medio, se aproximan ó separan según se le haga girar en uno ú otro sentido, con lo que la altura del eje de la pieza que sobre los rodillos se ponga, varía, facilitando se puedan colocar cañones de distintos calibres. La L″ es su objeto comunicar el movimiento de rotación al cañón, al que le coje por la proximidad de los muñones, que se hacen apoyar en los pernos B, por cuyo intermedio se transmite el movimiento; y si el cañón no los tiene, se reemplazan por dos medios aros de hierro que le abracen fuertemente, uniéndose con tornillos, y que terminan por unas partes rectas entre que se introducen unos cuadrados atornillados á ambas, por que apoyan en los citados pernos. La luneta está compuesta de un gran soporte, que es la parte exterior, en que gira la pieza cilíndrica I rebordeada por un extremo y con una corona de dientes helicoidales A, en el otro, la que engrana con el sinfin A′ en cuyo eje está montada la rueda C. Los pernos B se atornillan al reborde de dicha pieza.

El banco X′ sustenta en su parte anterior dos soportes S con sus correspondientes almohadillas, que sostienen á un cilindro hueco V′ en que vá fija la rueda D‴ que por su parte inferior engrana con el sinfin D″ cuyo eje está terminado por la rueda cónica D′. La D‴ está dentro de una caja ó artesa, fundida con el banco, que se cubre por la parte superior para impedir entre suciedad y precaver cualquier accidente. Por el hueco interior del cilindro ó manguito V′ pasa el vástago V de la barrena, que en toda su longitud tiene una canal en que entra la llave que le une al manguito V′, para que sin impedirle el movimiento de traslación, gire al hacerlo éste.

A lo largo del citado banco puede correr una albarda P, con un soporte, provisto de su coginete, en que asienta el extremo del vástago, y del que le impide salir, un reborde que tiene. En la parte inferior de la misma se atornilla una tuerca de bronce por que pasa el husillo O, que de un lado á otro atraviesa el banco. Un tensor T mantiene la horizontalidad del vástago.

Al banco X′ se atornillan los soportes R, R′ y R″, que sostienen al eje E′ que monta un cono de poleas H, una rueda dentada F, y un piñón tronco-cónico D, y del otro lado de las poleas el piñón *a*, que engranando con la rueda *a′* y por intermedio de las *a″* y *a‴*, colocadas en la guitarra *b*, dá movimiento al eje *d* y piñón cónico *e*. Un arbol E, que sostienen varios soportes atornillados al banco X, recibe movimiento de rotación de la rueda dentada F′ que engrana con la F; y un sinfin, que se mueve á lo largo de dicho arbol, engrana constantemente con la rueda de dientes helicoidales C″, en cuyo eje va la C′ que mueve á la C; estando el citado eje sujeto, por un soporte, á la luneta L″; de modo que aunque ésta ocupe distinta situación á lo largo del banco, dependiente de la longitud del cañón, siempre el sinfin la sigue, pues el arbol E lleva en toda su longitud labrada una canal en que entra la llave que á él lo une.

El husillo del banco X′ tiene en su extremo la rueda den-

tada d'' que engrana con el sinfin x, cuyo eje d' termina por el piñón cónico e'.

Para hacer rápida la salida ó entrada de la barrena, cuando no corte, existe en el eje del husillo otra rueda n' que engrana con el piñón n'' montado en el eje de las poleas K, K', K'', K''', K^{IV}, de las que tres K', K'' y K''' son locas. Un embrague n movido por el volante y y el tornillo z, liga á voluntad las ruedas n' ó d'' con el husillo. El pasa-correas puede moverse con ayuda de la palanca G'. Y con el volante G, por intermedio de los engranes cónicos c''', c'' y c', c, se puede sacar á mano la barrena.

La máquina descrita funciona del modo siguiente: El cono de poleas H recibe el movimiento del arbol del taller y es comunicado por los engranes F y F' al eje E, sinfin que en él va, engranes C'', C' y C y sinfin A', que hace girar á la parte móvil de la luneta L''. A la vez, el engrane cónico D, D' imprime igual movimiento al sinfin D'' y rueda D''', y consiguientemente á la barrena. El piñón a participa del giro del eje E', y lo transmite al d, y por el engrane cónico e', e y sinfin x á la rueda d'' y al husillo O, que trasladará la albarda P á lo largo del banco X', y por tanto el vástago de la barrena.

El movimiento de entrada ó salida de la barrena rápidamente se efectúa de la manera siguiente: una de las dos correas está cruzada y ambas abrazan una polea ancha fija al arbol del taller; así es que si suponemos que ambas correas pasen por las poleas K' y K''', como las dos son locas, no girará su eje; mas si se mueve el pasa-correas de manera que la que estaba en K''' pase á K^{IV} y la de la K' á la K'', como ésta es loca, el eje girará obligado por la rotación de la polea K^{IV} en un cierto sentido, transmitiendo el movimiento al piñón n'', rueda n' y el husillo; y si por el contrario, la posición del pasa-correas cambia, quedando una de las correas en la polea K y la otra en la K'', siendo ésta loca, la K hará girar al eje, que se moverá en opuesto sentido que antes, por tener dicha correa sus ramales cruzados. De modo,

que según que la manigueta G' esté vertical ó se la incline á derecha ó izquierda, el eje de las poleas estará fijo ó girará en uno ú otro sentido.

Todas las máquinas de barrenar están comprendidas dentro de los dos tipos presentados y si bien las hay que difieren de éstas en algunos detalles, lo esencial es en todas común; y por tanto, conocido el funcionamiento de ambas, se sabe el de cualquiera otra.

Como hemos indicado, las hay que barrenan por ambos lados, las que en general se componen de un basamento ó banco de fundición con dos lunetas en que rueda el cañón obligado por otra central análoga á la L'' de la fig. 44 lámina 7, que recibe movimiento de modo semejante en un todo al de la máquina dicha. A las extremidades del banco van superpuestos otros dos del tipo del X' de la fig. 43 lám.ª 7.ª, que cada uno permite el curso de un vástago de barrena sostenido por un soporte fijo y otro unido á la albarda. Un arbol ó dos más cortos, transmiten el movimiento de rotación, que reciben del general del taller, por medio de dos ruedas dentadas, á otras semejantes á las *h'* de dicha figura y su igual que llevaría el otro banco, haciendo girar á los dos husillos que estarían roscados en distinto sentido, para que á la vez entraran ó salieran sus barrenas conducidas por ambas albardas; pudiendo hallarse dotados de movimientos independientes.

Cabezas de barrenar.—Para que la máquina haga su trabajo es indispensable dotarla de un útil adecuado que corte el metal, produciendo el ánima, designándose bajo el nombre de barrenas, los empleados á ese fin.

Una barrena, en general, está formada por uno ó varios trozos cilíndricos de fundición, huecos, que, empalmados con tornillos y tuercas, constituyen el vástago, al que se adapta una cabeza en que se coloca la cuchilla; difiriendo la disposición de las cabezas con el trabajo que han de efectuar y máquina en que se ha de realizar.

Para barrenar en máquinas que solo el cañón sea quien

tenga movimiento de rotación, se hace uso de la cabeza que representa la fig. 45 lám.ª 8, que se compone de dos cuerpos cilíndricos de distinto diámetro, de los que el O es hueco y el P está vaciado en tres sectores en la forma que indica la figura: en los macizos R, R′ y R″ se abren unas cajas en que ajustan los cuatro conductores I I′, de acero los I y de madera muy dura los I′, que se tornean, puestos en la cabeza, al diámetro del calibre que se desee hacer, sujetándose cada uno en sus cajas, con dos tornillos cuyas cabezas quedan embutidas. Del fondo de la caja del conductor del macizo R″, nacen dos taladros *m n u s* y *m′ n′ u′ s′* con una parte roscada, de menos longitud que la rosca de los tornillos B que entran en ellos, tocando por su extremidad en el canto plano de la cuchilla C que se aloja en la caja *e d c b*, sujetándola los tornillos D provistos de sus volanderas, los que atravesando los ojales elípticos que tiene la cuchilla para permitir las correcciones al fijarla, se roscan en el macizo de la cabeza.

Los tornillos B tienen labrada en su espiga, una rosca cuya hélice está inclinada 45° y engranan por ella con otras roscas de igual paso é inclinación que la anterior, que lleva el tornillo A en A′, de modo que al hacer girar la cabeza de este tornillo A, que sale al exterior en la figura, y otras veces va embutida, con una llave, se obtiene la rotación de él y la entrada ó salida de los B en sus vainas, lo que hace que la cuchilla, empujada por sus extremos, salga más ó menos; y como el paso de los tornillos es muy pequeño, el movimiento de aquélla es lento, pudiéndosela dar salidas que difieran en menos de cinco centésimas de milímetro, lo que permite se calibre muy exactamente. Un tornillo pequeño *a*, que penetra en un collar hecho en el A, prohibe la salida de éste.

La cabeza se une al vástago en su extremidad por enchufe de ambos, fijándola una cuña H que la atraviesa.

Torneada la cabeza con los conductores puestos, se aloja la cuchilla en su caja, introduciendo los tornillos que la sujetan por los ojales, y se atornillan, aunque no del todo, á

la cabeza para que permitan el movimiento de ella golpeándola con un mazo de madera hasta que apoye su canto en la extremidad plana de los tornillos B. Para calibrarla se hace uso de un compás Trougthon que se pone primeramente al diámetro á que se desee dejarla, y se hace salir á la cuchilla, poco á poco, girando el tornillo A, hasta establecer el contacto con los brazos del compás, de ella y el conductor opuesto, en cuyo caso se aprietan los tornillos D para fijarla, rectificándose la medida; y no notándose variación sensible se puede trabajar ya, con la cabeza así preparada.

Esta cabeza puede servir lo mismo para primeras que para últimas barrenas, é igualmente si el cañón tiene alma ó no; no hay más diferencias que cuando se emplea en primeras barrenas de un cañón sólido, la cabeza del tornillo A está embutida para que no sobresalga del plano anterior, y la cuchilla tiene su corte hasta el centro ó eje de aquélla; pues para las demás pasadas, así como para las primeras de los cañones fundidos en hueco, la disposición del tornillo A y cuchilla son los de la figura.

En máquinas que tanto el cañón como la barrena giren, la cabeza que ha dado muy buenos resultados es la de la figura 46 lám.ª 8.ª que es cilíndrica y hueca en una parte, la destinada á unirse al vástago, y maciza en el resto. Una ranura de sección rectangular *b b d h k c c c'* sirve de alojamiento á la cuchilla C, de igual forma y sección que ella; fijándola la cuña A, que hace apoye en el plano *h k*. Varios taladros de pequeña profundidad, dan cabida á unos cilindros de madera de haya *a*, que sobresalen, para dar á la cabeza un diámetro igual al calibre, sirviendo por tanto de conductores. La cuchilla se tornea asimismo á esa dimensión. Su unión al vástago tiene lugar de modo análogo al de la otra cabeza descrita.

En vez de los conductores de madera, otras, los llevan análogos á los de la primera cabeza, correspondiendo entonces cada dos, á dos diámetros perpendiculares.

Para el barrenado de cañones fundidos en hueco es pre-

ferible la cabeza que nos ocupa, á la primeramente descrita, que es propia principalmente de los que no tienen alma.

Otra muy usual para primeras barrenas y alojamientos de tubos, en máquinas que solo rueda el cañón, es la de la figura 47, lám.ª 8.ª, que carece, en el primer caso, de las partes A y D. Se compone de una parte cilíndrica D', y otra E de mayor diámetro, limitada superiormente por un plano, en que se abre una caja P' que contiene la cuchilla P, cuyo corte es el de puntos para primeras barrenas, y para el último cuerpo del alojamiento del tubo el marcado por la línea llena, y que es susceptible de corrección mediante el ojal elíptico que tiene, y por el que pasa el tornillo *a'* que la sujeta, y que además lleva su correspondiente volandera. Un conductor T de acero en la parte plana, y otro, ó mejor dos, de madera dura en la parte cilíndrica, inferior, guían la cabeza en su marcha por el ánima, de modo que el eje no varíe.

Cuando con ella se hace el alojamiento del tubo, ó se pasan las barrenas últimas, se la pone un conductor cilíndrico C que no es sino un casquillo que entra en el pequeño vástago A y que tiene el diámetro del último calibre hecho.

Manera de efectuarse el barrenado.—Con conocimiento ya de las máquinas en que tal operación se realiza, y de las barrenas de que se hace uso, veamos cómo tiene lugar el barrenado de los cañones de fundición.

Si el cuerpo del cañón no tiene alma y se barrena en máquinas que el útil no rueda, se le hace descansar por sus asientos sobre las lunetas del banco, cogiéndole las grapas de la plataforma por la boca, ya apoyando directamente sobre la caña los tornillos de las mordazas, ó por medio de planchuelas como ya se ha dicho, y coincidiendo el centro del plano de la boca con el punto. Las lunetas se fijan en su posición, apretando las tuercas de los tornillos que llevan á ese fin, y se las lubrifica para que con facilidad ruede el cañón; y se procede á hacer la embocadura, taladro de poca profundidad de igual diámetro que el calibre que se va á producir, perfectamente cilíndrico, que ha de servir de guía á

la barrena en el comienzo de su trabajo. Para ejecutarla, se traslada el carrillo del banco hasta que el buril llegue á la inmediación del plano de culata y se pone en movimiento la máquina, desengranando la rueda *h* de la *h'* (fig. 43, lámina 7.ª,) y haciendo automática, ó á mano la salida de la herramienta, se profundiza el taladro, á la vez que se ensancha, hasta llegar al diámetro querido, que se reconoce si está bien con una plantilla hecha á esa medida ó con un compás de brazos paralelos ó Trougthon que aprecie una centésima de milímetro; retirado el buril se vuelve á engranar la rueda *h* y *h'*, con lo que la barrena avanza hasta introducirse en la embocadura, prosiguiéndose ya la operación. También se pudo haber metido á mano la barrena, que es preferible por la rapidez, en cuyo caso se echa atrás la rueda *p'''* para que no engrane con la *p''*, y al husillo se le da movimiento con un volante ó manubrio, puesto en el cuadrado por que termina.

El operario, mientras está en marcha la máquina, cuidará de inyectar agua de jabón ó clara, dentro del ánima, para enfriar la cuchilla á fin de que no pierda su temple con el calor desarrollado por el trabajo, y sacará con un gancho hecho en el final de una varilla de hierro, las virutas que el corte vá produciendo, que, interpuestas entre la barrena y el cañón, podrían ser causa de agarres de la cabeza, roturas, etcétera. También extraerá algunas veces la barrena para examinar la cuchilla, que naturalmente se desgasta, renovándola cuando se necesite y calibrando de nuevo, siempre que lo tenga que hacer, así como limpiando la cabeza de las virutas que pudiese tener agarradas; siendo conveniente para no perder tiempo en arreglar el corte á las cuchillas tener otras de reserva. Tanto para sacar como meter la barrena, hará uso del movimiento rápido que para ese objeto se puede conseguir con la máquina.

De tener ánima el cuerpo del cañón, todo se practica del mismo modo y solamente se tendrá cuidado de poner en lugar de la cuchilla anterior, otra como la que se vé en

la fig. 45, lám. 8.ª, cuyo corte no llega ni con mucho al eje.

Si el cañón se barrena en máquinas en que tanto él como la barrena rodaran, se hace pasar la pieza por la luneta L'' (fig. 44, lám. 7.ª), apoyando sus muñones ó las planchuelas que los sustituyen, en los pernos B, sosteniéndole por la caña y culata las otras dos lunetas, colocadas á distancia conveniente del banco X' y de la luneta L'', arreglándose seguidamente la altura de los rodillos de ambas para que la pieza quede horizontal y con su eje en prolongación de la barrena; lo que se consigue, fijada en un bramil la altura que dicho eje tiene respecto al plano superior del banco X, llevándole frente á la boca y culata, y puesto siempre en el citado banco, moviendo los rodillos con una llave metida en los husillos de las lunetas, hasta que la punta del bramil coincida con los centros de ambos planos en todas las posiciones que el cañón al girar tome; rectificando la dirección del cañón con una plomada que deberá cortar el plano de boca y el de culata en su centro sirviendo de referencia una planchuela puesta entre las ranuras del banco en que está hecha una incisión correspondiente al centro ó eje de éste.

La embocadura se practica con la misma barrena, de no tener carrillo el banco, como sucede en la máquina que de esta clase hemos descrito, y he ahí por qué conviene que las lunetas ocupen una posición en el banco, dependiente del calibre y longitud de la pieza á fin de que el plano de culata esté muy próximo al banco X', pues si distara mucho, al hacer la embocadura, el esfuerzo podría torcer algo el eje, cosa que es imposible de otro modo.

La cabeza que se usa es análoga á la representada en la fig. 46, lám. 8.ª, con la diferencia de que el corte de la cuchilla llega hasta el eje; y antes de poner en marcha la máquina, se calibrará con un buen compás Trougthon.

Iguales precauciones hay que tener, de refrescar la cuchilla y sacar la cabeza para reemplazar las gastadas, no olvidándose de calibrar de nuevo, cuando esto suceda.

Si el cañón es hueco, se ejecuta todo del mismo modo, y la cabeza es entonces exactamente igual á la de la figura 46. Las precauciones crecen, en los cañones largos sobre todo, porque á veces sale de fundición torcida el alma ó arqueada, y por consiguiente, centrado el cañón por los centros de los planos de boca y culata, sucede que al barrenar, la cuchilla corta en algunos sitios más de un lado que de otro, pudiendo ser tal la diferencia que no limpie el metal en alguna parte, que lo denotará la falta de trepidación del vástago, con cuyo objeto se tiene puesta la mano en él. En tal caso, no hay más remedio que sacar la barrena y volver atrás, abriendo una nueva embocadura á mayor calibre, prosiguiendo con el barrenado á esta nueva dimensión, con la precaución de poner en la barrena un conductor ó casquillo cilíndrico de alguna longitud, bien centrado por el nuevo calibre, detrás inmediatamente de la cabeza, que la impida variar de dirección.

El número de barrenas que se pasan á una pieza, depende de su calibre y de que haya sido ó no fundida en hueco. Las piezas de fundición que hoy aún se construyen, son generalmente entubadas, y por tanto las últimas barrenas tienen que pasarse con el tubo puesto; y aún las que no están de tal modo reforzadas, como los obuses, que basta se sunchen, aunque sean fundidos con alma, siempre es menester pasarles más de una barrena, pues sinó se podría correr el riesgo de que por cualquier causa el barrenado saliera defectuoso, que no pudiéndose corregir, inutilizaría la pieza. En los cañones entubados, cuando menos, se hace el desbaste del ánima en dos veces, necesitando cada cuerpo del alojamiento del tubo otras dos barrenas de las que la última es fina, y después de entubados aún hay que pasar otras dos y la final que ha de dejarlos al calibre.

Alojamiento del tubo.—Se efectúa esta operación después de las primeras barrenas, sin quitar el cuerpo de fundición del banco mismo en que se hicieron; y es su objeto ensanchar el calibre en la parte que ha de ocupar el tubo

hasta darle las dimensiones exteriores de éste, disminuidas en los aprietes tangenciales y longitudinales que ha de tener.

Los tubos de acero, destinados á reforzar las piezas citadas en la parte del ánima que ha de sufrir mayores presiones y más altas temperaturas, son, ó simplemente de una pieza, cilíndricos, de dos cuerpos de distinto diámetro con una cabeza roscada, ó están compuestos por un tubo y un manguito unidos en caliente con los debidos aprietes; su forma exterior es en ambos casos la misma; y por consiguiente su alojamiento es una sucesión de cilindros de distintos diámetros y longitudes, con sus uniones redondeadas, menos en la última con el ánima, que la determina una línea oblícua hacia la boca para que la unión del tubo con el cañón no se verifique según una sección recta que debilitaría quizás la resistencia en esa parte.

Para hacer dicho alojamiento, como los cuerpos distintos que lo constituyen deberán ser concéntricos entre sí y con el ánima, hay que servirse de cabezas de barrenar que, además de llevar los conductores que las impidan descentrarse, estén provistas de otros que las guíen por el calibre hecho.

Si la máquina en que se vá á abrir el alojamiento del tubo es de las en que la barrena no rueda, se hace uso de cabezas como la de la fig. 47, lám. 8.ª, que está provista de una parte cilíndrica ó vástago pequeño A en que se introduce un casquillo de bronce C del mismo diámetro exterior que el calibre del ánima hecho, sujeto á acompañar á la cabeza en su curso, puesto que la volandera *a*, fija con el tornillo B y de más diámetro que el vástago A, le impide salir. Con el carrillo se hace la embocadura al nuevo calibre que es el del cuerpo de menor diámetro del alojamiento, en desbaste, y después, puesta en marcha la máquina, se introduce la cabeza de la barrena en la embocadura, que irá sucesivamente avanzando bien centrada por sus conductores torneados al nuevo calibre y guiada por el casquillo que es conducido por el ánima, á cuyo diámetro se torneó, hasta llegar al final de su curso, que antes se habrá señalado en el

vástago. Se saca la barrena concluida la pasada, se calibra al diámetro final y se termina ese cuerpo.

Cambiando la cuchilla, y á veces la cabeza, así como los casquillos, se hacen los otros cuerpos, con lo que finaliza el alojamiento del tubo; teniéndose aún que roscar, que se verifica en máquinas especiales, que en otro lugar describiremos.

De estar puesto el cañón en máquina en que él y la barrena rueden, se usa una cabeza análoga á la de la fig. 46, lám. 8.ª, con una espiga roscada en su parte anterior en que se introduce un casquillo de bronce que la guíe por el calibre hecho; y también la cabeza está formada de dos partes cilíndricas de distinto diámetro, el de delante menor: poniéndose entonces la cuchilla en el nacimiento del de mayor diámetro, siendo los conductores, del primero como del segundo cuerpo, tarugos cilíndricos de madera de haya, al calibre del ánima los primeros, y al del cuerpo que se vá á hacer los de detrás; necesitándose para cada diámetro del alojamiento, nuevas cabezas y conductores.

Como se habrá echado de ver, deben tomarse muchas precauciones al barrenar los cañones, pues cualquier error sería causa, después, de defectos graves que podrían inutilizar la pieza. Conviene, por tanto, reconocer frecuentemente el ánima, cabeza y cuchillas; y como las almohadillas de las lunetas se desgastan, antes de colocar en ellas un cañón hay que cerciorarse de que el eje determinado por sus centros es la prolongación del de la barrena, repasándose con frecuencia aquéllas con un aparato de alisar adecuado, cojido entre el punto de la plataforma y otro que se pone en el vástago de la barrena.

CAPÍTULO III

Entubado, sunchado y últimas barrenas.

Entubado.—Llámase así la operación por medio de la cual se introduce en su alojamiento, hecho en el cañón, el tubo de acero que refuerza los cañones de hierro colado que puede ser sencillo ó compuesto, constituído en este caso, por un tubo y un manguito, puesto sobre aquél en caliente, mediante el enmanguitado.

Para que el estudio sea más completo tomaremos en consideración el caso de ser el tubo compuesto.

Los tubos y manguitos después de templados, recocidos y sometidos á las pruebas mecánicas de recepción descritas, se ponen en trabajo, examinando antes si han sufrido alguna torcedura en el temple, para corregirla ya en el torno ó en caliente con un martillo pilón. Esto conseguido, se colocan los unos y los otros en tornos mecánicos, introduciendo por sus extremidades dos brocales, por los que se centran; repasándose ó haciéndose de nuevo los asientos para las lunetas del torno ó de la máquina de alisar á los manguitos; y comenzando desde luego á desbastar los tubos, apoyados por

sus brocales en los soportes lunetas del torno para que no gravite sobre los puntos el peso total de ellos; y los manguitos se tornean interiormente en el mismo torno, con un aparato de alisar, ó en máquinas especiales de alisar, de tener ciertas dimensiones.

La máquina de alisar (fig. 50, lám.ª 9.ª) consta de un basamento ó banco de fundición X en que se pueden mover dos lunetas L y L′ constituídas por una base con una caja central por que resbalan dos piezas triangulares que se aproximan ó separan mediante un husillo *a* roscado la mitad en opuesto sentido, el que se hace girar con una llave, metida en su extremo cuadrado; fijándose ambas, en el sitio que convenga, con los tornillos que poseen.

Atornillados al banco van dos soportes A y A′, con sus coginetes, que sirven de apoyo al aparato de alisar B, sobre el que está puesta á su final la rueda de dientes helicoidales C que engrana con el sinfin H del eje E que monta el cono de poleas K. El citado aparato lo forma un vástago de acero hueco B en que lateralmente entra el husillo *o* á cuya extremidad se fija la rueda dentada *b*. La cuchilla ó buril, está contenida en el porta-cuchillas D, cilíndrico, de diámetro igual en su interior que el exterior del vástago ó núcleo del aparato B, con un taladro roscado que sirve de tuerca al husillo *o*. El vástago B tiene en su centro un eje corto que sostiene la rueda *c*. Un pequeño soporte S dá paso á otro en que van las ruedas *a′* y *b′*, que á voluntad se pueden mover á mano.

La máquina funciona así: Puesto el manguito en las lunetas, se le dá la debida altura haciendo aproximar ó alejarse las piezas triangulares de aquéllas, girando con una llave los husillos, hasta conseguir que un bramil, cuya punta se pone á la altura que el eje del aparato de alisar tiene sobre el banco, coincida con el del manguito, determinado por los centros de sus dos bases, que se señalan en dos trozos de madera que se introducen en ellas, para trazarlos geométricamente con un compás. Seguidamente, para evitar que el

manguito se mueva, se le pasan por la parte superior dos cables metálicos delgados, terminados por unos ojales que se encajan en los ganchos *d* de las lunetas, atirantándoles con los tornillos que los sujetan, haciendo girar sus tuercas.

Entonces se dispone, en su sitio del aparato de alisar, el portacuchillas, que se corre al extremo; y se calibra la salida de la cuchilla al diámetro de la primer pasada; se ponen también las ruedas convenientes á obtener el paso más adecuado, y se comunica el movimiento á la máquina, que lo recibe del cono de poleas, transmitiéndolo, por el sinfin H y rueda C, al aparato de alisar, que de ese modo gira; siendo debido el de traslación de la herramienta, á que rueda el husillo al hacerlo la rueda *b* que engrana con la *b'* puesta en el eje de la *a'*, que gira obligada por la *c;* y como el portacuchillas es tuerca de aquél, ésta se traslada á uno ú otro lado, cuando aquél gira.

Terminada la pasada primera, para volver á su posición inicial la cuchilla se desengrana la rueda *c*, y á mano se gira la rueda *b'*, movimiento de que participa la *b* y el husillo *o*.

Del mismo modo se dan las pasadas necesarias para llegar al diámetro que se desee. Como el manguito no va unido solamente al tubo por la compresión que sobre él ejerce, sinó que lo hace además por medio de un resalte ó escalón, para que así no sea solo éste, supuesto que el cierre se atornilla á él, quien sufra todo el esfuerzo al desculatamiento y sí el manguito también, hay que tenerlo presente para, conseguido el diámetro que ha de tener en el tope, ensancharlo en el resto; y por consiguiente, la cuchilla solo deberá recorrer, después de terminado aquél, la longitud de igual diámetro, más ancha. Concluída la operación se reconocen los diámetros con un hipocelómetro, quedando en disposición de recibir el tubo.

Por las medidas interiores del manguito se tornea el tubo, que exteriormente ha de tener aquéllas, aumentadas en el apriete tangencial, dando la última pasada fina; reconociéndose después con un compás Trougthon, ó uno Bange,

para cerciorarse de que están bien todas las dimensiones, y, en su consecuencia, enmanguitar.

Para efectuar el enmanguitado, se pone el manguito vertical, descansando por el extremo correspondiente á la culata, sobre una placa bien nivelada dispuesta en una pequeña fosa, y que en su centro tiene un reborde cilíndrico en que entra aquél. Encima de la placa se coloca un horno portátil cilíndrico análogo al que describiremos al hablar del entubado, en cuyo centro queda el manguito, dándose fuego y entreteniéndole hasta que se llegue á obtener la dilatación necesaria para la introducción del tubo, dependiente del apriete tangencial que se le haya asignado; y cuya temperatura, determinada por tal circunstancia préviamente, se mide con un pirómetro ú otro aparato que cumpla á ese fin, bastando el color que el acero tome para conocerla muy aproximadamente. Para mayor garantía, no se procede á enmanguitar hasta que una plantilla de igual dimensión que el diámetro del tubo aumentado en tres ó cuatro décimas de milímetro, entre en el manguito. En este caso, es aquél conducido, por una grúa, sobre éste, y después de bien centrado se le hace descender introduciéndole en él hasta que el escalón asiente en el tope. Se saca después el horno, y se enfría ligeramente con agua la unión superior de ambos, para que al contraerse luego el manguito y dilatarse el tubo, la unión sea perfecta en el escalón.

Queda, pues, formado el doble tubo, que se ha de preparar, para más tarde introducirlo en su alojamiento del cañón. Dicha preparación se reduce á tornearle, puesto entre puntos en un torno, rodando sobre los soportes lunetas por los brocales, hasta dejarle exteriormente, en vista del reconocimiento practicado de su alojamiento en el cañón, con los diámetros y longitudes de los distintos cuerpos, aumentadas respectivamente, en los aprietes tangenciales y longitudinales, roscándose por último la cabeza, con la variación en el ancho del filete referente al apriete con que ha de quedar; procediéndose á reconocerlo para confrontar las dimensiones

todas. Dicho reconocimiento tiene lugar midiendo los diámetros exteriores de cada cuerpo en varios puntos igualmente distantes de la culata que sus correspondientes en el alojamiento, con un compás Trougthon ó uno Bange, prefiriendo éste por su mayor facilidad de lectura y manejo, y cuya precisión es en ambos de una centésima de milímetro.

El compás Bange destinado á medir diámetros exteriores, cuya forma es la representada en la fig. 51, lám. 9.ª, tiene taladrados los extremos de sus brazos, para dar paso el P á un tornillo A' y el K á otro A, cuyos ejes se hallan en prolongación, determinando sus puntas el diámetro de una circunferencia cuyo centro está á la mitad de dicha distancia, siempre que el canto *d* de la planchuela de acero H diste de la línea *p p'* esta misma magnitud, pues en tal caso los tres puntos *d p* y *p'* determinan dicha circunferencia. La planchuela H se halla dentro de una caja *r s t z*, pudiendo el tornillo *h'* hacerla subir ó bajar hasta la altura debida, que indican una división que contiene el borde derecho de la caja y un trazo practicado en aquélla, fijándose con un tornillo de presión *n*.

El tornillo A, que pasa por el extremo K del compás, hace recorrer un arco de círculo á la punta de la aguja B, que por su otra extremidad engrana con la rosca del mismo; de modo que si el paso del tornillo es de un milímetro, á cada vuelta de él el extremo de la aguja habrá girado un diente, y la división del arco lo marcará; y con objeto de apreciar una centésima de milímetro, el citado tornillo pasa por el tambor *c* dividido en su periferia en cien partes iguales, y al que lo unen unos tornillos *o*. El botón I entra bastante en el hueco del tambor C y está taladrado en su centro para dar cabida á un muelle en espiral, cuyo objeto es establecer un contacto fuerte entre los planos del botón y tambor, para que al girar aquél arrastre en su movimiento á éste y al tornillo; cesando, tan pronto como las puntas *p* y *p'* estén en contacto con la pieza cuyo diámetro se quiere medir, el giro del tornillo, porque la tensión del muelle está calculada para que

equilibre aquel rozamiento, no arrastrando, al seguir el giro con el botón I, al tambor.

Para usar el compás, lo primero que hay que hacer es calibrarlo, moviendo la planchuela superior hasta que su trazo coincida con la división correspondiente, fijándose su posición, y llevando seguidamente el compás sobre un cilindro corto, cuyo diámetro exterior sea el que se quiere dar al compás entre puntas, se hace salir ó entrar la punta p' con una llave, que se ajusta á su cabeza, hasta que la aguja indique dicho diámetro. Cada compás puede servir para la medición de diámetros que difieran entre sí 10 milímetros, ó algo más en los mayores.

Las mediciones con el compás ya preparado, se efectúan, poniéndole, en el tubo, de modo que la parte inferior de la planchuela H apoye en la parte superior de él, sosteniéndole vertical; y moviendo el botón I á la vez que las puntas inciden bien normales á su superficie, llegará á establecerse el contacto de éstas con él, indicando la división que señala la punta de la aguja en el arco y el índice en el tambor, los milímetros y centésimas partes que en tal parte mide aquel diámetro.

Examinados los diámetros en los distintos cuerpos se rectifican las longitudes con plantillas cuyo largo es el de los diversos cuerpos de sus alojamientos más los aprietes longitudinales; y asimismo se ve con otras, si las curvas de unión de unos cuerpos con otros están bien, é igualmente el filete de la rosca y desahogo de la misma.

Cerciorados de que el tubo está á dimensiones, se procede á entubar, operación que se practica (fig. 52, lám. 9.ª) disponiendo el cuerpo del cañón en una fosa, vertical y con la boca para abajo, de modo que el plano de culata quede á la altura aproximada de un metro sobre el nivel del piso del taller, para lo que en la fosa, sobre un lecho de traviesas *a* ú otro apoyo, se pone una placa A de fundición taladrada en su centro por que pasa parte de la caña de la pieza, que queda así, fija y vertical además.

Para dilatar el cañón en la parte que ocupa el alojamiento del tubo, se hace uso de hornos de gas, ó portátiles, cilíndricos, alimentados con cok, cuya longitud debe exceder en 50 ó 60 centímetros la de dicho alojamiento. Están formados éstos por dos coronas circulares de hierro, la superior de planchuela ancha y la inferior constituída por dos estrechas unidas entre sí por varillas en dirección de los radios y algo separadas unas de otras, formando por tanto, una parrilla. Varios tirantes de hierro, de sección cuadrada, terminados por espigas roscadas, unen, á las debidas distancias, ambas coronas; atornillándose, en aquéllas, por la parte exterior de las planchuelas, sus tuercas respectivas, que acaban de dar solidez al conjunto que resulta un armazón metálico cilíndrico, que se reviste exteriormente de ladrillos B, entre los que se dejan espacios vacíos para que circule el aire preciso á la combustión; y en la parte interior se coloca una camisa cilíndrica de chapa, produciéndose de ese modo un espacio anular cilíndrico, cuya base es la parrilla, que se llena de cok. Todo esto, de no tener muñones el cañón, pues de poseerlos, ni el revestimiento exterior de ladrillos, ni el interior de chapa pueden ser seguidos, pues entonces los muñones impedirían entrar el horno; y en este caso hay dos aberturas en los extremos de un diámetro, de alguna más anchura que el diámetro de aquéllos, en la camisa de chapa, desde su extremo inferior hasta un poco más arriba del sitio que aquéllos ocupan, y correspondiendo con ellas, se dejan sin revestir iguales espacios exteriores; no siendo entonces la parrilla corrida, sinó cortada en dichas partes, uniéndose los extremos, de las planchuelas de la corona inferior, así cortada, á otras dobladas en forma de U invertida, con tornillos y tuercas, prolongándose la parrilla en la dirección misma de ella; dos tirantes enlazan dichas U invertidas á la corona superior. El revestimiento exterior se extiende en toda la superficie cilíndrica del horno dejando solo descubierta la parte que queda por debajo de las planchuelas dobladas en U, pudiendo los muñones pasar por las bóvedas ó nichos así formados.

El horno por su parte superior queda rasante al plano de culata y por la inferior más abajo que el alojamiento del tubo, 50 ó 60 centímetros, para lo que en las paredes de la fosa se empotran unos soportes de hierro, ú otros, sobre que se apoya.

Dado fuego al horno, que conviene hacerlo fuera de la fosa para que se active más la combustión y encienda por igual, se introduce en ella, dejando en el centro de la camisa de chapa el cañón cuya culata se cubre con una tapa de chapa para que caliente mejor y no entre suciedad en el alojamiento, y se entretiene el fuego hasta que alcance la temperatura necesaria para producir la dilatación precisa, midiendo aquélla con un pirómetro calorímetro, generalmente el Siemens, ya descrito, y ésta con plantillas; siendo (fig. 53) la P la que corresponde á la cabeza, y tiene el diámetro del tubo en esa parte mas tres ó cuatro décimas de milímetro, afectando la forma de una pequeña regla cuyos extremos están trazados á escuadra con sus aristas redondeadas unida á un mango de hierro con unos remaches; y empleándose para los demás cuerpos, otras, que son un disco de fundición R en que van colocados, correspondiendo con los extremos de dos diámetros perpendiculares, cuatro dados de acero *a a a a* que se atornillan á él, y se tornean, después de puestos, al calibre del cuerpo para que se destinen aumentado en el apriete y tres décimas de milímetro; el disco se une á una varilla, que le atraviesa por su centro, por una espiga de menor diámetro roscada y una tuerca *c* que por la parte inferior se atornilla.

Dilatado el cañón y limpios con un escobillón de estopa los escalones y rosca del alojamiento, se introduce el tubo, que préviamente se habrá suspendido de una grúa, bien limpio y dado una capa ligerísima de aceite en la cabeza y rosca, conduciéndole sobre el cañón y centrándole por él perfectamente, cuidando de que en su descenso no oscile ni se tuerza, y en cuanto emboca el principio de la rosca, se desengancha de la grúa que lo sostenía, y cogiéndose varios

hombres al volante N, dando vueltas corriendo alrededor del horno, se atornilla al cañón. Se separa el volante seguidamente, se retira el horno, operación que en algunas partes se practica antes de meter el tubo, y se enfría con agua la parte superior, para que siendo lo que primero se una en la contracción ulterior debida al enfriamiento del cañón, sea más perfecto el contacto en los distintos escalones. El agua se vierte por una regadera circular que se fija en el plano de culata.

A veces para que el tubo no se caliente, después de entubado el cañón se le somete á una corriente de agua, llevando entonces un tapón en su parte inferior y otro roscado en la superior con dos taladros por que pasan dos tubos, el uno que sirve para introducir el agua y el otro para darla salida.

Frío el cañón y extraído de la fosa se reconoce interiormente con una varilla doblada aguzada en su punta, para ver si la unión se nota; y se saca una impresión de la misma.

Sunchado.—Los cañones de fundición se sunchan para aumentar su resistencia, aun llevando tubo interior, y hay otras piezas que como los obuses solo son sunchadas; por consiguiente justo es nos ocupemos de la operación que tiene por objeto colocar tales envueltas, ó sea del sunchado, que puede ser sencillo por llevar la pieza una serie de sunchos, ó doble cuando son dos las series de ellos que la refuerzan; en este último caso, los sunchos de segunda serie se ponen sobre los de primera cubriendo las uniones de cada dos de aquéllos, con lo que queda más garantizada aún la resistencia.

La construcción de los sunchos así lisos como de muñones ya se ha explicado en el lugar correspondiente, restándonos por tanto exponer la manera de colocarlos.

El cañón se prepara préviamente, torneando la parte que ha de recibir los de la primera serie, pues supondremos lleve dos, dejando el correspondiente tope en la fundición delante del sitio que ha de ocupar el primer suncho, reconociéndose escrupulosamente los diámetros en varios puntos. Simultáneamente se terminan los sunchos interiormente, cortándolos á longitud además, y haciendo sus frentes con

sumo cuidado, midiéndose sus diámetros interiores en dos posiciones perpendiculares con un compás de brazos paralelos, ó valiéndose del expansivo que se representa en la fig. 54, lám. 9.ª

Dicho compás se compone de dos chapas ó reglas A y B, de las que la A entra á cola en una caja hecha en la B, y en las que se atornillan las chapitas *a'*, que se pueden cambiar por otras para hacerle servir para medir diámetros distintos, las que son curvas en sus bordes, de menos radio que el que se va á medir para que el contacto de ellas en el interior del suncho sea por un punto en cada una. Unos puentes D y D' que nacen en la chapa B abrazan á la A, llevando, en su centro el D', y en dos de sus lados el D, los tornillos *d* y *e*, teniendo además este último un taladro roscado por que pasa el tornillo *c*, que por uno de sus extremos termina en un botón, entrando por el otro en el soporte *o* atornillado á la chapa A, pudiendo girar dentro de él sin salir; una división en milímetros se extiende á lo largo de uno de los bordes de la caja, y la chapa A está provista de un nonius con el que se puede apreciar centésimas de milímetro.

Para medir con exactitud con este compás, se calibra primeramente con uno Trongthon puesto al diámetro justo que se quiere medir, abriendo aquél hasta que sus chapas toquen suavemente en los brazos de éste, haciéndose coincidir enseguida el cero del nonius con el de la división superior, con cuyo objeto es susceptible de cierta corrección; apretándose, hecho esto, los tornillos *d* y *e*, con lo que la regla A quedará fija á la B. Después ya, se introduce el compás en el suncho de modo que las chapas toquen por sus bordes en la superficie interior de él, cuidando esté bien vertical el compás y centrado, moviendo la regla A hasta obtener dicho contacto, que se fija su posición con el tornillo de coincidencia *c*, leyéndose la división del nonius que coincide con la de la regla, que acusará el diámetro medido.

Reconocidos todos los sunchos, se llevan, como el cañón, al lugar en que han de ser puestos, colocando éste sobre

polines de modo que quede libre la parte que ha de recibirlos, (fig. 55, lám. 9.ª,) siendo necesario para que el centro de gravedad no salga fuera de los apoyos suspender un contrapeso P. El suncho primero que se ha de colocar, suspendido de una grúa, se mete en un pequeño horno de ladrillos análogo al descrito para entubar, donde se calienta hasta dilatarle lo suficiente, que lo indica el color que tome, sacándole y midiendo con el compás expansivo acabado de describir; se le limpia de la ceniza que pudiera tener, y si se ha hecho alguna rebaba en sus frentes se quita con una lima, y acompañado de la grúa se le lleva hasta embocarle en el cuerpo del cañón; y empujándole con barrotes de madera se le conduce á su sitio, en el que se le mantiene de manera que quede fuertemente en contacto con el plano del tope de fundición, mediante la sencilla disposición que demuestra la figura, merced á los tres tornillos *a a' a''* cuyas partes no roscadas y cuadradas entran en las orejetas *c c' c''* de las dos piezas de hierro A y A', que se disponen en el cañón, la primera A' metiéndola por la caña hasta donde el diámetro se lo permita y la otra detrás del suncho que se acaba de poner, las que al atornillar las tuercas *d*, con tres llaves, á la vez, se aproximarán, comprimiendo al suncho contra el tope, en este primero, y en los demás, contra el plano posterior del que le preceda.

La unión se enfría además con agua, apretándose constantemente las tuercas hasta que quede completamente frío aquél; no poniéndose el siguiente suncho hasta lograrlo así. Puesto el primero, se prosigue con los demás de idéntica manera.

Terminado de sunchar el cañón en primera serie, vuelve al torno donde sufre el torneo de la parte que ha de recibir la siguiente, y después se la coloca del modo que se pusieron los sunchos de la primera.

Reconocimientos practicados después de sunchar, denotan la contracción que el ánima ha experimentado á consecuencia de tal operación, como teóricamente debía suceder.

Últimas barrenas.—Constituído ya el cañón, bien éste haya sido reforzado con tubo de acero y sunchos ó solamente con el primero, se termina el ánima que se había dejado desbastada; siendo necesario para ello, llevar el cañón á un banco de barrenar, después de tornear nuevamente los asientos para las lunetas si se ha sunchado; pasándose cuando menos dos barrenas, la última fina al calibre definitivo.

Las cabezas serán guiadas por largos conductores torneados en ellas mismas al calibre que se vaya á hacer, y además llevarán casquillos que las conduzcan por el ya terminado en el barrenado anterior.

