

FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM
BIBLIOTECA DE INGENIERIA

U N A M.

FACULTAD DE INGENIERIA.

DIVISION DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA.

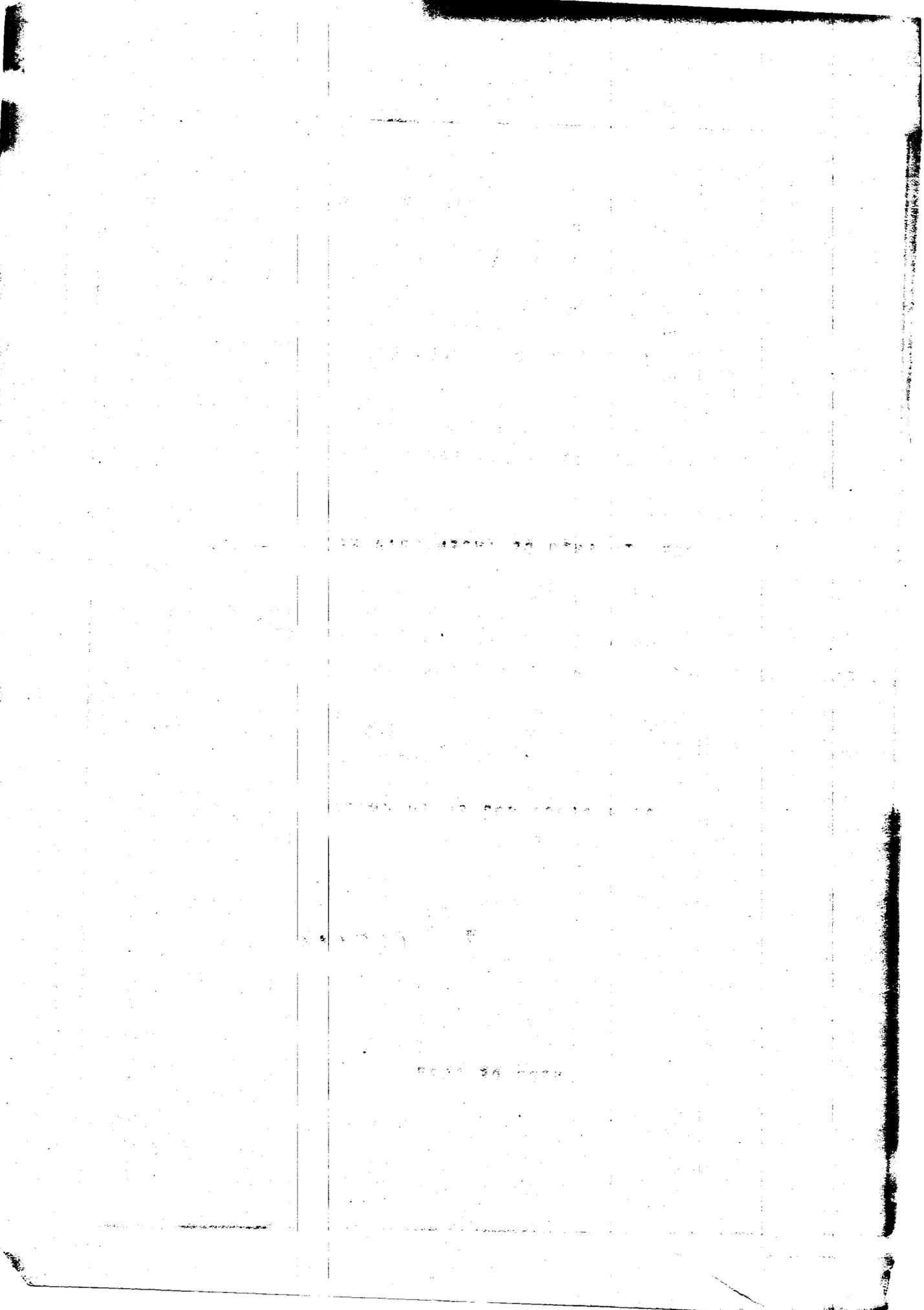
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

APUNTES PARA LAS ASIGNATURAS DE
PROCESOS DE MANUFACTURA I Y PROCESOS INDUSTRIALES MECANICOS

PREPARADOS POR EL INGENIERO
RAUL ESPINOSA ISLAS.

G- 605444

ENERO DE 1978.