Aunque siempre se desgasta la cuchilla por bueno que sea el acero de que se haya hecho, causa de que el calibre, de hacerlo con una sola no sea el mismo en toda la longitud, conviene no calibrar á más diámetro del justo ó algo menos, pues se iguala después esmerilando el ánima.

Terminado el barrenado y limpio perfectamente el cañón, se reconoce escrupulosamente midiendo, en distintos puntos del ánima, sus diámetros en dos posiciones perpendiculares, con un hipocelómetro; completándose con hacer pasar de un lado á otro de la pieza, un cilindro de tres ó cuatro calibres de largo, con tres décimas menos en el diámetro que el del ánima, que denotará si las generatrices son rectas y paralelas; pues de otro modo no podría pasar por ella aunque los diámetros medidos estuvieren dentro de tolerancias, é indicaría, si tal cosa pasare, que el ánima tenía más de un eje, ó que la figura de la misma era salomónica.

Como las operaciones mecánicas que aún resta verificar con las piezas de fundición de que nos hemos ocupado son comunes así á éstas como á las de bronce comprimido y acero, haremos aquí un paréntesis; y antes de explicar cuáles son aquéllas y el modo de llevarlas á cabo en todos los cañones, vamos á describir separadamente las que tienen lugar con los de bronce comprimido y acero hasta pasarles alaúltima barrena, que difieren algo en unos y otros.

CAPÍTULO IV

Cañones de bronce comprimido.

CORTE DE MAZAROTAS, BARRENADO Y MANDRILADO.

El bronce comprimido se aplicó, como ya en otro lugar se dice, con satisfactorio resultado en Austria para la construcción de su material de artillería de campaña y sitio. Bien pronto se siguió con verdadero afán y entusiasmo el estudio de esta nueva aplicación del bronce por ilustres artilleros españoles, comprendiendo la grandísima importancia que para nuestra Nación tenía el aprovechamiento de la crecida cantidad de dicho metal que nos legaron los antepasados en bocas de fuego, ya inservibles y anticuadas, las que merced á la nueva industria podrían refundirse y obtener por el solo coste de la mano de obra, pues gran parte de la primera materia se tenía, un material barato y aceptable, merced á lo que hoy se posee el de sitio, de ese metal, formado por cañones y obuses de 12 y 15 centímetros, el obús de 21 y los morteros de 9, 15 y 21.

Como no sería prudente hacer soportar á las piezas de bronce comprimido, presiones interiores rayanas en los 2000 kilógramos por centímetro cuadrado, la verdadera aplicación del bronce comprimido es en las piezas de fuegos

curvos, como los morteros y obuses, en las cuales las velocidades iniciales son pequeñas y las presiones moderadas.

Diversos procedimientos se han seguido en la constitución de tales piezas, pues al principio, para evitar el desgaste de las rayas en su nacimiento, y las erosiones en la recámara, se reforzaban interiormente con un tubo de acero maleable; limitando después su extensión, en vista del mal resultado dado, á cubrir el alojamiento del anillo obturador, que se usaba de acero, y no funcionaba bien al adaptarse contra el bronce, por la diferente elasticidad de ambos metales. También se construyeron algunas piezas de sitio, componiéndolas de varias envueltas concéntricas ó tubos; pero en la actualidad se constituyen de un solo blok, con ley de 8 % de estaño, que se refuerza con un tubo interior de bronce químico, cuya ley es del 5 % comprendiendo la recámara y principio de la parte rayada, lugares en que se desarrollan más altas temperaturas, para evitar las erosiones y cavidades á que dieran lugar las manchas de estaño que pudieran aparecer en el blok, que lo contiene en mayor proporción, al licuarse y volatilizarse por efecto del disparo. Dicho tubo, que es préviamente mandrilado, vuelve á sufrir tal operación después de puesto en la pieza, con lo que se consigue, á la par que un aumento de resistencia, el que quede con cierta tensión inicial, favorable al modo de obrar y transmitirse las presiones del interior al exterior de la pieza por efecto del disparo.

Ligeramente expuesto cuanto se ha hecho para conseguir dar á esta clase de cañones el máximo posible de resistencia, vamos á enumerar y explicar las operaciones mecánicas por que tiene que pasar una pieza de tal naturaleza, después de fundida en la correspondiente matriz metálica, como ya se dijo en el capítulo 2.° de la primera parte, hasta haberse terminado el barrenado.

Frío el blok que se fundió, se le extrae de la matriz metálica, cuyas mitades se unen por pernos y sunchos de gran resistencia, que son préviamente quitados. Seguida-

mente se centra y corta la mazarota, se sacan rodajas en el torno para las barretas de las pruebas de resistencia del metal obtenido, se tornean los asientos para las lunetas, los registros y la garganta para colocar la pieza en la prensa hidráulica, y se procede al barrenado, dejando el calibre á menor diámetro del que ha de tener; todo hecho en máquinas y por procedimientos semejantes á los expuestos cuando nos ocupamos de iguales operaciones en los cañones de fundición.

Pasadas las primeras barrenas, y supuesto que lleve la pieza tubo interior de bronce químico, se hace el alojamiento del mismo, y rosca el lugar en que ha de atornillarse.

El tubo, que se funde separadamente y cuela en su correspondiente molde, se tornea á las dimensiones de su alojamiento y barrena, mandrilándole seguidamente, cortándole después al largo y roscando su cabeza, así como refrentándole; y es introducido en el ánima, de modo que la unión sea muy completa y firme. Puesto en su alojamiento, conviene pasar una barrena fina para igualar el calibre en toda la longitud de la pieza; y seguidamente es mandrilada.

Esta operación, tiene por objeto aumentar la resistencia elástica del metal, disponiendo las capas interiores con una tensión inicial que ha de contrarrestar los esfuerzos desarrollados por los gases de la carga de proyección en el disparo y aumentar la dureza del metal.

Se lleva á cabo, haciendo pasar por el ánima diferentes mandriles, cada uno de los cuales tiene diámetro algo mayor que el anterior, con ayuda de una potente prensa hidráulica, dilatándose en su consecuencia las paredes interiores, quedando comprimidas unas capas contra otras, de dentro á fuera.

Dichos mandriles son de acero, ligeramente tronco-cónicos en sus dos primeros tercios, y sus diámetros crecen hasta el último que se pasa á cada pieza, que lo tiene mayor que el definitivo á que ha de quedar el ánima en $\frac{4}{1000}$ de la magnitud de aquél, para compensar la contracción elástica que tiene lugar al dejar de actuar dicho mandril en el interior de ella.

La diferencia de los diámetros de los mandriles sucesivos es más pequeña de uno á otro, á medida que avanza la compresión del ánima y es mayor la resistencia que el metal opone al paso de ellos; así es que si el segundo difiere del primero en dos milímetros, por ejemplo, el tercero diferirá de aquél en uno y medio y el último en cuatro ó cinco décimas del anterior.

Dicho mandrilado tiene siempre lugar antes de tornear la pieza exteriormente, siendo conveniente que los diámetros exteriores de ésta sean muy poco diferentes en toda su longitud, sobre todo cuando, como sucede en las de pequeño calibre, es reducido el espesor con relación á la compresión que han de sufrir, para evitar las torceduras en el curso de la operación.

Aun cuando las prensas son variables en su forma y detalles, difieren poco en su disposición y modo de funcionar; y por tanto vamos á describir la que posee la fundición de bronces de Sevilla, y emplea para el mandrilado de las piezas de medianos y grandes calibres, que es un buen modelo de ellas, y está representada en la fig. 56 de la lám. 10.

Consta ésta del cilindro hidráulico A A' compuesto de dos el A y el A' unidos entre sí por medio de los fuertes pernos G con sus correspondientes tuercas. Dicho cilindro está cerrado en sus extremidades, una con la tapa I que se sujeta por medio de dos sectores huecos y dos llenos que entran en los llenos y huecos correspondientes del cilindro y que queda fija dándola un cuarto de vuelta, y la otra extremidad por una cubierta taladrada en el centro para permitir el paso del vástago D del pistón hidráulico D', teniendo ambas dos cueros en U, los de aquélla para impedir la salida del agua, y los de ésta, uno el interior para la obturación alrededor del vástago y el exterior para obturar con el cilindro.

Unido á este extremo del cilindro hidráulico, con los pernos E, se encuentra el conductor B B' que también está formado de dos cuerpos B y B' sujetos entre sí por los tornillos H, y sirve para guiar el vástago D y el de los man-

driles M M, atornillado al extremo del anterior, en su movimiento horizontal de avance y retroceso. Este último vástago, pasa por un coginete encastrado en la parte anterior del conductor B B' para guiarlo y evitar su flexión. En el extremo anterior de éste, se atornillan los mandriles M' que han de pasarse por las piezas para comprimir sus ánimas.

Esta prensa descansa por los apoyos O, O' y O'' y los soportes S y S', sobre sólidas fundaciones de piedra á través de las cuales pasan los pernos que sujetan las placas de aquellos apoyos.

Las dos tuberías *d* y *g* soportadas por pilarillos situados en la parte superior de la prensa, conducen el agua que penetra en ella por el tubo *a*, y le dan salida por el *b* para lo cual están dotadas de las válvulas *h* y *h'*. Estas se componen de dos pistones cada una, movidos por un engranaje y el volante que se vé en la figura; y están combinados de tal modo, que cuando el uno abre el otro cierra y viceversa, pudiendo también estar ambas abiertas, pero nunca las dos cerradas. Si están los cuatro de las dos válvulas abiertos, el agua penetra por el tubo *a*, que viene del acumulador, y pasando por las válvulas sale por el *b* que la lleva de nuevo al depósito. Si se cierran dos de aquellas válvulas ó pistones permaneciendo abiertas las otras dos, se puede establecer á voluntad la comunicación con el tubo *d* que la dará entrada en el cilindro hidráulico por su extremo I, ó con el tubo *g* que la haría entrar por H'.

Los dos manómetros *m* y *m'* acusan la presión en el cilindro hidráulico, que puede alcanzar hasta 750000 kilógramos sobre la superficie total D' de la base del pistón, cuyo diámetro es de 580 milímetros, resultando por consiguiente, una potencia máxima de 284 kilógramos por centímetro cuadrado de aquella superficie, equivalente á 275 atmósferas. La presión ejercida se regula por la válvula de seguridad V.

La pieza que se desea mandrilar se dispone sobre dos lunetas, una de ellas la L' fija en el extremo del conductor B,

con quien forma cuerpo, y que lleva en su centro suplementos de distintos diámetros, según la pieza que se coloque, para que ésta quede sujeta por la garganta torneada en ella préviamente; y la otra L movible, para situarla á distancias convenientes de la anterior, según sea la longitud de la pieza. Para transportar esta luneta, se hace girar, á mano con un manubrio metido en el eje del piñón *a* á éste, el cual engrana con la cremallera *b* que se extiende á lo largo de banco C.

La bomba que inyecta el agua, se compone de ocho bombas cuyos vástagos están articulados en otros tantos codillos de un eje horizontal, ocupando diversas inclinaciones. Al girar éste, movido por una máquina de vapor de 15 caballos de fuerza, los émbolos toman un movimiento alternado, mediante el que producen una corriente contínua de agua, que extraen de un depósito é impelen por el tubo de inyección de la prensa al principio del cual hay una válvula de seguridad para regular la máxima presión de esta corriente.

La manera de funcionar esta prensa es muy sencilla. Puesto el cañón sobre las lunetas, y atornillado el mandril M' en el extremo del vástago, estando el pistón D D' introducido en el cilindro hidráulico A A' hasta muy cerca de la tapa I, se da entrada al agua por el tubo *d*, y á medida que impulsa el pistón de derecha á izquierda, avanza el vástago y con él el mandril M' atornillado en M que penetra por la culata en el ánima gradualmente. Durante este movimiento, el agua que hubiere en el cilindro hidráulico delante del pistón, encuentra salida por el orificio H', y escapa por el tubo *g* y las válvulas al depósito en que desemboca el tubo *b*.

Terminado el recorrido del ánima y para volver atrás el mandril hasta su posición primitiva, fuera de la culata, se cambian las válvulas y el agua penetra por el tubo *g* en el cilindro hidráulico, haciendo mover al vástago en sentido opuesto, y saliendo el agua que llenaba la parte posterior del pistón, por el extremo I y tubo *d* y las válvulas al depósito.

Esta operación se repite con cada uno de los mandriles que se pasen, reconociendo todas las veces el ánima con un hipocelómetro, y examinando si la superficie aparece lisa, ó por el contrario descubre alguna grieta que sería señal de no ser bueno el material, debiéndose entonces desecharle.

Hay que observar que el efecto que el mandrilado hace en la parte que ocupa el tubo de bronce químico, es que adquiera éste la tensión inicial con que ha de quedar unido al cañón.

A causa de la compresión hecha por el mandrilado, se alarga algo el ánima.

Siendo las operaciones que ultiman la fabricación de un cañón de esta clase, semejantes á las de los demás, se expondrán más adelante, al tratar de las que son comunes á todos ellos.

CAPÍTULO V

Cañones de acero.

SISTEMAS DISTINTOS DE CAÑONES. OPERACIONES MECÁNICAS PARA SU CONSTITUCIÓN, Y BARRENADO DEL ÁNIMA.

Diferentes sistemas de artillería de acero.— El metal más apropiado para la construcción de cañones es hoy el acero, que posee una gran tenacidad unida á elasticidad y dureza suficientes.

De él, en casi todas las naciones, tienen su material de campaña y sitio; y asimismo, la marina, hace tiempo que, por esta clase de piezas, sustituyó su antigua artillería entubada, como poco á poco las plazas terrestres y marítimas, dotan sus obras de tal artillado, ya en baterías acorazadas y en torres, en montajes de cañonera mínima y de eclipse, ó sobre plataformas, que pueden cambiar de situación al recorrer una vía férrea que une todos los frentes, ó en baterías fijas á barbeta y acasamatadas.

El Austria, sin embargo, muéstrase decidida por el bronce Uchatius para la constitución de su artillería de campaña y sitio, aunque también cuenta con cañones de acero.

En algunos países se construye de fundición reforzada con tubos de acero la artillería de plaza y costa, sistema que más económico que el de acero, basta para tal clase de artillado en general, dejando solo para aquellos puntos más importantes el empleo de la de acero. Es nuestra creencia que dominada la fusión y forja de grandes bloks de acero, que resultan á un precio aceptable, la nación que cuente con los elementos propios de tal fabricación debe poseer de dicho material toda su artillería, porque es, sin duda de ninguna clase, mejor, capaz de mayores energías por peso de cañón y absolutas, de más duración y construcción más sencilla y rápida, sobre todo que la de los cañones sunchados y entubados, de poseerse todos los medios de forja y fusión precisos; y aunque la primera materia sea algo más cara, todos los núcleos de la barrena son aprovechables, y si se fundió y forjó en hueco, aún hay más economía; la mano de obra es también menor, porque se preparan los tubos y manguitos en bancos de barrenar que trabajan por ambos extremos; y en cambio en los grandes cañones de fundición además de efectuar el barrenado, lento por tenerse que practicar de boca á culata con una sola barrena, hay que aumentar el calibre en la parte que se coloca el tubo, lo que consume gran cantidad de tiempo y de jornales. De tener que importar los elementos de acero para constituir los cañones, por no haber en el país medios adecuados para la obtención de ellos, el precio tan elevado á que habría que pagar tubos, manguitos y sunchos, podría hacer preferible la artillería de fundición entubada para la general de las plazas y costas.

Los esfuerzos que debe soportar el acero que se emplea en la fabricación de cañones son de tal naturaleza y magnitud, que el dedicado á ese objeto ha de reunir precisamente características especiales, sumándose á una resistencia elástica crecida y un alargamiento por ciento grande, completa homogeneidad.

Así es, que en el Creussot como en S.t Chamond y en Sheffield, Krupp en Alemania, Whitworth y Armstroug en

Inglaterra, y en todos los establecimientos productores de acero, en fin, se han estudiado verdaderamente sus propiedades, estableciendo reglas ó condiciones á que deben satisfacer; y que merced á los procedimientos metalúrgicos hoy en uso, los elementos tan poderosos con que se cuenta para la forja, y el conocimiento de teorías, que como la celular y los trabajos de Akerman sobre temples permiten conducir el trabajo debidamente, se logran.

Los cañones de acero primeramente se hacían de un solo blok; mas como la resistencia de la pieza no aumenta indefinidamente con el espesor de sus paredes, sinó que hay uno que pasado es inútil excederle, por no conseguirse otra cosa que un aumento de peso, completamente innecesario, sin crecimiento de la resistencia; y como por otra parte no es prudente rebasar el límite elástico, aunque aún sea mucho más alto el de rotura, las piezas que han de producir grandes energías, no pueden de ningún modo, pues las presiones que han de resistir son elevadas, hacerse de un solo tubo. A ese fin responden los cañones compuestos; denominándose así, á los formados por un tubo central ó interior, sobre el que se superponen diferentes envueltas concéntricas de mayor ó menor longitud, manguitos y sunchos, puestos en caliente ó con una potente prensa hidráulica, con una tensión inicial, con lo que se consigue un positivo aumento de resistencia.

Si sobre un tubo de acero se pone otro de menos diámetro interior que el exterior de aquél, para lo que hay que dilatarle, el tubo interior sufre una compresión, tanto más enérgica cuanto mayor sea el apriete, mientras que la envuelta se dilata; si sobre ésta se dispone otra, de igual manera, el fenómeno se reproduce, siendo aún más fuerte la compresión que sufriría el tubo interior, disminuyendo á la vez la expansión de la envuelta siguiente con la compresión impresa por la recién puesta; pudiéndose conseguir, por tal procedimiento, que las diferentes capas concéntricas que constituirán el cañón estén á la tensión máxima, principio fundamental de los cañones compuestos. Pero es claro que

dichas envueltas tienen un cierto espesor, y pueden considerarse, del mismo modo cada una de ellas, como si fuese un cañón compuesto, por lo que conviene para que las diversas capas tomen á la vez su tensión máxima que equilibre á la extensión que ha de producir la presión interior efecto del disparo, que el espesor de ellas sea el mínimo posible.

Diversos son los sistemas propuestos para la constitución de los cañones de acero compuestos, basados en los principios expuestos, ocupándonos de los más característicos, de que vamos á dar una ligera idea.

En Inglaterra fué adoptada, en un principio, la artillería Armstrong, cuyo fabricante constituía sus cañones por un tubo, primero de hierro forjado y posteriormente de acero, recubierto por varios manguitos introducidos en caliente para obtener el debido apriete. Como los manguitos, á causa de su longitud y tenerlos que hacer soldados, pues eran de acero pudlado en espirales, no podían ser de una pieza, se construían una série de anillos de poca altura que después de recocidos se soldaban entre sí, formando cada manguito. El suncho ó manguito de muñones, y el que recibía el tubo en la parte de la culata, eran de hierro forjado, de fibras paralelas al eje, á fin de presentar una gran resistencia en sentido longitudinal. Con el mismo fin, los manguitos se unían los unos á los otros por sus extremos convenientemente. El tubo, de fibras paralelas al eje, transmite á los muñones, favorablemente, el esfuerzo longitudinal, mientras que los manguitos, cuyas fibras están dirigidas según hélices de corto paso, se hallan perfectamente dispuestos para resistir transversalmente. La debilidad de la pieza de culata, de hierro forjado, de poca elasticidad normalmente al eje, ha sido causa de accidentes sérios ocurridos con tales cañones.

Los cañones Whitworth, son todos de acero, comprimido en fluído con una poderosa prensa hidráulica que produce presiones variables de 800 á 4500 kilógramos por centímetro cuadrado. Los bloks se obtienen en lingoteras metálicas con núcleo, así es que son huecos, forjándose sobre mandril, y

luego templados en aceite. Los cañones de tal sistema, están formados de manguitos superpuestos, de muy poco espesor, colocado cada uno de ellos sobre el inferior que le precede, con un determinado apriete, siendo su figura ligeramente tronco-cónica y necesitándose de una prensa para ponerlos. La calidad del metal de cada uno es diferente, variando el temple, recocido y apriete, según la distancia á que en el cañón se encuentra del ánima, obedeciendo todo á la aplicación de los dos principios de las tensiones iniciales y elasticidades variables.

Krupp, cuya reputación es tan grande, construyó sus primeros cañones de un solo blok que barrenaba y torneaba; pero posteriormente los ha hecho compuestos de un tubo sobre el que vá un manguito con determinado apriete, en el que se abre el alojamiento de la cuña de cierre; llevando además, en otros, sunchos sobre el manguito y delante de él. El tubo está solo sometido á los esfuerzos transversales ó de distensión, en el momento del disparo, y el manguito resiste los de extensión ó longitudinales, con lo que aquél se halla en mejores condiciones para resistir las presiones que la pólvora desarrolla. El acero que emplea es fundido al crisol y forjado después al martillo pilón.

La artillería francesa forma sus bocas de fuego con un tubo ó cuerpo de cañón, de acero fundido, suave, forjado, templado en aceite y recocido, sobre el que se coloca un manguito del mismo metal, así como los sunchos necesarios, puestos tanto éstos como aquél, en caliente; habiendo piezas como las Bange de 15 y 12 centímetros sunchadas hasta la boca.

La compañía de las forjas y acererías de la marina y los caminos de hierro, de Francia, en S.t Chamond, aplicó en 1878 un ingenioso procedimiento para la construcción de bloks de acero pudlado para artillería. Recubrían un alma de dicho material, de anillos de igual clase, formados por barras enrolladas de sección trapezoidal, introduciéndole en un horno en que daban una calda al blanco soldante, para después verificar la soldadura de los anillos en el martillo

pilón; frío ya, sobre ellos, sirviendo de núcleo, se colocaba otra segunda série, que se soldaba entre sí y con el núcleo, cuidando al disponer los segundos anillos de hacerlo tapando las juntas de los otros; y así sucesivamente se seguían añadiendo nuevas séries hasta obtener el espesor que se deseaba, estirando después el blok así formado, y forjándolo en el martillo hasta conseguir el cuerpo del cañón.

Dicho procedimiento, de gran dificultad de ejecución y sumamente complicado, se abandonó enseguida; y en la actualidad, tratando de resolver el problema de sunchado longitudinal, proceden de otro modo. Fundados en que siendo las ánimas de los cañones de gran longitud, si se ha de obtener con el empleo de pólvoras progresivas lentas velocidades iniciales próximas á la de 700 metros, las rayas deberán padecer mucho, pues la velocidad de rotación del proyectil antes de su salida de la pieza, aumenta en igual proporción que la de translación, construyen el tubo de un acero bastante duro; y por consiguiente, para evitar el desculatamiento, que éste por sí solo no podría impedir, se envuelve por una ó dos séries de sunchos que le dán la suficiente resistencia transversal rodeando la parte posterior por tirantes de acero forjado colocados longitudinalmente, que, reunidos, forman un manguito, que recubre después otra serie cuando menos, de sunchos.

Con parecido objeto el Coronel de Bange ideó el sunchado bicónico, construyendo un cañón de 34 centímetros, con un tubo de acero forjado recubierto por 74 sunchos de igual materia, de los que la primera serie llega hasta la boca, la segunda hasta la mitad de la caña y la tercera termina delante de los muñones, concluyendo el sunchado por otra serie de cuatro sunchos que uno es el de muñones; concurriendo todos á resistir longitudinalmente. La superficie exterior del tubo y las internas y exteriores de los sunchos excepto la de los últimos son ligeramente tronco-cónicas, de modo que, después de sunchado, constituyan un todo, cuyas diferentes partes se hallan íntimamente unidas.

La conicidad de los sunchos es pequeña, para que puedan ser puestos fácilmente, sin elevar demasiado la temperatura; no resultando las ventajas sobre el sunchado ordinario que el autor se proponía, porque siendo por una parte tan limitada la conicidad de las superficies de contacto, y por otra la presión que han de resistir, debida al apriete, en la práctica se hace tan débil que bien puede decirse que están poco unidos entre sí los diferentes sunchos; y si el cuerpo del cañón, al que va atornillado el cierre, llegara á moverse, concluiría por separarse, sin que los sunchos le opusieran á ello una gran resistencia; además, como se suncha en caliente, es muy difícil que después de frío el cañón resulte con las uniones de ellos como sería de desear, pues no hay que perder de vista que tienen forma cónica.

Rusia también construye en su fábrica de Oboukhoff cañones de acero, compuestos por un tubo de acero Siemens, comprimido en fluído, envuelto por un manguito de acero fundido al crisol en que se hace el alojamiento del cierre. Un aparato especial, actuado por poderosa prensa hidráulica, sirve para introducir en frío el tubo en el manguito, estando reforzadas, algunas de las piezas de grueso calibre, con sunchos, puestos de igual modo.

En nuestra Nación el malogrado general de Artillería de la armada, González Hontoria, ha dejado un sistema de artillería de acero, desde los calibres menores de desembarco á los de 28 y 32 centímetros que sirven de principal artillado al acorazado *Pelayo*. Estos están formados por un tubo, reforzado por un manguito y cuatro sunchos, llevando otra segunda serie de ellos, en la parte que ocupa el manguito y los dos primeros, todos puestos en caliente sucesivamente y unidos convenientemente con resaltes y escalones para que en el esfuerzo al desculatamiento no se puedan separar el manguito y demás sunchos del tubo, al que se atornilla el cierre, y que á la vez se transmita á los resaltes, que en esta clase de piezas sustituyen á los muñones.

Para reemplazar nuestro material de campaña por otro

más poderoso y ligero, el Teniente Coronel Sotomayor presentó un proyecto completo de artillería de acero notable por todos conceptos y superior, entonces, á todo lo existente en las demás naciones, haciéndolo primero en el año 1880 de los cañones de 7,8 centímetros que hoy tienen las baterías á caballo y posteriormente de los de 9 y 10 centímetros; y en la actualidad bajo la base de calibre único y empleo de pólvora sin humo, lo ha hecho de otro cañón de carga simultánea, si bien separa el cartucho metálico del proyectil, de igual sistema de constitución que los de 8 y 9 centímetros. Todos están formados por un tubo de acero fundido, suave, forjado, templado y recocido en aceite, que entra con los debidos aprietes en un manguito de igual metal. Un tornillo, tuerca del cierre, de acero suave, como el del cañón, se introduce en frío en el manguito llegando hasta la sección en que nace el alojamiento del anillo, por que termina el tubo; siendo por tanto aquél el que resiste el esfuerzo al desculatamiento y el tubo los transversales, estando en condiciones ventajosas para soportar las presiones de la pólvora. El enlace del tubo y manguito es por un escalón. Al tornillo tuerca del cierre, después de sentado en frío, se le hace recorrer, dilatando convenientemente el manguito por el calor, un arco cuya cuerda medida en la circunferencia exterior es de siete milímetros. El cañón de 7,8 con que están dotadas las baterías á caballo, difiere en que el tubo se une al manguito atornillándose á él y en caliente; y el cierre se rosca al tubo.

Para completar los sistemas de artillería de acero, réstanos hablar de los de alambre de que Londgrige fué el inventor; pues si bien Schultz en el año 1873 proyectó su cañón de montaña basado en los mismos principios, aquél propuso un nuevo método de construcción en 1860. Partiendo de la idea de que un cañón compuesto se aproxima tanto más al tubo teórico, cuanto mayor sea el número de envueltas concéntricas que lo forman y éstas de más pequeño espesor, parece natural que si se multiplica mucho el número de ellas, sus-

tituyendo á los sunchos alambre de acero arrollado al tubo, el cañón resultaría excelente. Fundándose en ello uno y otro hicieron sus cañones, envolviendo alambre de acero, de gran resistencia, á un tubo.

En los Estados Unidos el doctor Wolbridge compone sus cañones por análogo procedimiento. El cañón está formado de un tubo de acero rodeado de barras de igual metal en sentido de su longitud, destinadas á resistir el esfuerzo longitudinal, á las que se arrollan alambres de acero cuya resistencia á la tracción es de 120 kilógramos por milímetro cuadrado.

Prescindiendo de los cañones de alambre, de que nos ocuparemos al final de esta obra, los demás de acero, están constituídos por un tubo sobre el que se pone un manguito y á veces sunchos, metidos en caliente, ó con una prensa hidráulica en frío.

Preparación del tubo, manguito y sunchos, para enmanguitar y sunchar.—Tanto el tubo como el manguito y los sunchos los supondremos forjados, y éstos, además, torneados, cortados al largo y refrentados.

Si el tubo y manguito se forjaron en sólido, después de centrados y hechos los asientos para las lunetas, se colocan en tornos, si son para piezas de campaña, y sinó en bancos de barrenar; y suponiendo vamos á construir un cañón de grueso calibre con dos séries de sunchos, se ponen en bancos, donde se barrenan en desbaste, haciendo uso de los de dos barrenas que trabajan á la vez una por cada lado de la pieza, empleando barrenas tubulares, para aprovechar los núcleos y economizar tiempo.

Dichas barrenas se componen de un vástago de acero cilíndrico y hueco terminado en una media caña, ó tienen en toda su longitud igual forma las de los cañones de campaña, que son cortos; y de todos modos llevan en la parte A (fig. 48, lám. 8.ª) y en su borde izquierdo, si el movimiento de rotación del cañón es de derecha á izquierda por la parte superior, un encastre *d e f g h k* en cuya base plana existe

un saliente B en forma de cola de milano y en el fondo vaciado un hueco rectangular *a;* en él se sujeta la cuchilla C, (fig. 49) que tiene en su cara inferior una canal B' que ajusta en la cola B y un tope *a'* que se introduce en el rebajo *a* hasta sentar bien, haciendo más sólida la unión, un tornillo que atravesando aquélla se rosca al vástago.

Barrenados aquellos elementos á un diámetro inferior al definitivo en diez milímetros, se reconocen y tornean exteriormente en desbaste, con lo que además de registrarse el metal se previenen los efectos nocivos del temple de no ser la sección circular, y se cortan al largo, dejando á uno y otro lado los excesos precisos para el corte de rodajas para barretas. La barrena para igualar este calibre primero, se pasa de boca á culata en bancos de un solo útil ó que solo barrenen por un lado.

En tal disposición los tubos y manguitos se templan á fin de obtener las características debidas, y recuecen; y de satisfacer las pruebas mecánicas se prosigue el trabajo, empezando por centrarlos de nuevo y examinar si se han torcido para enderezarlos ó quitar ese defecto en el torno y el barrenado; se barrena el manguito en una máquina de alisar, ó en una de barrenar, de ser muy largo, cuidando de dejar el resalte que ha de corresponder con el escalón del tubo por cuyo medio se unen entre sí para resistir el esfuerzo al desculatamiento. Terminado que sea, se reconoce cuidadosamente midiendo sus diámetros á diferentes distancias, y se acaba de tornear exteriormente el tubo, que ya estaría desbastándose, dejándole á las dimensiones del manguito más los aprietes; pasándose á enmanguitar, ya concluído.

Si tanto uno como otro fuesen forjados en hueco, se barrenan de parte á parte con una sola barrena, no tubular, y luego se templan y recuecen; prosiguiéndose el trabajo como para el caso de haber sido la forja en sólido.

Enmanguitado y sunchado.—El enmanguitado si el cañón es de pequeñas dimensiones, se hace como digimos al tratar de la construcción del doble tubo para entubar ca-

ñones de fundición; pero si es de gran calibre no se puede practicar del mismo modo, y es entonces el tubo el que se coloca en la fosa, que será de grande profundidad, en la que préviamente se fija una gruesa placa de fundición á la debida altura con un agujero central por que pasa la caña del tubo. En otra fosa se pone el manguito, suspendido de la grúa del taller, y se le dilata valiéndose de un horno portátil como los descritos en otro lugar, que después de bien encendido se introduce en esta fosa, calentando á aquél por radiación; y cuando la temperatura que ha adquirido es la necesaria, que se determina con el calorímetro, y cuya dilatación en el manguito se comprueba con la oportuna plantilla, se extrae y conduce rápidamente sobre el tubo, centrándolo por él, haciéndole después descender hasta que toque el resalte en el escalón, que se retira la grúa y queda enmanguitado. Con una regadera circular se vierte agua fría en la unión del escalón para que sea más perfecta, y cuando ya esté todo él frío, se extrae de la fosa el cañón enmanguitado.

En los cañones de campaña que la cabeza del tubo esté roscada, no hay escalón ni resalte, y se enmanguita poniendo el manguito sobre una placa con un taladro central rebordeado, en que se sujeta con tres ó cuatro tornillos de presión, para impedir que aquél ruede al atornillar el tubo, dilatándole con un horno portátil; y el tubo se introduce, con una grúa, atornillando después su cabeza, en que se pone un volante, del modo dicho cuando se trató del entubado.

Después de enmanguitado el cañón, es cuando se comienza el sunchado colocándole primero los dos sunchos que supondremos lleve delante del manguito, y una vez que se hubiere torneado su asiento en el tubo del modo ya explicado; y en seguida se coje el cañón entre puntos y con brocales en un torno, se tornea la parte que ha de recibir la primera série, dejándola al diámetro interior de los sunchos más el apriete, y después de reconocido minuciosamente se lleva á sunchar, repitiéndose para la colocación de la segunda série el torneo y demás operaciones.

Barrenado.—Este se efectúa, después de acabado de sunchar el cañón, y repasados ó hechos de nuevo los asientos para las lunetas, del modo ya explicado en los cañones de fundición, en máquinas adecuadas según el calibre, y con las cabezas correspondientes; bastando generalmente pasar dos barrenas, una de desbaste y la otra fina, de conclusión.

Operaciones comunes á todos los cañones.

CAPÍTULO VI

Esmerilado del ánima.

Por mucho cuidado que se tenga al dar salida á la cuchilla en una cabeza de barrenar, calibrándola con escrupulosa exactitud, y aunque á fin de evitar el destemple de la herramienta se la inyecte agua de jabón ó clara constantemente que la lubrifique, el desgaste del útil, aun suponiéndole del mejor acero duro de Styria, es inevitable en los cañones de gran longitud, y ocasiona que en la última barrena no quede idéntico el calibre, disminuyendo tanto más cuanto más se aleja del sitio en que se embocó. De ahí que para que toda el ánima tenga el mismo diámetro, se necesite efectuar otra operación que iguale al calibre toda ella; este es el objeto del esmerilado de dicha parte, que se reduce á aumentar el calibre de la pieza en aquellos puntos que es inferior al debido, pasando por su interior una cabeza cilíndrica, con esmeril, dotada de un rápido movimiento rectilíneo de vaivén, á la vez que el cañón rueda.

En los cañones cortos que el desgaste de la herramienta es nulo sensiblemente, ó muy pequeño, el ánima queda al

calibre que se embocó la cabeza, pero conviene esmerilar, para lo que la última barrena se calibra algo más pequeña, unas cinco centésimas menos, porque así desaparece el hilo del barrenado ó huella del útil.

Para esmerilar es, por consiguiente, necesario emplear máquinas especiales preparadas á ese fin, si se han de obtener buenos resultados. La que en Trubia se usa para los cañones de calibres medios y grandes, construída en el mismo Establecimiento, y que ha dejado muchos de los cañones, todos largos, que se producen, con un calibre idéntico al de los planos, y á lo más con dos centésimas de milímetro de diferencia en algunos puntos, será objeto de nuestro estudio puesto que todas son análogas.

Se compone dicha máquina, representada en la fig. 57, lámina 11.ª, de un basamento de fundición X constituído por varios bancos unidos entre sí, sobre que se pueden colocar las lunetas L y L″ á distancias variables con la longitud del cañón y en que está fija otra L′. Aquéllas están torneadas perfectamente, siendo la línea de los centros el eje horizontal de la máquina, y son las que soportan el cañón permitiéndole movimiento de rotación que recibe de la otra L′. Esta sostiene en su parte interior la pieza cilíndrica E que en un extremo lleva la rueda helicoidal D que engrana con el sinfin D′ montado en el eje O que á su vez soporta la rueda D″ que un cono de poleas C y sinfin H dan movimiento de rotación, comunicándoselo al cañón por mediación de dos pernos que se atornillan en el frente de la pieza E, sobre que apoyan los muñones ó las extremidades de dos planchuelas que después de unirse al cañón en su superficie exterior salen en dirección paralela al eje de muñones, comprendiendo, para que las sirva de refuerzos, unos cuadrados que se fijan con tornillos.

Para dar á la cabeza rápido movimiento de traslación tiene la máquina un tambor T acanalado, compuesto de dos partes, de las que una arrolla el cable que la otra desenvuelve. Dicho tambor está sostenido por un eje que rueda

entre dos coginetes, y á él va fija la rueda R que engrana con el piñón R′ del eje de las poleas P P′ y P″, loca la P′. Un cable metálico delgado *d*, se arrolla en la mitad izquierda del tambor al que se fija uno de sus extremos, pasa por la canal de la polea A′ y se une por la otra extremidad á la cabeza; otro cable igual *d′* envuelto á la otra mitad del tambor, al que también se fija uno de sus extremos, es conducido por las poleas A y A″ y se une por la extremidad libre á la cabeza. Las dos poleas A y A′ están montadas en unos ejes que entran en los piés B y B′, y la A″ está inclinada, para que el cable, que viene por la parte inferior del tambor, pueda tomar después la altura del eje del ánima para unirse á la cabeza, y va montada en un eje que entra en un dado que puede correr dentro de una caja á cola, porque es tuerca de un tornillo que puede girar con una llave puesta en su cabeza; con cuyo mecanismo se atirantan los cables.

Para cambiar la dirección del movimiento automáticamente y obtener así el de vaivén de la cabeza, pasa el cable *d′* por unas ranuras abiertas en la extremidad superior de los brazos de las palancas *h* y *h′* que giran alrededor de los ejes *n* y *n′*, en cuyo extremo va fija una varilla que mediante las articulaciones *m p* y *m′ p′* se une á la barra *s s*, sostenida horizontalmente por los soportes *t t′ t″ t‴*; y por la articulación *m″* á una pieza rectangular *e* con un rebajo *x* en que se aloja el extremo de una pequeña palanca terminada por un sector dentado, y cuyo eje de giro está en *k*, que engrana con otro *g′* que gira alrededor de *k′*, que se prolonga hasta *k″*, en cuyo punto se une una varilla vertical, que por la articulación *l* se fija al pasa-correas *a b c*.

El movimiento general del taller es transmitido al cono de poleas C y á las poleas P P′ P″; originando el de una de aquéllas la rotación del cañón, por el engrane de la rueda D con el sinfin D′, y de la D″, montada en el eje de éste, con el sinfin H; y el del eje de las otras P P′ y P″ el de traslación de la cabeza, á cuyos dos extremos se hallan unidos los dos

cables, dado por la rotación de la rueda R que engrana con la R', por que gira el tambor T, en virtud de lo que el cable *d'* se envuelve mientras el *d* se desarrolla, facilitando el movimiento de los mismos las poleas acanaladas A A' y A'' que ruedan sobre sus ejes. Dos topes que se adaptan al ramal del cable *d'* comprendido entre las palancas *h* y *h'*, limitan el curso de la cabeza, pues cada vez que el uno ó el otro toquen en la palanca las obligan á girar alrededor de *n* ó de *n'*, y por intermedio de la varilla y articulaciones dichas, la barra *s s'* se moverá á la derecha ó la izquierda, é igualmente el pasacorreas; y como la polea P' es loca y una de las correas tiene sus ramales cruzados, según sea ésta ó la otra la que abrace á una de las poleas fijas al eje, giran en uno ú otro sentido, consiguiéndose el movimiento de vaivén de la cabeza.

Descrita la máquina en que se va á esmerilar, veamos el modo de hacer la operación. Sirve de base el reconocimiento hecho del ánima después de la última barrena y es el que indica en qué puntos se deberá pasar la cabeza y en cuáles nó, así como donde haya que quitar más metal.

El cañón se pone sobre las lunetas, descansando por sus asientos, después de haberle pasado por la L' y apoyado sus muñones ó las planchuelas en los pernos de la pieza E, y seguidamente se unen á la cabeza los dos cables, metiéndola en la boca de la pieza. Las cabezas de esmerilar son unos cilindros de fundición con dos asas en los extremos de su eje, cubiertos de una capa de plomo, torneados al calibre del ánima, con unas canales en sentido de las generatrices y otras normales, para que el esmeril sea mejor sostenido. Según el curso que haya de darse á la cabeza, dependiente del trozo en que deba de esmerilarse la pieza, se colocan los topes en el cable á la distancia correspondiente, atirantándole moviendo el tornillo que á ese fin posee el soporte del eje de la polea A''.

Todo dispuesto así se dá movimiento á la máquina, girando el cañón á la vez que la cabeza se mueve dentro del ánima recorriendo el espacio limitado por los topes cuantas

veces sea preciso para conseguir el aumento de diámetro que se desee. En una pequeña tina se mezcla esmeril fino y aceite hasta formar una papilla ligera, la que con una jeringa ú otro medio análogo se inyecta en el cañón al entrar la cabeza, desgastándose de esta manera lentamente el metal en dicha parte y por igual en toda la superficie porque el cañón no cesa de girar. Al cabo de cierto tiempo, variable con el aumento que haya que darse al diámetro y la mayor ó menor dureza del metal, se saca la cabeza, se desatan los cables, se limpia la pieza perfectamente y se reconoce la zona esmerilada, midiendo sus diámetros con un hipocelómetro, continuando del mismo modo la operación, de no estar aún al calibre, ó dándola por terminada en caso contrario.

Los cañones quedan después de esta operación con igual calibre en toda su longitud, ó difiriendo muy poco de él, apareciendo su superficie pulimentada y sumamente brillante.

CAPÍTULO VII

Rayado de los cañones.

Todas las piezas de artillería tienen en su ánima varios surcos ó canales, llamados *rayas*, cuyo objeto es conducir el proyectil de modo que adquiera, á la vez que el movimiento de traslación que le imprimen los gases de la pólvora, uno de rotación en un determinado sentido, dependiente del en que esté rayado el cañón, para que la desviación sea constantemente hácia un lado, facilitando así la determinación de la derivación correspondiente á cada alcance, pudiéndose corregir la puntería exactamente con el alza; asímismo, aumentan la precisión de la pieza, supuesto siempre que su recámara esté convenientemente trazada y que el tronco de cono que la une al ánima tenga la debida inclinación.

Hacer aquí una reseña de las fases tan diversas por que ha pasado el rayado de los cañones desde que Cavalli empleó en Suecia, con relativo éxito, dos rayas, en cañones de fundición á cargar por la culata, en los años 1845 y 1846, sería tarea excesivamente larga; y basta con saber, que después de numerosas experiencias y trazados distintos, se ha llegado

por último á uno, que puede decirse es general, estando cada raya constituída por *el fondo*, que es un arco de círculo concéntrico al ánima, y dos *flancos* paralelos al radio del centro de aquél, con quien se unen por dos pequeñas curvas; denominándose *campo* ó *macizo* la separación ó parte de ánima comprendida entre cada dos rayas.

En un principio, cuando los cañones eran cargados por la boca, y aun después en los de retrocarga, la raya era uniforme ó constante, por serlo así la hélice que la originaba; entendiéndose por tal, aquélla en que lo es la relación entre el movimiento de rotación y el rectilíneo de la superficie generatriz, ó en otros términos, la en que el ángulo que forma la hélice con la generatriz del ánima es constante. Aunque era conocido que en un ánima así rayada, el proyectil al iniciar su movimiento habría de efectuar un trabajo grande, tanto mayor cuanto lo fuese la inclinación de la hélice, como quiera que los proyectiles estaban dotados de dos órdenes de aletas ó tetones en las piezas de ante-carga, ó cubiertos de una envuelta de plomo en que se imprimian las rayas, en las de retrocarga, lo cual imposibilitaba el empleo de la raya progresiva, no hubo, por entonces, más remedio que proseguir con tal clase de rayas.

Estudios posteriores confirmados por varias experiencias, hicieron ver que á un proyectil le basta una sola banda posterior de cobre para adquirir el movimiento de rotación y traslación en el ánima, sin cabeceos, de estar bien construído y proyectado y hallarse la recámara bien trazada; y desde ese momento se hizo progresiva la hélice generadora de la raya, con lo que se consigue, si se hace variar el ángulo de hélice de cero al correspondiente á la velocidad de rotación con que se quiera que el proyectil abandone la pieza, que pase insensiblemente, del movimiento rectilíneo, que es consecuencia de la acción de los gases de la pólvora, á tomar el circular á la vez, saliendo con la velocidad de rotación conveniente; pudiéndose aumentar ésta, que en el rayado uniforme estaba limitada, porque teniendo que adquirirla no

gradualmente, sinó desde el primer instante, lo hacía originando una pérdida considerable de fuerza, además de con un mayor trabajo para la raya; y obteniéndose también con aquélla, un aumento de velocidad inicial, sin que las presiones aumenten, puesto que el trabajo mecánico debido al comienzo del movimiento del proyectil, se reduce en dicha clase de ánimas.

Si bien la generación de una raya progresiva puede obtenerse valiéndose de una línea circular, parabólica, hiperbólica, etc., se ha adoptado aquella cuya transformada es una parábola cuyo eje después del desarrollo sea perpendicular á las generatrices; en la cual se verifica que la inclinación de las tangentes respecto á aquéllas, y cuya medida es la tangente del ángulo que dichas rectas forman, crece con las longitudes de dichas generatrices, contadas á partir del origen ó sea la recámara. Si cada elemento de que podemos suponer formada dicha curva lo consideramos como uno infinitamente pequeño de hélice uniforme, la citada curva nos la figuraremos constituida por una serie de estos elementos de hélice uniforme, que estarían confundidos con los diferentes puntos de ella, correspondientes.

Refiriendo la transformada de la raya desarrollada, á la vez que el cilindro del ánima, á un sistema coordenado cuyo origen sea el nacimiento de la raya en la boca y cuyos ejes de la x y de la y sean la generatriz que pasa por dicho punto y la transformada de la circunferencia de la boca respectivamente, y siendo r y r' el número de calibres de los pasos de hélice de la raya, en boca y recámara, así como L la longitud de parte rayada y α y β los ángulos de inclinación de la raya respecto á la generatriz de la boca y á su terminación en la recámara, se podrá escribir que

$$tg\ \alpha = \frac{\pi\, d}{r\, d} = \frac{\pi}{r}\,, \qquad tg\ \beta = \frac{\pi\, d}{r'\, d} = \frac{\pi}{r'}\,,$$

llamando d al calibre de la pieza.

Como la parábola desarrollo de la raya pasa por el origen y es su eje paralelo al de las y, su ecuación es

$$y = a\,x^2 + b\,x \text{ „}$$

determinadas a y b porque en los puntos que la abcisa sea cero y L los coeficientes angulares de las tangentes serán los determinados $tg\,\alpha$ y $t\,g\,\beta$; de modo que

$$tg\,\alpha = \frac{\pi}{r} = b \text{ „} \quad tg\,\beta = \frac{\pi}{r'} = b + 2\,a\,L \text{ „}$$

de donde se deduce que

$$a = \frac{\frac{\pi}{r'} - b}{2\,L} \text{ „} \quad \text{y} \quad b = \frac{\pi}{r} \text{ „}$$

con lo que se puede construir la curva, encontrados que sean los valores de a y b, por puntos, dando á x valores sucesivos más ó menos próximos, según la exactitud con que se quiera hacer el trazado. Si la inclinación de la raya en la recámara fuese nula,

$$b = o \quad \text{y} \quad a = \frac{\pi}{2\,r'\,L} \text{ „}$$

Esta ligera exposición de lo que es el rayado y el modo de trazar la raya parabólica, partiendo del conocimiento del número de calibres de los pasos inicial y final, ó de la ecuación de la parábola desarrollo de la raya, nos servirá después para construir con facilidad las plantillas ó copiadores precisos para que las máquinas destinadas á rayar cumplan bien su cometido.

Cuando la raya era uniforme fácilmente se producía en el

cañón, pues todo se reducía á hacer girar al útil á la vez que recorría el ánima, el ángulo de hélice constante, combinando la velocidad de traslación con la de rotación, á fin de obtener aquella inclinación; pero en las progresivas es preciso que en cada punto el ángulo de hélice varíe, lo que exige copiadores que hagan reproducir al útil la curva de los mismos. En uno y otro caso parece que el rayado podría hacerse teniendo el útil ambos movimientos de traslación y rotación y estando el cañón fijo, ó girando el cañón y solo poseyendo movimiento de traslación la herramienta; teóricamente así debía ser, pero en la práctica ha quedado demostrada la imposibilidad de rayar una pieza que gira á la vez que avanza la cuchilla; siendo, por tanto, todas las máquinas, del tipo de las en que el útil participa de ambos movimientos.

Las máquinas en que tal operación se lleva á cabo, reciben el nombre de máquinas de rayar; y pueden clasificarse en cuatro grupos según la situación del copiador ó plantilla que sirve de guía al útil, para que en cada punto del ánima gire el ángulo correspondiente. Así que si el copiador es una hélice trazada en el vástago mismo que sostiene la cabeza de rayar, ó si está colocado lateralmente al eje de la máquina, ya en un plano horizontal ó vertical ó montado en un eje corto, paralelo al vástago á que dá movimiento por un engrane, se llaman máquinas con hélice en el vástago, de copiador horizontal, y vertical, y universal. Describiremos una de cada tipo, con lo que el estudio será completo; y seguidamente hemos de examinar las diversas disposiciones de las cabezas porta-cuchillas, y por último la construcción de copiadores.

Máquina de rayar, con copiador horizontal.— Esta máquina (fig. 58, lám. 12) se compone de un banco de fundición X, sobre el que se pueden mover dos lunetas L y L′ destinadas á sostener el cañón, engranando unas ruedas dentadas, que tienen montadas en los ejes *a* y *a′*, con la cremallera C adosada al banco en toda su longitud; fijándose su posición, con los tornillos que cada una posee; y de otro

banco Y que soporta otro Z, que en su extremo izquierdo lleva atornillado el soporte S, con sus correspondientes coginetes, pasando el vástago V de la cabeza por él y por el S' que se une á la albarda M, la que puede correr á lo largo de este banco porque en su parte inferior está atornillada una tuerca de bronce, que lo es del husillo H, que recibe movimiento de rotación de la rueda N á él fija, la que engrana con el piñón N' montado en el mismo eje de las poleas K y K'.

Las dos poleas dichas son huecas interiormente y troncocónicas, pudiendo en ellas entrar los troncos de cono O y O' respectivamente, de modo que según sea éste ó aquél el que esté ajustado en su correspondiente polea K' ó K, el eje gira, obligado por el movimiento de rotación del uno ó del otro, ó permanece quieto de no estar ninguno de los dos alojado en alguna de las poleas; así es, que si por una de ellas pasa una correa con sus ramales paralelos y por la otra otra con éstos cruzados, se cambiará el sentido del movimiento cada vez que se haga entrar uno ú otro cono en su alojamiento de las poleas; y por intermedio de las ruedas N y N' el husillo girará á uno ú otro lado. Este cambio de movimiento se hace automático, colocando en la barra *l* dos topes que limiten el curso de la albarda ó mesilla M, según la longitud del cañón; pues entonces, cuando el apéndice *n*, fijo á aquélla, tropiece en uno ó en otro, la barra *l* se moverá de derecha á izquierda ó vice-versa, según al que empuje, originando el giro de la palanca *l'* en una ó en otra dirección; y como á ella se articulan los conos, hará entrar á uno y salir al otro de sus alojamientos de las poleas, y el sentido de la rotación del eje se habrá cambiado, puesto que una de las correas tiene sus ramales paralelos y la otra cruzados.

A la albarda ó mesilla M va atornillada una pieza rectangular F en que entra á cola otra I que tiene la cremallera D', que engrana con el piñón D puesto en la extremidad del vástago V, la que mediante un tornillo sinfin colocado en su parte inferior, es susceptible de corrección longitudinal que limita la canal elíptica *s*; estando taladrada la pieza I en *g*,

para que pase un bolón que entra en la abrazadera *m n* que se ajusta á los flancos y cara del copiador P'.

A éste lo sostiene la mesa P, á que se fija con tornillos, la cual apoya en varios soportes A A' A'' A''' A^{IV} atornillados al banco Z, estando el A taladrado así como la regla P en el extremo correspondiente, para dar paso á un bolón que la fija en dicho punto, permitiéndola, sin embargo, girar alrededor de él, para que separándola más ó menos del centro de la máquina, el copiador pueda colocarse en la debida posición; y el A^{IV} está atravesado por un husillo T que entra en una tuerca que lleva el otro extremo de la regla P, con lo que se facilita el movimiento de la misma, para situar el copiador á la distancia debida, del eje del banco.

El soporte S por que pasa el vástago V, contiene en su interior, un cilindro ó manguito, que hace de coginete, que á su extremo tiene la rueda dentada *h* y collar B; aquélla engrana con un sinfin que se puede hacer girar con una llave puesta en el cuadrado de su cabeza *h'*, indicando el ángulo girado la coincidencia de un trazo marcado en dicha cabeza con una de las divisiones de un disco graduado fijo; cuatro tornillos dispuestos, en los extremos de dos diámetros perpendiculares, en la superficie externa del collar B que está unido á la rueda *h*, permiten el giro del vástago independientemente de él y la rueda dentada, según se aflojen ó no los citados tornillos. La rueda D, puesta al extremo del vástago, lo está de modo que sin desengranar la cremallera pueda girar aquél sin hacerlo ella, y sin moverse, por tanto, ésta; para lo que termina el vástago en una parte tronco-cónica seguida de una cilíndrica roscada, encajando la rueda, que interiormente es también tronco-cónica, en él, y atornillándose á la parte roscada una tuerca cilíndrica, por cuyo medio se consigue, cuando ésta se aprieta todo lo que se puede, el contacto íntimo de ambos, y cuando se destornilla queda independiente el vástago, pudiendo girar sin hacerlo la rueda. Esta disposición es necesaria para pasar, acabada una raya, á hacer la siguiente, puesto que no girando el cañón

es la cabeza la que hay que presentar nuevamente con la cuchilla frente á cada punto correspondiente á las diversas rayas, haciéndola girar con el vástago, mediante el mecanismo antes descrito, constituído por el sinfin que engrana con la rueda *h* y el collar B y los tornillos, que comprimen ó no el vástago contra él.

La cabeza de rayar está representada en R, obteniéndose la salida de la cuchilla con el volante G, que al girar introduce más ó menos una barra que, atravesando el vástago, penetra en la cabeza, uniéndose á un plano inclinado sobre el que asienta el porta-cuchillas, que se eleva ó desciende al correr dicho plano á uno ú otro lado, mediante un mecanismo sencillo; acusando una aguja, fija en el eje de una pequeña rueda dentada que engrana con el extremo roscado de dicha barra, el avance de ésta, en un arco dividido; y como se conoce la inclinación de aquel plano, se sabe lo que la cuchilla sale por cada división.

En previsión de que el cañón fuese arrastrado por las cuchillas al comenzar éstas á rayar, en el soporte S se coloca la pieza *c c' d d' b b'*, compuesta de un disco *d d'* con dos orejetas *c c'* que se apoyan contra el plano de la boca del cañón, impidiendo el movimiento de éste, los pernos *b b* que atraviesan por unos taladros, lateralmente, al soporte S, y que unas tuercas que se atornillan á los mismos, por delante del soporte, obligan á estar en contacto constantemente el disco y plano de la boca, sin que ésta pueda moverse. En cañones de algún peso, y torneados los asientos para las lunetas justos al ancho de ellas, no se necesita tal aparato, permaneciendo inmóvil el cañón.

Para rayar un cañón en esta máquina, se le coloca, con el eje de muñones horizontal, por sus asientos sobre las lunetas, con lo que queda ya centrado; se atornilla el copiador á la regla ó mesa P, examinando si su posición es la debida y confrontando si en la longitud de parte rayada gira el vástago el ángulo correspondiente; y si así es, se pone en marcha la máquina.

Los copiadores tienen un exceso de longitud con objeto de que la cabeza tenga más curso, pues conviene se la vea salir de la culata, y asímismo que, antes de entrar en la boca, haya sitio suficiente para con ella fuera reconocer con plantilla la profundidad de las rayas, á medida que se hacen; calibrándolas también, por la culata; dos trazos marcan en el copiador la posición inicial y final de la cremallera, entre que está comprendida la longitud de parte rayada.

Empujando el operario la palanca J, hace mover la barra *l* y palanca *l'*, que girará, introduciendo el cono O' en la polea K', en cuyo momento, el movimiento del arbol general del taller se transmite por dicha polea á su eje, haciendo rodar el piñón N', rueda N y husillo H, con lo que la albarda M corre á lo largo del banco Z de derecha á izquierda, penetrando la cabeza y seguidamente el vástago, en la boca del cañón. A la vez que esto tiene lugar, como la pieza *m*, que está unida á la I que contiene la cremallera, se ajusta al copiador, irá variando de posición, haciendo girar al vástago V por intermedio de la rueda D, á él fija. Cuando el apéndice *n*, puesto en el canto de la albarda, toque en el tope de la izquierda, supuestos los dos en la barra á la debida distancia, habrá salido ya la cabeza del cañón, por la culata, y cambiará el sentido del movimiento de la máquina, del modo ya dicho; pero es de necesidad pararla, para levantar la cuchilla ó cuchillas poniéndolas en disposición de cortar, pues al entrar la cabeza por la boca las llevará escondidas, poniéndose de nuevo en marcha después de esto, lubrificando con aceite, inyectado con una jeringa. Al final de este curso, el apéndice *n* toca en el otro tope, marchando la máquina en opuesto sentido, y siendo mayor la velocidad con que la cabeza recorre el ánima, ya que no corta en este curso, para lo que se baja la cuchilla después de salir de la boca aquélla, con cuyo objeto antes de hacer el cambio de movimiento se debe parar la máquina, que se aprovecha para limpiar de viruta la cabeza. Las primeras

pasadas son finas así como las últimas, siendo mayores las intermedias, para que no se formen rebabas y queden el fondo y flancos muy lisos. Una plantilla introducida en boca y culata indica si la profundidad de la raya es la debida, para en tal caso, pasar á hacer la siguiente.

Préviamente, se habrá determinado qué vueltas tendrá que dar el sinfin para que la rueda *h* gire el ángulo preciso á fin de que la cuchilla se presente frente á la raya siguiente, el que es conocido, por serlo el calibre de la pieza, el ancho del campo y raya, y el número de éstas; y sabido esto, se gira el vástago, apretando los cuatro tornillos del collar B, á la vez que se afloja la tuerca que sujeta la rueda D, dando vueltas al sinfin con una llave puesta en su cabeza *h'* hasta que el trazo que tiene coincida con la división correspondiente; después, se aflojan los dichos tornillos, se aprieta la tuerca de la rueda D, y se continúa con la nueva raya como con la primera, prosiguiendo así hasta hacer todas.

Máquinas de rayar, con copiador vertical.—Las máquinas de rayar con copiador horizontal lateral, tienen el inconveniente de ocupar mucho sitio, sobre todo, las de cañones grandes, en que es muy extenso el desarrollo de la raya, y consiguientemente el copiador queda muy separado del banco; empleándose para obviar esto, las que lo tienen vertical, que no toman más emplazamiento que el del banco, si bien resultan muy altas.

La figura 59, lámina 13, representa una máquina de este tipo. Consta de un banco X, de fundición, por que se mueve la albarda M, obligada á ello por la rotación de un husillo H, que se extiende á lo largo del banco, pasando por una tuerca sujeta con tornillos á aquélla. Un soporte S con su coginete y tapa correspondientes, y otro S', de la pieza F atornillada á la albarda, sostienen horizontal el vástago V de la cabeza, permitiéndole girar.

Otro banco Y, del que no se representa más que una pequeña parte en la figura, sostiene el cañón por dos lunetas, que son análogas á las descritas en la máquina anterior.

El copiador se fija con tornillos á los planos z de la placa ó regla B que se une á los soportes A y A′ por las piezas δ que están taladradas y roscadas, dando paso á los husillos δ' y δ'', que atraviesan los soportes en toda su longitud, terminando en su parte superior por una cabeza cuadrada para poderlos hacer girar con una llave. Las piezas δ llevan una espiga β, roscada en su extremidad, que entra en los ojales α de la placa ó regla B, que, con su correspondiente tuerca, la une con las δ, tuercas de los husillos δ' y δ''. Los soportes A y A′ están fijos al banco X.

Sobre la mesa ó albarda M se levanta otro soporte F en cuyo fondo, plano, se abre una caja por que resbala á corredera, pues entra en ella á cola, la cremallera C, que se une á la pieza *a b c d e* con sus correspondientes tornillos, á fin de permitir corrección en su curso, pasando por dicha pieza un husillo E que entra en una tuerca á que va unida la pieza E′ soporte del rodillo *h* que apoya sobre el canto del copiador.

La cremallera C engrana con la rueda C′ fija en un manguito que rodea al vástago V, al que se une, obligándole á girar, porque al manguito está fijo un collar C″ con una canal circular en que se alojan las cabezas de cuatro tornillos cuyas espigas pasan por cuatro taladros hechos en la rueda de dientes helicoidales D y platillo D′, ambos unidos, por medio de una llave y su caja correspondiente, al vástago V, terminando las espigas por una parte roscada que sale al exterior del platillo D′, á que se atornillan cuatro tuercas, que al ser apretadas unen el collar C″, al que está fija la rueda C′, por formar ambas parte del manguito, á la rueda D y platillo D′, y por tanto se mueve con ella el vástago. Así es, que cuando el rodillo *h* asciende ó desciende por el canto del copiador, la cremallera, á que se une su soporte, le seguirá en su movimiento, haciendo girar á la rueda C′ con que engrana, si los tornillos de que acabamos de hablar tienen sus tuercas apretadas, originando el giro del vástago V. Por el contrario, cuando convenga que éste tenga movimiento de rotación sin que la rueda C′ se mueva, se aflojan

las referidas tuercas, y se hace girar el doble sinfin I con una llave, y como engrana con la rueda D fija al vástago, éste participa de igual movimiento, y la rueda C' no.

El movimiento de traslación del vástago, se obtiene por el de rotación de la rueda montada en el husillo H, la que tiene dos coronas dentadas cónicas R y Q, con cada una de las que engranan respectivamente los piñones R' y Q' fijos á dos ejes distintos, el Q' en el Q'' sobre el que va la polea P'', y el R' en otro hueco, que envuelve á éste, sobre el que está la polea P, siendo la P' loca. La correa está cogida por la orquilla N del pasa-correas N', que por la acción combinada de la palanca H', barra B', á que va articulada, varillas B'' y B''', y piñón N''' que engrana con el N'', origina al girar éste, el movimiento del eje en que va montado, haciendo pasar la correa de una á otra polea.

Con objeto de hacer automática la salida de la cuchilla, la máquina que nos ocupa presenta la siguiente disposición especial: Varios soportes K adosados al banco X sostienen la regla rectangular K' sobre la que se sujeta con tornillos la pieza K'' destinada á recibir la K''', que es una regla de fundición de forma de ⊏ cuyo canto superior se halla cortado, en *m n* por un lado, y en el otro en *m'* donde lleva una plaquita *m''* obligada por un muelle á descansar sobre *p'*, cubriendo dicha cortadura; el canto inferior *t* es paralelo al superior hasta *t'*, que sube en plano inclinado á terminar en *p'*. El vástago de la cabeza de rayar es hueco, y está atravesado en toda su longitud por una varilla, que un fuerte muelle en espiral y los respectivos topes obligan á que su extremo libre esté siempre fuera del vástago, uniéndose por la otra extremidad á un plano inclinado, contenido en la cabeza, por que resbala el porta-cuchilla. La extremidad libre de la varilla se une á un mango atornillado cuyo plano posterior está en *l'*. Un eje G, sujeto por dos soportes fijos á la albarda M, lleva la pieza J á la que se articula el pitón *l*, y en su extremo libre otra T dentada en su periferia por la parte superior, que es circular, con que engrana el sinfin T',

que se puede hacer girar con una llave metida en su cabeza, soportado por la pieza J' de que sale el brazo J'' que sostiene un rodillo L; señalando, la coincidencia de un índice que tiene la pieza J' con una de las divisiones de una graduación que posee la T, el giro del citado eje.

El rodillo L, cuando la albarda comienza su curso de derecha á izquierda, que es el en que debe cortar la cuchilla, sigue el canto superior de la regla K''' y entonces el pitón *l* oprime al mango *l'* fuertemente; y la varilla, venciendo la fuerza del muelle, hace entrar el plano inclinado en la cabeza, elevándose el porta-cuchillas y saliendo en su consecuencia la cuchilla una cierta cantidad dependiente de la inclinación de dicho plano, y del giro de la pieza J''; y cuando termina su curso, el rodillo L habrá llegado al corte *m n*, por donde cae al borde inferior *t* de la regla; y al descender, giran el eje G y la pieza J de derecha á izquierda por arriba, dejando libre el pitón al mango *l'* de la varilla, que, merced al muelle de que está dotada, es echada para atrás, tirando del plano inclinado, por lo que desciende el porta-cuchilla, y se oculta la cuchilla, que, por tanto, no cortará en el movimiento de la cabeza dentro del ánima de boca á culata; el rodillo L sigue recorriendo el canto inferior, subiendo, al ir á finalizar su curso, por el plano inclinado, levantando la planchuela *m''*, que le deja paso; y al llegar á *p'*, que habrá girado por completo el ángulo necesario el eje G, de izquierda á derecha por arriba, el pitón *l* ocupará la primitiva posición, y oprimiendo el mango de la varilla hará entrar el plano inclinado de la cabeza, saliendo la cuchilla, para volver á cortar en su curso de culata á boca. La salida de la cuchilla se gradúa haciendo girar al sinfin T', que participará movimiento de rotación al arco dentado de la pieza T, con que engrana; y como forma parte del eje G, éste también girará, así como la pieza J, haciendo avanzar más ó menos al pitón *l*, según el sentido de la rotación del sinfin.

Por tal mecanismo pues, se consigue que cuando acabe de cortar la cuchilla, se oculte, y que después se la dé la salida

necesaria para hacer las rayas del número de pasadas que se juzgue más conveniente para la mayor perfección del rayado.

Es también en esta máquina automático el refresco de la herramienta cuando corta, necesario para que no se destemple. Se consigue haciendo pasar una corriente de agua de jabón ó clara, que se tiene en un depósito, por el tubo acodado Ñ, que se une á otro que lleva el vástago alojado en una canal que á lo largo de él existe, para que no sobresalga de su superficie exterior, y que desemboca encima de la cuchilla; un tubo de goma que se adapta al extremo U del Ñ lo enlaza con la espita del depósito. La llave U′ intercepta ó no el paso del agua por Ñ, para lo que está unida á una palanca articulada que termina en un apéndice g' que según tropiece en g ó en g'', en el curso de la albarda sobre el banco, sube ó baja, y como el eje de giro de dicha palanca está en o, hace mover á ésta en uno ó en otro sentido, abriéndola ó cerrándola.

Las disposiciones que acabamos de describir, así para hacer automática la salida de la cuchilla, como el refresco de la misma, son igualmente aplicables á las máquinas con copiador lateral horizontal.

El funcionamiento de la máquina es del modo siguiente: El cañón que se haya de rayar, se coloca, sobre las lunetas de que está provisto el banco Y, con la boca próxima á la cabeza de rayar y el eje de muñones horizontal, girando el vástago lo necesario para que la cuchilla se presente frente al lugar en que se ha de hacer la primera raya. El copiador se habrá puesto con anterioridad en la placa B, de modo que para cada recorrido del vástago gire éste el ángulo deducido de la ecuación de la parábola desarrollo de la raya; para lo cual, con auxilio de los husillos δ' y δ'' se varía la inclinación de la placa hasta rectificar la posición de aquél. Se pone entonces en marcha la máquina, que supondremos tenga la albarda en el extremo izquierdo del banco, y por tanto la cabeza fuera del cañón.

La correa motora estará entonces en la polea P'' á la que

transmitirá el movimiento del arbol general del taller, girando su eje Q″ y el piñón Q′ fijo en él, y como engrana con la corona dentada Q de la rueda montada en el husillo, éste girará, haciendo que la albarda, y con ella el vástago, se mueva á lo largo del banco de izquierda á derecha; el rodillo *h* que apoya en el canto del copiador, se hallará en su punto más alto, y en el curso de la albarda irá descendiendo por aquél, obligando á girar al vástago por el engrane, de la rueda C′ de éste, con la cremallera; á la vez el rodillo L recorrerá el canto inferior de la regla K‴, y el pitón *l* dejará libre el mango *l′* de la varilla, y consiguientemente la cuchilla estará oculta en la cabeza; y asimismo la llave U del tubo Ñ se encontrará cerrada, con lo que el agua del depósito no sale.

En cuanto el rodillo L llegue á *p′*, el eje girará y el pitón *l* comprimirá el mango *l′* de la varilla, saliendo la cuchilla; esto se verifica cuando ya la cabeza está fuera de la culata, y el apéndice atornillado á la albarda haya tocado en el tope de la derecha, moviendo la barra de izquierda á derecha, pasando la correa á la polea P, con lo que el movimiento de la máquina es en sentido contrario, pues es entonces el piñón R′ el que gira, y como engrana con la corona R de la rueda del husillo, éste girará en sentido contrario, recorriendo la albarda el banco de derecha á izquierda. A la vez que esto sucede, cuando el cambio de movimiento tiene lugar, el extremo de la palanca articulada á que se une la llave U del tubo Ñ tropieza con el tope *g′*, haciéndola girar de abajo á arriba, abriendo la llave, con lo que el agua pasa por el tubo Ñ y sale por encima de la cuchilla, refrescándola mientras corta, que en este curso de la cabeza lo hace, porque el rodillo L va sobre el canto superior de la regla K‴. El vástago gira, obligado por la cremallera, trazando, por tanto, la cuchilla un surco en el cañón, que es la raya.

Al pasar el rodillo L por la parte cortada del canto de la regla desciende al inferior, dejando de oprimir el pitón *l* al mango de la varilla, que solicitada por la acción del muelle

se echa atrás, retirando el plano inclinado y bajando el porta-cuchillas, que oculta la cuchilla; y como este momento coincide con el en que el extremo de la palanca que se une á la llave U toca en el tope g'', más alto que ella, haciéndola girar de arriba á abajo, cierra la llave dejando de correr el agua; asimismo, el apéndice puesto en la albarda, hace mover á la barra, por tocar en el tope puesto en ella á la izquierda, y la correa pasará á la polea P″, cambiándose el sentido del movimiento.

De este modo se prosigue, dando sucesivamente más salida á la cuchilla, hasta terminar la raya; limpiando de viruta la cabeza, cada vez que sale de la boca, con una brocha; y confrontando con plantillas la profundidad de las rayas en boca y culata.

Para pasar de una raya á hacer la siguiente, se gira el vástago, moviendo con una llave el sinfin I, después de aflojadas las tuercas de los tornillos que unen el disco C″, cabeza del manguito, sobre que vá la rueda C′, con la D′ fija al vástago, con lo que quedará loco el citado manguito y la rueda C′. Para apreciar el ángulo girado, el disco C‴ está dividido en grados y medios grados, y el engrane C' tiene una incisión; de modo, que la coincidencia de ésta con una de aquéllas, lo marca.

Máquina de rayar con copiador lateral inclinado.—Para evitar, de un lado el inconveniente de las máquinas de rayar con copiador lateral horizontal, de ocupar una gran extensión superficial, lo que imposibilita de colocar á su lado otras máquinas, y de otro el no menos importante de las de copiador vertical, ocasionado por la gran altura de sus soportes y la facilidad de vibraciones que pudieran causar faltas en el rayado, se han construído otras máquinas con copiador lateral, pero inclinado, es decir, puesto sobre una mesa inclinada de 45 á 60 grados por debajo del plano superior del banco de la máquina, con lo que disminuye mucho la superficie que para su emplazamiento necesita, y se evitan también los inconvenientes del copiador vertical.

La fábrica de cañones de Waterwitch de Washington, las posee de este tipo, para el rayado de los cañones de grueso calibre; y están compuestas de un banco de fundición sobre el que se mueve una albarda ó carrillo, que soporta, por un extremo el vástago de rayar, que es también sustentado por otro soporte con sus almohadillas, fijo con tornillos á la extremidad opuesta del banco. El cañón vá sobre dos lunetas, cogiéndole otra tercera por los muñones, estando todas dispuestas sobre un banco más bajo que el primero, del que es prolongación. Dá movimiento de rotación al vástago, para que éste á la vez que avanza, gire el ángulo de hélice correspondiente, un piñón montado en él que engrana con una cremallera sujeta á recorrer el copiador, que se fija con tornillos á una gran regla ó mesa, que sostienen unos soportes atornillados al banco, y cuyo plano está inclinado de 45 á 60 grados por debajo del superior del banco. El movimiento de traslación de la albarda, se obtiene mediante un husillo que está sostenido por su extremidad izquierda por un soporte fijo al extremo de dicho lado del banco, y que penetrando por el interior del vástago es guiado por éste; teniendo el soporte á que se fija éste, que vá unido á la albarda, en su parte anterior, una tuerca de bronce por donde pasa el citado husillo, que al girar hace se traslade á lo largo del banco la albarda. El giro del husillo se consigue, porque termina por una rueda dentada que engrana con un piñón fijo en un eje en que van las poleas de que la máquina recibe el movimiento.

Para pasar de una raya á otra, gira el vástago independientemente del piñón que engrana con la cremallera, del modo ya esplicado en la máquina de copiador vertical, por lo que no lo repetimos aquí.

La cabeza para rayar con esta máquina, es de las que la salida de la cuchilla se dá á mano y no automáticamente.

Las máquinas todas de copiador lateral y especialmente las en que éste es horizontal, son de un uso muy frecuente; pues trazado bien el copiador, que es sencillo de construir,

no habiendo más engranes que el de la cremallera con el del vástago, para hacerle girar, éste se pone enseguida en tensión, y no hay sensibles causas de error, trazando una raya muy perfecta.

Máquina de rayar, con hélice en el vástago.— La primera idea que se puso en práctica cuando trataron de rayarse los cañones, fué la de que si en el vástago de la cabeza porta-cuchillas se hacía una ranura exactamente igual en inclinación y desarrollo que la raya que se deseara construir, y en ella se ajustaba, un pitón fijo al soporte por que pasara el vástago durante su curso, en el banco de rayar, cuando él avanzara se vería forzado á girar siguiendo la ranura, y la cuchilla puesta en la cabeza copiaría en el ánima, la raya trazada en él. Bajo tal base nació la máquina que nos ocupa, que se compone de un banco con dos lunetas en que se pone el cañón, y de otro más alto por que corre la albarda, que sostiene, en un soporte á ella fijo, el vástago, por uno de sus extremos, pasando el otro por un soporte atornillado al banco en la parte opuesta, en que vá sujeta con tornillos la llave ó pitón, que se ajusta á la ranura ó hélice hecha en aquél. El movimiento de la albarda se obtiene de igual modo que en la máquina descrita de copiador horizontal; y conviene que sea el cañón, al que se dé movimiento de rotación, para hacer las rayas sucesivas.

La hélice del vástago se hacía á mano, al principio; para lo que primero se trazaba, llevando sobre el vástago la longitud de parte rayada, dejando además un sobrante por cada lado correspondiente á la recámara y exceso de caña que siempre se deja á los cañones hasta después de torneados, marcando en él el nacimiento y final del rayado; dicha longitud se dividía en varias partes iguales, próximas, y á torno se trazaban circunferencias por dichos puntos, tomando sobre cada una de ellas un arco medida del ángulo de giro correspondiente á cada distancia, á partir del origen; siendo los puntos así determinados, de la hélice, los que se unen con un trazado contínuo. Seguidamente, en una máquina de

taladrar se hacían varios agujeros tangentes, de igual diámetro que la anchura que se quisiera dejar á la ranura, y poco profundos, cortándose luego á cincel el metal sobrante, y se ajustaba, por último, la canal así formada.

Pero por muy esmerada que fuese su construcción, había gran dificultad para que la curva saliese perfecta, recurriéndose á hacer dicha ranura en una garlopa; siendo menester entonces, construir una plantilla para cada hélice, y preparar convenientemente la máquina, adosando lateralmente en su banco una cremallera en toda su longitud, y fijando en la mesa dos soportes, para sustentar el vástago torneado, de los que uno tiene, además, por misión principal, hacerle girar, que se consigue por medio de engranes, que uno de ellos recorre la cremallera, transmitiendo el movimiento, por la combinación de otros, á un sinfin que hace girar una rueda en que se fija la plantilla, y ésta á un brazo que apoya constantemente en ella, montado en el eje de una rueda dentada que engrana con otra que se pone en el vástago; trazando el buril de la garlopa, en el vástago, la hélice que engendra la rotación del mismo combinada con la traslación de la mesa. Sin embargo, la excesiva longitud de los cañones modernos, de grueso calibre, exigiría garlopas de dimensiones exageradas, de no hacerse de dos ó más trozos el vástago, que daría lugar á errores y á un trazado difícil y defectuoso de la hélice; siendo esto motivo para haberse proyectado la máquina de rayar, que vamos á describir seguidamente, construída en Trubia y denominada máquina de rayar universal.

Máquina de rayar, llamada universal.—Esta máquina (fig. 60, lám. 14), se compone de un largo banco de fundición X en que asientan dos lunetas L y L', susceptibles de moverse en él por el sistema ya descrito en otras muchas máquinas, las que sostienen horizontal el cañón, permitiéndole girar. La L' lleva en su interior un collar, dentado en su extremidad A, con dientes helicoidales, que engrana con un sinfin A', que se mueve directamente ó se

hace girar por el intermedio de varios engranes; en cuyo caso en el extremo de su eje se fija una rueda que engrana con otras puestas en una guitarra atornillada al pié de la luneta, de las que recibe movimiento de rotación, que se dá con una llave; de uno ú otro modo, un índice en el eje del sinfin y una división en su coginete, señalan el giro de él. En dicho collar se centra el cañón por la caña, con cuatro tornillos que la sujetan fuertemente, girando por tanto ésta al hacerlo aquél.

Otro banco Y', atornillado á uno inferior Y, guía en su movimiento de traslación á la albarda ó mesa M, que lo recibe del husillo H, que atraviesa todo el banco, pasando por su tuerca atornillada á ella, y en el que vá la rueda dentada R que engrana con el piñón R' montado en el eje de las poleas P y P', tronco-cónicas interiormente.

La citada mesa ó albarda, sirve de apoyo á un cabezal ó soporte S' que sostiene dos ejes; en el uno vá fija la rueda B que engrana con el sinfin B' y á la que se sujeta con tornillos el copiador T, y en el otro el engrane doble D que hace mover la rueda, también doble, D', unida á un tercer eje al que se fija el vástago V de la cabeza de rayar; esta rueda guarda con la D la relación de $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{2}$, siendo más conveniente la primera; y en su eje entra con llave un brazo J terminado en un pitón *a* sujeto á recorrer la canal del copiador. También está unida á la albarda una guitarra G destinada á recibir los engranes necesarios para conseguir el desarrollo de la raya en la longitud de parte rayada, de modo que los ángulos de hélice en cada punto sean los deducidos de la ecuación de la parábola desarrollo de la raya.

En el extremo del banco Y' se atornilla un soporte S por que pasa el vástago V; que además está provisto de tensores para evitar la flexión, los cuales le acompañan dentro del ánima; habiendo otros exteriores con igual objeto.

Varios soportes K atornillados al citado banco, sostienen una cremallera C que se extiende á todo lo largo de él, con la que engrana la rueda C', que por mediación de otras

E, E', F, F', dá movimiento de rotación al sinfin, y éste á la rueda B y, por tanto, al copiador T, que obliga al brazo J á moverse, produciendo el giro de su eje y rueda D, como del vástago, por medio de la D' con que engrana.

El cambio de marcha en esta máquina es en un todo idéntico al de la representada en la fig. 58, lám. 12.

Para rayar en esta máquina, se coloca el cañón en las lunetas, centrándole bien y fijándole por la caña al collar de la L' con los tornillos que á ese fin tiene; asimismo se atornilla el copiador á la rueda B, introduciendo después el pitón del brazo J en su ranura, y se colocan los engranes calculados en el eje del sinfin y en la guitarra y se pone en marcha la máquina para ver si la cabeza entra bien centrada en el ánima, y confrontar si el ángulo que gira el vástago en su recorrido de boca á el nacimiento de la raya en la recámara es el debido, para lo que se atornilla al vástago un disco graduado y se fija una aguja ó un índice en la mesa ó albarda, que señalará, si al comenzar el movimiento se puso en cero, cuando se haya recorrido la longitud de parte rayada, el ángulo girado. Un trazo en la canal del copiador, indica la posición que debe tener el pitón del brazo J cuando principia la raya, y otro el punto en que termina.

La máquina se pone en movimiento por medio de la palanca *b* que se lo comunica á la barra *d* haciendo entrar el cono Q' en el hueco interior de la polea P' la que, al girar, imprime movimiento de rotación á las ruedas R' y R y husillo H, recorriendo la albarda el banco Y', entrando el vástago en el ánima, girando al mismo tiempo, describiendo en fin, la hélice.

Hecha una raya, para pasar á la otra, se da movimiento de rotación al collar de la luneta L', que obligará á girar al cañón, hasta que la coincidencia del índice y la división correspondiente tenga lugar, que la cuchilla estará frente al lugar donde se ha de hacer la nueva raya.

Cabezas de rayar.—Varias son las disposiciones que se dán á las cabezas de rayar, destinadas á contener la herra-

mienta y parte ó todo el mecanismo por que se da á la cuchilla la salida gradual para hacer las rayas. Aunque algunas pueden llevar más de una cuchilla, con lo que se hacen varias rayas á la vez, no hay gran economía de tiempo, porque generalmente no salen bien, y es preciso repasarlas después, una á una; por esta causa no han tenido gran aceptación tales cabezas, con que se creyó adelantar mucho el trabajo, usándose las de una sola cuchilla, con las que queda el rayado más perfecto. No obstante, la vamos á describir, pues es susceptible de emplearse con una sola cuchilla.

Dicha cabeza de rayar (fig. 61, lám. 15) está constituída por una pieza cilíndrica A J en la que hay hechas tantas canales T como cuchillas se coloquen, hallándose taladrada en dirección del eje, para dejar paso á una pieza E, fija al fondo de dicho taladro por un tornillo F, la cual es de sección poligonal (en la figura es octogonal) y prismática de poca altura, sobre cada una de cuyas caras se sujeta, con un tornillo *a*, un muelle *d*, que actuando sobre el extremo de la cuchilla K, la obliga á que esté en contacto con la cara correspondiente de la parte tronco-piramidal de la pieza G, en que se introduce, á rosca, el tornillo H, que se puede hacer girar dentro de su alojamiento. La pieza A está roscada en sus extremidades, y en ellas se pueden atornillar unos manguitos B y B′ tronco-cónicos, á que á su vez se atornillan las tuercas circulares D y D′; unos casquillos expansivos serrados longitudinalmente, cuyo interior es tronco-cónico también, envuelven á la parte cónica de los manguitos B y B′; siendo el objeto de esta disposición, que la cabeza vaya perfectamente centrada en el ánima por ambos casquillos que se expansionan hasta ponerlos al calibre. Tal expansión se verifica, aflojando primeramente las tuercas D y D′, que sirven para fijar la posición de los citados casquillos, é introduciendo después una llave en los taladros R y R′ de los manguitos B y B′, avanzarán éstos y abrirán los casquillos; y una vez al calibre, se atornillan las tuercas D y D′, para impedir todo movimiento de los mismos.

La pieza G es cilíndrica y termina, como hemos dicho, en una punta tronco-piramidal, de tantas caras como cuchillas lleve, en que apoyan éstas; de modo que si al tornillo H se le hace girar introduciendo una llave en su cabeza, se harán subir las cuchillas por sus planos inclinados, que constituyen las caras, ó descender, según el sentido de la rotación; saliendo, en el primer caso, las cuchillas de la parte exterior de la cabeza, ó entrando en el segundo. Una graduación en el plano de la pieza P y un índice en la cabeza del tornillo, acusan cuál es la salida de las cuchillas.

La cabeza citada se une por su extremo, al vástago, al que se sujeta con dos chavetas.

La superficie exterior de la cabeza, comprendida entre los casquillos, se recubre de una chapa de cobre, atornillada á ella, ó de un cuero.

La salida de la cuchilla se verifica á mano, graduándola para que en cada pasada quite el metal necesario para terminar cada raya en pocas, de las que tanto las primeras como las últimas han de ser finas. Cuando no haya de cortar la cuchilla, hay que ocultarla, haciendo girar el tornillo en sentido contrario.

Si se quisiera que tanto la salida de la cuchilla como la ocultación de ella, se hiciera empleando la disposición de la figura 58, lám. 12, en vez de ser movida la pieza G con el tornillo H, lo es desde el extremo opuesto del vástago, por un volante roscado interiormente, que al hacerlo girar obliga á entrar ó salir á la varilla, que atraviesa entonces todo el vástago y la cabeza y que se uniría á S por su base menor, pues está aquélla roscada por su extremo, siendo su tuerca el volante. En este caso, la pieza E no está sujeta á la A por el tornillo F, sinó que sería taladrada en su centro, como la cabeza, para permitir el paso de la varilla y la sujeción se haría por varios tornillos más pequeños, puestos entre los muelles.

Otra cabeza de rayar es la representada en la fig. 62, lámina 15; que se compone de una pieza cilíndrica A á cuyas

extremidades se atornillan los manguitos B y B′ que pueden dilatar, para ponerlos al calibre, los casquillos expansivos C y C′, cuya posición se fija por las tuercas D y D′. Una caja, de sección próximamente cuadrada, *a b c d*, sirve de alojamiento al porta-cuchillas E al que se fija la cuchilla K por medio de un pasador O que atraviesa ésta y dicha pieza, permitiendo por tanto su giro alrededor de él. El citado porta-cuchillas, está taladrado y roscado en su interior, y en él entra un tornillo H, sujeto á girar dentro de una canal abierta en la cabeza, y cuya posición se fija con la tuerca J. Otro taladro corto y de más diámetro consiente que en su fondo asiente un disco P, que se une á la cabeza con un tornillo, y cuya cara superior está dividida, llevando el tornillo en su cabeza una aguja *a*, que indica en aquélla, el giro de él; siendo de sección cuadrada dicha cabeza, para poder meter en ella una llave con que darle vuelta.

La cabeza se une al vástago, que penetra en ella, fijándola con una chaveta.

Una parte hueca F permite que á ella concurran las virutas que saca la cuchilla, impidiendo que se interpongan entre la cabeza y el ánima.

Cuando la cuchilla no haya de cortar, se la hace girar alrededor de O de izquierda á derecha, hasta que apoye en el plano *m n;* y cuando haya de trabajar, se deshace dicho giro, apoyando en *b c′*. La salida mayor ó menor de la misma, se obtiene girando el tornillo H con una llave metida en su cabeza, que obligará á subir al porta-cuchillas E, que es su tuerca, y con él á la cuchilla; conociéndose cuánto sale, por la graduación del disco P; y como para que no corte basta solo rebatir la cuchilla hasta el plano *m n*, no hay necesidad, como en la anteriormente explicada, de volver á cero el tornillo.