CAPITULO 1.- MATERIALES.	Pag.
1-1. Clasificación de los materiales industriales. Clasificación de los elementos metálicos. Estructura de los metales.	1.
1-2. Obtención de los materiales ferrosos y no ferrosos. Diagrama 1 Fabricación del acero. Obtención del arrabio, método del Alto Horno. Aceración en horno de hogar abierto. Diagrama de flujo. Aceración en Convertidor B.O.F. Diagrama de flujo. Obtención de hierro esponja por el método de Reducción Directa HYL. Diagrama del proceso. Aceración en Horno Eléctrico. Máquina de colada continua. Diagrama comparativo de obtención de Billet por laminado de desvaste y por colada continua. Designación de los aceros según AISI y SAE. Fundición gris, blanca y atruchada. Hierro maleable y hierro nodular. Metales ligeros. Obtención del aluminio. Aleaciones básicas.	3
1-3. Propiedades físicas y mecánicas de los materiales. Máquina universal para pruebas mecánicas.	25
1-4. Clasificación general de los procesos de fabricación.	27
CAPITULO II.- PROCESOS DE FUNDICION.	
Principales métodos de fundición o vaciado. Vaciado en moldes de arena. Tipos de modelos. Métodos de moldeo. Tipos de moldes de arena. Corazones. Fundición de materiales ferrosos Colados de acero. Fundición de materiales no ferrosos, cobre latones, bronces, aluminio y sus aleaciones. Hornos empleados en la fusión de metales. Colado y limpieza de piezas fundidas.	28
METODOS ESPECIALES DE COLADO.	36
Colado en moldes metálicos.-1.-Colados en moldes permanentes. 2.- Colados huecos. 3.-Colados a presión o Corthias.4. Colados en matriz o fundición a presión.	
Colados en moldes no metálicos.- 1.-Colados centrífugos. 2. Colados de precisión o de envoltura. Método de la cera perdida. Moldeo en cáscara o Shell. Moldes de yeso.	40
Colados continuos.- 1.-Proceso del molde reciprocante.2.--- Proceso Asarco. 3.-Colado continuo con molde de latón o cobre. 4.- Proceso Alcoa de enfriamiento directo. Proceso Hazlett, para llantones delgados.	46
CAPITULO III.-TRATAMIENTO DE LOS METALES.	
A.- Tratamientos térmicos.-Recocido, temple y Revenido	49
B.- Tratamientos termoquímicos.Cementación, cianuración, nitruración, carbonitruración y sulfinización.	55
C.- Tratamientos mecánicos.- Trabajo en caliente y en frío.	56
D.- Tratamientos termomecánicos. Austempering.	57
E.- Tratamientos superficiales.Temple a la flama y por inducción.	58
CAPITULO IV.- PULVIMETALURGIA.	
Formado de piezas a partir de polvos metálicos.Características de los polvos. Métodos de producción de los polvos. Operaciones de formado. Sinterizado.Operaciones de acabado.	59

Ventajas y limitaciones del proceso. Productos obtenidos.

CAPITULO V.- FORMADO DE METALES.-

- A.- Formado de metales en caliente.** 65.
Operaciones básicas de formado. Estirado. Recalcado y estampado. Temperaturas mínimas de recristalización de algunos metales. Ventajas y desventajas del trabajo en caliente. Principales métodos de trabajo en caliente. Laminado. Forja. Fabricación de tubos con y sin costura. Estirado y Embutido. Extruido. Rechazado en caliente.
- B.- Formado de metales en frío.** 99.
Ventajas y desventajas del trabajo en frío.
- I.- Formado por compresión. Laminado. Estampado. Forjado en frío. Acabado a medida. Extruido. Remachado. Enclavado. Martillado. Acuñaado. Bruñido. Estampado en matriz Laminado de roscas. 101.
- II.- Formado por curvado.- En ángulo. Con rodillos. Costura o engargolado. Rebordeado. Enderezado. 108.
- III.- Formado por cizalladura o corte.- Corte en tiras. Recorte. Perforado. Muescado. Cepillado o refilado. Trimming. Tronzado. Corte con sacabocados. 112.
- IV.- Formado por estirado.- Estirado de barras y tubos. Trefilado de alambres. Rechazado en frío. Alto relieve. Moldeado por estirado. Estampado en casquete. Moldeado con goma (Hule). Proceso Guerin y Proceso Marform. Estampado con martinete. Formado por alta energía (Formado explosivo). Prensas. 118.

CAPITULO VI.- UNION DE METALES.

- Uniones permanentes. Uniones soldadas. Uniones remachadas. Uniones con adhesivos. Uniones mediante falsa soldadura. Soldaduras blandas (Pb, Sn.) Soldaduras fuertes. (Cu. Ag.) Uniones mediante soldadura por fusión o por presión. 140.
- I.- Soldadura por Forja.- Soldadura en matriz. Soldadura con rodillos. Soldadura fría. 142.
- II.- Soldadura con gas.- Soldadura con Hidrógeno. Soldadura con acetileno. Con propano. Con gas a presión. 144.
- III.- Soldadura por arco eléctrico.- Con electrodo de carbón. Con electrodo de metal desnudo. Con electrodo de metal recubierto. Con electrodo de Tungsteno y gas inerte (TIG). Con electrodo de metal y gas inerte (MIG). Con Hidrógeno atómico. De arco sumergido. De flujo magnético. Con cinta impregnada. Con perno. De punto con arco de tungsteno y protección con gas inerte. 152.
- IV.- Soldadura por resistencia.- Por puntos. De costura. De salientes o de proyección. Por chispas. Por recalcado. Por percusión. 159.
- Uniones Remachadas.- Nomenclatura de los remaches. Cabezas de asiento y cabezas de cierre. Tipos de juntas remachadas. Remaches para fines especiales. Remaches huecos. Remachado ciego (Pop.) 161
- Uniones mediante adhesivos. 162.
- Uniones prensadas o Forzadas. (Zunchado)

Uniones desmontables.-

163.