Cuando el cañón que se haya de rayar, deba sufrir tal operación en máquinas del tipo de la de la fig. 59, lám. 13, en que es automática la entrada y salida de la cuchilla, es menester hacer uso de cabezas adecuadas á ese fin, tal como

la de la fig. 63, lám. 15, que se compone de un cilindro de fundición A, formado de dos cuerpos de distinto diámetro, sobre que se coloca en la parte más gruesa y en caliente otro B de bronce que tiene el diámetro aproximado del ánima. Una caja *m n p q*, cerrada en su parte inferior por la pieza E, que se asegura con un tornillo H, da paso al porta-cuchillas A′, que tiene dos colas que se ajustan á los salientes *d* que en toda su longitud presenta la pieza C cuya cara superior *a b* es plana é inclinada, y la inferior semi-cilíndrica, puesto que ha de moverse dentro del hueco cilíndrico P S R P′ S′ R′. Un tornillo D fija la posición de la cuchilla en el porta-cuchillas.

Esta cabeza se une al vástago, que es hueco, por medio de rosca; y el plano inclinado C lo hace á su vez á una varilla tubular, en cuyo extremo penetra, asegurándose su unión con dos pasadores que se introducen en los taladros O y O′. El extremo opuesto de la varilla, sale del otro lado del vástago y á él se atornilla un mango en que apoya el pitón *l* de la fig. 59, lám. 13; existiendo un muelle en espiral que la obliga á estar constantemente fuera; pero cuando el pitón le empuja, la varilla hace entrar el plano inclinado, en la cabeza; y el porta-cuchillas asciende por él, saliendo la cuchilla, tanto más cuanto mayor es el avance de aquél.

Copiadores ó plantillas para máquinas de rayar. —*Su construcción.*—Para terminar cuanto al rayado de piezas se contrae, réstanos, solamente, ocuparnos de los copiadores que en las máquinas de rayar se emplean, exponiendo su trazado y construcción. Ya al hablar de las máquinas con hélice en el vástago, digimos cómo se hacía ésta; por tanto, solo estudiaremos el trazado de los copiadores para máquinas que lo llevan lateralmente, y el de la llamada universal.

El copiador para máquinas que lo tienen lateralmente, es igual, sea que esté horizontal, vertical é inclinado; y su trazado se efectúa del modo siguiente: Dada la ecuación de la parábola desarrollo de la raya que se haya de construir, ó

definida que sea por el número de calibres en la boca y en el nacimiento, así como conocida la longitud de parte rayada, no hay más que dar valores á x desde cero, punto inicial de la raya, hasta la boca, que varíen entre sí una cantidad constante, salvo el último, cien milímetros por ejemplo, con lo que se consiguen puntos bastante próximos, y deducir de la ecuación de la parábola que tiene la forma $y=ax^2+bx$ los correspondientes valores de y ó sean las ordenadas de la curva.

Seguidamente se determina qué ángulos de hélice corresponden á las diversas distancias, que se tomaron á partir del origen ó nacimiento de la raya; lo que se ejecuta fácilmente, pues no hay más que establecer la proporción

$$\frac{\pi D}{360^o}=\frac{y}{z} \quad (1)$$

en la que D es el calibre del ánima en milímetros y por tanto π D el desarrollo de la circunferencia de la misma, é y representa el valor de cada ordenada correspondiente á los sucesivos de x; por consiguiente no hay más que deducir para cada valor de y, sustituído en la proporción, el de z, que será el ángulo correspondiente.

Dichos ángulos se determinan, para que después sirvan para comprobar si el copiador está bien hecho; pues una vez terminado se coloca en la máquina, que se pone en marcha, para medir cada cien milímetros que avance el vástago, si esta era la separación de cada ordenada, el ángulo que gira, que ha de ser el calculado.

Como el giro del vástago es debido al engrane del piñón, á él unido, con la cremallera, que se mueve obligada por el copiador, si el diámetro del engrane no es el mismo que el calibre de la pieza que se va á rayar, los ángulos calculados no serán los que gire el vástago si el copiador se hubiera construído con las ordenadas deducidas como hemos dicho; se hace preciso pues, hallar nuevos valores para cada una de

ellas para que el copiador, por mediación de la cremallera, haga girar al vástago los ángulos antes determinados, y por tanto la cuchilla trace la raya pedida. Si suponemos que es d el diámetro del piñón fijo al vástago, su desarrollo será $\pi\, d$; y las ordenadas de la curva del copiador se encontrarán por la proporción

$$\frac{\pi\, D}{\pi\, d} = \frac{y}{y'}\ ,$$

en que sustituyendo por y las diversas ordenadas deducidas antes de la ecuación de la parábola, y por D y d el calibre del ánima y el diámetro del piñón, se obtendrán los valores de las nuevas ordenadas; ó lo que es lo mismo, no habrá más que multiplicar cada ordenada por el coeficiente de corrección $\frac{d}{D}$ para deducir enseguida las del copiador. Se comprende que según sea el desarrollo del engrane mayor ó menor que el del ánima, el coeficiente es mayor ó menor que la unidad, resultando, en un caso, las ordenadas del copiador mayores que las de la parábola desarrollo de la raya, y en el otro menores; y solamente cuando el diámetro del piñón y del ánima sean iguales, el copiador será la misma parábola desarrollo de la raya.

Lo primero que hay que hacer, por tanto, para trazar un copiador de esta clase, es ver si el desarrollo del engrane fijo al vástago es ó no igual al del ánima, hallando, de ser distintos, la relación que entre ambos diámetros existe $\frac{d}{D}$. Enseguida, se deducen de la ecuación de la parábola los valores de las ordenadas para los correspondientes dados á x dentro de la longitud de parte rayada, que se multiplican por dicho coeficiente. Sobre una línea horizontal $a\ b$ (fig. 64, lám. 16,) cuya longitud sea la de la parte rayada, se toman á partir de uno de sus extremos, correspondiente al nacimiento del rayado, puntos distantes una cantidad constante,

cien milímetros por ejemplo; y se levantan en ellos perpendiculares, cuyas longitudes limitan las de las ordenadas últimamente deducidas, correspondientes á tales abcisas, y uniendo por un trazado contínuo esos puntos se habrá trazado el copiador, que para comprobar si está bien, se determinan los ángulos como hemos dicho.

Su construcción material se reduce á fundir una barra, cuyos contornos sean iguales á la curva trazada, dándola un espesor adecuado y altura dependiente de la separación entre el plano inferior de la cremallera y la mesa, y mayor longitud, ésta con un perfil arbitrario, sirviendo este exceso que se deja á uno y otro lado para guiar á la cremallera impidiéndola salirse del copiador en el curso de la cabeza desde el final de la raya al plano anterior del cañón y desde el nacimiento en la recámara hasta el plano posterior de culata; garlopando sus caras superior é inferior, y ajustando á plantilla los flancos.

Cuando el cañón se raye en máquinas como la llamada universal, el copiador no tiene una construcción tan sencilla y espedita, pero es facil también su trazado.

Desde luego, de la ecuación de la parábola desarrollo de la raya se deducen los diversos valores de las ordenadas, correspondientes á los diferentes de x, de la manera misma que para el copiador anterior.

Para construirlo ó trazarlo, veamos primero qué datos nos fija la máquina. En primer lugar, es constante la separación de los ejes del copiador y del brazo, la cual puede medirse en la máquina, y asimismo la longitud del brazo; además, la rueda en que se atornilla el copiador es la misma para todos los casos, y cuyo número de dientes se cuenta; y la relación entre los diámetros de la que lleva el vástago y el eje del brazo, es conocida; siendo, por último la cremallera fija al banco, invariable, pudiéndose determinar su paso. Por otra parte, las posiciones extremas del copiador están limitadas, la final, ó sea la correspondiente al máximo desarrollo, por la condición de que el brazo no ha de llegar á la hori-

zontal, y la inicial, porque á causa del modo de unirse el copiador á la rueda dentada que lo hace girar, el menor ángulo que puede formar el brazo es de unos diez grados.

Con todos estos datos, sea A B (fig. 65, lám. 16,) la separación de los dos ejes, y B C la longitud del brazo del copiador, así como B D la posición inicial, siendo D un punto situado en la circunferencia descrita con un radio igual al brazo del copiador, valiendo el ángulo formado por éste con la horizontal más de diez grados. Para determinar los distintos puntos que marquen las diferentes posiciones del brazo, basta hallar el valor que para cada una toma A D, valores que con gran facilidad se deducen resolviendo los triángulos A D B, A *a* B, A *b* B, A *c* B..... en todos los que son conocidos A B y B D y los ángulos formados por el brazo, con la línea de los centros A B, pues en la posición inicial es prefijado de antemano, y en los demás igual á la suma del primero, más la mitad ó tercera parte de los diversos ángulos de hélice que á cada valor de y y x corresponden, según que la relación entre los diámetros de las ruedas del brazo del copiador y del vástago sea $\frac{1}{2}$ ó $\frac{1}{3}$; pues es claro que si éste debe girar para cada valor de x un cierto ángulo, para que esto se verifique es preciso, que si la rueda que con la fija en él engrana, tiene doble número de dientes que ésta, gire aquélla la mitad del ángulo correspondiente al vástago, ó la tercera parte si es tres veces mayor. Los ángulos diferentes se deducen de la proporción

$$\frac{\pi D}{360^{o}} = \frac{y}{z}^{n}$$

poniendo por y los diversos valores de las ordenadas; y dichos ángulos son los que se dividirán por dos ó por tres, según la relación de los engranes citados. Determinados que sean los distintos valores de A D, A *a*, A *b*, A*c*..... Aα, las intersecciones de dichas líneas con la circunferencia descrita con B C por radio, dan las diversas posiciones que el brazo

del copiador tomará en el giro de éste, para que el vástago describa los diferentes ángulos de hélice relativos á las distancias distintas que de parte rayada va recorriendo.

Logrando pues, que el copiador gire efectivamente los ángulos correspondientes á cada recorrido del vástago para que el brazo tome las diferentes posiciones, deducidas del modo dicho más arriba, la cuchilla trazará indefectiblemente en el cañón la raya cuya ecuación es la que ha servido de base. Basta para conseguirlo, determinar los engranes que se han de poner en la guitarra de la albarda ó mesa de la máquina de rayar y en el eje del sinfin, para obtener un ángulo dado de giro del copiador; ó bien fijar los engranes, y deducir el ángulo que deberá girar aquél. Si suponemos que ese ángulo sea α^0 vamos á deducir los engranes, que es lo más sencillo y factible. Sea L la longitud de parte rayada, y p el paso de la cremallera; $\frac{L}{p}=N$ será el número de dientes N que de la cremallera habrá en aquella longitud; de modo que si se coloca una rueda de n dientes en la guitarra engranando con la cremallera, durante el recorrido de la parte rayada deberá dar $\frac{N}{n}=v$ número de vueltas, y como es fijo el número de dientes n' de la rueda á que se une el copiador, para que éste gire el ángulo α^0 lo que deberá girar dicha rueda se deduce de la proporción

$$\frac{360^0}{\alpha^0}=\frac{n'}{x'}\text{ y }x'=\frac{n'\,\alpha}{360}=K\text{ vueltas}$$

K será, pues, el número de vueltas que deberá dar el sinfin que con ella engrana para que el copiador gire el citado ángulo; luego si en el eje del sinfin y en el de la rueda que engrana con la cremallera se colocan dos ruedas dentadas que engranen entre sí ó por el intermedio de otra, y el número de dientes de ambas está en la relación $\frac{K}{v}$, se habrá

resuelto el problema; y de no haber esos engranes se modificará el ángulo α deduciendo otros nuevos.

Sea pues, en el supuesto de tener dichos engranes, α el ángulo fijado. Con el radio A D se describe un arco de círculo, y trazando la línea A D' que forme aquel ángulo con la A D, la intersección determinará un punto del copiador correspondiente á la posición inicial del mismo; deduciéndose los demás ángulos de la proporción

$$\frac{L}{\alpha} = \frac{x}{Z}$$

en que sustituyendo por L la longitud de parte rayada y dando á x los sucesivos valores de las abcisas de la parábola se obtienen los de los ángulos diferentes; bastando, multiplicar cada valor de x por el coeficiente constante que expresa la relación $\frac{\alpha}{L}$. Pero como hacer el trazado por los ángulos, es dado á errores, es preferible hallar las cuerdas correspondientes, valiéndose de una tabla de ellas, y en ese caso, se describen arcos con los radios A D, A *a*, A *b*, A *c*..... A α, y desde los puntos D, *a*, *b*, *c*, *d*,..... α se tiran las cuerdas D *d'*, *a a'*, *b b'*, *c c'*..... cuyas intersecciones darán los puntos D', *a'*, *b'*, *c'*, *d'*..... α, que, unidos por un trazado contínuo, determinan la curva del copiador.

Para construirle, se traza, del modo indicado, sobre una chapa de acero, cepillada por ambas caras y dulcida la en que se haga el trazado, y en los puntos del copiador determinados de la manera expresada, se describen circunferencias con un diámetro igual á la anchura que ha de tener la canal; la que se marca poniendo una regla flexible de acero de canto sobre la placa, tocando á las diferentes circunferencias, por un lado primero, y luego por el otro, señalando con un trazador dichas líneas; prolongando la canal á derecha é izquierda, como se ve en la figura, señalando con dos trazos la posición inicial y final del copiador. En una máquina de

taladrar se hacen varios taladros, tangentes, por dichas circunferencias; se corta después á cincel el metal sobrante comprendido en la canal, que se ajusta á lima, y se contornea por último la chapa, cortándola en una sierra de cinta, para darla la forma H M P, que es arbitraria.

Ejemplos prácticos de trazado de copiadores.— Aunque á nuestro juicio, queda expuesto con claridad el método que ha de seguirse para el trazado y construcción de los copiadores de rayar, presentamos dos ejemplos de ellos, correspondientes á los dos tipos descritos.

1.er caso.—Va á trazarse un copiador para rayar un obús de 30,5 cm. «Ordoñez» en una máquina con copiador lateral.

La ecuación de la parábola desarrollo de la raya es:

$$y = 0{,}000010097\ x^2 + 0{,}06283\ x \text{ „}$$

El engrane que vá fijo al vástago tiene 280,25 milímetros de diámetro; por consiguiente la relación $\frac{d}{D}$ es igual á $\frac{280{,}25}{305} = 0{,}918$, cantidad por que hay que multiplicar todas las ordenadas, que se deduzcan de la ecuación de la parábola, sustituyendo por x sus sucesivos valores.

Además determinaremos los ángulos, para la confrontación, después, del copiador, valiéndonos de la proporción

$$\frac{958{,}188}{360} = \frac{y}{z} \text{ „}$$

siendo el numerador del primer quebrado el desarrollo de la circunferencia del ánima.

En su virtud se podrá formar la tabla ó cuadro siguiente de valores:

Valores de x.	Valores de y.	ORDENADAS del COPIADOR.	Ángulos.		
			°	'	"
100	6,383	5,86	2	23	52
200	12,969	11,90	4	52	19
300	19,757	18,13	7	25	19
400	26,747	24,55	10	2	52
500	33,939	31,15	12	45	»
600	41,332	37,94	15	31	40
700	48,928	44,91	18	22	55
800	56,726	52,07	21	18	39
900	64,725	59,41	24	19	1
1000	72,927	66,94	27	23	52
1200	89,935	82,56	33	47	16
1400	107,752	98,91	40	28	55
1600	126,376	116,01	47	28	44
1800	145,808	133,85	54	46	4
2000	166,048	152,43	62	23	2
2200	187,095	171,75	70	17	27
2400	208,950	191,81	78	30	7
2600	231,613	212,62	87	1	1
2800	255,084	234,16	95	50	6
3000	279,363	256,45	104	57	21
3111	293,186	269,14	110	8	56

Con dicha tabla á la vista, se construye desde luego el copiador, y se comprueba si está bien trazado.

2.° caso.—Sea un cañón de 25 cm. «Ordoñez» el que se va á rayar en una máquina del tipo de la universal.

Ecuación de la parábola desarrollo de la raya. . . . . $y=0{,}00004384\,x^2 + 0{,}062832\,x$,,
Longitud de la parte rayada. . . . . 7165,4 milímetros
Calibre del ánima. . . . . 254 »
Separación entre los ejes del copiador y su brazo. 504,25 »
Longitud del brazo del copiador. . . . . 498,27 »

Del mismo modo que en el caso anterior, se deducen los valores de y para cada uno de los que se dé á x; y si es $\frac{1}{2}$ la relación de los engranes del vástago y del brazo del copiador, se hallarán los ángulos de hélice para cada distancia, multiplicando por $\frac{1}{2}$ los encontrados del modo dicho en el caso anterior, que se sumarán con el inicial.

Si suponemos además, que la posición inicial del brazo del copiador, sea la que forme con la horizontal un ángulo de 20°, se encontrarán, desde luego, las posiciones distintas del brazo, resolviendo los triángulos diferentes de que se habló al exponer su trazado, que darán los valores de los radios diferentes, formándose, por tanto, la siguiente tabla de valores:

Valores de x.	Valores de y.	ANGULOS.			Angulos del brazo con la horizontal.		Radios.
		°	'	"	°	'	milímetros.
0	0	»	»	»	20	»	174,24
200	12,74	5	45	»	22	52	198,90
400	25,82	11	39	36	25	49	224,13
600	39,28	17	43	48	28	52	250,06
800	53,07	23	57	»	31	58	276,36
1000	67,22	30	20	24	35	10	303,01
1200	81,71	36	52	48	38	26	330,03
1400	96,56	43	34	48	41	47	357,62
1600	111,75	50	26	24	45	13	385,62
1800	127,30	57	27	36	48	43	413,66
2000	143,20	64	38	24	52	19	442,30
2200	159,45	71	58	12	55	59	470,80
2400	176,05	79	27	36	59	43	499,35
2600	193,00	87	6	36	63	33	528,15
2800	210,30	94	55	12	67	27	556,86
3000	227,95	102	53	24	71	26	584,43
3200	245,95	111	»	36	75	30	614,03
3400	264,31	119	18	»	79	39	642,35
3600	283,01	127	44	24	83	52	670,25
3800	302,07	136	21	»	88	10	697,77
4000	321,47	145	6	»	94	33	725,16
4200	341,23	154	1	12	97	»	751,17
4400	361,34	163	11	13	101	38	777,42
4600	381,79	172	19	48	106	10	801,87
4800	402,60	181	43	12	110	51	825,82
5000	423,76	191	16	12	115	28	848,85
5200	445,27	200	58	48	120	29	870,70
5400	467,13	210	51	»	125	29	891,58
5600	489,34	220	52	12	130	26	910,57
5800	511,90	231	3	36	135	33	928,44
6000	534,82	241	24	»	140	42	944,54
6200	558,08	251	54	»	145	57	959,00
6400	581,69	262	33	36	151	16	971,48
6600	605,66	273	14	48	156	41	982,73
6800	629,97	284	21	»	162	10	990,84
7000	654,64	295	24	48	167	42	997,18
7165,4	675,30	304	48	36	172	24	1000,75

Quédanos aún determinar qué ángulo deberá girar el copiador en cada recorrido del vástago, para que el brazo tome las posiciones correspondientes á los valores acabados de encontrar. Para ello, vamos á asignar, al ángulo total que ha de girar, un valor de 108°+14′. Como la longitud de parte rayada es 7165,40 milímetros y el paso de la cremallera 25,29 milímetros, la relación entre ambas cantidades es 283,32; luego si se coloca una rueda de 35 dientes, por ejemplo, en la guitarra, que engrane con la cremallera, mientras por ésta recorra la longitud de parte rayada, deberá dar 8,09 vueltas, que es el cociente de dividir 283,32 por 35. Vamos ahora á averiguar qué engranes se ponen para que el copiador gire los 108°+14′ que es el ángulo que se ha fijado.

De la proporción

$$\frac{360^{\circ}}{\alpha} = \frac{n}{x'}$$

sustituyendo por α 108°14, y por n 70 que es el número de dientes de la rueda del copiador, deduciremos el valor de x' que es 21,04. Así es, que si se hace uso de dos ruedas una de 65 dientes y otra de 25, números que se hallan en la misma relación que 21,04 y 8,09 que es 2,6, poniendo la primera en el eje de la que vá en la guitarra y la segunda en el del sinfín, engranando con aquélla, cuando el vástago recorra la longitud de parte rayada, el copiador habrá girado los 108°14′.

Réstanos ya, trazar la curva del copiador. Con los radios determinados, que figuran en la tabla de valores que se ha formado, se describen arcos, que se prolongan por debajo de la línea que une los centros de los ejes, y se encuentran seguidamente los ángulos diferentes que forman los radios Aa, Aa', Ab, Ab'..... deducidos de la proporción

$$\frac{L}{\alpha} = \frac{x}{Z}$$

después de sustituir por cada letra su valor, y partiendo del DAD′=108°14′; mas es preferible, como ya hemos dicho, hallar las cuerdas correspondientes á esos ángulos, las que se llevan de *a* á *a′*, de *b* á *b′*, de *c* á *c′*..... siendo los puntos en que las cuerdas cortan á los arcos de círculo, puntos de la curva del copiador, que se unen después por un trazado contínuo.

La tabla que sigue es de dichos ángulos y sus cuerdas correspondientes, con lo que se completan todos los elementos precisos para el trazado de dicho copiador.

Ángulos que gira el copiador.		Cuerdas.	Ángulos que gira el copiador.		Cuerdas.
°	′	milímetros.	°	′	milímetros.
108	14	282,32	54	32	614,08
106	2	317,74	51	30	606,23
103	1	350,83	48	28	595,28
99	59	383,06	45	27	580,35
96	57	410,70	42	25	562,39
93	55	442,91	39	23	540,30
90	54	470,36	36	21	515,15
87	52	495,93	33	19	486,56
84	50	519,93	30	18	455,03
81	48	541,44	27	16	420,29
78	46	561,10	24	15	382,44
75	45	578,32	21	12	341,57
72	43	592,03	18	10	298,19
69	41	603,46	15	8	252,50
66	39	611,82	12	7	205,08
63	37	615,99	9	4	155,19
60	36	619,56	6	3	104,53
57	34	618,52	3	1	52,45

Trazado de copiador ó hélice en los vástagos, á máquina.—Todas las máquinas de rayar que se han descrito, ya que el copiador sea horizontal, vertical é inclinado, ó del tipo del de la máquina universal, están, y sobre todo

las de esta última clase, expuestas á que por la rotura de un diente de la cremallera, ó de los engranes, se inutilice una pieza, pues tal accidente ocasionaría, inevitablemente, que la cuchilla cortara donde no debiera hacerlo, saliendo defectuoso el rayado. Este riesgo no se corre, cuando se raya con la hélice hecha en el vástago, y por tanto, parece preferible tal sistema de rayar, á los demás, siendo también estas máquinas más sencillas que las otras. Ya en otro lugar explicamos el modo de hacer la hélice en los vástagos, y dejamos para ahora que ya se ha estudiado el trazado del copiador para máquina universal, el exponer de qué manera se pueden construir mecánicamente los copiadores ó hélices en los mismos vástagos, aún siendo éstos de gran longitud.

La máquina de rayar universal (figura 60, lámina 14) es capaz de verificarlo del modo siguiente: Sobre el banco X y en vez de las lunetas L y L', se coloca un carrillo análogo á los de los tornos, con sus tornillos y grapas para asegurar el buril que ha de trazar la hélice en el vástago; dicho carrillo se fija fuertemente al banco, inmediatamente al lado del Y, para que esté el buril muy próximo al soporte S, con objeto de evitar que la presión de la herramienta sobre el vástago al cortar, pudiera desviarlo ó torcerlo.

Para que en la traslación del vástago á lo largo del banco, cuando la máquina esté en marcha, conserve su horizontalidad y no se separe del eje, se atornillan al primer banco varios soportes susceptibles de corrección vertical, necesaria á causa de los diferentes diámetros que habrían de tener los vástagos según para el calibre á que se destinaran, que cada uno sostiene un rollete de forma tórica en cuya superficie se adapta la de aquéllos, que de este modo van perfectamente guiados. Así mismo, asienta el vástago sobre otros dos tensores que recorren con él el banco Y'.

El soporte S, que debe ser sustituído por otro cuyas almohadillas sean de doble longitud cuando menos, para que vaya mejor conducido el vástago, imposibilitándole de

todo movimiento lateral y de la más pequeña flexión, que podría de otro modo causarle el trabajo del útil, está dotado de diferentes juegos de aquéllas, según los diámetros de los vástagos, y en el cabezal S' el manguito V' ha de poderse cambiar, para colocar uno ú otro de ellos, por cuyo medio se les hace partícipes del giro debido al copiador.

Preparada así la máquina, puesto el vástago á que se ha de hacer la hélice, sujeto por un extremo al manguito V' y por el otro cogido en las almohadillas del soporte S, colocado en su sitio el copiador correspondiente, trazado del modo ya explicado, así como los engranes necesarios en la guitarra y el eje del sinfín, y supuesta la mesa ó albarda en el extremo del banco, se la pone en movimiento, aproximando el buril del carrillo al vástago hasta que empiece á cortar; y como éste gira solicitado por el brazo del copiador, á la vez que se traslada á lo largo del banco, el útil irá haciendo una canal igual á la raya, que se termina de las pasadas precisas; reconociendo con una plantilla su sección rectangular. Terminada la hélice, se separa el vástago de la máquina, y está en disposición de emplearse para rayar los cañones para que fué construído.

Tal construcción en dicha máquina, excluye las dificultades que para hacer las hélices en vástagos de gran longitud, precisos para rayar los cañones de grueso calibre modernos, había, por falta de garlopas de suficiente curso.

Esmerilado de las rayas.—Después de rayado un cañón, aunque las distintas pasadas se hayan dado cuidadosamente, y calibrado cada raya con su correspondiente plantilla, tanto en boca como en culata, que indica si está bien la profundidad, lo cual constituye una de las ventajas inherentes al sistema de rayar de culata á boca la longitud total del cañón, antes de quitarle de la máquina se reconoce el rayado con un hipocelómetro, para que en caso de no estar las rayas en toda su longitud dentro de las tolerancias prefijadas, repasarlas, operación que se practica con la misma cabeza de rayar; no siendo conveniente quitar el exceso de

metal que algunas pudieran tener en el fondo, en la máquina de esmerilar, con cuchillas limas ó de esmeril.

Lo único que se debe hacer en la citada máquina, es un ligero esmerilado de todas, ó mejor aún, quitar las rebabas que del rayado pudieran quedar, las que si la salida de la cuchilla se arregló de modo que las últimas pasadas fueran finas, y ella tenía bien sus cortes, siendo además la velocidad de la máquina la debida, serán bien escasas.

De llevarse á cabo esta operación, se efectúa en la máquina de esmerilar descrita ú otra análoga. El cañón no debe girar; y se usa una cabeza de madera, cilíndrica, de alguna longitud, que en su parte central está rodeada de un aro de hierro, al que se fijan unos muelles que sostienen cada uno una barrita de cobre rojo de igual sección que la raya, fijas á ellos por su centro alrededor del que pueden girar, para que con facilidad recorran toda la raya, contra cuyo fondo las comprimen los muelles á fin de que el rozamiento sea lo bastante para desprender todas las rebabas. La cabeza está atravesada por una varilla con dos asas por que se une á los cables de la máquina de esmerilar, pudiendo así girar obligada por la inclinación de las rayas.

El esmerilado hecho de otro modo, es perjudicial, pues el pequeño aumento que en la profundidad se consiga, es á expensas de gastar los flancos.

CAPÍTULO VIII

Recamarado.

Es la recámara, en las piezas de artillería, el lugar destinado á contener la carga de proyección teniendo su trazado importancia suma, pues de él depende la densidad de carga, que influye mucho en las presiones así como en las velocidades, y asímismo que la posición inicial del proyectil sea ó no constante en todos los disparos, supuesto con su banda bien torneada y á distancia, del culote, igual.

No es nuestro ánimo hacer un estudio de dicha parte tan importante del ánima, ni examinar las longitudes é inclinaciones más convenientes de los troncos de cono que unen la parte ensanchada de la recámara con el ánima y con la culata, y sí solo haremos constar, que á causa de las grandes cargas hoy en uso, ha sido menester para que la densidad de carga resulte aceptable sin alargar mucho el sitio destinado á contenerla, recurrir á ensanchar las recámaras; hallándose éstas formadas por una parte cilíndrica de más diámetro que se une por uno ó dos troncos de cono al ánima, y que termina por el otro estremo en otro llamado cono de entrada. No hablamos aquí de las recámaras de los cañones de carga simultánea y de tiro rápido, que son ligeramente

tronco-cónicas siguiendo su contorno el del cartucho metálico que en ellas se ajusta.

La construcción de una recámara varía según la máquina que para ello se use, ó que se haga en los mismos bancos de barrenar, que son susceptibles de recibir un copiador ó no los llevan. Examinaremos cada uno de estos casos, guiados del deseo de presentar para cada operación, los diversos procedimientos por que pueda ejecutarse.

Recamarado con barrena expansiva en bancos de barrenar.—El sistema de más antiguo usado para recamarar los cañones es valerse de barrenas expansivas, en los bancos de barrenar.

Una barrena expansiva (fig. 66, lám. 16,) se compone de una cabeza hueca cilíndrica, de fundición, A, en la que hay hechos dos planos *a b* y *c d* paralelos, cuya inclinación es la del cono de entrada ó del que une la recámara al ánima, según el que se vaya á hacer; dos tapones roscados S y S′ cierran la cabeza por ambos extremos y sirven á la vez de soportes á un eje C D, que los atraviesa por su centro, que lleva hecho un husillo H, fijándose por la doble tuerca V.

El porta-cuchillas P, tiene la tuerca E F, que está metida en él á corredera, para que pueda resbalar por el plano *a b*, al girar el husillo H; y una chapa R, sujeta al porta-cuchillas por cuatro tornillos *m′*, le guía en su curso, pues apoya constantemente en el plano opuesto *c d*.

Un vástago cilíndrico M, se une á la cabeza, por los tornillos T, y termina en una parte ligeramente cónica que sirve de conductor á aquélla á fin de que vaya bien centrada y el eje de la recámara sea el del ánima; estando provisto de los casquillos O y O′, de los que el exterior es del calibre de ésta, para lograr tal objeto.

A la extremidad exterior de la varilla ó eje C D que atraviesa todo el vástago, se sujeta, con una llave metida en la correspondiente caja hecha en él, un volante ó pequeña polea, que se hace girar, valiéndose de una correa que pasa por ella y por otra que se pone en el eje que el banco de

barrenar tiene en su parte inferior para comunicar el movimiento de rotación al husillo del mismo, que conviene no gire al hacerse la recámara, ó mejor dicho, los diversos cuerpos tronco-cónicos, para que no se mueva la albarda, por lo que se desengrana la rueda que se lo transmite. El giro del volante ó polea ocasiona la rotación del husillo H, y como pasa por la tuerca E F, ésta recibe el de traslación, arrastrando al porta-cuchillas P que se vé precisado á ascender por el plano inclinado.

Para hacer la recámara de un cañón en un banco de barrenar, valiéndose de esta cabeza expansiva, se coloca aquél sobre las lunetas y cojido en la boca por las grapas de la plataforma del cabezal por cuyo medio adquiere movimiento de rotación; y se pone en la albarda el vástago y cabeza expansiva, ésta la destinada á hacer el cono de entrada, la cual tendrá el curso de la cuchilla limitado, de modo que al finalizar el porta-cuchilla su recorrido por el plano *a b*, haya salido aquélla lo preciso para llegar al diámetro mayor del citado cono.

Enseguida se hace la embocadura á torno, con el carrillo puesto en el banco de barrenar, al diámetro de la parte cilíndrica que ha de servir de alojamiento al cierre, que se desbasta, así como la que vá á ocupar el anillo; luego se comienza el cono de entrada, y se desbasta la parte cilíndrica de la recámara que sigue, concluyendo por último, de las pasadas necesarias, dicho cono, y terminando después, con la misma barrena, la parte cilíndrica ensanchada; para lo cual, cuando se llegó al final del cono, que la cuchilla ocupará la posición final correspondiente al calibre de dicha parte, se quita la correa que daba movimiento al volante, por cuyo medio giraba el husillo de la cabeza, y se hacen engranar las ruedas por que terminan tanto el citado eje inferior como el husillo del banco, poniendo seguidamente en marcha la máquina, con lo que la albarda adquirirá movimiento de traslación, penetrando el vástago, que hará la parte dicha de la recámara. Concluída que sea, se cambia

la cabeza para hacer el cono de unión con el ánima, ó los dos, si así es su trazado, terminando la operación por igual procedimiento que para el cono de entrada.

Máquinas de recamarar con copiador.—La recámara de un cañón siempre que se disponga de máquinas especiales de recamarar, se debe hacer en ellas por la mayor facilidad y perfección de su ejecución.

El tipo de máquinas de esa clase más generalizado es el de la de recamarar y roscar, que se vé en la figura 67, lámina 16.

Consta de un gran banco de fundición X sobre el que se puede mover en toda su longitud el carrillo ó albarda A, que en su parte inferior tiene una tuerca por la que pasa el husillo Q, que se extiende de uno á otro extremo del banco, originando con su giro la traslación de aquélla; pudiéndose hacer este movimiento rápido á mano, tirando de la varilla *c* para separar las dos mitades de que está compuesta la tuerca y dejar libre el husillo, y metiendo después una llave en la cabeza cuadrada *z*, que al darla vueltas, hará girar al piñón G y rueda G′, así como al piñón H′ montado en el mismo eje, que por engranar con la cremallera H, dará lugar á la traslación del carrillo, á que van fijos los soportes de dicha rueda.

En la mesa ó carrillo se encuentra fijo un doble soporte S S′ por que pasa un manguito al que se atornilla en V el extremo del vástago de la cabeza porta-cuchillas, que recibe movimiento de rotación por el engrane de la rueda R fija á él, con un piñón R′ que está situado en el eje F, pudiendo moverse además á lo largo de él, con cuyo objeto la llave del mismo ajusta en una canal que se extiende en toda su longitud.

Va también sobre el carrillo montada una plataforma circular B, de pequeña altura, que su contorno exterior lo forma un engrane helicoidal; pudiendo girar al rededor de un soporte central, mediante la rotación del sinfín C, colocado en el eje D, de modo análogo que el piñón R′ en el

suyo, para que pueda correr á lo largo del mismo, sin cesar por eso el movimiento de rotación. Sobre dicha plataforma hay otra K fija á ella para que al girar aquélla lo haga ésta, á la que se atornilla el copiador, chapa de forma circular, con un taladro grande en el centro para el paso del soporte cilíndrico E, en la que está trazado; y es una ranura curva, excéntrica en la parte correspondiente á los conos, unida por otra concéntrica, en las que se hace entrar el extremo O de un pitón fijo al manguito P por el que pasa la varilla J que se une á la de la cabeza de recamarar.

La máquina recibe el movimiento de la polea en escalones T, cuya rotación transmite, por el piñón L', á la rueda L haciendo girar al eje F, que por intermedio del piñón R' y rueda R se lo comunica al vástago unido al manguito V. A la vez el piñón M' da movimiento á la rueda M fija en un eje, sobre el que van locas las poleas, que termina del otro lado del soporte que le sostiene, pudiendo recibir en dicho extremo un piñón N; y colocando unos ú otros engranes en la guitarra I', tales como la rueda N' y piñón N'', puestos en el mismo eje *g g'*, transmitirá al husillo Q de la máquina, por la rueda L'' fija en su eje, el movimiento de rotación, dando, combinando los engranes necesarios, diferentes pasos, y haciéndose así mismo roscas distintas.

Para que la velocidad de rotación del vástago sea la misma que si directamente recibiera el movimiento del eje sobre que giran las poleas, las ruedas R L y M y los piñones R' L' y M' son iguales entre sí, lo que facilita la combinación de engranes para roscar.

Para recamarar, la guitarra I es capaz de recibir también varios engranes *d d' d''*, cuya combinación, teniendo presente que el eje del husillo lleva fijo uno *m*, que no se debe variar, da lugar á obtener para la plataforma B y el copiador velocidades distintas, por conducto de la rueda *d* montada en el eje D del sinfín C.

El cañón se coloca sobre lunetas en un banco puesto á continuación del X, que no se dibuja por ser análogo á otros ya descritos, y con la culata próxima á él; y después de bien centrado, se atornilla el vástago al manguito V, uniendo además la varilla que le atraviesa, fija por el otro extremo al plano inclinado de la cabeza, á la J; poniéndose la cuchilla en su posición inicial haciendo girar al sinfín *a* con una llave que hará rodar al piñón *b* que con él engrana, que en el interior está roscado, siendo por tanto tuerca del extremo roscado J′ de la varilla J, que de ese modo saldrá más ó menos, moviendo el porta-cuchillas hasta que quede como se desee.

Cabeza de recamarar propia de máquina copiadora.—Dicha cabeza es como la representada en la fig. 68, lámina 17, que se compone de la cabeza propiamente dicha A, cilíndrica y hueca, en cuyo interior se mueve la pieza B que tiene una parte plana *a b* con cierta inclinación, por la que está sujeto á resbalar el porta-cuchillas P, obligado á ello porque el tornillo O, cuya cabeza y rosca se hallan en el porta-cuchillas, pasa por la canal *c d*, á la que se ajusta, que es paralela al plano *a b*.

Dicha cabeza está roscada y unida por los tornillos T y T′ á la guía ó conductor D por un lado, y por el otro, al vástago C de la máquina, por cuyo interior penetra una barra V que se une á rosca á la pieza B; otra más corta V′, también se atornilla al otro extremo de la citada pieza, para mejor guiarla en su curso, el que limita la compresión de un muelle, y una tuerca á ella fija. La barra V es la que se une á la J de la máquina de recamarar, con un pasador. De modo que el movimiento de la varilla J transmitido á la barra, y dependiente de las distancias que con relación al centro de la placa del copiador tienen todos los puntos distintos de la curva que constituye éste, hará entrar ó salir el plano inclinado ó pieza B, bajando ó subiendo el porta-cuchillas por el plano *a b*, y permaneciendo inmóvil cuando los puntos del copiador equidisten del centro.

Copiador para recamarar. Su trazado y construcción.—Vamos á estudiar el modo de trazar el copiador para que en la máquina de recamarar descrita, se construya una recámara cualquiera.

Supongamos que la recámara que se haya de hacer esté, como generalmente acontece, compuesta de una parte de más diámetro, cilíndrica, unida á dos troncos de cono, uno á la entrada y el otro que la une al ánima. Si es L la longitud total de la recámara y l y l' las de los dos conos respectivamente, la de la parte cilíndrica será $L-(l+l')$. Si se divide la longitud ó altura del tronco de cono primero en un número cualquiera n de partes iguales, tanto mayor cuanto más exactitud se desee, y por dichos puntos se trazan perpendiculares á ella, que se prolongan hasta encontrar á la generatriz también prolongada de la parte cilíndrica, las partes de dichas perpendiculares comprendidas entre las generatrices del cono y del cilindro, serán rectas de magnitudes $a, b, c, d, e, f \ldots\ldots m$, y si por ejemplo es $\frac{1}{n}$ la inclinación del plano inclinado de la cabeza de recamarar, es claro que para que la cuchilla salga la cantidad a, el plano inclinado y la barra á él unida, habrán tenido que recorrer una distancia en línea recta igual á $n\,a$; del mismo modo, y para que salga $b\,c\,d \ldots\ldots m$, habrán andado $n\,b$, $n\,c$, $n\,d \ldots\ldots n\,m$; y como quien hace recorrer esos caminos al plano inclinado es la excentricidad de la curva del copiador, por que se mueve el pitón O, se deduce que la figura de aquél ha de ser, para trazar el primer cono, una línea curva excéntrica cuyos radios extremos se diferenciarán en $n\,m$.

Para trazar el segundo cono ó de salida se haría la misma división y se determinan de igual modo los caminos recorridos por el plano inclinado; si bien ahora, como es invertido el tronco de cono, la curva resultante será en sentido contrario que antes.

Esto hecho, en una placa circular A (fig. 69, lám. 17) de

igual radio que la plataforma á que se atornilla el copiador, se describe con uno cualquiera O B un arco B B′ B″ B, que será el que ha de servir de plantilla para hacer la parte cilíndrica y cuyo desarrollo vamos á determinar con esa condición. Sea α° el ángulo que señalemos como giro total del copiador, que se deduce de los engranes que se pueden colocar; siendo L la longitud de la recámara, el ángulo que tendrá que girar para desarrollar la curva correspondiente al primer cono será $\frac{l\alpha}{L}=\alpha'^{\circ}$ y el del otro cono $\frac{l'\alpha}{L}=\alpha''^{\circ}$, y por tanto el de la parte cilíndrica la diferencia entre el total y la suma de estos dos ó sea $\alpha-(\alpha'+\alpha'')$ con lo que quedan limitados, el arco BB′ B″ B que ha de hacer la parte cilíndrica, y las curvas excéntricas que han de dar los dos troncos de cono.

Para trazar éstas, se divide, para la primera, el ángulo α' en n partes iguales, puesto que en ese mismo número se dividió antes la longitud ó altura del primer tronco de cono, y se trazan con los radios O*a*, O*b*, O*c*, O*d*, O*e*, O*f*..... O*r* iguales á OB + *na*, OB + *nb*, OB + *nc*..... OB + *nr* arcos que cortarán á los radios prolongados, en *a b c d e*..... *r*, que se unen, así como los B y C, con un trazado contínuo. Del mismo modo se hace la del cono de salida, que es la curva B*a*′.

El ángulo α se habrá determinado teniendo á la vista los engranes de la máquina, pues es más fácil variar el ángulo algo, que fijar éste y deducir los engranes, que podrían resultar tales que no los hubiera.

Siendo p el paso del husillo de la máquina de recamarar, éste tendrá que dar $\frac{L}{p}$ vueltas, para que el carrillo recorra la longitud L de la recámara; además, en el husillo hay fija una rueda de un cierto número de dientes, generalmente 50, así como son 100 los de la plataforma del copiador con quien engrana el sinfin C montado en el eje D; luego si en éste, se coloca una rueda de n' dientes y en la guitarra I, dos, una

que engrane con ésta de n'' dientes, y otra de n''' que lo haga con la de 50 dientes del husillo, el ángulo α estará dado por la relación

$$\frac{\frac{L}{p} \times 50 \times n'' \times 360^\circ}{n' \times n''' \times 100} = \alpha^\circ \quad (1) \ *$$

y si resultara este ángulo excesivamente grande, que lo es ya cuando pasa de 300°, se varía la combinación de los engranes, bastando con poner en vez del de n''' dientes, otro mayor.

Ejemplo práctico de construcción de un copiador para recamarar.—Vamos á construir el copiador para recamarar, en una máquina especial como la descrita, el cañón de 30,5 cm. "Ordoñez,„ cuya longitud total de recámara es de 1975 mm. y está formada de tres cuerpos, el primero tronco-cónico de 225 mm. de longitud, el segundo cilíndrico de 1500 y el tercero tronco-cónico también, de

---

* Para girar un diente la plataforma del copiador, el sinfin C y la rueda de su eje darán una vuelta, la de n'' dientes, con que engrana, $\frac{n'}{n''}$, y el husillo $\frac{n'}{n''} \times \frac{n'''}{50}$. Cuando sean x dientes ó α° el giro de la plataforma del copiador, el del husillo será $\frac{n'}{n''} \times \frac{n'''}{50} \times \frac{100\alpha^\circ}{360^\circ}$, por ser $x = \frac{100\alpha^\circ}{360}$„ Y como el carrillo ha de recorrer la longitud L en el tiempo que gire α° el copiador

$$\frac{n'}{n''} \times \frac{n'''}{50} \times \frac{100\alpha}{360^\circ} = \frac{L}{p}\text{„}$$

250, siendo las bases menores de ambos conos de 315 milímetros de diámetro la del primero, y de 305 la del segundo; y el calibre de la parte cilíndrica 330 milímetros.

Dividida la longitud del primer cono en 18 partes iguales y la del de salida en 20, se trazan por dichos puntos las perpendiculares, midiéndose las partes comprendidas entre la prolongación de la generatriz del cuerpo cilíndrico y la de los respectivos troncos de cono, y vista cuál es la inclinación del plano inclinado de la cabeza de recamarar, que supondremos sea $\frac{1}{4}$, se multiplican dichas partes ú ordenadas por 4 que nos darán los caminos que deberá recorrer el citado plano para que la cuchilla salga aquellas magnitudes.

Para fijar el ángulo que ha de girar el copiador, se mide el paso del husillo, que es en la máquina que nos ocupa 12,70 mm., y dividiendo la longitud de recámara por ese número, resulta de cociente 155,5; y si engranando con la rueda del husillo se pone una de 76 dientes por ejemplo y en su eje otra de 45 que engrane con otra de 56 fija en el eje del sinfin, dedúcese el ángulo α de la relación (1) sustituyendo sus valores; y por tanto

$$\alpha = \frac{155{,}5 \times 50 \times 45 \times 360^{\circ}}{76 \times 56 \times 100} = 295^{\circ}\ 26'\ 24''$$

Los desarrollos de cada parte del copiador se verificarán, el de la curva del primer tronco de cono, al girar el ángulo de 33° 42′ 36″, el de la del de salida con un giro de 37° 27′ 36″, y el de la parte cilíndrica con el de 224° 16′ 12″.

En su consecuencia, poniendo los engranes dichos en la máquina, y sabiendo por otra parte qué ángulo debe girar el copiador para hacer cada una de las tres partes ó cuerpos de que se compone la recámara de dicho cañón, se puede construir fácilmente el copiador para hacer dicha recámara,

siendo conveniente por la facilidad que reporta para la construcción, la formación de la tabla siguiente de valores:

Salidas consecutivas de la cuchilla en		Recorrido del plano inclinado en	
MILÍMETROS — *1.er cono.*	MILÍMETROS — *2.o cono.*	MILÍMETROS — *1.er cono.*	MILÍMETROS — *2.o cono.*
0,417	0,625	1,66	2,50
0,834	1,250	3,33	5,00
1,251	1,875	5,00	7,50
1,667	2,500	6,66	10,00
2,084	3,125	8,33	12,50
2,501	3,750	10,00	15,00
2,917	4,375	11,66	17,50
3,334	5,000	13,33	20,00
3,751	5,625	15,00	22,50
4,167	6,250	16,66	25,00
4,584	6,875	18,33	27,50
5,004	7,500	20,00	30,00
5,418	8,125	21,66	32,50
5,834	8,750	23,33	35,00
6,250	9,375	25,00	37,50
6,667	10,000	26,66	40,00
7,083	10,625	28,33	42,50
7,500	11,250	30,00	45,00
	11,875		47,50
	12,500		50,00

Trazado un copiador cualquiera sobre la placa, el construirlo queda reducido á describir en los puntos *a b c*..... B y *a' b' c' d'*..... B varias circunferencias, con un diámetro igual al del pitón, y lo mismo en la parte comprendida entre B B' B'' B, circunferencias que se cortarán; y con un taladro se harán otros tantos agujeros como hay de aquéllas, cortándose á cincel el metal comprendido entre la canal que así resulta, que se ajusta á lima, prolongándola á derecha é izquierda. En un torno se hace el hueco central D por que entra el soporte C.

Manera de efectuarse el recamarado en máquinas especiales de recamarar.—Descrita la máquina y cabeza que en ella se emplea, así como el modo de construir el copiador, resta explicar la manera de efectuarse el recamarado.

El cañón, bien centrado en las lunetas, se pone horizontal y con la culata próxima al banco X. Se atornilla el copiador y se colocan los engranes calculados para conseguir el desarrollo en un cierto ángulo. Generalmente se habrá desbastado la recámara en un banco de barrenar, pasando una ó dos barrenas á un calibre algo inferior al diámetro de la base menor del primer cono, que se lleva hasta el último; pero en caso contrario se desbasta en la máquina.

Para empezar á recamarar, se hace girar el copiador valiéndose de un pequeño manubrio que se adapta en la cabeza *h* del eje D del husillo, hasta que el pitón coincida con el punto C inicial del copiador, y seguidamente á mano se mueve el carrillo hasta que la cabeza entre en el cañón y llegue la cuchilla al punto en que ha de empezar el primer cono, que se cierran las dos mitades de la tuerca del carrillo que cojen á la rosca del husillo, y se pone en marcha la máquina, después de calibrar la cuchilla, y llevarla exactamente al origen de la recámara.

Del modo ya dicho, el movimiento del eje de las poleas se transmite al husillo, al vástago y plataforma del copiador, girando aquél á la vez que avanza, y saliendo la cuchilla lo que la obliga el giro del copiador, pues haciéndolo éste en sentido contrario de la flecha, el pitón O, que no puede salirse de la canal que aquél tiene, irá ocupando las posiciones *a b c d*..... B B′ B″ *n′ t′ s′*..... *a′*, y la cuchilla, por tanto, irá saliendo progresivamente, mientras aquél recorre la curva C *a b*..... B haciendo el primer tronco de cono; y después la parte cilíndrica de B á B, pues siendo dicha parte un arco de círculo trazado con el radio O B, la cuchilla seguirá, en lo que el pitón la recorra, con igual salida que tenía al terminar de hacer aquella parte puesto que no variando la

posición de aquél, la varilla y el plano inclinado de la cabeza no se mueven; á partir de B vuelve el pitón á variar de situación conforme describe la curva parte B *a'*, separándose más y más, entrando la varilla progresivamente é igualmente la cabeza, descendiendo el porta-cuchillas y con él la cuchilla quedando al llegar á *a'* hecho el último tronco de cono y concluída la recámara. En este momento se dá rápido movimiento á mano echando atrás al carrillo, que sacará la cabeza, pues se ha concluído la operación.

Para que la cabeza vaya bien centrada y salga la recámara concéntrica con el ánima, el conductor D, que tiene el mismo diámetro de ésta, debe ser de bastante longitud.

Bancos de barrenar con copiadores para hacer recámaras.—Algunas máquinas de barrenar en que la barrena tiene, á la vez que movimiento de traslación el de rotación, se hallan dotadas de un copiador análogo al de la máquina de recamarar que hemos descrito, el cual va fijo á una meseta circular, sobre una plataforma de igual figura, dentada en su contorno exterior, y montado todo en un carrillo que se une con tornillos y á continuación del de la máquina de barrenar, en que vá el soporte del vástago. De este mismo soporte parten dos brazos que sostienen un eje en que se pueden colocar engranes, que transmiten, por medio de una rueda puesta en el vástago en la proximidad de su soporte, el movimiento de rotación suyo á otro eje que lleva un sinfín que hace girar la plataforma del copiador.

La cabeza y vástago que se usan son semejantes á los de la máquina de recamarar, y la barra que mueve el plano inclinado de la cabeza se liga á una varilla que pasa por un manguito análogo al de aquella máquina, al que se une el pitón que ha de recorrer la canal del copiador, estando aquél sostenido por un soporte central.

Otras veces es el copiador como el que se vé de puntos en la fig. 44, lám. 7.ª, que consiste en una placa puesta de canto, con tornillos, que la fijan á una regla sostenida por

varios soportes adosados al banco, que su canto superior se ha cepillado y ajustado dándole semejante forma ó perfil que la recámara y alojamiento del cierre. La albarda ó mesa sustenta un eje K″ en cuyo extremo va fija una pieza α á que se articula un pitón K; al otro extremo se une otra pieza α' que sostiene un rodillo K′ que debe recorrer el contorno del copiador.

La cabeza de recamarar es como la representada en la fig. 68, lám. 17 y la barra V se atornilla á una pieza ó mango *z* que un fuerte muelle obliga á estar siempre fuera del vástago, siendo preciso para que la varilla entre, que el pitón K ejerza su acción sobre el citado mango oprimiéndole y venciendo la resistencia del muelle, entrando entonces el plano inclinado y consiguientemente bajando el porta-cuchillas, ocultando más y más la cuchilla cuanto más entre la varilla.

Puesta en marcha la máquina y colocado el copiador, que se habrá trazado teniendo en cuenta la inclinación del plano inclinado de la cabeza, el rodillo K′ recorrerá primeramente la parte plana *r s* del copiador, correspondiente al alojamiento del cierre, no saliendo la cuchilla más que la cantidad á que se calibró; pero tan pronto como el rodillo comience á descender por el primer plano inclinado *r q*, la pieza α' bajará, y la α girará de izquierda á derecha, separándose el pitón K del mango, que se vendrá atrás, saliendo de la cabeza el plano inclinado, que hará subir al porta-cuchillas cada vez más hasta llegar á *q*, que tendrá la cuchilla la máxima salida, y como luego la parte *q p* que sigue es horizontal, continuará aquélla con la misma salida trazando el cuerpo cilíndrico; después, el rodillo asciende por el plano inclinado que hay á continuación, y corresponde al cono de unión con el ánima, girando en sentido contrario que antes la pieza α que hará entrar la varilla al oprimir el pitón al mango, descendiendo el porta-cuchillas y teniendo menos salida la cuchilla, construyendo de tal modo el último tronco de cono.

Recámara de los cañones de carga simultánea. —Tales cañones usan cartucho metálico como los de tiro rápido, siendo la recámara tronco-cónica, como la vaina de aquél, seguida de otro cono corto y de mayor inclinación que la une al ánima, ó de un cono y una curva.

La construcción de tales recámaras se puede llevar á cabo con barrenas expansivas ó en máquinas especiales de recamarar, y en los cañones de campaña, también en los tornos mecánicos. Dichas barrenas, análogas á las ya explicadas, tienen su plano inclinado con la inclinación del cono de la recámara, de emplearse barrenas expansivas, y tornos mecánicos, ó bancos de barrenar; y de ser máquinas especiales son como las descritas á ese fin, teniendo que construir el copiador correspondiente y colocar los engranes necesarios.

Primeramente se deberá pasar una barrena á dejar cilíndrica toda la parte de ánima comprendida entre el plano de culata y alojamiento del proyectil, al calibre de esta última parte; haciéndose luego la unión de la recámara con el ánima, con cuchillas de igual figura que ella, en los cañones de pequeño calibre, y con barrena expansiva adecuada, en los demás. En seguida, se ensancha el calibre, de la culata al nacimiento de la parte cónica de la recámara que ha de contener el cartucho, á un diámetro algo inferior, terminándose la parte esta, con la barrena expansiva, ó en la máquina de recamarar, con mucho esmero, pues debe quedar dentro de tolerancias muy pequeñas.

En los cañones de pequeño calibre, para dejar aún más igual la superficie de parte tan importante, se la termina con algunas centésimas de milímetro menos, que después se quitan pasando un escariador de igual sección que dicha recámara, provisto de un conductor que entre ajustado al ánima.

CAPÍTULO IX

Alojamiento del cierre y anillo; roscado y seccionado de aquél.

Alojamientos del cierre y anillo.—La generalidad de los cañones usan el cierre de tornillo, pues solamente los Krupp y algunos de campaña, emplean la cuña para cerrar la culata, así es, que hemos de suponer para nuestro estudio sea de aquella clase el cierre; y aunque la obturación se hace de varios modos, ya con anillo de cobre, con obturadores plásticos como los Bange ó con el sistema Freire, etc.; nos ocuparemos ahora de la primera, quedando en hacer notar la diferencia de construcción de los demás.

En una pieza cuya obturación es con un anillo Piorskowsky y el cierre de tornillo, hay que terminar en primer lugar el cilindro corto que separa el alojamiento de aquél, del nacimiento del primer tronco de cono de la recámara, que está ya desbastado, y cuyo diámetro es el de la base menor de este cuerpo, si no se terminó en la máquina de recamarar donde muchas veces se concluye; y después se abre el alojamiento del cierre, también cilíndrico, cuyo diámetro es el de los sectores lisos de éste, de no haberse hecho en la máquina donde se recamaró el cañón, y por último el alojamiento del

anillo. Todas estas operaciones se efectúan en la máquina de recamarar y roscar ya descrita, empleándose una cabeza especial.

La citada cabeza, (fig. 70, lám. 18,) que se fija en la máquina, atornillándose su vástago á la misma, se compone de varias partes: la primera M es cilíndrica, con rosca, para su unión á la máquina, y constituye el vástago de la misma; en dicha parte está el mecanismo para mover el plano inclinado que guía al porta-cuchillas, á fin de que la cuchilla tenga diferentes salidas, constituído por un volante E roscado interiormente, de un paso bastante grande, una pieza A, igualmente roscada, á la que vá fijo el tornillo B, el manguito F, con rosca en su interior, mitad en sentido contrario que la del otro medio, y la varilla acodada C, que tiene uno de sus extremos también roscado, y el otro fijo al plano inclinado que guía al porta-cuchillas. Además, al manguito F se une con su llave, un piñón P que engrana con el sinfin H, que gira dándole vueltas con una llave metida en su cabeza cuadrada *a*.

Con este mecanismo se consigue un movimiento lento ó rápido de la cuchilla, éste para retirarla cuando conviene no siga cortando, y aquél para darla las sucesivas salidas necesarias para aumentar gradualmente un calibre.

El movimiento rápido de la cuchilla se obtiene haciendo girar el volante, lo que ocasiona un desplazamiento bastante grande, pues la rosca tiene mucho paso, de la pieza A, puesto que aquél no puede moverse lateralmente por impedírselo el reborde N y la pieza L, fija por cuatro tornillos á la M; y al trasladarse la pieza A, arrastra consigo, de izquierda á derecha, al tornillo B, que obligará á moverse en igual dirección al manguito F y varilla acodada C, á que se une el plano inclinado, retirando la cuchilla, y sin que siga tal movimiento el piñón P montado en el mismo manguito F, porque la caja de la llave que lo une ocupa toda la longitud del mismo, y él está encajado en la canal *m n* que se lo impide.

El movimiento lento del porta-cuchillas se hace, fijando el volante, con el giro del sinfin H, que por engranar con el piñón P éste participará del mismo movimiento, así como el manguito F, en que está montado, que hará entrar ó salir el extremo roscado de la varilla acodada C, lo que se traduce en un avance en una ú otra dirección del plano inclinado del porta-cuchillas; y se sabe cuál es la salida de la cuchilla, porque es conocida la inclinación de la canal *c d* con respecto á la base del plano inclinado, y el paso de la parte roscada C, así como el número de dientes del piñón; de modo que si en *a* se hace un trazo y se divide la corona circular de la pieza *g*, que con dos tornillos se sujeta á la parte M para impedir la salida del sinfin, la coincidencia de aquél con una de las divisiones indicará la salida de la cuchilla.

El cuerpo R de la cabeza, que se une al M, con tornillos, es donde va el porta-cuchillas G, en el que se coloca la cuchilla K con dos tornillos, siendo guiado en el movimiento de la pieza D por el dado J que entra en la canal *c d* de igual inclinación que la parte *tt'* de dicha pieza: con igual objeto entra á cola el porta-cuchillas en unos rebajos que siguen la dirección del plano *tt'*.

Un conductor X se liga al cuerpo R y sirve, como el de todos, para que la cabeza vaya bien centrada; así es que tiene el calibre del ánima.

Para que el volante no se pueda mover por un descuido cualquiera, un fiador con un muelle en espiral, se lo impide.

En vez de la cuchilla que aparece en la figura, que es para roscar el alojamiento del cierre, se pone una de corte ordinario para hacer el cilindro pequeño primero, que se calibra préviamente su salida, antes de poner en marcha la máquina; y se introduce á mano la guía, moviendo el carrillo con la llave, desengranando las medias tuercas que cogen al husillo, hasta llegar al plano de culata, que se unen las tuercas, para que sea la máquina quien haga entrar la herramienta. Antes se habrá quitado la rueda que engrana con la *m* del husillo. Terminada dicha parte, se saca rápidamente á

mano la cabeza, retirando antes la cuchilla, valiéndose del volante de la cabeza; y se comienza á hacer de igual modo el alojamiento del cierre, dando las pasadas necesarias; y concluído se cambia la cuchilla por otra cuyo corte tenga igual figura que el perfil del alojamiento del anillo, haciéndose éste de la manera que los demás cuerpos.

Roscado del alojamiento del cierre.—Para roscar el citado alojamiento hay que comenzar por hacer el desahogo de la rosca, que se verifica en la misma máquina de recamarar y roscar, sin quitar de ella el cañón, y con igual cabeza que tenía puesta para los alojamientos del cierre y del anillo, cambiando la cuchilla por una cuyo corte tenga el perfil de dicho desahogo, de una ó dos pasadas.

La rosca de dicho alojamiento se hace seguidamente, poniendo en el porta-cuchillas la cuchilla que está representada en la figura y colocando los engranes necesarios en el eje del husillo y el de las poleas para que el paso de la rosca sea el asignado en los planos, necesitándose servir casi siempre de ruedas intermedias, puestas en la guitarra.

Terminada esta operación se puede quitar el cañón de la máquina para llevarlo á seccionar.

En los cañones cuyo sistema de cierre es el de cuña Krupp, se hace la abertura transversal de la culata, que ha de dar paso al cierre, después de trazada con una plantilla, en un taladro vertical dando de parte á parte un taladro que se ensancha después, hasta obtener la forma que tiene, en una máquina especial, que se reduce á un taladro horizontal con copiador. Si la pieza es de bronce comprimido, hay que someter la cara anterior y posterior de dicha abertura después de terminada, á una compresión, introduciendo en ella con la ayuda de una prensa hidráulica mandriles ó cuñas de acero de igual forma, pero de más sección que la de aquélla, que se habrá concluído á menores dimensiones, teniendo en cuenta el aumento que ha de originar el mandrilado.

Seccionado.—El tornillo que constituye el cierre de los cañones que lo emplean de tal sistema, tiene generalmente

tres sectores lisos y otros tres roscados, para que con solo dar $\frac{1}{6}$ de vuelta se cierre la culata, y es por lo tanto preciso hacer en el alojamiento del cañón igualmente, tres sectores lisos, cuya operación recibe el nombre de seccionado, pues en rigor consiste en cortar la rosca de dicho alojamiento en el espacio que ocupan dichos tres sectores; y se ejecuta en máquinas especiales, análogas ó del tipo de la representada en las figs. 72 y 72 bis, lám. 19.

Dicha máquina se compone de un banco de fundición X sobre el que está fijo un soporte ó cabezal S, y dos lunetas, como la L, en que se coloca el cañón.

El cabezal S sostiene entre dos coginetes el vástago A de la cabeza porta-cuchillas con que se efectúa la operación, que posee movimiento rectilíneo alternativo y de rotación; el primero mediante la pieza B, bielas C y brazo D. Sobre una placa S' se atornilla un soporte S' por cuyos coginetes pasa un eje V en que hay un sinfín H, y cono de poleas P; el sinfín engrana con la rueda helicoidal R en cuyo eje Y hay fijo un platillo circular, que diametralmente tiene vaciada una canal ó caja en que se puede fijar, á diversas distancias del centro, una pieza rectangular M que se ajusta entre los lados de la corredera del brazo D, y que está atravesada por un tornillo cuya cabeza cuadrada entra en la citada canal, atornillándose en su extremo roscado una tuerca que al apretarla une la citada pieza al platillo, á la distancia que se quiera. El brazo D, que gira al rededor del eje Y', termina en su extremo por un manguito por cuyo interior pasa un eje al que se unen las bielas C que entran por su otra extremidad en unos muñones que lleva la pieza cilíndrica B, exterior á otra B' que se puede fijar en el vástago A á diferentes distancias, con dos tornillos. Para dar más estabilidad al eje V entra su otro extremo en el soporte Z.

Por lo dicho y la inspección de la figura se deduce que según que la pieza M se ponga más ó menos alejada del centro del platillo, así será mayor ó menor la excentricidad del brazo D; y al girar el platillo, al hacerlo la rueda R por

el movimiento circular del sinfín H, con que engrana, debido al de rotación que el eje V recibe de las poleas en él montadas, tomará uno oscilante, variable con la excentricidad, que se traduce en rectilíneo alternativo de las bielas C así como del vástago A, por medio de la pieza B.

El vástago, hemos dicho que tiene también movimiento de rotación; que se lo imprime la rueda E á él fija, que engrana con un sinfín montado en el eje del piñón E', el que en cada curso del vástago gira un diente, para lo cual la varilla *a* tiene dos topes *t* que se fijan á ella con un tornillo de presión á la conveniente distancia, por cuyo medio gira la pieza *a'*, obligando al diente ó fiador *f* á que pase un diente del piñón.

Al extremo del vástago A se fija la cabeza Q (fig. 72 bis, lámina 19) que entra á rosca en una espiga por que aquél termina, y es la que recibe el porta-cuchillas, compuesto de dos piezas K y K' de las que la primera entra á cola en la cabeza Q, impidiendo su salida la pieza *m* que se sujeta con tornillos; y la otra K' se une á la K por medio de un pasador O que atraviesa á ambas; existiendo un muelle S que las tiene separadas por su extremo inferior, y solo cuando la cuchilla empieza á cortar, el esfuerzo necesario para efectuar su trabajo vence la fuerza de aquél, y quedan en contacto los planos *l* y *l'* de una y otra. Con esta disposición se impide que al salir la cabeza, roce la cuchilla en el cañón y lo raye. La cuchilla T se fija con tornillos, al porta-cuchillas, en la pieza K'.

Para que la salida de la cuchilla tenga lugar sin necesidad de aflojar los tornillos para bajarla á mano y después fijarla en su nueva posición, apretándolos, que sería lento y enojoso, se hace con más facilidad, mediante la disposición siguiente: El porta-cuchillas K K' está atornillado á una pieza rectangular *p* roscada interiormente, que es la tuerca del tornillo *h g*, que en su parte superior lleva un piñón helicoidal *n* con quien engrana un sinfín *d* que posee el eje *c* al que en su otro extremo se fija con su llave una rueda *b'*.

Un manguito F imposibilitado de todo movimiento lateral por los aros G y G' sujetos con cuatro tornillos cada uno al vástago A y dentado interiormente, engrana con la rueda *b'* unida al eje *c*; de modo que al hacerlo girar, introduciendo, en unos taladros que exteriormente tiene, una varilla de hierro, ocasiona la rotación de la rueda *b'* y del eje *c*, asi como del sinfín *d*, piñón *n* y tornillo *hg*, y consiguientemente su tuerca y el porta-cuchillas á ella atornillado, sube ó baja según el sentido de la rotación del manguito; por cuyo medio se consigue dar mayor ó menor salida á la cuchilla, ó retirar ésta, sirviendo de indicación la coincidencia de un índice del manguito con una de las divisiones del anillo G'. Un tapón *e* cierra la caja del tornillo *h* impidiendo se mueva éste.

Para seccionar un cañón en esta máquina, se le pone bien centrado sobre las lunetas, la culata próxima al cabezal S, y se arregla el curso del vástago haciendo entrar á mano la cabeza hasta que la cuchilla llegue al desahogo de la rosca, fijando entonces la pieza M á la distancia que resulte, pues préviamente se habrá aflojado la tuerca, é igualmente se hace con la pieza B; el brazo D ocupará la posición simétrica á la de la figura. A la vez se colocan los topes *t* de la varilla *a*, y se saca la cabeza hasta que quede próximamente á la altura del plano de culata, que se dá salida á la cuchilla.

En la culata, y con plantilla, se habrán trazado antes los sectores que hay que dejar lisos, señalando sus contornos. Después, introduciendo una llave en la cabeza del eje del sinfín y separando el diente ó fiador *f*, se hace girar á mano el vástago A hasta que la cuchilla se presente enfrente del principio de uno de dichos sectores, que se engrana el diente del fiador y se pone en marcha la máquina.

El movimiento circular de las poleas P se cambia, como se ha dicho, en rectilíneo alternativo del vástago, que á la entrada cortará y á la salida no, levantándose automáticamente la cuchilla; á la vez los topes puestos en la varilla hacen girar un diente á la rueda *f* que hará mover al sinfín

con que engrana la E á aquél fija, girando éste y la cabeza; así que al entrar de nuevo la cuchilla cortará al lado del corte recién hecho, repitiéndose esto mismo hasta llegar al final del sector; en cuyo momento se hace girar á mano el vástago en sentido contrario, hasta que de nuevo la cuchilla vuelva al principio del mismo sector, dándose más pasada, y continuando de igual manera hasta que la rosca desaparezca completamente en dicha parte, que se pasa á hacer el otro, y así sucesivamente hasta terminar los tres.

CAPÍTULO X

Torneo exterior de muñones y cepillado entre muñones

Torneo exterior.—Las antiguas piezas de artillería, así de fundición como de bronce, no eran torneadas exteriormente, porque se moldeaban con la figura exterior que definitivamente habían de tener, pero hoy no sucede así, y es preciso dar á su superficie exterior, la forma que concluídas han de afectar.

El torneo de dichas piezas tiene lugar en tornos semejantes á los mecánicos que se usan para tornear cualquier objeto, de los que solo difieren en sus mayores dimensiones, y en que generalmente llevan más de un carrillo; habiendo también bancos de barrenar que están preparados para tornear, á la vez.

La figura 71 de la lámina 18, representa un torno de cañones. Se compone de un banco X sobre el que asienta un cabezal A que sostiene el eje V″ al que va fija la plataforma P provista, como todas, de su punto y grapas y en el que están locos el cono de poleas Z y su piñón K, y fija la rueda J. Con éstas engranan respectivamente las K′ y J′ fijas á otro eje V paralelo, cuyo extremo recibe un piñón que engrana con el piñón M, cuyo objeto único es servir de

intermediario para transmitir el movimiento de rotación de dicho eje al V', mediante su engrane con la rueda M', cuando haya de recibir el movimiento de este eje la corona G de la plataforma por el piñón G' que á él se une; obedeciendo tal disposición á la idea de variar aun más las velocidades de rotación de la pieza; pues aunque ya el cono de poleas, según que la correa coja á una ú otra de éstas, comunicará una distinta velocidad á la máquina, el número de ellas aumenta según que la plataforma reciba el movimiento del mismo eje de las poleas ó del V', para lo que la rueda J puede quedar ó nó independiente del cono de poleas. El engrane ó desengrane del piñón G' con la corona G, se obtiene por un pequeño volante *p*, que mueve lateralmente el eje V', por tener aquél en su eje una rueda que engrana en una cremallera que hay hecha en una corta extensión del eje V'.

Dos soportes lunetas L y L', que se fijan en el banco á distintas distancias, según la longitud del cañón, con tornillos, pueden moverse á lo largo del mismo, para lo que éste tiene una cremallera en toda su longitud y aquéllas unas ruedas dentadas que engranan con ella, las que reciben movimiento de rotación por unos engranes cónicos que se hacen girar con unas llaves metidas en las cabezas cuadradas de sus ejes. Es su objeto, sostener el cañón por dos brocales, puestos en boca y culata, para que no pese sobre los puntos del torno.

Tiene además la máquina el punto móvil F y dos carrillos B idénticos.

Un husillo ocupa toda la longitud del banco interiormente, atornillándose á sus extremos, por la parte exterior de éste, dos tuercas que le impiden todo movimiento lateral. Ambos carrillos están dotados de sus correspondientes tuercas en la parte inferior, compuestas de dos mitades, que se pueden separar ó reunir moviendo las palancas *m* que á ellas se unen, quedando el husillo comprendido por las mismas cuando están unidas. Este recibe movimiento del eje V'' por intermedio de la rueda T' fija en él, que engrana con la T,

en cuyo eje se halla la R' que lo hace con la R, ésta montada en el mismo eje del husillo, y aquélla en la guitarra N.

Los carrillos están compuestos de la meseta B sobre la que va la C; y en ésta, un husillo, que pasa de uno á otro lado, puede mover la D que entra á cola en la C: además, al cuerpo D se fija otro, con tornillos, que puede girar y tomar la posición de la figura ú otra normal y las intermedias, y la pieza E es susceptible de correr á lo largo de la parte plana superior de D con el husillo *s*. Cuatro pernos roscados, con sus tuercas y mordazas, sujetan al buril en distintas posiciones.

Para tornear frentes, haciendo automático el avance del buril, tiene el banco unos pequeños soportes que sostienen un eje *o* por el que corren dos sinfines que engranan constantemente con dos ruedas helicoidales *a*, una de cada carrillo; para lo cual las llaves de aquéllos entran en la caja abierta á todo lo largo del eje *o*. Dichas ruedas engranan con los piñones *c* que se fijan al extremo de los tornillos ó husillos que ambos carrillos tienen para mover la parte superior de C; por lo tanto si una rueda P' puesta en el eje del husillo del torno, engrana con otra, fija en el eje *o*, la rotación de aquél será transmitida á éste, y á los sinfines, y si se separan las dos medias tuercas de cada carrillo, éstos quedarán inmóviles al girar aquél, y en cambio la rotación de los sinfines se transmitirá á las ruedas *a* y *c*, y los pequeños husillos en que están éstas montadas, girarán, haciendo resbalar la parte superior de C sobre la inferior, avanzando el buril hacia el eje, á la vez que rueda la pieza puesta en el torno, torneando así el frente. Para más asegurar la inmovilidad de los carrillos, tienen unos tornillos de presión que los comprimen contra la cola del banco. Para dar á mano igual movimiento con más rapidez, se hacen girar con una llave los ejes en cuyos extremos están las ruedas *d* que engranan con las *b* fijas en los ejes de las *a*, y como éstas lo hacen con las *c*, se moverá como antes la parte superior de los carrillos. Así mismo los carrillos se pueden

hacer correr á lo largo del banco, á mano, de igual modo que los soportes lunetas.

Para hacer los cuerpos tronco-cónicos diferentes de que consta la figura exterior de una pieza, se halla el torno provisto de copiadores, que son unas reglas de fundición de longitud adecuada, que se atornillan á una placa ó mesa horizontal I, á las que se dá la inclinación de las generatrices de dichos cuerpos. La citada placa se une á varios soportes S fijos al banco. Unas reglas Y, por cuyos extremos exteriores pasan unos ejes que sostienen unos rodillos sujetos á recorrer el canto del copiador, se ligan por medio de tornillos á las partes C de cada carrillo, que, aflojando los que la sujetan á la B, quedan en libertad de moverse solicitadas por dichas reglas que según los rodillos se separen más del eje del torno, obligados por la inclinación del copiador, el buril se aproximará más á él, y como á la vez se traslada el carrillo á lo largo del banco, el buril hará un tronco de cono, con la inclinación de la regla.

Estos tornos son también susceptibles de roscar, para lo cual no hay más que combinar los engranes que se hayan de colocar en el eje del husillo y de la plataforma para obtener el paso que se desee. En ellos se pueden roscar las cabezas de los tubos grandes, etc.

Descrita la máquina, fácil es darse cuenta de cómo se verifica el torneo exterior de un cañón. Este se pone entre puntos, sobre brocales que se asientan en los soportes lunetas, cogida la cabeza del de culata por las mordazas de la plataforma; é introduciendo en el centro del de boca la punta ó cono del punto móvil, que se hace salir hasta que no se pueda más, sirviendo de intermediaria, generalmente, la pieza cilíndrica *l'* sobre la que se hace entonces apoyar fuertemente la punta del punto. Enseguida se pone en marcha la máquina, puestos los buriles en los carrillos, desbastando la pieza primeramente, haciendo después los distintos cuerpos tronco-cónicos, colocados los copiadores en su sitio; redondeando por último á plantilla las uniones de cada uno

con el siguiente y cortándose por fin, el cañón al largo, serrando, con un carrillo, la parte sobrante en la caña, y con el otro la de la culata, redondeando así mismo las aristas de ambos planos.

Torneo de los muñones.- En la generalidad de las piezas de artillería, su unión con el montaje, tiene lugar por unos cuerpos cilíndricos perpendiculares al eje del ánima, llamados muñones, que forman parte de uno de los sunchos, en las piezas que los llevan, habiendo algunos cañones, sin embargo, que carecen de ellos, sustituyéndolos unos resaltes que ajustan en entrantes de igual sección que tiene la cureña. El diámetro de los muñones depende del esfuerzo á que en el tiro están sometidos, pues por ellos se transmite al montaje. Para dejarlos á las dimensiones finales, hay que tornearlos, operación que se lleva á cabo en máquinas especiales.

Una máquina de esta naturaleza (fig. 73, lám. 20) se compone de un basamento de fundición X X′ constituído por dos bancos perfectamente perpendiculares que forman una cruz. En el X′ existen las lunetas L, que se aproximan ó alejan una de otra, actuando sobre los tornillos ó husillos T con unas llaves metidas en sus cabezas *m*. Están formadas por dos piezas M y M′, que en su parte inferior tienen cada una una tuerca atravesada por un tornillo roscado la mitad en opuesto sentido que el otro medio, en que van montadas las ruedas I′ que engranan con los piñones I fijos á unos ejes cuyos extremos *a* y *b* tienen la forma prismática cuadrangular, para con auxilio de un manubrio metido en ellos, hacerlos girar, que según el sentido del movimiento, aproximarán ó separarán ambas piezas de cada luneta.

Sobre el otro bauco, que está cortado X, hay dos cabezales A y A′ uno á cada lado, que pueden moverse á lo largo de su parte correspondiente de banco, y que sostienen unas piezas B y B′ en cuyo eje están montadas las poleas P y ruedas dentadas D, así como las plataformas C y C′ en que van los porta-cuchillas K y K′ puestos en los extremos de

un mismo diámetro, pudiendo recibir el centro de las mismas, un punto ó un buril. Un soporte lateral sostiene en dos coginetes un eje O, en una de cuyas extremidades se fija el piñón D' que engrana con el D; dicho eje es largo y lleva en toda su longitud abierta una canal rectangular que sirve de caja á la llave de la rueda E'.

De cada banco nacen, asímismo, dos brazos, con sus respectivos coginetes, por los que pasa un eje en que entran las poleas P' y el piñón E que engrana con la rueda E', sirviendo el volante V para que el brazo Y, á que está unido un platillo tronco cónico, se aproxime ó separe del coginete, haciendo entrar ó salir dicho tronco de cono en el interior de la polea P' de más diámetro, que tiene un hueco de igual figura, parándose ó poniéndose en marcha la máquina.

Otro soporte permite á su vez el paso de otro eje F, al que están unidas las poleas R por una llave que entra en una caja abierta á todo lo largo de él, en cuyo extremo se fija otra rueda F' que engrana con la G, sujeta al eje *g h*, en que va montado un piñón G' que engrana con la rueda J, puesta en la extremidad del husillo H el que atraviesa por una tuerca atornillada á la parte inferior del cabezal. También se pueden mover á mano éstos, mediante el engranaje cónico *c d*, haciendo girar el piñón *d* con una llave metida en su cabeza, pues el *c* lo está en el husillo.

La máquina recibe el movimiento del arbol del taller por las poleas P' de cada uno de los cabezales, y supuestos los platillos tronco cónicos ajustados en el interior de las poleas, se transmite por los piñones E á las ruedas E' ejes O y piñones D', que, como engranan con las ruedas D, hacen girar á las piezas B y B' y por lo mismo á las plataformas C y C' que llevan los porta-cuchillas; y cuando se quiera que los cabezales tengan á la vez movimiento de traslación se cruza una correa de las poleas P á las R, con lo que el de rotación de aquéllas se transmite á los ejes F y piñones F', que por medio de las ruedas G y G' pasa á las J, haciendo

girar á los husillos H, que comunican, el de traslación á sus tuercas y los cabezales.

El torneo de los muñones comprende dos operaciones, que son el torneo del cuerpo cilíndrico del muñón y contra-muñón, y el de los frentes, que vamos á ver como se hacen.

El cañón se pone sobre las lunetas con su ánima horizontal, para lo que se introduce un nivel en el alojamiento del cierre, que indicará cuando se haya conseguido; y lo que se ejecuta, haciendo entrar ó salir las piezas M y M′ de las mismas del modo explicado, hasta que á la vez que el cañón ha tomado dicha posición el centro de cada muñón coincida con el punto que se atornilla á cada plataforma de los cabezales, moviendo también lo que sea necesario dichas lunetas á lo largo del banco X′, haciendo girar sus husillos.

Antes de poner el cañón en la máquina, se habrán marcado en los planos de boca y culata, las intersecciones del plano horizontal que pasa por el eje del ánima, en el que estará contenido el de muñones; y si se llevan dichos trazos á los planos de los muñones se marca en ellos el centro, y con un granete sobre tiza, para distinguirlas mejor, las circunferencias que limitan exteriormente el muñón y contra-muñón, en cuyo caso no se necesita poner el cañón horizontal en las lunetas, bastando con que el punto de cada plataforma, coincida con el centro de cada muñón, sirviendo de guías para el torneo, ambas circunferencias.

Los dos muñones se tornean á la vez, empezando por desbastarlos en toda su longitud á un diámetro ligeramente superior al del contra-muñón, dándoles después una pasada fina al calibre de éste con lo que dicha parte queda acabada de tornear; todo lo cual se lleva á cabo colocando un buril en cada porta-cuchillas K′, y poniendo en marcha la máquina, cruzando también la correa sinfín que une las poleas P y R, para que á la vez que el buril gire, por hacerlo el porta-cuchilla, avance con los cabezales; y cuando ya toca el corte de él en el cuerpo del cañón, se retiran á mano éstos y se para la máquina. Seguidamente, haciendo salir la cuchilla,

se acaban de tornear los muñones de igual modo; y se pasa al torneo de sus frentes, que se hace, soltando la correa cruzada que comunicaba el movimiento de las poleas P á las R, puesto que ya no se necesita que los cabezales se trasladen á lo largo de sus bancos, y colocando un buril en cada uno de los porta-cuchillas K, que pueden acercarse ó alejarse del centro de la plataforma por tener una tuerca atravesada por un husillo en cuya cabeza libre se fija la estrella *z;* unas reglitas de hierro que se atornillan, dejándolas algo fuera del plano vertical que pasa por los dichos husillos, son las que, cada vez que dán una vuelta las plataformas, hacen girar las estrellas *z*, pues para pasar éstas, al tocar uno de sus brazos en la regla, toman movimiento de rotación, así como el husillo á que ván fijas, que persiste mientras aquéllas quedan entre dos brazos, que ya no tocarán en ellas, y por tanto, la tuerca y el porta-cuchillas corren á lo largo del husillo, acercándose al centro ó separándose, según el sentido de la rotación de éste; de modo que aproximando á mano los cabezales, hasta que la cuchilla coincida con el trazo que limita el plano del muñón, se pone en movimiento la máquina, girando la plataforma, y en cada vuelta vá entrando más la cuchilla, hasta terminar el frente; si el trazo que limitara la longitud del muñón distara mucho del plano del mismo, que antes de tornearse tiene, el buril vá poco á poco quitando metal desde dicha superficie hasta llegar por fin al trazo.

Como la mayoría de los cañones, tienen taladrados sus muñones para en ellos poder colocar unos suplementarios llamados de maniobra, porque con éstos se facilita la operación de montarlos y desmontarlos en sus cureñas, se suelen hacer dichos taladros en la misma máquina de tornear muñones, poniendo en los centros de las plataformas unas brocas y dándolas movimiento de rotación, á la vez que el de traslación de los cabezales, como ya se expuso; ó mejor aún, para que sea este último más rápido, introduciendo unos volantes en los ejes F, que se hacen girar á mano; y si han

de estar roscados tales taladros, se hace esto con un macho colocado, en vez de las brocas, en las plataformas.

Cepillado entre muñones.—Para terminar exteriormente el cañón, de modo que tenga las dimensiones finales que los planos señalan á cada parte, resta aún quitar el exceso de metal que tiene en la parte comprendida entre muñones en los cañones de bronce comprimido y los entubados de fundición; pues los sunchados, como se termina el suncho de muñones por su contorno exterior en una garlopa vertical antes de ponerle, rara vez necesita de dicha operación, que recibe el nombre de cepillado entre muñones, y que es menester ejecutar en una máquina de cepillar en que gire el cañón, presentando al corte de la herramienta la superficie comprendida entre los muñones.

Como tipo de esa clase de máquinas describiremos la representada en la fig. 74, lám. 21, compuesta de un banco de fundición X sobre el que se levantan dos fuertes piés A y A′ que sustentan la mesa C que entra en ellos á cola.

Una luneta L, que puede colocarse á diferentes distancias en dicho banco, sirve en unión del mandril expansivo NN′ para sostener el cañón, permitiéndole girar.

La máquina recibe el movimiento de las poleas P ó P″, pues la P′ es loca, y por intermedio de dos piñones montados en el eje de las poleas se obtiene el giro de la rueda R y eje O en que vá fija; en él está también colocado un sinfin H que puede moverse á lo largo de él, pues la llave que lo une entra en una caja abierta en aquél, ocupando toda su longitud, y engrana con una rueda B puesta en el eje D, que atraviesa toda la mesa, en que van otras dos que cada una engrana con una cremallera abierta en las caras superiores de los montantes ó piés A y A′; de modo que la rotación de las poleas origina la traslación de la mesa, por el engrane de las diferentes partes que acabamos de enumerar.

El cañón gira, porque apoyado en la luneta L por la culata, queda sólidamente unido por la boca al mandril NN′ expansivo; compuesto éste, de un casquillo expansivo N′

serrado en sentido de una generatriz, el cual es interiormente cónico y en el que entra un mandril de igual figura, ligado al eje *n* que atraviesa el manguito N al que va unido el casquillo N', y sale por la parte posterior, estando dicho eje roscado en su extremidad. Una rueda α roscada interiormente, que es tuerca del citado eje, accionada por el sinfin δ, cuyo eje termina por una cabeza cuadrada, al girar, hace salir al *n*, entrando el cono, que expansiona el casquillo N', que queda así comprimido contra las paredes del ánima en la boca, y el cañón por tanto ligado á él y al manguito N. La rotación de éste y consiguientemente de la pieza, es efecto del giro de la rueda G á aquél unida, que se obtiene, por engranar con un sinfin en cuyo eje G' está fija una rueda M, que mediante un fiador *g* que tiene la horquilla Y, la hace girar un diente cada vez que la mesa retrocede, y al terminar esta parte de su curso se pone en marcha en sentido opuesto, para empezar á cortar, mediante el mecanismo siguiente: la horquilla Y está compuesta de dos brazos, de los que uno tiene á su extremo un contrapeso, y el otro un ojal al que se une una cadeneta que se sujeta en un gancho *h* de la palanca *h'* fija al eje O'' el cual penetra en el montante A que contiene otro eje paralelo al O', en que vá un piñón cónico que engrana con otro del O', y que gira, cuando, al terminar su curso la mesa, cambia el sentido del movimiento, por la rotación que le comunica el piñón I; lo que produce el giro también, de la palanca *h'*, quedando floja entonces la cadena que está unida al ojal de la horquilla Y, descendiendo el fiador por la acción del contrapeso; mas tan pronto como va á terminar la mesa su retroceso, al iniciarse el cambio de marcha, giran en sentido contrario el eje O'' y la citada palanca, ejerciendo la cadena tracción de la horquilla, que al girar alrededor de su eje, obliga á que el fiador *g*, que se habrá encajado entre dos dientes consecutivos, se mueva; y la rueda *m* un diente, girando el pequeño ángulo correspondiente el sinfin y rueda G y por consiguiente el cañón.

Para cambiar de dirección el movimiento de la mesa,

tiene el montante A' á lo largo de él, una corredera I'', labrada á su costado exterior, en que se fijan dos topes que limitan el curso de aquélla, que está atravesada, normalmente á dichos montantes, por un eje Q en una de cuyas extremidades, que sobresale por la derecha, hay sujeta una horquilla Y', y lleva en la otra un piñón cónico *m* que engrana con otro *m'* fijo en el eje Q', soportado por la misma mesa, al que está unido por las palancas articuladas *l* y *l'* un pequeño manguito por que pasa el eje O', mediante su correspondiente llave y canal que ocupa toda la longitud de éste, susceptible de recorrerla en los cursos de dicha mesa; y en el eje O' está el piñón I que engrana con el I' al que se une la palanca que hace mover el pasa correas.

Así es que cuando la horquilla Y' del eje Q, tropieza en uno de los topes puestos en la corredera del montante A', dicho eje gira en un sentido, así como los piñones *m* y *m'* y eje Q' que por medio de la articulación *l l'* hará girar al eje O', piñones I é I', y por fin á la palanca del pasacorreas que llevará la correa de la polea P á la P'' ó viceversa. Ahora bien, una de ellas, la P, está fija en un eje que tiene una rueda que engrana con otra, montada en otro más corto, por la que se comunica el movimiento á la R'; y la polea P'' está en un manguito por cuyo interior pasa el eje de la P, fijándose además en él, otro piñón que engrana directamente con la rueda R; si por tanto, suponemos que la correa abraza la polea P, ésta girará y la rueda de su eje, y como no engrana con la rueda R' sino por el intermedio de otra, la rotación de dicha rueda y de su eje O será en sentido contrario que cuando tiene lugar por la R, cuyo engrane con el piñón fijo en el manguito de la polea P'', es directo; verificándose de tal modo el cambio de marcha de la mesa.

En la mesa C va un carrillo F al que se fija el portacuchillas K'. Dos ejes J y J' que pasan por su parte posterior, sirven el uno para darle movimiento lateral, por lo que en

él hay labrado un husillo que pasa por un taladro roscado del carrillo, que hace de tuerca; y el otro para subir ó bajar el porta-cuchillas, y con él la herramienta, que se consigue por medio del engrane de un piñón cónico, que tiene dicho eje, con otro en que hay un engrane helicoidal que hace girar al husillo *d*, subiendo ó bajando su tuerca, que es la parte del carrillo á que se atornilla el porta-cuchillas K'; ambos movimientos del carrillo se pueden hacer automáticos, para lo que el eje Q tiene un manguito sujeto en él con una llave del que nace una palanca *p* articulada á otra T, que á su vez lo está á la T', fija en un eje E que en su otra extremidad recibe una pequeña palanca, á la que se atornilla otra E' que sostiene en uno de sus extremos los dientes ó fiadores F' y F'', que según sea uno ó el otro el que engrane con una rueda fija al eje *z*, ó con la que hay en un manguito por que el mismo pasa, girarán el eje J ó el J', dándole movimiento, en este caso, la rueda montada en él, que lo recibirá de la superior con quien engrana.

Para que en el retroceso de la mesa, la cuchilla no toque en la pieza que se está cepillando, lleva el porta-cuchillas, compuesto de dos partes que giran al rededor de un eje, en la de delante una varilla *b* que se une por una cadenilla al gancho *a* de una palanca sujeta al eje E que cuando gira éste, en los cambios de marcha, tira de la cadenilla obligando á levantarse á la parte de aquél que lleva el buril, y al verificarse el giro en sentido contrario, cuando comienza el curso en que ha de cortar la cuchilla ó buril, la cadenilla queda floja tocando el plano posterior de la pieza anterior del porta-cuchilla con el anterior de la otra.

Con la descripción hecha de la máquina y del funcionamiento de cada una de sus partes se facilita la comprensión del modo de llevarse á cabo el cepillado entre muñones.

El cañón se coloca sobre la luneta y sujeto por la boca con el mandril expansivo, dándole la inclinación que el

cuerpo comprendido entre los muñones haya de tener; con cuyo objeto el soporte S′ se puede adaptar á uno suplementario que puede recibir diferentes inclinaciones, cuando no sea bastante el curso de la luneta, en sentido vertical, para conseguirlo. Seguidamente se hace girar el cañón á mano, introduciendo un volante en la cabeza *s* del eje de la rueda M hasta que la parte más próxima á uno de los muñones, se presente bajo el buril; se establecen en la corredera I″ del montante A′ los topes que han de limitar el curso de la mesa según la longitud del cuerpo comprendido entre muñones, y se hace descender la cuchilla lo que sea preciso para dar la primer pasada, dejando desengranados ó levantados los fiadores F′ y F″; poniendo ya en marcha la máquina, pasando la correa de la polea loca P′ á la P″ por medio del giro del eje Q mediante la palanca Q″, con lo que el movimiento se transmite por el piñón fijo en su eje, á la rueda R, eje O y sinfín H, que hará girar á la rueda B, eje D, y ruedas fijas en él, que engranando con las cremalleras de los montantes, ocasionarán la traslación de la mesa hacia adelante, cortando el buril; al llegar al final de su curso, la horquilla Y′ del eje Q, tocará en el tope anterior y cambiará la correa de la polea P″ á la P, girando el eje O en sentido contrario, por lo que la mesa retrocederá; y al girar el eje Q lo harán las palancas *p*, T y T′ y el eje E y con él la palanca fija en éste, á que se sujeta la cadenilla que liga el extremo de la varilla *b*, tirando de ella, y levantando la cuchilla; asímismo, el eje O″ participará de dicho giro, como la palanca *h′*, descendiendo el brazo de la horquilla en que vá el contrapeso, separándose el fiador y recorriendo un diente; terminado el retroceso de la mesa, todos los movimientos se verifican en opuesto sentido; la mesa avanza, el cañón gira, porque la cadeneta tira de la horquilla al girar la palanca en dirección contraria que antes, lo que ocasiona que la rueda M gire un diente y el sinfín montado en su eje, y por consiguiente la rueda G, fija al manguito del mandril expansivo, y asímismo el cañón. Así se prosigue, hasta llegar

al otro muñón, dando el número de pasadas precisas para que quede con el diámetro debido dicha parte, que terminada que sea se gira á mano el cañón, hasta rebasar el muñón, y se cepilla después de igual manera la superficie opuesta.

Con esta operación quedan terminados, así interior como exteriormente los cuerpos de los cañones, pasando al ajuste, de que nos ocuparemos seguidamente.

CAPÍTULO XI

Ajuste.—Cierres y obturadores.—Trazado de la línea de mira.—Peso y preponderancia.—Grabado, pavonado y pintura.

Ajuste.—El ajuste de un cañón comprende todas aquellas operaciones que en él hay que hacer después de haber salido de las máquinas, hasta su completa terminación, así como las que hay que llevar á cabo en el cierre y demás elementos. Abarca, pues, unas que se ejecutan en el cañón, y otras que lo son fuera de él.

Hay que terminar los planos de boca y culata, dulciéndolos; en los cañones que tienen los contramuñones cilíndricos, se corta á cincel el sobrante de los mismos y se repasa á lima; se hace el plano para la escuadra de nivel ó el eclímetro, se abren y roscan los taladros para la sujeción de los soportes de puntos de mira, del aparato de puntería, etc.; las cajas para las alzas, cuando no van puestas en una placa de bronce que se atornilla al plano de culata; se hacen así mismo los taladros para el soporte de la visagra de la teja, ó del collar, según el sistema de cierre, etc., etc., y por último se le ajusta el cierre, se le ponen los elementos de puntería, y los mecanismos que han de servir para unirlo al montaje.

Para no perder tiempo, en lo que el cañón sufre todas las operaciones mecánicas hasta aquí descritas, se construyen alzas y demás elementos, así como el cierre, que se traza y ajusta por una culata plantilla, que es, de fundición, la culata de la pieza acabada exterior é interiormente á dimensiones.

Cierres y obturadores.—Las piezas de artillería que en la actualidad se construyen, son de retrocarga, pues hace tiempo se han reconocido universalmente las ventajas que tal sistema reporta sobre el de antecarga, ventajas entre las que se cuentan, ser más fácil el servicio de la pieza, hacer la carga más protegidos, no necesitar sacar de batería la pieza para cargarla, lo cual era un gran inconveniente en las baterías de plaza y costa, mayor rapidez en el tiro, un centrado perfecto del proyectil, trayectorias más tendidas y mayor precisión y alcance, en fin.

Diversos son los sistemas empleados para cerrar la culata de los cañones de retrocarga, pudiendo todos ellos reunirse en dos: cierres de cuña y de tornillo; pues aunque ha habido otros muchos tales como los de cerrojo, de torno ó molinete, de émbolo ó pistón, de cuña, de rosca, y de recámaras, usados por Wharendorrff y Armstrong, por los franceses, con el nombre de *systeme á robinet,* por Engstrom, por Caballi, por Whitworth y Clay y por Eastman, respectivamente, hoy solo están en uso las dos citadas clases, dándose la preferencia al cierre de tornillo.

Los cierres de cuña usan todos análogo sistema de obturación; no así los de tornillo, si bien la variedad de tipos más principales inherentes á tal sistema, es corta; y pueden reducirse, á cierres cuyo mecanismo de obturación se compone de dos partes una fija al cañón y otra movil unida á aquél, y cierres en que el mecanismo de obturación vá unido todo á él, y es por tanto movible. A la primera división pertenecen los que tienen anillo de cobre y banda de igual metal en el platillo, y á los segundos, el obturador plástico Bange, el obturador Freire y el Italiano; habiendo por último

un tercer sistema mixto, ensayado recientemente en el Creussot, con buen resultado.

Cierres de cuña.—Es el mecanismo de cierre empleado por Krupp, así en los cañones de campaña como en todos los demás, difiriendo entre sí en pequeños detalles hijos del servicio á que la pieza se dedique. El que usa en los cañones de grueso calibre está representado en la fig. 75, lám. 22. Consta de la cuña A, propiamente dicha, cilindro-prismática de igual sección en cada una de sus partes que las correspondientes de su mortaja ó alojamiento en el cañón, B, provisto de unas ranuras rectangulares paralelas al eje del cilindro posterior, para que al entrar y salir dicha pieza su cara posterior se apoye siempre en la posterior de su alojamiento y la anterior sea la que se separe ó aproxime. Dicha cuña ocupa su sitio quedando completamente en contacto el platillo *a* con la base del anillo *d*, cuando los filetes del tornillo T hayan entrado completamente en la parte roscada que el cañón tiene en T'; estando cortados dichos filetes, menos el primero, que es entero, para que una sola vuelta baste para concluir de cerrar; dicho tornillo puede girar alrededor de su eje, valiéndose de la palanca D, que se introduce en la cabeza cuadrada C, por que termina.

La obturación se obtiene por el anillo de acero *d* fijo en su alojamiento del cañón y el platillo *a*, taladrado en su centro para dar paso al grano *g* por cuyo fogón se ha de comunicar el fuego á la carga; estando roscado en su extremidad posterior, para atornillar en ella el estopín obturador.

Para facilitar el movimiento de traslación de la cuña tiene un tornillo E que puede girar dentro de los soportes I, existiendo embutida en el cañón, una semituerca que engrana con la parte superior de dicho tornillo; así es que si se coloca la palanca D en la cabeza cuadrada por que termina, y se la hace girar, también lo hará el tornillo; y como con él engrana la semituerca fija al cañón, la cuña entrará ó saldrá en su alojamiento, según el sentido de la rotación;

limitando su curso, una cadena sujeta por un extremo á la placa de unión de la cuña y por el otro á la culata.

La cuña está taladrada en dirección del eje de la pieza, y sirve dicho taladro, de igual diámetro que otro hecho en la parte posterior del cañón, para introducir la carga cuando la cuña se ha sacado; favoreciendo la entrada del cartucho ó cartuchos, un tubo de carga *m*.

La manera de abrir y cerrar la culata se comprende desde luego. Si suponemos esté abierta, después de cargado el cañón, se retira el tubo de carga, se hace girar la palanca D puesta en el tornillo E de izquierda á derecha, con lo que la cuña avanza dentro de su alojamiento, hasta que el primer filete del tornillo T toque en la tuerca T', que girándole hácia la derecha se hacen entrar todos los filetes en los de la tuerca, quedando cerrada la culata. Para abrir se procede en sentido contrario que antes.

La obturación tiene lugar del modo dicho, pues los gases al obrar sobre el platillo, por la forma especial de éste, lo expansionan, adaptándose á las paredes de su alojamiento, impidiendo pasen entre su superficie y la de aquél; y á la vez asienta la base del anillo contra la superficie plana del platillo que ya al cerrarse la culata, la cuña lo forzó contra aquélla. Cuando por efecto de muchos disparos se hubiera comprimido el metal del anillo, y diese á entender que la obturación se hacía imperfectamente, se colocan entre el platillo y su alojamiento en la cuña, unas chapas supletorias de latón.

Cierres de tornillo con obturador Piorskowsky. —Los cierres de tornillo que emplean para obturar, un anillo Piorskowsky y un platillo con una banda de cobre, pertenecen al tipo de los que una parte del obturador vá fija al cañón y la otra al cierre.

Se compone (fig. 76, lám. 22) del tornillo de cierre A, de seis sectores, tres roscados y tres lisos, vaciado interiormente para aligerar su peso, y en el que asienta por su cara anterior un platillo B, de que puede formar parte el grano,

según se vé en la figura, ó ir éste separado atravesando el tornillo de cierre y el platillo, sujetándose á ambos por una tuerca en cada extremo, con una volandera de cobre la del platillo, para impedir el paso de gases entre él y el cierre; atornillándose á ambas extremidades é interiormente unas boquillas de cobre rojo. En el anillo hay hecho á torno un rebajo circular de sección trapezoidal, cuya base mayor es la inferior, en que se introduce á mazo, y tornea después, una banda de cobre destinada á cerrar el paso á los gases que entre ella y la base del anillo quieran salir. El anillo es de cobre sistema Piorskowsky y se fija en su alojamiento del cañón ajustándolo. cuidadosamente.

Al cierre se une en su parte posterior un platillo con asas y palanca, aquéllas para hacerle entrar y salir, y ésta para atornillarlo ó destornillarlo, bastando hacerle girar $\frac{1}{6}$ de vuelta; un tapafogón terminado por un pitón en su extremo superior, que, recorre una canal excéntrica al girar el cierre, descubre, al finalizar el curso y estar atornillado, el fogón, constituyendo un mecanismo de seguridad para evitar dar fuego sin cerrar la culata, lo que originaría la proyección del cierre con consecuencias quizás funestas; impidiendo asímismo, destornillarse á éste, un diente ú otro mecanismo cualquiera.

Para abrir el cierre, no hay más que hacerlo girar con la palanca $\frac{1}{6}$ de vuelta, quedando entonces ésta vertical, limitando su curso un pitón ó tope; en cuya posición los sectores lisos del cañón coinciden con los roscados del cierre y viceversa; y tirando con las asas hacia atrás sale éste, abriéndose la culata, y quedando, al girar la teja que lo recibe, alrededor de la visagra, fijo en ella, porque en su parte inferior tiene un rebajo que le asegura á dicha teja D, porque en él entra un diente solicitado por un muelle que le impide descender.

La teja D, tiene por objeto soportar el tornillo, como hemos dicho, al salir del cañón y sostenerlo cuando está totalmente abierta la culata; paraconseguirlo lleva hecha, en

su fondo generalmente, una abertura cuadrada por que pasa la cabeza del pestillo T, que un muelle la obliga á estar siempre con el diente hacia abajo, y que en la figura no se ve representada por moverse el pestillo á mano cogiéndole por la extremidad *a;* alojándose la cabeza de dicho pestillo en una canal que el cierre lleva en su parte inferior, que termina por un tope, que se une á la misma por un plano inclinado, el que al acabar de salir el cierre del cañón pasa por encima de aquella cabeza haciendo descender al pestillo, zafándose su diente de una grapa *b* fija al plano de culata, en que estaba alojada, pudiendo la teja con el cierre girar libremente alrededor del pasador ó visagra que la une al cañón, quedando la culata completamente abierta. También tiene la teja dos rebordes ó guías en toda su longitud por donde resbala el cierre con gran facilidad. La culata se cierra por medio inverso al que se abrió.

Cierres en que el mecanismo de obturación va unido al cierre.—A esta clase pertenecen varios tipos diferentes, siendo los principales, aquellos cuyo sistema de obturación es el Broadwell, el ideado por Freire, ó el plástico de Bange.

Obturador Broadwell.—Es el sistema de obturación de muchos cañones de cierre francés, y el mismo que tienen las piezas de montaña Plasencia; consiste en un obturador de acero, que en su parte anterior lleva un anillo con rebordes, del que nace un vástago cilíndrico taladrado en toda su longitud, en que se aloja el grano; todo ajustado en el tornillo de cierre, pasando el grano por su interior y quedando el platillo apoyado por su parte posterior en el plano anterior del tornillo de cierre, entre los que se pone una arandela de cobre. El cañón tiene hecho un alojamiento de la figura exterior del platillo en que se ajusta la superficie exterior de éste, adaptándose ambas completamente al obrar sobre él la presión de la pólvora, impidiendo salir los gases.

Obturador Freire.—Se distingue este obturador de todos los demás descritos, en que la presión de los gases de

la pólvora no se ejerce directamente sobre el anillo, sinó sobre otra pieza, por cuyo conducto se transmite á él, expansionándole, y obturando perfectamente.

Está compuesto (fig. 77, lám. 22) de una cabeza móvil A y de un anillo obturador B. Este se hizo primeramente de cobre rojo y posteriormente de acero, habiéndose adoptado, casi exclusivamente de este metal; es cónico y su sección, por tanto, un triángulo rectángulo cuyo cateto mayor engendra la superficie exterior que está en contacto con las paredes del cañón, constituyendo el otro la base que apoya contra el plano anterior del tornillo de cierre. La cabeza móvil está formada por un vástago C roscado en su extremidad externa, y terminado por la otra en una cabeza tronco-cónica cuya base mayor es la anterior; el grano está abierto en el vástago, atornillándose á su extremo una boquilla de cobre. Una tuerca D sirve para unir la cabeza móvil al tornillo de cierre, y un muelle I la obliga á tomar su posición inicial, después del disparo. En los últimos modelos este muelle se ha suprimido por innecesario. El cierre va unido al aro portacierre ó á la teja, según en el cañón que se ponga.

El alojamiento del obturador es en el cañón, ligeramente cónico, el diámetro mayor hacia la culata. La obturación se verifica porque ejerciendo presión los gases de la pólvora sobre la cabeza móvil, la echa hacia atrás, y como exteriormente es tronco-cónica y se ajusta al interior del anillo, le dilata, comprimiendo sus paredes á las del cañón, á la vez que por la base queda hecha la obturación por la misma cabeza móvil y el anillo. Para conseguir un buen funcionamiento, basta que el metal del anillo tenga un límite elástico tal, que la dilatación mayor que haya de experimentar á consecuencia del disparo sea inferior al alargamiento elástico, para que no sufra ninguna dilatación permanente; de modo que calculando qué inclinación se debe dar á la generatriz del cono de la cabeza móvil y anillo, así como el curso de aquéllas, de manera que la dilatación á que se sometan esté dentro del límite elástico del metal, ni el anillo padecerá, ni

tampoco su alojamiento, pudiendo durar mucho tiempo un mismo obturador.

Obturador plástico de Bange.—Bange emplea para la artillería de su sistema, un obturador plástico que se ha hecho de uso general en Francia y en otras naciones. Su disposición, aunque difiere algo entre los de las piezas de campaña y los de las de grueso calibre, obedece á una misma idea y solo son distintos en pequeños detalles.

El obturador que usa en los cañones de 34 centímetros de su sistema, es el que vamos á describir, pues luego al ocuparnos del cierre Italiano, se expone el tipo más general de esta clase de obturadores.

Dicho cierre y obturador está representado en la figura 78, lámina 22.

El tornillo de cierre A está perforado en toda su longitud, dando paso al grano B, que por uno de sus extremos va roscado á aquél, y en el opuesto forma una cabeza C; dicho grano se apoya por un reborde *a* en el fondo de un rebajo hecho en el tornillo para dar cabida á la pieza D, pudiendo tanto la cabeza como el obturador girar alrededor del grano, así como moverse en sentido de su eje, por permitirlo la distancia que separa el fondo, del hueco anular de dicha pieza D, y la base inferior de la corona de la cabeza; estando el obturador dividido en dos partes por la citada corona constituídas cada una de ellas, del mismo modo que todos los obturadores de dicho sistema, por una torta de amianto forrada de lona comprendida entre dos copelas de estaño cuyas aristas están protegidas por arandelas de latón. Unos agujeros hechos en la corona anular, llenos de materia plástica, contribuyen á equilibrar las presiones en las dos partes del obturador.

El alojamiento de éste es de mayor longitud, y troncocónico, cuyo diámetro mayor corresponde á la culata para facilitar su separación al sacar el cierre.

Al verificarse el disparo, la presión obra sobre la cabeza móvil que retrocede dentro de su alojamiento, comprimiendo

el obturador, el cual aumenta por tanto de diámetro, y cierra, por su adherencia con su alojamiento del cañón, el paso á los gases, que si por cualquier circunstancia llegaran á pasar entre la cabeza móvil y el grano se quedan en la cavidad H, que con ese objeto tiene la cabeza.

El cierre va sujeto á un aro porta-cierre que puede girar por medio de una visagra para dejar libre la culata para efectuar la carga, y todo el mecanismo se preserva de los choques, que de estar al descubierto pudiesen recibir, prolongando el último suncho de culatas ó el manguito en los cañones de campaña; estando además provisto de los órganos necesarios para su extracción y giro, variables en su forma y disposición, en otras piezas.

Cierre italiano con obturador Bange.—Este cierre (fig. 79, lám. 22) se compone de un tornillo partido A, taladrado en toda su longitud, para dar paso al vástago B del hongo ó cabeza móvil C del obturador, que se fija en su posición con un cangrejo D. Posteriormente tiene una corona dentada *a* en toda la circunferencia exterior menos un sexto, engranando con ella un piñón E, que con un manubrio se puede hacer girar, bastando 3,96 vueltas para que llegue á su sitio. El aro porta-cierre gira al rededor de una visagra impidiendo se zafe de él un tornillo de retenida, teniendo además un picaporte al costado izquierdo para asegurarla al cañón, cuando se ha introducido el cierre en su alojamiento.

El sistema de obturación es el plástico Bange, y está compuesto de una cabeza móvil de acero, que se prolonga en el vástago, en cuyo interior se abre el fogón, y la galleta ó torta de amianto forrada de lona comprendida entre dos copelas, constituídas por dos discos de estaño en que van embutidos dos anillos de latón con dos cortes oblícuos para que se puedan expansionar.

Obturador mixto.— Es este obturador debido á M. Schneider, y recibe el nombre de obturador *composite* ó mixto, participando del sistema Bange y del anillo Broadwell,

siendo el fin propuesto por su inventor al proyectarlo, evitar la dilatación á que dan lugar las fuertes presiones continuadas, en las galletas de los obturadores Bange dificultando la extracción del cierre después del disparo.

Está constituído dicho obturador (fig. 80, lám. 22) por la cabeza móvil A y vástago B, ambos de una pieza, en cuyo interior se abre el fogón, de la galleta ó torta de amianto forrada de lona C, comprimida entre las copelas D sin rebordes y de los ánillos elásticos I, de sección triangular, que contienen la galleta y se hallan unidos por unos rebajos á las copelas.

La presión en el disparo echa atrás la cabeza móvil, que actuando sobre el obturador lo comprime, dilatando la torta de amianto que ejerce gran presión sobre las paredes del cañón y el vástago; y como de igual efecto participan los anillos elásticos, se adaptan á su alojamiento del cañón, obturando perfectamente, á la vez que impiden toda salida del amianto. Dichos anillos son de cobre rojo así como la copela ó rodaja anterior, y la otra es de acero. Las experiencias ejecutadas en el Creussot con ellos han dado buenos resultados.

Construcción de los obturadores y cierres.— Descritos ligeramente los principales tipos de cierres y obturadores hemos de explicar su construcción, examinando por separado la de los elementos de obturación y la del cierre.

Si la obturación es por medio de un anillo de cobre y una corona ó banda de igual metal fija en el platillo, se hace aquél de cobre rojo, que se lamina hasta obtener una chapa cuyo grueso sea mayor que la altura del anillo, y excediendo, así mismo, su ancho al diámetro exterior, la que en una garlopa ó cepillo se corta en trozos cuadrados, llevándose después cada uno de éstos á un torno para sacar un aro ó corona de cobre; se martilla seguidamente, por último, y se tornea, dándola la forma especial que interior y exteriormente tiene dicho anillo y haciendo su frente;

ajustándose luego en el cañón cuidadosamente, marcando el alojamiento con minio, para conocer donde empaña ó donde deja de tocar para corregirlo y conseguir dicho ajuste. Las bandas de cobre se extraen del núcleo que dejó el anillo para lo que se bate fuertemente, aumentando así sus dimensiones transversales, y á torno se saca un aro que se tornea á dimensiones, haciéndole entrar á mazo luego en la canal del platillo, terminándole á torno hasta dejarle con la altura que debe tener sobre el plano anterior del platillo.

Más económico, pues se aprovecha casi todo el material, es el método siguiente para construir dichos anillos. Al cobre, después de afinado, se le da, en laminadores adecuados, la forma de tubos de un espesor algo mayor que el del anillo ó banda según para que se destinen, que se cortan, en un cepillo ó á torno, ó mejor en una sierra múltiple, en trozos que cada uno dé un anillo ó una banda. Después sufren un enérgico martillado sobre una base plana y en la parte redondeada de un yunque, prosiguiéndose con el torneo en desbaste y conclusión, del modo que antes se ha dicho. Por tal proceder no hay más pérdidas que las virutas que ocasionarían los cortes; no así por el otro, que como se sacan de trozos de superficies planas cuadradas, el resto, aun aprovechando algo de los núcleos para las bandas, que es mucho, solo sirve para refundirlo.

Los obturadores Broadwell, generalmente son de acero, y en tal caso su construcción se reduce á tomar redondos de acero de mayor diámetro que el final á que han de quedar aquéllos, que se desbastan en un torno, y cortan en trozos que den uno cada uno, los que se terminan á torno, ajustándolos después á los respectivos cañones, valiéndose de una ligera capa de minio, como antes, para conocer donde hay que aligerarlos.

Estos obturadores deberán ser templados con ciertas precauciones para que el límite elástico del metal sea tal, que garantice una buena obturación.

Para construir los del sistema Freire, se hace uso de un

acero muy elástico y compacto. Los anillos se obtienen de barras cilíndricas de acero que se cortan en trozos que puedan dar varios de ellos, barrenándolas con una barrena tubular para aprovechar los núcleos é invertir menos tiempo, y se desbastan exteriormente; templándolos después en aceite, calentándolos á 800 ó 900°, y recociéndolos, en cuya disposición se cortan en trozos que dé cada uno un anillo, los que se tornean, dándoles una forma aproximada á la definitiva, con algún exceso en sus dimensiones, para volver á templarles igualmente en aceite, concluyéndolos hecho ésto, y ajustándolos al cañón.

Este ajuste no necesita ser muy exacto, bastando que la superficie exterior del anillo empañe ligeramente su alojamiento. El acero que se emplea ha de ser suave, con lo que quedará, con los temples dichos, perfectamente. La cabeza móvil se hace á torno, forjándola antes á dimensiones aproximadas.

Los obturadores Bange se fabrican del siguiente modo: El amianto en fibra se tritura y tamiza echándolo en artesas; se hace la mezcla con el sebo, para lo que en un recipiente se derrite éste, que entra en una proporción de un 30 % del peso del amianto, y se vierte en otro recipiente, echando en el primero amianto en cantidad suficiente para absorber todo el sebo, que queda adherido á sus paredes, sacándole ya impregnado de él, y poniéndole aparte en una vasija, se vierte otra vez el sebo del segundo recipiente al primero, que ya estará desocupado, y se vuelve á echar amianto en el segundo hasta que á él se mezcle todo el sebo que pudiera contener y así se sigue trasbasando éste de unos á otros recipientes, é impregnando de él distintas porciones de amianto, hasta que todo el sebo quede bien unido á aquél; tomándose de la masa así constituída, la parte necesaria para hacer una torta.

Dicha pasta se introduce en una doble matriz de acero que tiene interiormente la forma exterior de la galleta, y se somete en una prensa hidráulica, á una presión que, si bien

puede ser variable dependiendo de la que el cañón ha de experimentar efecto del disparo, suele estar comprendida entre 1000 y 1200 atmósferas; extrayéndola después de la matriz, y forrándola con lona, que se cose, de modo que quede bien tirante. Mientras, se habrán torneado las copelas, y acabadas que fueren, se mete la galleta revestida de lona, entre ambas, y todo reunido, se introduce en otra matriz cuya forma interior es exactamente el alojamiento del obturador, y se somete de nuevo á la acción de la prensa hidráulica, habiéndose antes calentado todo á una temperatura de 80°; y terminada esta última compresión, se extrae de la matriz pudiéndose ya hacer uso de él.

Los cierres de tornillo partido se construyen de barras cilíndricas de acero fundido y forjado de las que se pueden sacar cuatro ó más según su longitud, que en su diámetro tienen un exceso de 16 á 20 milímetros para poder reconocer el material en el torno, donde se desbastan; y de resultar sanas, se cortan en él en trozos del largo conveniente á dar cada uno un cierre, descubriendo dicho corte si hay defectos en el material interiormente. Con los trozos sanos se procede al torneo en desbaste y barrenado interior, dejándoles exteriormente con un exceso de 3 á 4 milímetros en sus diámetros, templándolos seguidamente en aceite, volviendo después al torno á concluirlos, mediante las operaciones siguientes:

Conclusión del alojamiento para el grano de fogón y de la cavidad interior.

Torneo y roscado del alojamiento del platillo exterior.

Torneo del otro frente y alojamiento para el platillo obturador.

Torneo exterior del tornillo de cierre y roscado del mismo.

Para comprobación de la rosca se emplea una tuerca con una abertura longitudinal por que se puede apreciar si los flancos de la rosca del tornillo se ajustan perfectamente; y para examinar si el cañón está así mismo bien roscado se

reconoce éste con un macho ajustado á dicha tuerca, evitándose así tener que probar cada tornillo en su cañón.

Roscados los tornillos de cierre pasan á seccionar ó sea cortarles la rosca en los sectores que han de tener lisos, operación que se lleva á cabo en una máquina de fresar, ó en un cepillo, siendo preferible éste.

Antes se habrán trazado dichos sectores en una culata plantilla.

Por último, se hace la canal para el pestillo de la teja y para las correderas de la misma, en una máquina de fresar, acabándolas á cincel y lima.

El platillo posterior, que lleva la palanca de cierre, también de acero, como todas las demás partes de dicho mecanismo, se forja para darle la forma aproximada que ha de tener, sufriendo después las siguientes operaciones mecánicas. Es la primera el torneo del hueco interior que ha de ajustar en el rebajo del tornillo de cierre, que se ejecuta en un torno cogido en la plataforma del mismo con sus grapas, y sin moverle de dicha posición se tornea el plano exterior; quitándole del torno seguidamente y poniéndole en la mesa de un cepillo ó garlopín descansando sobre la cara ó plano exterior recién torneado, se cepilla la otra cara y el rabillo; y después se le dispone en el mismo cepillo para cepillar su perímetro que es circular. Por último, se hacen los taladros, que después se fresan, para los tornillos que le sujetan al cierre, cuyas cabezas van embutidas, y se taladra el hueco para encajar las asas, así como se hacen los agujeros para después sacar la ranura del tornillo ó pitón de la corredera tapa-fogón, de no verificarse estas operaciones en máquinas de fresar adecuadas, y se taladra también el extremo de la palanca para la colocación del mango, ajustándose por último.

El platillo obturador se saca de barras de acero fundido y forjado que se desbastan, dejándolas 3 ó 4 milímetros de creces en el diámetro, y que se templan y cortan en trozos para obtener de cada uno un platillo, sufriendo luego cada

uno de ellos las siguientes operaciones: terminación en el torno del taladro por que pasa el grano, torneo del plano anterior y del alojamiento para la banda de cobre, conclusión de la cara posterior que ajusta en el tornillo del cierre y torneo en conclusión de la superficie exterior. Seguidamente se pone la banda de cobre que se tornea á dimensiones, en todas sus partes excepto en la altura, préviamente, y se retunde hasta asentarla perfectamente, concluyéndola de tornear.

El platillo exterior que cierra el hueco del tornillo de cierre por la parte opuesta, se tornea y rosca exteriormente, se le hace el alojamiento para la cabeza del grano, que se rosca, refrentándose después el plano exterior.

Provisto cada cierre, en nuestras piezas de costa principalmente, de dos granos uno para estopín obturador Krupp y el otro para los de fricción, se construyen ambos, forjándolos con las creces debidas, siendo taladrados en toda su longitud, torneados exteriormente y roscados sus extremos torneando también y roscando interiormente el alojamiento para las boquillas de cobre que llevan á sus extremidades. Las boquillas se extraen de barras de cobre que se taladran para el paso del estopín ó del chorro de fuego, se tornean y roscan exteriormente, cortándolas á longitud. El grano para estopín obturador Krupp difiere en que solo lleva una boquilla, la anterior, practicándose en la extremidad posterior el alojamiento roscado para atornillar dicho estopín. Cada grano lleva una tuerca para fijarle, que sirve á la vez para sujetar contra el cierre el platillo obturador; y entre éste y aquélla se pone una arandela de cobre. La construcción de dichas tuercas es la general.

La corredera tapa-fogón es otra de las piezas que lleva el cierre, la cual se forja y es cepillada por sus caras superior é inferior, abriendo después el agujero para el pitón y torneándose la roseta. Las caras laterales también se cepillan, trazándolas con una plantilla que tiene un vástago que entra en el agujero, y por fin se ajusta en el cierre.

Las asas, forjadas con creces, sufren un cepillado de las patinas por su parte inferior y los cantos, acabándose á lima.

En los cañones que el cierre va puesto en una placa de culata como los Armstrong y los reglamentarios de costa «Ordoñez», se obtiene ésta, que es de bronce, moldeada; y fundida con algunas creces, se somete á las siguientes operaciones mecánicas: Torneo interior y del plano que se adapta á la culata, cepillado de la cara ó plano anterior, trazado de las orejetas donde entra el buje de la teja porta-tornillo, cepillado de las caras planas y del perímetro de dichas orejetas, cepillado del contorno exterior de la placa, taladrado de las orejetas para paso del eje de giro de la teja, taladrado y fresado de los agujeros para los tornillos que la fijan al cañón, taladrado de las cajas para las alzas y de la ranura excéntrica para la corredera tapa-fogón y fresado del alojamiento para los casquillos conductores de las varas de alza, ajustándose por último.

La teja porta-cierre, si es de bronce, se funde de la forma que después ha de tener, con creces, y se la prepara para taladrar el buje, cepillando el plano superior de éste é igualando la parte inferior de los resaltes para poder nivelar en la máquina de taladrar; y enseguida se hace el taladro para el eje pasador, fresando los planos superior é inferior. Hecho esto, se coloca la teja en las orejetas de la placa de culata y se trazan las superficies superior é inferior de la teja, que se cepillan, así como el contorno del buje y las ranuras donde se alojan las palancas; abriéndose los taladros para los ejes de éstas, y ajustándose finalmente.

Los cierres de cuña son de acero fundido y forjado y se construyen de trozos de sección rectangular que se forjan á darles dimensiones parecidas á las finales, si bien la parte posterior, que ha de ser redonda, se deja plana para poder cogerla en la plataforma de un torno donde se coloca para tornear el plano anterior y hacer el alojamiento del platillo, después de un cepillado en desbaste. En el mismo torno se abre el alojamiento para el grano; y se sitúa enseguida la

cuña sobre la mesa de un cepillo, sirviendo de base la cara torneada, cepillándose circular la cara posterior y luego las laterales. En una culata plantilla, se introduce la cuña en su alojamiento, para marcar el sobrante por los extremos y el agujero para verificar la carga; cortándose en un cepillo aquéllos, y abriendo en un torno el agujero de carga; y luego el taladro, que se rosca, para el husillo del manubrio de cierre, ajustándose por último, colocando su platillo, que se construye como ya se ha dicho.

Las condiciones á que debe satisfacer el acero para piezas de culata son las mismas que se exigen á los tubos y manguitos de acero, debiendo ser taladrados los tornillos de cierre antes de sufrir el temple y recocido, poseyendo las siguientes características:

Límite elástico.....	30	kilg. mm.^{2}
Resistencia á la rotura mínima.....	60	»
Alargamiento á la rotura mínimo...	14 %	

Determinación y trazado de la línea de mira.— Si importante es que el cañón quede perfectamente concluído en todas sus partes, sobre todo las interiores, y que tanto el calibre del ánima como el rayado y la recámara estén dentro de tolerancias muy estrechas, así como que el ajuste del cierre y los elementos de obturación sea esmerado, importa mucho también, que el trazado de la línea de mira se lleve á cabo con gran escrupulosidad, para que resulte paralela al eje del ánima y horizontal, puesto así el cañón y en cero las alzas y derivas; pues como la puntería se hace por dicha línea, cualquier error de que adolezca será causa de uno aún mayor en la precisión. De ahí que se hayan ideado diferentes aparatos para fijar exactamente su situación.

Uno de los empleados á ese fin y que más aceptación tuvo, es el aparato expansivo Italiano, que se compone (figura 82, lámina 22) de dos tapones, uno para la boca del cañón y otro para la culata, que cada uno sostiene una regla perpen-

dicular al eje; de una gran regla de mayor longitud que la total de la pieza, que encaja en las dos pequeñas de los tapones, y de un compás de brazos paralelos que la puede recorrer.

Forman el tapón de boca ó de culata, dos cilindros expansivos huecos de latón, A y A', cortados longitudinalmente á fin de que puedan expansionarse fácilmente y unidos entre sí por otro de menor diámetro igualmente hueco A'', en los que se alojan las piezas tronco-cónicas B y B' que al entrar más ó menos dilatarán los dos cilindros citados. La pieza B, reforzada en su parte central, deja pasar á la rosca C por que termina el eje O, que tiene un resalte *d* que encaja en un rebajo hecho en el cilindro A, y que una volandera circular J sujeta con tornillos, impide salir. El citado eje O termina por una cabeza exagonal I en que se puede introducir la boca de un manubrio ó llave, que al hacerla girar, producirá la rotación del eje; y como la pieza B no puede hacerlo por impedírselo unas guías que á ese fin tiene el cilindro expansivo, tomará un movimiento rectilíneo, avanzando ó retrocediendo, según el sentido de la rotación de la llave; y en el primer caso dilatará el cilindro A, volviendo á ocupar su primitiva posición en el segundo.

El otro cilindro A', como hemos dicho, está también provisto de otra pieza tronco-cónica B' abierta por ambas bases, de las que la mayor, que es la exterior, está destinada á dar paso al cilindro hueco D E, por el interior del cual atraviesa el eje O, el que tiene un resalte *a* cogido entre las dos arandelas circulares *b* y *c* unidas entre sí por tornillos, así como la *b* á la pieza B'; de este modo, el cilindro D E no podrá tener movimiento lateral. Está terminado por una parte roscada E y una cabeza exagonal H' en que se puede introducir la otra boca de la misma llave; dicho extremo roscado E se aloja en una tuerca F abierta en el refuerzo del cilindro expansivo A' y atraviesa por el centro de una planchuela G unida por tornillos á la base de la pieza H que enchufa con la parte reforzada del cilindro A'; de modo, que

si se hace girar, con el manubrio ó llave metido en su cabeza exagonal, el cilindro D E, avanzará dentro de su tuerca F arrastrando á la pieza tronco-cónica B', á que está unido, merced al resalte *a*, originando la expansión del cilindro expansivo A'.

La planchuela ó disco circular G se extiende á derecha é izquierda del eje, en dos reglas de hierro R de sección rectangular, cuyos cantos están en prolongación; y que se unen por cuatro tornillos á la brida L; hallándose tanto ésta como los puntos de unión, situados exteriormente al cilindro expansivo, el que es envuelto por las ramas, que vienen á unirse en uno de los extremos de un diámetro perpendicular á la regla, prolongándose aún formando una sola en dirección de dicho diámetro, y en tal parte está atravesada por el pasador *e* de cabeza redonda, y roscado en su otro extremo, al que se atornilla una tuerca de orejetas; este tornillo pasa también por el soporte P, y entre éste y la tuerca hay una volandera *l*. La rama L se recoda en sentido del eje del instrumento, terminando en L' por una semituerca, cuyo eje es el del tornillo M que tiene sus coginetes en el soporte P, y que se hace girar con ayuda de dicho tornillo de generatriz elíptica, que solo tiene movimiento de rotación; asi es que si se afloja el tornillo ó pasador *e*, por medio de la tuerca de orejas, y se hace girar seguidamente al tornillo M, se producirá una pequeña traslación de la extremidad de la brida L, moviéndose las reglas R alrededor del eje del aparato.

La gran regla A, (fig. 81) es de acero, de sección rectangular y de mayor longitud que la pieza á que se ha de aplicar, dividida en milímetros; y se une á las reglas de los tapones de boca y culata por unos soportes S de latón que presentan una abertura de igual sección que las reglas de los tapones, y en la parte superior un rebajo en que puede ajustar aquélla, fijándose, tanto la posición de ésta como de las de los tapones, mediante los correspondientes tornillos de presión O y O'; habiendo en cada uno de los soportes una pequeña abertura que permite ver la regla del tapón para poderse obtener la

exacta coincidencia de un trazo marcado en ellas con otro que lleva dicha abertura, que señala las intersecciones con la regla y soporte, del plano de simetría, perpendicular á las reglas de los tapones.

El compás de brazos paralelos que sirve de suplemento al aparato (fig. 81, lám. 22,) está formado por una doble escuadra; uno de los brazos *a* lleva en su parte superior una caja rectangular hueca por que pasa una regla *b* dividida en milímetros; permitiendo un nonius, que tiene la expresada caja en el canto de una pequeña abertura practicada en su parte anterior, apreciar la longitud que de aquélla sale con una aproximación de una décima de milímetro; en su extremo, y por otra caja, atraviesa una varilla *c* dividida también en milímetros y que con un nónius en el canto de la caja se aprecian décimas. El aparato está dispuesto de modo que cuando el cero de la varilla coincida con el del nónius, la punta de la misma toca el canto superior de la regla de los tapones, supuesto el compás en su posición inicial; y que cuando los ceros del nonius y de la reglita horizontal coincidan, el eje de la varilla corta al de la pieza, si también coinciden las señales de los soportes con las de las reglas de los tapones. El compás se coloca en la gran regla que entra en un hueco *p* exactamente de la sección de aquélla, y su posición se fija con un tornillo de presión. En la misma figura se vé un soporte, el S, la regla de uno de los tapones A′, y la gran regla A.

Para determinar con este aparato la línea de mira, lo primero que hay que hacer es colocar los tapones en boca y culata, después de nivelada la pieza y el eje de muñones, introduciendo aquéllos hasta que las reglas toquen en los planos de boca y culata, cuidando de que queden próximamente horizontales y los soportes y tornillos en la parte inferior. Seguidamente, haciendo uso del manubrio ó llave Y provisto de las dos bocas exagonales I′ y H″ iguales á las cabezas I y H′ del eje O y tubo D E, se hacen girar los citados ejes y tubos sucesivamente, con lo que las piezas

tronco-cónicas B y B′ dilatarán los cilindros A y A′ cuyas paredes exteriores se adaptarán á las interiores del ánima y culata, fijándose de este modo ambos tapones, con cuyo eje coincide el del ánima; se afloja la tuerca de orejetas y se mueve el tornillo M, de cada uno, haciendo girar las reglas de los tapones hasta que queden completamente horizontales, que lo indicará un nivel que se adapte á ellas, fijándolas en esta posición, apretando la tuerca de orejetas; el canto superior es entonces horizontal y como está á la altura del centro del tapón ó del eje del ánima, si se señalan con un trazador las intersecciones del canto de dicha regla con los planos de boca y culata, se habrá trazado la intersección con dichos planos del horizontal que pasa por el eje de la pieza; y haciéndola girar hasta que sus muñones queden verticales, puestas de nuevo las reglas horizontales, se marca igualmente la traza con ambos planos del vertical que pasa por el eje del ánima.

Vuelto á poner el cañón con su eje de muñones horizontal, se colocan los soportes de unión de la gran regla en las de los tapones, fijándolos con sus tornillos una vez cerciorados de que la señal practicada en ellos coincide con las de los soportes, y se pone la gran regla en éstos, volviendo á nivelar con un nivel de dos brazos perpendiculares, que se apoya en la gran regla y en una de los tapones después de haber pasado aquélla por la abertura del compás de brazos paralelos, cuidando que la varilla de éste quede hacia la pieza.

Todo así dispuesto, para fijar la posición de la línea de mira, se hace coincidir la punta de la varilla del compás de brazos paralelos con el plano de culata en su diámetro vertical, y la señal de la ranura de la base del compás con el cero de la gran regla; y en seguida se hará entrar la regla horizontal de él hasta que la medida que acuse el nonius y la división de la regla sea la que dista, según los planos, del eje de la pieza la línea de mira, y bajando la varilla del compás, hasta que su punta toque en el cañón marcará uno de la

traza del plano vertical que pasa por la línea de mira; se corre el compás á lo largo de la gran regla hasta que se aparte de la culata la longitud de dicha línea, y se vuelve á señalar otro punto en el cañón; determinando aquél y éste la traza dicha.

No hay más ya, después de lo hecho, que colocar el soporte del punto de mira en el cañón trazando por el punto señalado su asiento ó los centros de los taladros que han de recibir los tornillos que lo sujetan; y en el de culata se abre la caja del alza, de no ir ésta en la placa de culata.

Después de atornillado el soporte del punto, y nivelado su plano superior, que ha de ser horizontal, se le atornilla el punto, que se comprueba su altura con el citado aparato, haciendo salir la varilla del compás de brazos paralelos una longitud tal, que su punta quede del cañón á la altura de dicho punto, con cuya arista, por que se dirige la visual, debe coincidir. Si además se coloca en su caja el alza, y se arregla su altura ó salida de modo que la punta de la varilla, que era tangente al punto, lo sea al alza, se puede marcar el cero de la misma en la vara y el cero de la deriva en el brazo, quedando la línea de mira determinada.

De ser dos las alzas y puntos de mira que lleve el cañón, se repite con la segunda lo hecho para fijar la primera línea de mira.

Este método, aplicable perfectamente en cañones de corta longitud, deja de serlo en piezas largas por las dimensiones que habría que dar á la gran regla y la dificultad, de manejo á causa de esa misma longitud y su peso, así es que se sigue otro sistema más espedito.

El cañón A (fig. 83, lám. 22) se coloca sobre polines P, en una gran placa de trazar, horizontal y plana por construcción, y se ponen á nivel tanto el ánima como el eje de muñones, éste con ayuda de un nivel situado en la generatriz superior de cada muñón ó bien con uno solo adaptado en el brazo horizontal superior de un puente ó doble escuadra, cuyos otros dos brazos verticales son de igual longitud con

unos suplementos que se ajustan al muñón de cada lado, y se traza la intersección del plano horizontal que pasa por el eje de la pieza con los planos de boca y culata, de no haberse hecho ya anteriormente; dicha línea se determina en la boca, introduciendo un casquillo expansivo *a* y en él un tapón cónico *b* en que está fija con cuatro tornillos una doble regla R con una división en milímetros á cada lado del eje, en que tiene el cero, estando su canto superior á la altura del mismo eje, por pasar por el centro del tapón, llevando en dicho canto y á la parte central un nivel que indica su horizontalidad; de modo que fijo el cañón en la posición dicha, se hace girar el tapón hasta que la regla quede horizontal, acabándole entonces de introducir, rectificando después la posición de la regla; y si entonces con un trazador se sigue el canto de la misma, se habrá señalado la traza que nos proponíamos, que se pasa al plano de culata con un bramil cuya punta se ha hecho coincidir con dicha línea, determinando con él dos puntos en dicho plano que se unen por una recta. También se señala otra línea vertical, en cada plano, valiéndose de la regla y el compás.

Para determinar la línea ó líneas de mira (supondremos lleve el cañón dos alzas) hay que hallar, de los planos verticales que las contienen, sus trazas con el cañón, bastando para ello fijar los centros de los soportes de los puntos de mira y los de las cajas de las alzas, de no ir éstas puestas en la placa de culata. Se señala también, pues conviene hacerlo para facilidad del trazado de aquellas líneas, la intersección con el cañón, del plano vertical que pasa por el eje de la pieza, valiéndose del aparato representado en la figura 84, lámina 22, que está compuesto de dos barritas cilíndricas A y A′ sobre que se apoya una armadura de hierro B, en cuyo plano superior hay fijo un nivel C y á la que se une con tornillos un soporte rectangular B′ que le atraviesa normalmente una varilla D de acero acabada en punta por un extremo y por el otro en una cabeza E; de modo que siempre que el nivel esté horizontal, el eje de la varilla es

vertical. Dicho aparato se pone sobre el cañón, próximo á la culata, apoyándole en la superficie de él por los cilindros A y A' y moviéndole hasta conseguir que el nivel esté horizontal; y dando un pequeño golpe sobre la cabeza E, la punta de la varilla señalará un punto de la traza del plano vertical; y repitiendo igual operación con el aparato colocado á cierta distancia, se marca otro punto, que unido á aquél por una línea hecha con un trazador y una regla, representa la traza de dicho plano.

En la regla R del tapón de la boca se colocan otras dos más pequeñas verticales B y B', que entran á corredera en ellas, á la distancia del eje que corresponde á la separación de él y la línea de mira, según los planos, que indicará la coincidencia de los nonius con la división respectiva, fijándolas en tal posición con los tornillos de presión C y C'; además se sitúa en el cañón el aparato que se ve pintado en la culata de la pieza á la distancia de ella que debe estar el punto de mira, que se mide, con una regla dividida, en la traza del plano vertical que se marcó en la parte superior de la pieza.

Se compone dicho aparato de un basamento triangular, curvo por la parte inferior, que lleva cuatro tornillos T para ponerle sobre el cañón; en la base D puede correr á cola, mediante un tornillo, la pieza D' en que está fija la doble regla H, por cada uno de cuyos brazos se mueve una corredera con una pequeña incisión para el paso de una seda, estando ambos divididos, para, por medio de la coincidencia con la división correspondiente de un trazo que cada corredera tiene, fijar la separación de las sedas á la distancia que del eje vertical debe tener cada línea de mira. Situado, pues, el aparato en el cañón, en el puesto dicho, de modo que las puntas del tornillo posterior y el anterior, que están en la misma línea, apoyen sobre la trazada en la parte superior del cañón, con los otros tornillos se le pone horizontal, que lo indicará el nivel que posee dicho aparato; y se sitúan las correderas de los brazos de la regla á la distancia que debe

haber entre dicha traza y la línea de mira, en cuya posición se fijan con sus tornillos de presión; y pasando después por las incisiones de las mismas y las de las correderas de las reglas verticales del tapón de boca, unas sedas con una plomada á cada extremo, la punta de cada una marcará en el cañón el punto en que debe estar el centro del soporte del punto de mira; por cuyos puntos, así determinados, se trazan sus asientos ó la situación de los taladros para los tornillos que los han de fijar. Puestos sobre el cañón ya, los soportes, se les atornilla los puntos de mira en su meseta, que deberá ser horizontal, y cuyos centros deben coincidir con el punto ó puntos antes determinados, que tienen sin concluir su parte superior, en que se marcan dichos centros por el método anterior, subiendo las correderas en las reglas verticales del tapón de la boca y la regla horizontal del otro aparato por una vertical H′ que se fija en la base D del mismo, si es necesario, hasta distar del eje del ánima la altura de la línea de mira, puestas las sedas, que señalarán las trazas de los planos que contienen las líneas de mira, en las cabezas de los puntos; y con una plantilla, justa á la longitud de la línea de mira, colocadas las alzas en sus cajas, se determinan los vértices de los puntos de mira. Acabados los puntos de mira y alzas se marca el cero á éstas, poniéndolas en sus cajas, y el aparato último próximo á la culata, como se ve en la figura pero pasando las sedas por éste y las correderas de la regla del tapón de boca, á la altura de la línea de mira sobre el plano horizontal que contiene al eje de la pieza y así mismo por las alzas, corriéndose las derivas hasta que la parte de sedas comprendida entre el aparato y las alzas estén en prolongación del resto, que se señala el cero en la deriva y en la vara del alza. Las sedas deberán tocar al vértice de cada punto de mira, de estar bien determinada la altura de éstos.

Las cajas para las alzas, si van puestas éstas en una placa de culata, se trazan en ella, previo haber señalado en la misma las intersecciones de los planos horizontal y vertical

que pasan por el eje del ánima, geométricamente, y se taladran en un taladro vertical. De ir abiertas en el mismo cañón se determinan de igual manera y se hacen en un taladro horizontal, generalmente. En los taladros hechos, se introducen muy ajustados unos cilindros de bronce que interiormente tienen la sección de la vara del alza, con unos muelles á su entrada, para que queden bien apretadas.

Trazado de los centros de los soportes para aparatos de puntería.—Muchos cañones se ligan á sus montajes, para obtener las diversas inclinaciones correspondientes á los diferentes ángulos de proyección, por medio de cremalleras que engranan con unos piñones puestos en la cureña, yendo aquéllas unidas al cañón por unos soportes en cuyos muñones encajan unos taladros abiertos en una de sus extremidades. La posición de dichos soportes hay que determinarla en el cañón, para que la situación de éstos no sea defectuosa.

Con tal objeto se toma primeramente la altura que los separa verticalmente del eje de la pieza, á la que se pone la punta de un bramil; y colocado el cañón horizontal sobre la placa tipo, como el eje de muñones, se marca en él, trazando una línea horizontal de cada lado del cañón; después se introduce en cada muñón el aparato *c d e*, que se reduce á una varilla ó brazo *d* unido á un aro torneado interiormente á las dimensiones del muñón y que en su otro extremo plano *e* tiene un ojal por que pasa un tornillo acabado en punta, á cuya parte roscada se atornilla por la parte opuesta una cabeza, que al apretarla, le fija á la distancia que del eje de muñones separa el centro del soporte; así es que haciendo girar dicho aparato plantilla al rededor del muñón, la punta del tornillo describirá un arco de circunferencia que cortará, á la línea horizontal, antes trazada, en un punto, que determina perfectamente la situación del centro de cada soporte, á partir del cual se trazan los asientos de los mismos ó la situación de los taladros para los tornillos que los han de sujetar al cañón. Hechos los asientos, si los lleva, así

como los taladros, que enseguida se roscan, se ajustan las bases de los soportes á la pieza y se atornillan, volviéndose á marcar, sobre los planos de los muñones que llevan, los centros, con dicho aparato, acabándolos después de esta confrontación.

Determinación del peso y preponderancia.— Si en la construcción de una pieza se han empleado buenos materiales, cuyas densidades están, por lo tanto, dentro de los límites asignados á la de cada metal que entra á constituirlo, y si las dimensiones así interiores como exteriores se hallan comprendidas en las tolerancias que para su construcción hay establecidas, el cañón ha de resultar con un peso que diferirá del asignado en el plano en menos que el máximo y mínimo que se tolere en una buena fabricación; el cual se determina suspendiendo el cañón, con una cadena, de una romana ó una balanza hidráulica las que acusarán su peso, deducido que sea del total, el de la cadena ó aparato de suspensión que se hubiera empleado.

El centro de gravedad puede ó nó hallarse en el eje de muñones; en el primer caso está equilibrada la pieza y no existe preponderancia, y en el segundo según que esté más allá de los muñones entre ellos y la culata, ó entre dicho eje y la boca se dice que la preponderancia es positiva ó negativa.

Antiguamente todos los cañones se construían con preponderancia, y el eje de muñones en muchos, estaba por debajo del ánima; se buscaba con ello un tercer punto de apoyo para mayor estabilidad del cañón en su cureña, pues estando sujeto solo á ella por los muñones, cabecearía dando lugar á fuertes sacudidas sobre el tornillo de puntería y á variaciones en la trayectoria, pudiendo el proyectil dar á pocos pasos en el terreno; mas con tal preponderancia apoyaba fuertemente sobre el tornillo de puntería la culata, y estando ya el centro de gravedad entre los muñones y este tercer punto de apoyo, la pieza no cabeceaba.

La manera práctica de determinar la preponderancia, es

colocar el cañón descansando por los muñones sobre las aristas de dos prismas triangulares apoyados por una de sus caras sobre traviesas, y si en esta disposición queda la pieza en equilibrio, es señal de que no la tiene; mas si cae de culata, la hay, y se determina poniendo pesos conocidos colgados del plano de la boca hasta restablecer el equilibrio; pues siendo aquélla el peso que soporta el tornillo de puntería ó el que corresponde al plano de culata, si expresamos por d la distancia que media del eje de muñones á la culata, y por d' la que hay entre la boca y el citado eje, y son p' el peso puesto en la boca del cañón y P el de éste, llamando p á la preponderancia se tiene que

$$p = \frac{d'}{d} p' \text{ (1) y } m = \frac{d'}{d} \times \frac{p'}{P} \text{ (2)}$$

pues suele expresarse por una fracción del peso del cañón, la que si es m es claro que $p = m$ P y por tanto m tiene el valor de la fórmula (2).

Grabado, pavonado y pintura.—Todos los cañones se graban, poniendo en los planos de muñones, el peso en kilogramos en uno, y en el otro el número; y otros tienen el número y fecha de fabricación en la culata y entonces en el muñón se indica la clase de material de que está hecho, y en el izquierdo, como siempre, el peso. Además todas las piezas y accesorios se graban con el número del cañón y las iniciales D ó I según pertenezcan al lado de la derecha ó de la izquierda.

Los cañones de campaña y aun algunos de acero hasta el calibre de 16 centímetros, se pavonan para evitar la oxidación; exigiendo esta operación varios cuidados que vamos á enumerar.

Lo primero que hay que hacer es pulimentar perfectamente toda la superficie exterior de la pieza puesta en un torno, y enseguida se la quita toda la grasa que siempre tiene, frotándola repetidas veces con cal hasta que ésta salga

perfectamente limpia y el cañón lo esté también, por consiguiente.

En la boca y culata se le introducen dos rodillos de madera bien ajustados, para las manipulaciones, y por ellos, sirviendo de muñones, se fija sobre unos caballetes para darle el baño.

El baño que se usa para obtener el color de chocolate que suelen presentar todos los cañones pavonados, se prepara mezclando los siguientes componentes en las proporciones que se fijan, para cada 100 gramos de baño.

Tintura de acero.....	21	gramos.
Alcohol.....	17	»
Alcohol nítrico.....	17	»
Acido nítrico.....	11'5	»
Sulfato de cobre.....	11'5	»
Agua destilada.....	22	»
Total.....	100	»

La primera capa se da con una brocha, y debe ser, como todas, muy fina y bien esparcida, á fin de que no haya aglomeración de ácidos en un punto; dejándola secar por espacio de 48 horas.

El local en que se haga la operación deberá estar templado y no tener humedad.

Transcurridas las 48 horas se grata toda la superficie con cardas de alambre, con mucho cuidado, dejándola toda muy bien limpia; y se da otra segunda mano, con la que se le deja 24 horas, al cabo de las cuales se grata de nuevo y se vuelve á dar otra mano que se deja secar igual período de tiempo, y se grata después, y así sucesivamente hasta la cuarta ó quinta mano que ya queda bien; pero si por la calidad de los ácidos ó humedad del local no bastaran las 24 horas que se deja con el baño para secarse, se tendrán más tiempo, así como puede variar igualmente el número de

capas que se le dén. Seca la última capa del baño, se grata muy á la ligera para que adquiera brillo y por último se le dá una ligerísima capa de aceite.

De quererse pavonar de negro, todo se hace lo mismo, sin otra diferencia que introducir el cañón, después de seca cada mano, en un depósito lleno de agua hirviendo que lo recubra perfectamente.

El pavón, con el uso y roce se quita por algunas partes, y conviene cuando esto suceda, renovarle.

Las piezas de plaza y costa, de grueso calibre, de hierro y acero, no se pavonan, y para preservarlas de la oxidación, se las pinta, quitándolas antes la capa de óxido que pudieran tener adheridas, dándolas después una de minio, y cuando ésta se seque una de pintura negra, que antes de seca se la impregna de plombagina frotándola con una bayeta ó paño hasta que quede bien extendida y adquiera un brillo muy igual, impidiendo pase la humedad.

También se dulcen exteriormente algunos cañones, pero hay que cuidarles mucho para que no se piquen.

Las piezas de bronce no necesitan pintarse y está muy recomendado no se les saque brillo cuando pierdan el que de nuevas tienen.

CAPÍTULO XII

Reconocimientos.

Por reconocimientos se entiende, las mediciones que se practican para asegurarse de que todas las partes de que se compone un cañón están arregladas á las dimensiones fijadas en los planos de construcción; pudiendo ser de dos clases, en curso de fabricación y finales. Los primeros son todos aquellos que se hacen al concluir cada operación antes de pasar á la siguiente, y aun dentro de cada una de ellas, para cerciorarse de si va bien hecha y no hay ninguna falta; y los finales son los que tienen lugar, después de terminado el cañón, tanto del interior del ánima en cada una de sus partes, como exteriormente, del cierre, del mecanismo de obturación, línea de mira, y en fin de todos los elementos, que sirven para formar la filiación de la pieza, á la vez que ponen de manifiesto la mayor ó menor bondad de la fabricación; pues acusan entre qué tolerancias están comprendidas todas las dimensiones.

Reconocimientos interiores.—Comprenden éstos, el del ánima, recámara y alojamiento del cierre.

Con el reconocimiento del ánima se trata de asegurar de que toda ella es cilíndrica, de generatrices rectas, de sección

circular y que sus diámetros estén dentro de las tolerancias señaladas; así mismo que las rayas tienen la profundidad debida, y su ancho y los campos están bien, y que los ángulos de hélice son los correspondientes á cada distancia á partir de su origen. A la vez hay que indagar si el metal tiene defectos, como cavidades, poros, pelos y otros.

Para efectuar el reconocimiento interior de una pieza acabada, lo primero que se hace es limpiarla perfectamente, pasándola un escobillón seco, después de bien lavada, para quitarla toda humedad; poniéndola con el eje del ánima y el de muñones horizontales.

Así dispuesta, se hace un examen de su interior, á simple vista, que se completa iluminando el ánima valiéndose de una luz y un espejo, ó mejor de una iluminadora eléctrica, que consiste en una máquina dinamo-eléctrica accionada á mano por un manubrio puesto en un volante cuyo eje tiene en el otro extremo una polea que transmite su movimiento de rotación, con una correa sinfín, á otra muy pequeña, en cuyo eje va montado el anillo colector de la dinamo, que de este modo gira con una gran velocidad.

La máquina descansa sobre una placa en que se levanta una columna, que sostiene una pequeña mesa, á la que se une el soporte del eje de la polea y volante, teniendo también un reóstato para variar y graduar la intensidad de la corriente; estando, en la parte superior de la mesa, las prensas á que se unen los alambres que han de llevar la corriente á una lámpara incandescente que se fija por un soporte en un asta de madera, en cuyo extremo encaja un espejo plano elíptico, inclinado 45°, el cual varía con cada calibre; evitando una pantalla, colocada delante de la lámpara, que la luz hiera la vista é impida ver en el espejo la imagen del ánima perfectamente iluminada; pudiéndose empalmar dicha asta con otras, acanaladas como ella en toda su longitud, para dar cabida á los dos alambres que, aunque separados y aislados entre sí, están reunidos, formando un solo cable, revestidos convenientemente, del que únicamente salen las

dos puntas en los extremos. Así mismo, tienen dichas astas una división que indica la distancia á que se introduce la luz.

Con tan poderoso auxilio se examina pronto un ánima, aunque sea de un cañón de gran longitud; y si se nota alguna mancha ó poro, se mete una varilla con un gancho, y para mayor seguridad se saca una estampa ó impresión de la parte que se crea defectuosa, del modo que se dirá más adelante.

Hipocelómetros de puntas.—*Su fundamento.*– Para medir los diámetros interiores hay que hacer uso de aparatos especiales, conocidos con el nombre de hipocelómetros.

El fundamento de tales aparatos, sencillísimo por demás, es el siguiente: Si se supone un triángulo rectángulo sobre cuya hipotenusa apoya constantemente una línea recta perpendicular al cateto mayor, base del triángulo, que se pueda trasladar en un plano de derecha á izquierda y viceversa, siendo, por ejemplo $\frac{1}{10}$ la relación entre ambos catetos, por cada milímetro que se mueva la base del triángulo, la recta que apoya en la hipotenusa, que no puede seguir este movimiento, subirá ó bajará una décima de milímetro; de modo que las diferentes posiciones que tome, diferirán entre sí, por cada milímetro, en una décima. Si á la base de dicho triángulo se adosa otro, simétrico al anterior, y sobre su hipotenusa insiste igualmente otra recta de igual longitud que la primera y en prolongación de la misma, se verificará así mismo, que la traslación del triángulo ocasionará un ascenso ó descenso de dicha recta que estará en la relación de $\frac{1}{10}$. Por consiguiente, si ambos triángulos forman una sola pieza, los extremos libres de las rectas que apoyan en las hipotenusas se separarán, en cada posición que tomen los triángulos, un quinto de la traslación; y pudiéndose medir ésta exactamente, se sabe lo que las extremidades de aquellas rectas distan cada vez. Si, por tanto, el eje de un ánima coincide con la línea de unión de ambos triángulos, las diferencias que tienen los distintos diámetros con el calibre se

deducen de la cantidad que es preciso hacer avanzar ó retroceder al triángulo para que las puntas toquen en las paredes.

Hipocelómetro modelo alemán.— Este aparato (figura 85, lámina 23) se compone de tres partes esenciales: la cabeza, el mango y la empuñadura.

La cabeza A A′ A″ está formada por un tubo de hierro, cilíndrico exteriormente, de menor diámetro en sus extremidades, dentro del que se mueve la cuña B que es un doble triángulo cuyos catetos guardan la relación de $\frac{1}{10}$, sobre cuyas hipotenusas apoyan constantemente unos estuches prismáticos C, á que se atornillan diferentes puntas P, variables con los calibres, y que unos muelles D, fijos por tornillos al interior del tubo, encajan por su extremo en unos huecos que tienen las piezas C, que las obligan á estar siempre en contacto de la cuña. El tubo que constituye la cabeza está formado de dos que enchufan entre sí, A y A″, que además se unen por cuatro tornillos T; dejando el diafragma del A una abertura para el funcionamiento de los muelles; estando cerrado el A por el tapón A′ cuyo hueco interior sirve para dar cabida en él al extremo B′ de la cuña, para evitar, en los transportes, desperfectos.

El mango E es un tubo de latón que se une á la cabeza por su extremo izquierdo sujetándole los tornillos *a;* y que á su otra extremidad se adapta otro tubo E′ mediante los tornillos *b,* en cuyo interior se aloja el H, dotado de un resalte que ajusta en la garganta *d* de aquél, roscándose á la empuñadura.

Esta, es un tubo J, cilíndrico al principio y después cortado por un plano horizontal próximo al eje, que está terminado por dos orejas simétricas, que sirven para hacerla girar con más facilidad y que la graduación quede siempre por arriba. Atornilladas á la empuñadura hay unas piezas *h* que impiden salir de la canal de la misma, á la varilla O; y en el chaflán del puño hay fija, también, una regla graduada, que por la parte inferior tiene un resalte que se mueve en otra

canal de mayor longitud que ella, abierta en la empuñadura que se une por dos tornillos, con un muelle en la parte inferior; de cuyo modo se consigue que la regla se adapte perfectamente á la cara superior, fijándola convenientemente un tornillo.

El movimiento de la cuña BB′ se consigue, por la unión del vástago por que termina, con la varilla L, por medio de la articulación R y pasadores *m;* y dicha varilla se liga por un tornillo, á la pieza M, cilíndrica, de dos cuerpos de diferente diámetro, entrando en el más delgado un casquillo *s*, que se fija con cuatro tornillos, y que tiene un reborde que encajando en una garganta de la varilla O, impide su salida y la sirve de enlace. La varilla O es cuadrada á excepción de dicho extremo y concluye por una parte roscada á que se atornilla la virola N: de modo que puede girar alrededor de su eje sin que lo haga la varilla L y la cuña; y sostiene en su parte superior, con tornillos, una regla dividida ó nonius. Unos pequeños soportes interiores evitan la flexión de la varilla L.

Por consiguiente, si con la mano izquierda se sujeta la empuñadura por las orejas del tubo exterior, y con la derecha se tira de la virola N, ésta arrastrará en su movimiento á las varillas O y L y por último á la cuña BB′, y tal traslación ocasionará una separación de las puntas P que será, entre ambas, $\frac{1}{5}$ de aquélla; y como el nónius aprecia cinco centésimas de milímetro, se podrán medir con este aparato, diámetros que difieran en una centésima de milímetro.

La división de la regla y del nónius se prolonga á derecha é izquierda para poder medir lo mismo diferencias por más que por menos.

Como adherentes del aparato lleva, para evitar las flexiones del mango y que quede bien centrado en el ánima, su correspondiente guía que es un semicilindro de latón de un radio ligeramente menor que el del mínimo calibre, con una garganta en su centro en que ajusta el tubo del hipocelómetro al que se une cerca de la cabeza por una tapa en

forma de sobremuñonera y dos tornillos; tiene también dos ojales elípticos en que se fijan las tuercas de unos tornillos que sujetan dos pezones que se hacen entrar en las rayas, conduciendo de ese modo el aparato; los soportes de boca y culata, semicilindros de latón, del diámetro que el ánima, con un reborde en el plano exterior, que queda en contacto de los planos de boca y culata, para que no puedan moverse de su sitio, y que están acanalados en su centro por donde asienta el mango del aparato; y los soportes en fin, de hipocelómetro, trípodes, por el centro de cuya cabeza atraviesan unas varillas de hierro verticales que se pueden fijar á diferentes alturas con sus tornillos de presión, terminadas en la parte superior por unas horquillas que sostienen un eje en que va montado un rollete con una garganta central, que sirven para tener el hipocelómetro en dirección del eje del ánima cuando solo ha penetrado su cabeza en el cañón, á poca distancia. El mango del aparato está dividido en centímetros, correspondiendo el cero con el plano de las puntas; sabiéndose de ese modo, á qué distancia se efectúa la medición.

Para reconocer una pieza con este hipocelómetro, después de bien limpia y colocada con los ejes del ánima y de muñones horizontales, se introduce en ella el aparato, en que se habrá puesto la guía, y atornillado las puntas correspondientes, que se calibran valiéndose de un compás Trougthon puesto á la dimensión del diámetro del ánima, haciendo salir las puntas hasta que toquen en los brazos del compás, y corrigiendo la colocación de la regla para que en tal disposición el cero del nónius coincida con ella, rectificándose después. Puestos los soportes de boca y culata y apoyado el mango en los soportes de hipocelómetro, se acompaña suavemente hasta avanzar un centímetro, por ejemplo, y cogiéndole por la empuñadura, con la mano izquierda en las orejas, la derecha tira de la virola N, hasta que las puntas toquen en las paredes, indicando la división del nónius que coincida con las de la regla, la diferencia que en aquel punto tiene el

diámetro del ánima con el calibre; prosiguiéndose de igual modo hasta llegar al final.

Para reconocer las rayas, es decir su profundidad, hay que cambiar la posición de la cabeza en su guía, para que al ir ésta conducida por sus pezones, que apoyarán como siempre en dos rayas opuestas, las puntas toquen en los fondos de otras dos opuestas también; y se calibra, después, del modo ya dicho, corrigiendo la situación de la regla y nónius, practicándose las mediciones de igual manera que para el ánima.

La recámara se reconoce igualmente, pero se necesita, además de nuevas puntas, una guía de recámara. De ser espansiva, no se puede hacer tal medición bien, con este aparato que es ya muy anticuado y de escasa aplicación.

Hipocelómetro español.—Está fundado en igual principio que el anterior y, como él, consta de cabeza, mango y empuñadura.

La cabeza A (fig. 86, lám. 23) cuya forma se vé en la misma representada, está dotada de cuatro puntas, dos de ellas las C, fijas, que se atornillan á ella, y otras dos C′ que lo hacen á unos estuches E que en su parte inferior tienen una canal de igual sección é inclinación que las guías F que forman parte de la cuña A y constituyen los planos superiores, por cuyo medio la traslación de ésta, produce la salida de las puntas.

El frente de la cabeza está abierto parcialmente para dejar salir el extremo de la cuña en sus movimientos longitudinales.

El mango lo forman uno ó varios tubos de latón, de iguales longitud y figura, con una parte roscada de menor diámetro por que se empalman, atornillándose á la parte roscada del anterior; uniéndose la cabeza al primero por cuatro tornillos.

Al último tubo se enlaza la empuñadura X compuesta de un cilindro de latón cortado por un plano paralelo al eje y de un diámetro interior igual al de la parte más delgada de

los tubos del mango por la cual se une á rosca; y lleva, en uno de los chaflanes la regla *a b* dividida en milímetros; atornillándose al extremo de la espiga de la varilla B' un mango Y de madera, para manejar el aparato.

A la cuña A se une el vástago cilíndrico B, roscado por su otro extremo, por donde se atornilla la extremidad de la varilla cuadrada B' que ocupa el interior del primer tubo, soportado por unos anillos que dentro de él hay, la que á su vez se liga por igual medio á la del siguiente tubo ó á la empuñadura.

Le sirve de soporte de boca una T de hierro, que en cada uno de sus tres brazos y á iguales distancias del centro tiene unas señales ó divisiones que corresponden á cada calibre, fijándose á la boca por otras tantas correderas, provistas de una espiga, redondeada exteriormente, y por su interior planas y perpendiculares á las caras de la T.

Con este aparato se hacen las mediciones como con el alemán poniendo al calibre las puntas con un compás Trougthon y arreglando la regla y el nonius para que coincidan entonces sus ceros.

A pesar de que tanto este hipocelómetro como el alemán, hoy no se usan, pues dados los procedimientos tan perfectos por que en la actualidad se construyen las piezas de artillería, no responden á las exigencias del servicio, los hemos descrito por haber sido hasta hace poco reglamentarios para efectuar los reconocimientos interiores.

En el hipocelómetro alemán la guía conduce la cabeza del instrumento por el ánima, de modo que las puntas recorran las rayas, ó los campos, según lo que se vaya á medir, siendo preciso girar el cañón á medida que la cabeza avanza, pues sinó descendería el hipocelómetro; y asimismo hay también que variar el soporte de boca.

Estos y otros motivos de dificultad en las mediciones, así como los errores que pueden cometerse, por lo fuertes que están los muelles de los estuches, la poca facilidad de calibrar y otras, ha hecho que su uso se abandonara pronto y dado

nacimiento, en España, al hipocelómetro Freire hoy reglamentario, que vamos á describir, así como la estrella movil que emplean los franceses.

Hipocelómetro Freire.—Este hipocelómetro (fig. 87, lám. 23), se compone de la cabeza A B cerrada por una de sus extremidades por el tapón roscado F, uniéndose por el otro al mango, que es el tubo de latón C, que se sujeta con tornillos, y el cual está dividido, en toda su longitud, en centímetros; fijándose á su terminación, con el tornillo de presión G, un disco de bronce E, dividida su circunferencia en cien partes iguales.

Dentro del tubo C se aloja un eje de acero O, roscado por uno de sus extremos, y terminado por el otro por una espiga, á que se une el índice L y manubrio M que se sujeta con una tuerca. Varios coginetes J por que pasa el eje, lo sostienen sin flexión. Un cilindro H, en uno de cuyos extremos está la tuerca I, se mueve á lo largo del tubo ó mango al girar el husillo del eje O, para lo que tiene un diente ó resalte que encaja en una canal abierta en toda su longitud; y á él se une, por la articulación T, la cuña K cuyos planos laterales tienen una inclinación de $\frac{1}{10}$ con respecto al eje de simetría en los que apoyan constantemente, obligados por los muelles *a*, unos estuches porta-puntas R á los que se atornillan las puntas S que corresponden al calibre de la pieza que se quiera reconocer, y que están redondeadas para que no rayen el ánima, pues son de acero, templadas. Los pernos *d* y *d'* sirven para fijar la posición de la guía de ánima y la de la recámara respectivamente.

La guía de ánima (fig. 88, lám. 23) cuyo objeto es conducir la cabeza del instrumento bien centrada, para que los diámetros que se midan lo sean de las secciones rectas, consta de un collar de acero A del calibre de la pieza, al que van sujetos por tornillos cuatro muelles de acero templado B, que terminan por unos conductores de cobre formados de dos piezas semi-elípticas *a* y *a'*, de las que una está fija al muelle y la otra no, y separadas entre sí por la acción de dos

muelles. Dos rebajos, que tiene el collar en que entra el pezón *d* ó *d'* de la cabeza, y un tornillo de presión, fijan la citada guía.

Para calibrar la guía de ánima, se usa una vitola representada en la fig. 90, lám. 23, con cuatro rebajos A, y cortada en B para que pueda pasar el mango.

Cuenta además con un soporte de boca (fig. 89, lám. 23) que es su objeto centrar el mango del hipocelómetro y que está provisto de dos muelles *a* que fijan su posición en la boca de la pieza, y de un soporte de culata análogo á este.

La guía de recámara (fig. 91, lám. 23) es un aro de acero del mismo diámetro que la recámara, con un corte por donde pasa el mango del hipocelómetro, y dos mortajas, que entrando en los pezones de la cabeza, fijan su posición, sujetándose á ella con dos tornillos de presión. Se emplea para reconocer las recámaras, si bien no sirve para las modernas ensanchadas.

El modo de operar con este instrumento es como sigue: armado, se le atornillan las puntas correspondientes en los estuches de la cabeza y se coloca la guía de ánima, haciendo que el pezón de aquélla entre en una ú otra de las dos mortajas de la guía según hayan de medirse los diámetros en los campos ó en el fondo de las rayas, calibrando antes la guía con la vitola.

Hecho esto, se calibra el aparato con un compás Trougthon puesto al calibre justo, girando el manubrio hasta que las puntas toquen en los brazos del compás, y se hace coincidir el índice con el cero del disco, que se fija al mango en esta posición, con el tornillo de presión.

Si se van á medir los diámetros en los campos, se introduce ya el hipocelómetro en el cañón, puesto el soporte de boca en ésta, y se hace avanzar la cabeza á las distancias en que se desee medir, que indica la división del mango, dando cuando esto suceda movimiento de rotación al manubrio, hasta que las puntas toquen en el ánima; leyendo en la división del disco las centésimas de milímetro que en

cada punto tiene, por más ó por menos, el calibre del ánima. Varios soportes trípodes, sustentan el mango.

Del mismo modo se miden los diámetros en el fondo de las rayas, sin más diferencia que ser la otra mortaja la que entre en el pezón de la cabeza.

Para medir la recámara se pone la guía y puntas correspondientes y se procede de igual manera.

Siendo de cinco milímetros el paso de la parte roscada del eje O, en cada vuelta de éste, la cuña recorrerá una distancia horizontal de cinco milímetros, y como la inclinación de los planos es $\frac{1}{10}$ cada punta recorre otra vertical de 0,5 milímetros; por tanto, al dar una vuelta el eje, el índice recorre toda la circunferencia del disco, dividida en 100 partes, y cada una de éstas representa una diferencia del calibre de una centésima de milímetro; pues en una vuelta salen las puntas un milímetro, doble del recorrido de cada una.

Estrella móvil.—El hipocelómetro llamado por los franceses estrella móvil, es el primitivo hipocelómetro modelo alemán reformado convenientemente á fin de hacerle de fácil manejo y gran exactitud. Se compone (fig. 92, lám. 23) de uno ó varios tubos de latón A, que empalmados constituyen el asta del hipocelómetro, fijándose en su extremo anterior la cabeza B atornillada al casquillo C que se une al tubo A por cuatro tornillos T.

Dichos tubos A forman las envueltas de otros A′ que en su interior son de sección cuadrada con sus aristas redondeadas, por los que pasan unas varillas de igual contorno exterior D, sumamente ligeras, pues están huecas, que se empalman por espigas roscadas que entran en el interior igualmente roscado de las otras.

Un mango de latón E I se fija al extremo de la última varilla, por la tuerca F, que se atornilla á la parte roscada G de aquélla; y para las correcciones precisas para poner en cero el aparato, tiene dicha tuerca un tornillo H, que avanza ó retrocede al girar la tuerca J, con una llave que se introduce en dos taladros hechos en su cara *a b*; no pudiendo

salir dicha tuerca, por impedírselo el casquillo *m* atornillado en la parte E' del mango. La F está guiada por las piezas *n* sujetas con tornillos al mango, y es cuadrada.

El mango se une con el último trozo de tubo, enchufando el cilindro I en la parte A', y atornillándose la tuerca P, fija á él con tornillos, al extremo P' roscado del tubo. El citado cilindro I lleva una división R en milímetros, y el E, que puede correr por su parte exterior tiene una abertura *c d*, en uno de cuyos cantos achaflanados lleva un nónius S que aprecia décimas de milímetro.

A las varillas D se une en su extremo una pieza M, con dos planos N inclinados, con respecto al eje de simetría $\frac{1}{20}$ en los que entran á cola los estuches T en que ván atornilladas las puntas V correspondientes á cada calibre; de modo que por cada milímetro que avance la varilla D, las puntas saldrán cada una 0,05 milímetros y en total 0,1; y como el nónius aprecia décimas, cada división suya corresponderá á una salida total de las puntas de una centésima de milímetro.

Los estuches que contienen las puntas entran en unas cajas abiertas á ese fin en la cabeza B; y ésta tiene en su frente dos taladros roscados en que se atornilla, ya en uno ó en otro según que se vayan á medir diámetros en los campos ó en el fondo de las rayas, el tornillo T', que fija la posición de la guía Y.

Esta, es circular, de igual diámetro que el ánima, con dos aberturas para el paso de las puntas, y dos chapitas atornilladas á ella cuyo contorno exterior es el de dos rayas, para que ajustando en ellas sea conducida la cabeza por las mismas, bien centrada.

Para que dentro de la pieza no experimente flexión el asta del hipocelómetro y esté bien centrado en todas las posiciones, lleva, á diferentes distancias, atornillados unos tensores, que son aros del mismo diámetro que el ánima por cuyo centro pasan los tubos del hipocelómetro, y que pueden girar independientemente de aquéllos.

Varios trípodes sostienen el hipocelómetro exteriormente, á la altura y en dirección del eje del ánima.

Para operar con este hipocelómetro, se arma y pone la guía, fija por su tornillo, que se rosca en uno ú otro taladro según el objeto del reconocimiento, atornillando además las puntas correspondientes, calibrándole seguidamente y poniendo en cero la división y el nónius. Para calibrarlo se hace uso de una vitola consistente en una doble escuadra de acero que en las extremidades de cada uno de los brazos paralelos están atravesados por un tornillo terminado en punta plana, las que se hacen salir más ó menos con una llave hasta que entre ambas comprendan un calibrador, de igua longitud que el calibre, reducido á una varilla de acero, cuyos extremos son planos y paralelos, ajustados á escuadra, y medida exactamente con un compás Trougthon. Dicha vitola se pone en la cabeza del hipocelómetro, haciendo salir las puntas hasta que toquen en las de los tornillos de la misma; y como en dicha posición el cero del nónius debe coincidir con el de la división se hace en el puño la corrección necesaria para conseguirlo girando con su llave la tuerca J que en su movimiento arrastra el mango; lográndose después de algunos tanteos la coincidencia.

Preparado así el hipocelómetro, se miden los diámetros haciéndole entrar por la boca de la pieza, conducido por la guía y tensores, á las distancias diferentes á que se desee efectuar tales mediciones; y en cada una de ellas, cogido el asta con la mano izquierda, se empujará con la derecha suavemente el mango, que hará mover la cuña M, saliendo las puntas hasta tocar en las paredes del ánima, acusando la división que coincide con las del nónius la diferencia con el calibre justo, por más ó menos.

Hipocelómetro Inglés.—Con el hipocelómetro acabado de describir, no se pueden medir recámaras, tal como está preparado, y aunque quizás con guías especiales se podrían reconocer, la medición de los diámetros de esa parte, como de todas las cilíndricas lisas, en curso de fabricación

se efectúa, con sencillez suma y gran precisión, valiéndose de un compás expansivo ó hipocelómetro, denominado inglés, que vamos á describir.

Está representado en la fig. 93 lámina 23 y consta de una chapa de acero *a* sobre la que van remachadas dos reglitas *b* con sus cantos á bisel, formando así una caja, en que tiene cabida otra chapa *c* que entra á cola y puede moverse á lo largo de ella, lo que la permite el ojal elíptico *h'* atravesado así como la placa *a* por un tornillo *h* cuya cabeza queda en la parte anterior de la *c* y al que se atornilla del otro lado de la *a* una tuerca K que en su interior tiene un muelle, por cuyo medio se establece la unión de ambas, graduando la presión, para que pueda resbalar la una por la otra, á rozamiento suave.

A las extremidades de ambas chapas, se atornillan las suplementarias *e* y *g* redondeadas con un radio menor que el del calibre para que se prepara.

Dos reglitas de latón *d* y *d'* se fijan con los tornillos *t* y *t'* y sus correspondientes volanderas á la regla *b* y la chapa *c* respectivamente, y están divididas en milímetros, conteniendo la inferior, que hace de nonius, 99 divisiones de la primera divididas en 100 partes, por lo que aprecia una centésima de milímetro. Unas aberturas elípticas, que ambas tienen, y por que pasan los tornillos, permiten alguna corrección, necesaria para poner en cero el aparato.

A la chapa *a* se atornillan en su parte posterior dos escuadras ó soportes *m* á los que se unen dos brazos *n* por medio de los pasadores *p* para que puedan girar, y á los que se atornillan, en sus espigas roscadas interiormente, dos varillas tubulares de latón divididas en centímetros, cuyo cero corresponde á la parte anterior del hipocelómetro.

Se calibra el aparato, con un compás Trougthon que aprecie una centésima de milímetro, después de puestas las chapas *e* y *g* correspondientes al diámetro que se desee medir; y aflojando la tuerca K se hace correr la chapa *c* en su caja hasta que los puntos más salientes de las curvas de *e* y *g*

toquen en los brazos del compás, que se apretará la tuerca, haciendo coincidir seguidamente los ceros de ambas reglas, aflojando los tornillos *t* y *t'* y moviéndolas suavemente hasta conseguirlo, que se aprietan, rectificando de nuevo para ver si está bien calibrado. Para ver mejor la coincidencia de las divisiones, es necesaria una lente.

Para medir diámetros con el aparato, ya calibrado, se atornillan las varillas en las espigas de los brazos *n*, y se hace salir lo que se pueda la chapa *c* de su caja, introduciendo el compás, en posición horizontal, con la parte anterior para abajo, hasta el sitio en que quiera efectuarse la medida, que lo indicará la división de la varilla inferior que quede rasante al plano de boca ó culata, y cojida con una mano dicha varilla, para que no se mueva, se tira de la otra con suavidad, la que levantará el compás, girando alrededor del soporte de la varilla fija hasta que las chapas *e* y *g* toquen en las paredes del ánima obligando á introducirse la chapa *c* en su caja cada vez más, hasta rebasar la posición vertical; terminando el giro, para quedar horizontal pero en situación simétrica que á la entrada, que se saca tirando de ambas varillas, leyendo una vez fuera, con las lentes, la división del nonius que coincida con las de la regla, que dá la diferencia entre el diámetro medido y el calibre á que se puso el instrumento.

Con este hipocelómetro se comprueban las dimensiones transversales del ánima cuando se está barrenando el cañón y se termina esta operación, se examinan los diversos cuerpos del alojamiento del tubo en los cañones entubados, se reconoce el ánima después de esmerilar, la recámara, el alojamiento del cierre antes de roscarle, é interiormente los tubos y manguitos.

Compás de rayas.—Para examinar si el ángulo de hélice de la raya es en cada punto el debido, según la ecuación de la parábola desarrollo de la raya, se emplea un aparato, conocido con el nombre de compás de rayas, modelo italiano.

La fig. 94, lám. 23, lo representa. Se compone de una varilla A de hierro ó acero, de sección cuadrada y de mayor longitud que la parte rayada de las piezas en que haya de usarse, que lleva en el extremo más delgado un disco de acero B y otro de latón C, de un diámetro ligeramente inferior al del ánima para que puedan recorrerla, entre los que se coloca otro I de igual sección que aquélla, que mediante la tuerca D, que se atornilla á la extremidad de la varilla A y su volandera F, quedan fijos.

La citada varilla pasa por un tubo J de igual sección interior que ella y cilíndrico exteriormente, al que se une un índice Y, y atraviesa un disco de latón, hueco, E, abierto por un lado, con unos rebordes en que hay una graduación sexagesimal; otro disco de igual sección que el ánima L, con tantos resaltes como rayas tiene, idéntico al I, se sujeta con unos tornillos G al disco E; fijando la posición de todas estas partes otro H, del diámetro del ánima, y una volandera ligada al tubo J por unos tornillos, así como las piezas *a* y *b* que unidas por otros tornillos comprenden entre sí un reborde circular que tiene el tubo.

A lo largo de la varilla A hay una división en centímetros; y el índice Y está provisto de un nonius con el que se practican las lecturas sobre el limbo dividido del disco E.

Armado el aparato, de modo que la graduación del disco esté en la parte anterior, y hechos coincidir los ceros del nonius y limbo, se introducen por la boca, en el ánima del cañón, los discos B, C é I de modo que los resaltes de éste entren en las rayas, y se fija en la boca el disco E, haciendo penetrar en el cañón los H y L; si entonces se empuja la varilla A, terminada á ese fin por una cabeza, y á cada distancia que recorre se lee la división del nonius que coincide con la del limbo, se sabrá lo que ha girado el índice, y como ha sido obligado por la rotación del tubo J, á causa de la que la varilla A ha recibido del disco I sujeto á moverse por sus resaltes dentro de las rayas, aquellos diferentes ángulos serán los de hélice correspondientes á dichas distancias.

Reconocimiento del alojamiento del cierre y otros.—El reconocimiento del anillo, del desahogo de la rosca, del alojamiento del cierre, el paso de rosca de éste, la profundidad del filete y la anchura de cada sector, se practican con plantillas y contra plantillas construídas con mucho esmero; y así mismo, con otras, la anchura de las rayas y campos y la figura de aquéllas.

Hemos dicho en otro lugar que debía reconocerse la rectitud de las generatrices del ánima; y ya al hablar del barrenado se expuso el método que se sigue, reducido á pasar un cilindro de un calibre ligeramente inferior al del ánima, de bastante longitud, de boca á culata.

Antes de entubar los cañones de fundición, que tal operación deban sufrir, se reconoce, también, si todos los cuerpos tienen el mismo eje del ánima, poniendo en una barra tantos discos como cuerpos diferentes haya, más uno delante que entre en el ánima, cada uno de ellos con el diámetro del cuerpo correspondiente, inferior en algunas centésimas para que puedan ser introducidos en el cañón.

En las piezas entubadas conviene así mismo cerciorarse de que la unión del tubo con la fundición es perfecta, que se indaga con una varilla encorvada terminada en punta, y se completa sacando una impresión de dicha parte, la cual se obtiene en cautchouc ó gutapercha de muy buena calidad, por medio de aparatos especiales, que se denominan estampas.

Antigua estampa española.—La representa la figura 95, lámina 23, y está formada por un cilindro C de madera, del calibre mínimo de la pieza en que se haya de usar, al que se une un asta D que sirve para manejarla. Por debajo de ésta hay una varilla de hierro F ligada por uno de sus extremos á la cuña A, de modo que independientemente de ella pueda girar, y que pasa por una tuerca fija á la cara posterior de la estampa, teniendo á su otro extremo una anilla.

La cuña A prismática triangular, puede recorrer un

hueco de sección cuadrada hecho en el interior del cilindro C; y á ella se une á cola una pieza B, de sección cuadrada, redondeada en la parte superior, contenida en una abertura de igual figura, que tiene el cuerpo de la estampa.

El aparato funciona del modo siguiente: Sobre la cara superior de la pieza B se pone una tira de gutapercha ó cautchouc después de hallarse en estado pastoso, y previo haberle untado de aceite para que no se agarre á ella, dando así mismo á la gutapercha otra capa ligera; y se introduce la estampa en el cañón hasta el sitio en que se quiera obtener la impresión; y sujetando el asta con una mano á la vez que se hace girar la varilla con la otra, entra la parte roscada de ésta en la tuerca, por cuyo medio se mueve la cuña haciendo salir al prisma de madera B, comprimiendo la materia plástica contra el ánima, que recibirá la impresión de ella en dicha parte; retirándola después de pasado un rato, haciendo descender antes el prisma B.

Estampa modelo alemán.—La representa la figura 96, lámina 23 y se compone de una chapa cilíndrica de cobre sobre la que van dos pilarillos de hierro B, cilíndricos en la parte superior, por que penetran las piezas huecas C que encajan á cola en el trozo cilíndrico de madera D, á que las sujetan unos tornillos, y que sirven de guías para que la parte superior de la estampa, de madera, y la inferior de cobre, puedan aproximarse ó separarse, impidiendo á la vez todo desplazamiento lateral de cualquiera de ellas. A dicha pieza de madera se atornillan dos soportes E á que se unen dos bridas H, giratorias al rededor de O y que se fijan á los dados J por su otro extremo, los cuales son tuercas de los husillos I é I′ roscados en sentido contrario, labrados en el eje P, á cuya extremidad se ajusta un manubrio por el que se obtiene la rotación de él y sus husillos, que alejarán ó acercarán las tuercas, uniéndose ó separándose la pieza de madera y la inferior de cobre. El mango ó asta del aparato lo forman varios tubos de latón por que pasa el eje P, y

otros que se unen á él, que se adaptan unos á otros empalmándolos, los cuales están divididos en centímetros.

Para obtener la impresión de un punto cualquiera del ánima con esta estampa, se introduce una tira de gutapercha de primera calidad en agua muy caliente, para que se ablande y quede plástica, y en seguida, después de impregnar de aceite la parte de madera de la estampa, se pone sobre ella dicha tira, de modo que sobresalga de su borde anterior, sobre que se dobla el sobrante, oprimiéndole con la mano suavemente é igualando así su superficie á que se da una ligera capa de aceite, introduciéndola en el cañón á la distancia que se desee, que la indicará la división del asta; y una vez en su sitio, se da vuelta al manubrio, con lo que las dos piezas de madera y cobre se separarán más y más, comprimiendo la materia plástica en la parte del ánima cuya impresión se deseaba, llenando la gutapercha las partes entrantes, quedando reproducidos hasta los más pequeños detalles de dicha parte; y pasados como diez ó quince minutos, se deshace el giro del manubrio y se extrae la estampa, acusando la gutapercha la forma exacta de aquella parte del ánima.

Reconocimientos exteriores.—Son todos los que se verifican en la parte exterior de los cañones y es su objeto comprobar si los diámetros y las longitudes son las de los planos.

Para medir los diámetros se hace uso de compases de vara ó brazos paralelos, de distintas dimensiones, ó de compases Bange, que aprecien cuando menos cinco centésimas de milímetro. Los últimos ya los hemos descrito detalladamente y explicado su uso; y los otros, de aplicación frecuente, son de todos conocidos, estando reducidos á una regla ó vara que tiene fijo en uno de sus extremos un brazo perpendicular á ella y por la que se mueve una corredera á que va unido otro brazo, cuyo canto es paralelo al de aquél, pudiendo por tanto separarse más ó menos del fijo, midiendo la distancia que entre ambos haya, á cada mo-

mento, la coincidencia de una de las divisiones de un nónius que lleva la corredera en una abertura practicada en su parte anterior, con una de las de la vara, estando aquélla dotada de un tornillo de presión para fijar su posición, teniendo los más precisos otro de coincidencia, en cuyo caso la corredera consta de dos partes.

La longitud de cada cuerpo se determina con reglas de diferentes tamaños, sirviéndose de plomadas y niveles para las partes tronco-cónicas, así como de soportes y suplementos adecuados.

La longitud de la línea de mira se comprueba con un cintrel, ó con plantillas, y el paralelismo de esta línea con el eje del ánima, con los aparatos descritos para determinarla, y mejor aún dirigiendo la visual por las alzas, puestas en cero, y los puntos de mira, colocado el cañón horizontal, así como sus muñones, á un blanco, distante cuando menos 200 metros, en que esté trazada la intersección con él de la prolongación del eje del ánima y asimismo pintadas dos cruces ó una, según que el cañón tenga dos ó una alza, puestas á las distancias horizontal y vertical que la línea de mira se halla del eje del ánima en los planos de construcción, y si coincide la puntería con los centros de las cruces, está bien.

El paso y perfil de los filetes de la rosca del cierre, y sus dimensiones longitudinales y transversales en cada parte, se comprueban con plantillas, y miden con compases, reglas y cintreles; y el alojamiento del grano y del estopín con calibradores.

Reconocimientos que deben practicarse según los diferentes casos.—Descritos en este capítulo los aparatos y medios que se usan para reconocer las dimensiones interiores y exteriores de una pieza, expondremos á continuación cuáles deben ejecutarse según los diferentes casos. Ya digimos también, que aquéllos podían tener lugar en el curso de la fabricación, al terminar ésta, ó en el servicio; y se comprende que en las fábricas constructoras principalmente, se deben extremar todos, para cerciorarse de que la fabrica-

ción ha sido buena, es decir, que están todas las dimensiones dentro de tolerancias, y que el metal ó metales diferentes que las forman, reunen las características convenientes.

Así es que en el caso de una pieza en construcción, para cada una de las que se debe abrir un cuaderno de fabricación donde se anoten cuantas operaciones en ellas se practican y vicisitudes por que pasan, se hará el reconocimiento, primeramente, del material con que se va á construir, verificándose las pruebas mecánicas respectivas que se completan con el análisis químico, y determinación de densidades. De las piezas de acero y de fundición entubadas se anotarán también los temples dados á los tubos y manguitos, especificando la temperatura del horno y del baño refrigerante y los pesos de la pieza que se templó y del líquido en que fué enfriada, y las características que dieron las barretas que de ellos se cortaron. Ya en trabajo el cañón, se reconocerá, después de cada barrena, el ánima; y si fuese entubado, el alojamiento del tubo midiéndose sus diámetros y longitudes en cada cuerpo, con un hipocelómetro aquéllos, generalmente el inglés, en dos posiciones perpendiculares, para ver si han salido elípticos, y las longitudes valiéndose de plantillas de hierro de las dimensiones que el plano asigne á cada uno de ellos, las que se harán coincidir con las generatrices inferiores; necesitándose para todos los cuerpos, menos el primero, de unos soportes que se apoyan en éste donde entran dichas plantillas por su extremo posterior; y por último, se ve si el eje del ánima es común á todos los cuerpos introduciendo una barra á la que se fijan á las distancias correspondientes, tantos discos como cuerpos tiene dicho alojamiento y uno más que ajuste en el ánima, de iguales diámetros que los de aquéllos menos una décima para que entren bien. A la vez, el tubo sufre un reconocimiento exterior, como se ha dicho, y otro interior, midiendo después de entubar, los diámetros interiores de éste, para observar la contracción que haya habido, efecto del apriete con que fué puesto. Después de pasadas las últimas barrenas se reconoce asimismo el ánima,

en toda su longitud, de cincuenta en cincuenta milímetros, en dos posiciones perpendiculares, midiendo dichos diámetros con un buen hipocelómetro, tal como el llamado estrella móvil; é igual operación se practica después de esmerilar, pasando además de boca á culata un cilindro del calibre mínimo del ánima, menos una décima, que tenga cuando menos tres calibres de longitud.

Durante el rayado se debe indagar con el hipocelómetro, al hacer las primeras rayas, si hay alguna falta en el interior, pues en la boca y culata lo denotará la plantilla con que se calibra; y después de acabado de rayar y limpio perfectamente el cañón, se reconocen en la misma máquina minuciosamente todas las rayas con el hipocelómetro, para repasar las que dieran medidas por menos.

Recamarado el cañón, vuelve á practicarse un detallado reconocimiento de esta parte tan importante, con el hipocelómetro inglés; y con plantillas y sacando impresiones con una estampa, de los conos y curva de unión de unos y otros cuerpos. El alojamiento del anillo, desahogo de la rosca y alojamiento del cierre y rosca del citado alojamiento, se reconocen también, del modo expresado anteriormente, y atornillándole un tornillo tipo.

La longitud del ánima, recámara y la total de la pieza, se determinan con reglas que se introducen en ella que, para que no se doblen cuando los cañones son de gran longitud, deben estar dotadas de unos soportes análogos á los tensores del hipocelómetro estrella móvil francés, que se fijan á la misma con tornillos.

Las piezas sunchadas tienen que reconocerse exteriormente en la parte que han de ocupar los sunchos, antes de colocar cada série, para ver si los diámetros son los debidos y el escalón ó escalones que tengan, están á dimensiones; y á la vez se miden los diámetros de los sunchos y su altura. Después de sunchar se mide la contracción experimentada por el ánima á causa del apriete con que fuesen puestos.

Concluído el torneo exterior del cañón se reconocen sus

diámetros y longitudes con compases y reglas, y las curvas de unión de los diversos troncos de cono, con plantillas; y por último, se pone horizontal sobre una placa tipo donde se examina la posición del eje de muñones, y si ambos están en prolongación, la situación de los soportes de cremallera y la de los elementos de puntería; y por fin, el funcionamiento del cierre y las dimensiones de éste y los anillos, alzas, etc., concluyendo por encontrar su peso y preponderancia.

El reconocimiento final de una pieza terminada se reduce al del ánima, rayado, recámara, alojamiento del cierre, y anillo, midiendo sus diámetros, y longitudes, longitud del cañón, diámetros exteriores y longitudes de cada cuerpo, medición de muñones y contramuñones, paso de hélice y confrontación de todas las dimensiones del aparato de cierre y elementos de puntería; que se practican por los medios y con los aparatos descritos.

En las piezas que se hallan en servicio, cada una de las que lleva su correspondiente filiación en que figura el reconocimiento final hecho en la fábrica constructora y los disparos realizados por la misma, deben practicarse algunos reconocimientos después de haber hecho algún fuego con ellas; estando antes prevenido que fuese anual para las de plaza y costa, y se limitaba á un examen ocular de su interior, después de bien limpias, á fin de conocer si las rayas tienen algún defecto, los campos ó macizos están deteriorados, si se descubren manchas que denoten, erosiones en las piezas de hierro y acero, ó estaño en las de bronce, etcétera, haciendo uso de un espejo y una cerilla puesta en el extremo de una varilla, de no poseer una iluminadora eléctrica; también se deben medir los diámetros del ánima en campos y rayas con un hipocelómetro, para averiguar si ha habido desgastes en el nacimiento del rayado ó dilataciones, causa unos y otros de que el proyectil avance más en su situación, variando la densidad de carga, y perdiendo su precisión y alcances la pieza, si el defecto es muy grande. Asimismo se examina igualmente, la recámara, si la obturación ha sido

perfecta, si el anillo ajusta en su alojamiento, y por último, si el funcionamiento de todas las piezas del cierre se hace con facilidad.

En las antiguas piezas á cargar por la boca debía reconocerse si el fogón estaba hecho con la inclinación debida y su diámetro era el justo; conociéndose la situación de él, introduciendo en el ánima una estampa hasta el fondo y sacando una impresión; la inclinación se mide con un goniómetro con nivel de aire; y el diámetro interior con una sonda, que es una aguja en forma de cuña, por la que se mueve una corredera, estando aquélla dividida, é indicando, cuando se introduce en el fogón, la coincidencia del canto de la corredera con una de dichas divisiones, el diámetro. Cuando el fogón deja penetrar una aguja de 9 mm. de diámetro está inútil y debe ponerse otro.

Prueba de fuego.—Con todos los cañones que se construyen, completamente terminados y reconocidos, se practica, en los establecimientos productores, una prueba de fuego, cuyo objeto es que tomen su asiento todas las partes que los constituyen, y examinar la obturación, así como el funcionamiento del mecanismo de cierre.

Dicha prueba se reduce á efectuar con el cañón puesto en su montaje, ó en rastra, de construirse aquél en otro punto, dos disparos por cada juego de elementos de obturación de dotación, con la carga de pólvora, en cantidad y clase reglamentaria y proyectil del mismo peso que el marcado á dicha pieza, que debe ser de cabeza plana para evitar se escape, cuando no se disponga de un campo de tiro extenso ó de un buen receptor de proyectiles, determinando las presiones interiores con dos aparatos Crusher, y midiendo las velocidades con uno ó dos cronógrafos.

Después de la prueba, se practica un minucioso reconocimiento; y queda, de no resultar nada anormal, en disposición de ser entregado el cañón al servicio.

APÉNDICE

Cañones con envueltas de alambre de acero.

Aunque de fabricación aún no corriente, pues son muchas las dificultades que la construcción de tales cañones ofrece, no queremos dejarnos de ocupar de dichas piezas, siquiera sea dando á las noticias que sobre ellas consignemos, una muy limitada extensión.

La idea originaria de estos cañones se debe á Woodbrige, Longridge y Schultz; y si bien fué Woodbrige quien primeramente, en 1850, presentó un proyecto de cañones de tal clase, el que verdaderamente se ocupó más principalmente del estudio teórico del sunchado de alambres, base de este sistema de artillería, ha sido Longridge ya en el año 1856, y posteriormente en 1884 en su obra «A Treatise on the application of wire to the construccion of Ordnance» en que expone la completa teoría de la tensión de los alambres.

En un principio, el sunchado de alambre no obedecía sinó al deseo de disminuir el espesor de las diferentes envueltas que constituyen los cañones compuestos, á fin de establecer cada capa concéntrica con su correspondiente

tensión, aumentando de este modo la resistencia del tubo; pero posteriormente, se ha dado á esas capas de alambre otro objeto más, y es el de que sean ellas las que resistan las presiones normales, por cuyo motivo es el tubo, sobre que se arrolla el alambre, bastante delgado, con solo los espesores precisos para hacer en él las rayas y evitar su rotura por la compresión que la envuelta de alambre ejercería sobre él, sirviendo por consiguiente, dicho tubo, de intermediario para hacer sentir al alambre las presiones normales que se desarrollan en el tiro; y es entonces, el órgano destinado á resistir los esfuerzos longitudinales, un manguito, al que unas veces se atornilla el cierre, haciéndolo otras á una pieza de acero á aquél roscada y acabada de asentar obligándola á girar un pequeño ángulo en caliente.

Siendo el ideal de los cañones compuestos el tubo teórico ó sea aquél que estuviera formado de tal modo que sus fibras todas sufrieran en el tiro la misma tensión que la fibra interior, es claro que más se aproxima á él el cañón sunchado con varias envueltas de alambre, que el sunchado por aros de acero superpuestos; pues éstos, por muy delgados que sean tienen un cierto espesor, muy considerable, preciso, para que puedan practicarse las operaciones de torneo interior y exterior; y como además son puestos generalmente en caliente, aun bien calculado el grado de calor necesario para dilatarlos, y dado el apriete preciso, no es probable que queden todos con la tensión que debieran, que, por otra parte, no es igual en todo el espesor del suncho. Por el contrario, si el sunchado lo es de alambre, como este tiene muy pequeño espesor, el número de envueltas concéntricas puede ser muy grande; y como es factible dar á cada una, al arrollar el alambre, mediante los pesos correspondientes, la tensión que la corresponda según lo que diste del eje, el cañón que se obtenga, aunque no sea el tubo teórico, se aproximará mucho á él, pues estará formado por una porción de capas sumamente delgadas y puestas unas sobre otras con las tensiones calculadas préviamente á aquel fin. No debe

olvidarse, sin embargo, que hay una parte del cañón, el tubo interior, que, aunque delgado, tiene un cierto espesor, en el que no se verifica que cada capa tenga la tensión correspondiente; é igualmente diremos de la parte que en el cañón haya de sufrir los esfuerzos longitudinales.

He ahí los razonamientos que los partidarios de tal sistema aducen á su favor, á más de la mayor rapidez de construcción, las menores pérdidas por defectos del material, la mayor resistencia que se puede dar á la pieza en beneficio del menor peso, y otras. Sin embargo, la dificultad de fabricación en lo que al enrollado y sujeción del alambre se refiere, y á la unión de unas capas con otras, como del manguito al resto de la pieza, hace que tal sistema de construcción de cañones no sea aún corriente, como ya al principio expusimos.

Como el objeto principal del tubo, en estos cañones, es servir de núcleo á la envuelta de alambre, considerando tan solo la resistencia á la presión interior en sentido normal, podría tener un espesor sumamente pequeño; pero, como el sunchado ejerce una fuerte compresión sobre él, ese espesor debe aumentarse á resistir tal esfuerzo, y porque desarrollándose siempre vibraciones y otros esfuerzos y acciones, hay también que tomarlos en cuenta. Por otra parte, si dicho espesor crece, también habrá de aumentarse el del sunchado, puesto que no variándole, supuesto fuera el debido, como parte de él se ha sustituído por el aumento habido en el tubo, que por ser de algún espesor y no estar formado con arreglo á la ley de tensiones ha de resistir menos que las capas equivalentes de alambre, que habrían sido puestas con las tensiones correspondientes, para que la resistencia no disminuya, es de necesidad aumentar el sunchado; resultando, por tanto la pieza, más pesada. Esto patentiza que ni es conveniente acrecer el espesor del tubo más allá de lo necesario, ni disminuirlo tanto que se debilitara y pudiera romper al efectuarse el disparo ó por la compresión del alambre.

Las diversas experiencias hechas por Longridge han

probado aquellos extremos y hecho ver que no solo era preciso, de aumentar el espesor del tubo, hacerlo también con el sunchado, sinó que las diversas capas de alambre deberían tener mayores tensiones iniciales, con lo que el tubo trabajaría más, sin ventajas para la resistencia.

Como resultado de las ideas expuestas, y merced á repetidas experiencias, el espesor del tubo se calcula partiendo de que la relación que parece más aceptable y generalmente admitida, que por tanto se debe tomar como punto de partida para emprender tales cálculos, es la que señala al espesor del tubo las veinte ó treinta centésimas del calibre.

Formados los cañones compuestos que nos ocupan, por capas concéntricas de diferentes metales unas veces, y otras del mismo metal con envueltas que tienen diferentes características, si la constitución de tales piezas ha de obedecer al principio de las elasticidades progresivas, es menester que á medida que cada capa metálica se separe del centro al exterior, sus módulos de elasticidad crezcan, ó lo que es lo mismo, que la envuelta interior ó tubo sea de un metal cuyo módulo sea más bajo que los de las diferentes capas concéntricas que formen el cañón; debiendo tener los alambres el mayor módulo.

Es asímismo conveniente, y de ello ya hemos dado la razón, que los alambres sean puestos con tensiones iniciales variables, pues aunque el que fueran estas uniformes facilitaría la colocación de las capas sucesivas de alambre, no se utilizarían con tanta ventaja como si la tensión con que fueran arrolladas variase, si nó en cada capa, aproximándose á esto lo más posible, cosa que, por otra parte, no ofrece inconveniente alguno, y que se reduce á variar el peso tensor á cada vuelta completa del alambre.

Expuesto lo ventajoso de que el alambre sea lo más delgado posible, pues tanto mejor podrá considerársele como una fibra, y más aproximado al tubo teórico resultaría el cañón que con él se constituyera, dicha dimensión tiene sus límites; pues de ser muy fino, se necesitaría una cantidad

muy considerable de él para formar la envuelta, que sería muy larga de poner; y además que debe procurarse una fabricación racional para que aquél no resulte á un precio excesivo. Así es, que los alambres empleados están comprendidos entre uno y tres milímetros de espesor, creciendo frecuentemente con el calibre, para que no sea tan larga y lenta la operación de envolver de alambre el tubo y formar las sucesivas capas concéntricas de él.

La figura de la sección de los alambres, varía entre la circular y la rectangular; habiendo empleado Longridge y Schultz la primera, y Armstrong la segunda, si bien posteriormente se ha generalizado la rectangular y cuadrada. Si consideramos que alrededor de un cilindro se arrolla una barra, que no otra cosa es el alambre, hay fibras que experimentan mayor tensión y alargamiento que las centrales, y otras en que por el contrario, tales efectos son menores; y si bien en alambres tan delgados son insignificantes esas diferencias, sin que por eso dejen de existir, si suponemos el alambre cuadrado, como la capa más alejada dista del cilindro sobre que se arrolla precisamente el espesor del alambre, y es esta distancia menor que el diámetro del de una sección equivalente, que es lo que separaría, en tal caso, á la fibra más alejada, del cilindro que la sirviera de núcleo, parece demostrado el fundamento de la preferencia por los alambres de aquella forma, sobre los circulares.

Varios son los sistemas de cañones de alambre, que han visto la luz, unos experimentados y otros que no han pasado de la categoría de proyectos. Solo vamos á dar una ligera idea de los más característicos, sirviendo á la vez de enseñanza sobre su construcción.

Los cañones Woodbrige, estaban formados por un tubo de acero, sobre el que era arrollado el alambre; la sección de éste es la cuadrada, con las aristas redondeadas; y se enrolla no alambre por alambre, sinó varios reunidos que constituyen una banda, de un calibre de anchura, aproximadamente.

Se envuelve dicho alambre sobre el tubo, cubriéndole de

uno á otro extremo y por capas sucesivas hasta alcanzar el espesor que ha de tener el cañón; y una vez envuelto todo, se mete en una caja de chapa, donde se calienta, al abrigo del aire para evitar la oxidación, hasta el punto de fusión del bronce, que se cuela este metal líquido, haciéndolo entrar en dicho recipiente; y que penetrando por entre los alambres forma con ellos una masa que los recubre perfectamente; torneándose después de frío para dar á la pieza la forma definitiva.

El tubo, tiene suficiente espesor, para después de formado el cañón como se acaba de decir, barrenarle para dejarlo al calibre y rayarle; siendo su longitud mayor que la del cañón, atornillándose á sus extremos unos espaldones para recibir las uniones de los alambres, y manejar el cañón en lo que está en operaciones.

Para arrollar el alambre al tubo, éste se pone en un torno, y los alambres pasan entre dos platos á fricción, que se desplazan paralelamente, á lo largo del tubo á la vez que éste rueda; valiéndose de una máquina especial, ideada á ese fin, que arregla automáticamente, la tensión inicial de los alambres.

Los muñones se forman, torneándolos, del bronce, que se vertió fundido para constituir la capa exterior.

Los cañones del mismo autor y modelo 1874, tenían el tubo de fundición y eran á cargar por la culata, con cierre de tornillo. El de 10″ estaba sunchado hasta los muñones y el de 12″ hasta la boca. El sunchado estaba formado por varias porciones de alambre, cuyo diámetro ó altura de capas, disminuía de culata á boca, mantenidas entre sunchos ó aros atornillados al tubo; sistema muy deficiente de construcción, puesto que en las partes donde se fijaban dichos aros, se creaban soluciones de continuidad de la envuelta, y por consiguiente secciones débiles en dichos puntos. El tubo era muy delgado y se reforzaba longitudinalmente por una envuelta constituída de duelas de acero. Los muñones formaban parte de un suncho de acero.

Longridge constituía sus cañones de otro modo; un tubo delgado, alambres de un gran módulo, y un manguito con muñones, al que atornillaba el cierre.

Al principio, el tubo de que se servía era de fundición, con una camisa interior, también de fundición, pero más dura, ó de acero; unas veces puestas ambas en caliente con apriete, y otras no. Posteriormente, el tubo lo hizo de una pieza, de acero duro.

Los alambres eran de sección cuadrada y 1,6 milímetros de lado, con un módulo de 19700 á 21200. Antes de proceder á enrollarlos en definitiva sobre el tubo, le envolvía préviamente con una pequeña parte de él, poniéndolo con una determinada tensión; sometiendo así al tubo al esfuerzo de compresión inherente, con lo que el metal mejoraba de calidad.

Desarrollado después dicho alambre, formaba ya la envuelta definitiva, del modo siguiente: Al final del tubo se atornilla un anillo, cuya rosca es de filetes cuadrados, dejando algo de viento en sentido de los radios entre los filetes de él y el tubo para que éste pueda dilatarse sin que por eso tienda á romperse por la unión con dicho anillo. El principio del alambre, se dobla sobre sí mismo en una pequeña longitud, y se introduce por su extremidad doblada en una entrada practicada en el anillo, en la que se aloja; á partir de este punto, tiene el anillo labrada una canal ó rampa helicoidal de altura constante é igual al espesor del alambre, y cuya anchura en sentido del eje de la pieza es al principio de igual dimensión que la altura y decrece en una vuelta entera sucesivamente hasta ser nula; de este modo, el alambre que se introdujo en el anillo, se arrolla sobre el tubo, quedando aplicado contra el fondo de la rampa, adquiriendo así el paso deseado; y al dar una vuelta completa, pasa del anillo al tubo, donde se arrolla, hasta llegar á la extremidad opuesta del sunchado, que se coloca sobre el tubo un pedazo de alambre independiente, que se envuelve una media circunferencia, y que está cortado á bisel en toda su longitud; por cuyo motivo

al llegar el alambre á esta parte, que forma una rampa, asciende por ella y al término de la misma se habrá superpuesto sobre la capa colocada, aumentando su espesor, en dicha parte, en el del del alambre. Se invierte entonces, la marcha de la máquina y el alambre se arrolla en sentido inverso, cubriendo la capa que de él se acaba de poner; y así se opera cada vez que llega á una de las extremidades del sunchado, ó en el punto que se desee, para dar á la superficie exterior el perfil debido.

El número de capas puestas de este modo, es par siempre, pues parte el alambre del anillo de unión y á él viene á parar, al concluir de arrollarle sobre el tubo. Con este objeto, dicho anillo está rebajado en el contorno de su parte anterior, formando una garganta, á la que el alambre da tres ó cuatro vueltas, cortándose después éste, al llegar frente á un agujero practicado en el espesor del anillo, en que se introduce el extremo, acabado de cortar, ó sea la otra punta del alambre, sujetándole con una pequeña cuña que se mete á golpes de mazo.

Para que el manguito no sea sometido á los esfuerzos de expansión, deja un pequeño viento entre él y los alambres; y á la vez, para que el tubo no reciba ningún esfuerzo longitudinal, la tuerca de cierre, que se atornilla al manguito, queda separada completamente, por su parte anterior, del extremo posterior del tubo.

También pone á sus cañones, un anillo que lo llama de apoyo, porque lo hace contra el blok de culata ó tuerca del cierre, con objeto de hacer participar á la parte exterior del manguito, de los esfuerzos longitudinales; dicha pieza, que se atornilla á la superficie externa del manguito, de una forma particular á fin de que la parte posterior apoye por el interior en el fondo del blok de culata ó tuerca de cierre, se coloca, roscándola en frío al manguito, apretando cuanto sea posible; ó calentando por el exterior éste, á la vez que se enfría por el interior dicha pieza, para que mientras las fibras exteriores de él se alargan, tiendan á acortarse las interiores,

durante la colocación de dicho anillo, quedando, cuando la pieza ha adquirido la temperatura ordinaria, comprimido contra la culata, y en tensión la superficie exterior del manguito. Dicha disposición, que es muy complicada, no parece práctica.

Para el Gobierno inglés propuso Longridge un cañón de retro-carga, del calibre de 6″, que fué construído por MM. Easton y Anderson. El núcleo sobre que se arrolla el alambre, es un tubo simple, de acero, de un espesor igual á 0,25 del calibre en la parte que lo tiene mayor, ó sea en la recámara, que está recubierto de alambre también de acero, dispuesto en capas cuyo número decrece, desde los muñones próximamente, que tiene 42, hasta la boca que son solo 10; formando un cono, ó más bien varios cilindros, que difieren uno de otro en dos capas; estando todo recubierto por un manguito de fundición, en que van los muñones, el cual sobresale del tubo, por la parte posterior, lo suficiente para permitir que á él se atornille interiormente el blok de culata ó tuerca de cierre. El expresado manguito, ajusta interiormente á la parte sunchada, salvo á partir de los muñones, que hasta la culata, queda un juego ó viento de dos milímetros. Está también provisto de su anillo de apoyo en la culata, y de otro en la parte anterior, atornillado al tubo; recubriendo éste, el tubo y el manguito, un pequeño manguito de boca, de acero, que se rosca á la parte exterior de la pieza. La unión del manguito con el resto de la pieza, se verifica mediante la siguiente disposición: El manguito barrenado á las dimensiones debidas, permite entrar fácilmente en él, el tubo sunchado de alambre, al que después se fija por quince tornillos, que penetrando por otros tantos taladros hechos en el manguito, repartidos igualmente en cinco secciones del mismo, oprimen á unas cuñas, sirviendo de intermediarias unas redondelas de goma, ejerciendo de ese modo, una gran presión sobre el sunchado.

Los cañones Schultz difieren bastante de los hasta ahora explicados, y los caracteriza el modo de unirse los alambres,

que son distintos en cada vuelta, en vez de uno solo, como en los de Longridge, el tener éstos la sección circular, y el ser el manguito de menor longitud que el tubo, pues solo se extiende hasta donde termina el sunchado, que concluye poco más allá de los muñones.

El enrollado de los alambres, que es automático, se verifica del siguiente modo: El cañón, fijo en un torno, gira al hacerlo la plataforma de éste; y á su lado existe paralelamente á su eje una gran bobina ó tambor cilíndrico, de alguna más longitud que el cañón; de manera que fijo el alambre por uno de sus extremos al tubo, en el origen del sunchado, al rodar éste, el alambre se va enrollando y desarrollándose de la bobina, llevando suspendido de una polea intermedia entre el tubo y ésta, por que pasa el alambre, un peso, que gradúa la tensión con que ha de quedar colocado sobre el tubo, y que se varía progresivamente.

En cada extremidad de la parte que ha de ser sunchada, se adapta al tubo un espaldón cuya altura sobre él es igual al espesor total de las capas de alambre que ha de llevar; que tiene la figura cilíndrica, con una garganta en su centro, en la que entran los alambres conducidos por una canal abierta en él cuyo fondo forma una rampa, que empieza por ser un plano tangente al tubo y termina uniéndose al fondo de la garganta: además hay en el espaldón abiertas unas cajas á cola de milano que se extienden desde su cara anterior á la posterior, en que ajustan unas barretas ó pequeños prismas de acero de igual sección que las colas, con una parte estrecha de acero duro y templado, que recibe el nombre de meseta, que sobresale del plano superior de las colas, en la que hay practicadas unas hendiduras de igual profundidad que el espesor ó diámetro del alambre, pero de menor anchura.

Para fijar, por consiguiente, un alambre, no hay más que introducirle en una de las hendiduras de la meseta ó tablilla, dándole un martillazo, pues merced á la misma dureza entra el alambre, quedando algo cizallado en las partes que tocaron

á las aristas cortantes de la hendidura; no pudiéndose salir de ella al rodar, porque por un lado el haber entrado tan ajustado, y por otro el haber sido en esa parte forzado á penetrar en la hendidura ha motivado que haya adelgazado, siendo por tanto la parte que queda fuera, de más diámetro, que le impide salir. De esta manera sujeto el alambre, se le corta el sobrante ó punta á unos dos centímetros de la hendidura; y en el movimiento de rotación del tubo, sigue por la canal en forma de rampa y se adapta, al concluirla, á la superficie del tubo, arrollándose en él hasta llegar al espaldón puesto al otro extremo, que se sujeta de igual manera, que al principio.

El número de barretas lo determina el de capas de alambre, supuesto que cada una no lleva más que una hendidura para la sujeción de un alambre, y algunas de respeto por si se rompiera al ponerlo; y ó bien se dá á todas ellas la misma altura sobre el fondo de la garganta, y en ese caso, hay una rampa de acceso para cada una de ellas labradas en el espesor del espaldón, ó solamente existe una rampa, y entonces las barretas van creciendo de altura á medida que más se separen de ella, á fin de que cada capa se coloque por encima de la siguiente; para lo cual, todos los alambres que pasan por la misma rampa, se unen á su barreta correspondiente pasando sobre las que ya están ocupadas por otros. Cuando se ha terminado de envolver el alambre, se rellenan las gargantas de los espaldones con una aleación de plomo y estaño.

En los cañones de grueso calibre, el lugar destinado á la carga está envuelto por mayor número de capas de alambre que la caña; y en ese caso, el espaldón de la culata tiene más altura que el de caña, siendo igual al máximo espesor de la parte sunchada de alambre; arrollándose éste, empezando por hacerlo entre ambos espaldones colocando el número de capas preciso á conseguir el espesor correspondiente á la caña, siguiendo el procedimiento explicado; y seguidamente se fija en caliente, delante de la parte donde

deba terminar el refuerzo del sunchado por el mayor número de capas que haya de ponerse de alambre, un suncho de unión, de igual perfil que los espaldones, provisto de sus correspondientes barretas, envolviéndose el alambre entre este suncho y el espaldón de culata, fijando los extremos en cada vuelta en uno y otro del modo dicho.

Como se vé, la sujeción del alambre y su enrollado es muy sencilla, sin otro inconveniente que el gran número de barretas que se necesitan.

Diversos tipos de cañones posee dicho inventor, de los que la Comisión de Calais ensayó en los años 1875 y 1876 dos de 90 milímetros, y en 1881 otro de 19 centímetros; habiéndose construído también, de acero, de 19, 24 y 34 centímetros. El primero de los experimentados, para campaña, estaba formado por un tubo de acero suave sobre el que se envuelve el alambre hasta un poco más allá de los muñones; difiriendo de él el segundo en el trazado interior, en ser tronco-cónica la caña, y llevar dos séries de refuerzos; siendo el manguito de bronce y careciendo de muñones la pieza.

El cañón de 19 experimentado en 1881 tenía el tubo de fundición, y su resistencia longitudinal, pues carecía de manguito verdaderamente dicho, se conseguía, merced á doce pernos de acero cuyas cabezas iban embutidas en el blok de culata, apoyando sus tuercas en la parte anterior del suncho de muñones; y el de acero de igual calibre solo se diferenciaba en no tener la placa ó blok de culata de una sola pieza, habiendo sido su debilidad causa de la rotura de esa parte del cañón, durante el fuego.

Los cañones de 24 centímetros, eran de fundición con un tubo interior corto, de acero, un suncho de muñones y la placa ó blok de culata, de hierro ó de acero, unidos ambos con tornillos ó pernos; y también los hizo sin tubo interior. Y los de 34 eran de pernos unos, y otros con manguito; todos fundados en igual sistema de construcción y colocación de los alambres.

Recientemente, en los Estados Unidos, una sociedad de que es presidente M. Browns, ha empezado los ensayos para la construcción de cañones, de cuyo sistema es autor, que los denomina de segmentos y envueltas de alambre. El fin que con tal procedimiento de construcción se persigue es sustituir el tubo interior de acero, que en los cañones de calibres medios y grandes, es hoy de una excesiva longitud y pequeño espesor, cuya forja es delicada, y costosa la obtención del mismo, por duelas de acero de muy buena calidad, que aún se mejora considerablemente mediante una forja enérgica.

Dichos cañones están, pues, constituídos por duelas de acero, forjadas y cepilladas después á las debidas dimensiones para que su ajuste sea perfecto, formando, luego de reunidas, un tubo, sobre que se envuelve alambre en toda su longitud; recubriendo todo, un manguito de acero al que se atornilla el blok de culata. Las rayas se hacen en la superficie interior de las duelas ó segmentos; y en algunos cañones tienen además un tubo delgado de acero que se introduce con ayuda de una prensa hidráulica, siendo entonces el que lleva las rayas.

No más diremos de los diversos sistemas de cañones de alambres. Su fabricación queda casi consignada, al describirlos; y la dificultad de ejecución inherente al sistema se alcanza desde luego.

Algún alambre puede romperse al ser arrollado; siendo muy facil de remediar ese contratiempo en los envueltos y unidos por el sistema Schultz; pero en los puestos por el de Longridge hay que soldarlos y á veces desenvolverlo todo.

Como medio fácil de soldar los alambres, debe consignarse la aplicación que de la electricidad ha hecho M. Thomson, á ese fin. Tal sistema, que él denomina soldadura eléctrica, se reduce á aproximar las dos partes que hay que soldar y hacer pasar por ellas una gran corriente eléctrica de mucha intensidad, tomando como conductores una pequeña porción de

los alambres que hayan de unirse, desarrollándose una tan alta temperatura, que tiene lugar en muy pocos momentos, la fusión de los extremos, que se sueldan.

El aparato empleado con ese objeto, se reduce á una máquina eléctrica de corrientes alternativas; y para transformar la corriente que esta máquina produce, en otra mucho más intensa, usa un transformador especial, que lleva la corriente así transformada á las piezas que hayan de soldarse, ejerciéndose á la vez sobre sus extremos una fuerte presión, para que estén siempre en contacto, con el fin de asegurar la soldadura.

Dicho transformador, puede ser de circuito abierto ó cerrado. El primero consiste en una bobina de inducción, compuesta de un núcleo de hierro dulce, de 40 centímetros de largo por 6 de diámetro, sobre el que se arrolla un hilo de cobre, constituyendo el circuito primario ó inductor, ligado á la máquina de corrientes alternativas. El circuito inducido ó secundario está formado por 64 hilos montados en derivación, y que dan lugar á ocho espirales enrolladas alrededor de la bobina primaria; estando las extremidades de estos hilos fijas á unas placas de cobre que contienen dos prensas destinadas á recibir las piezas que hayan de soldarse, permitiendo una excéntrica, separarlas, á fin de colocar en ellas convenientemente los extremos de los alambres que se deseen soldar, los cuales desde el momento que la excéntrica no actúe se ponen en contacto fuertemente continuando así hasta soldarse, por la acción de un resorte cuya tensión se gradúa á voluntad, y porque una de las prensas puede resbalar á corredera sobre la placa que la sirve de base, obligada por dicho muelle. El circuito inductor y el núcleo de hierro son movibles para variar la potencia del aparato.

La manera de operar se reduce á pasar los alambres por las prensas, después de bien limpios, para asegurar su contacto con los tornillos de éstas, establecer el que debe haber entre los extremos ó puntas de ambos que se habrán cortado

bien planas y normales y se hallarán muy limpias, y hacer pasar la corriente, teniéndose cuidado de proyectar sobre la unión, borax en polvo, á medida que la temperatura se eleve y fundan los extremos, que no cesarán de estar en contacto, haciéndose la soldadura en brevísimo tiempo.

De los transformadores de circuito cerrado no nos ocupamos, por ser más propios para soldaduras de piezas de mayores dimensiones.

FÉ DE ERRATAS

PÁGINAS	DICE	DEBE DECIR
31	reparación	separación
59	inferiores	superiores
160	al	la
194	J	F
229	reune	mueve
229	de las que	de las distancias que
306	P	T