Mediante tornillos, tuercas, pernos, cuñas y arandelas.-
Tipos de tornillos. Tipos de tuercas. Dispositivos de seguridad de tuercas y tornillos. Calidad de los tornillos
Uniones con clavijas o pasadores. Uniones con lenguetas o cuñas. Uniones con retenes de anillo.

Capitulo VII.- ELECTROFORMADO Y RECUBRIMIENTOS METALICOS.

175.

Descripción del proceso. Materiales usados. Ventajas y limitaciones del proceso. Partes fabricadas por este método. Recubrimientos metálicos por galvanoplastia y por inmersión. Galvanizado. Estañado. Fosfatado. Pavonado -- Anodizado. Calorizado.

CAPITULO VIII.- PLASTICOS.

Clasificación de los materiales plásticos. Cargas. Agentes plastificantes, colorantes y lubricantes. Métodos de formado. Compresión. Transferencia. Inyección. Extrusión Colado o vaciado. Laminado. Soplado y formado al vacio.- Moldes para plásticos.

BIBLIOGRAFIA.-

MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACION.
E. Paul De Garmo. Editorial REVERTE.

PROCESOS DE FABRICACION.
Myron L. Begeman & B.H. Amstead. Editorial CECSA.

TECNOLOGIA DE LOS OFICIOS METALURGICOS.
A. Leyensetter, G. Wurtemberger. Editorial REVERTE

INGENIERIA METALURGICA. TOMO II.
Raymond A. Higgins. Editorial CECSA.

MEMORIA DE LA 1/a. BIENAL DE LA INDUSTRIA METALURGICA.
Editada por AHMSA.

CATALOGO DE HYLSA DE MEXICO S.A.

MANUAL TECNICO DE RETENES DE ANILLO
Wualdes Truarc.

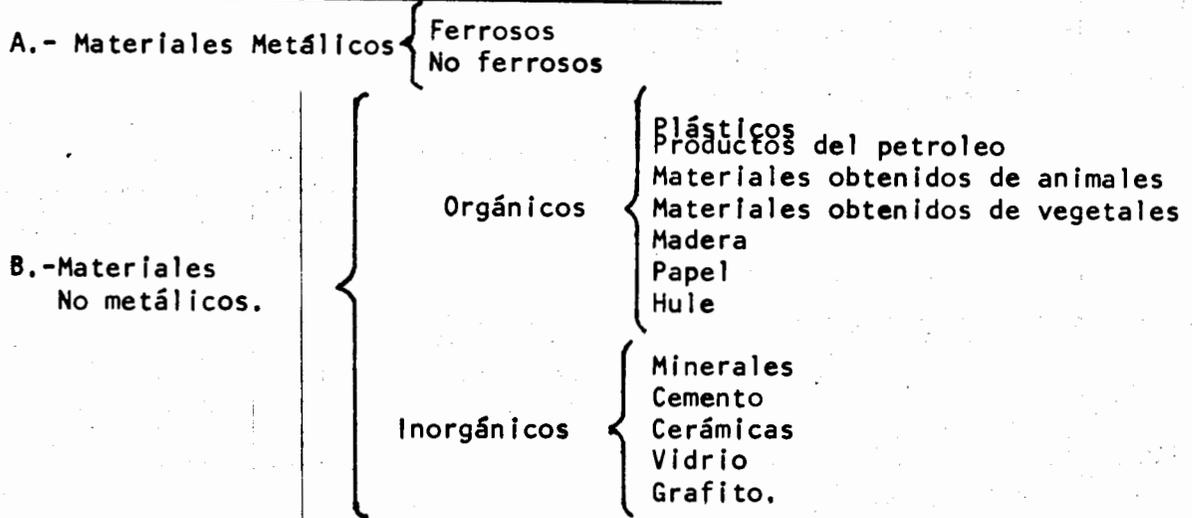
ING. RAUL ESPINOSA ISLAS.- Enero de 1978.

**FAO. DE INGENIERIA
BIBLIOTECAS**

CAPITULO I. MATERIALES.

I.- MATERIALES.

I.1.-Clasificación de los Materiales Industriales.

Clasificación de los elementos metálicos.Metales del Grupo A.

La característica fundamental de estos metales, es que el enlace es exclusivamente metálico, con ausencia de otro tipo de enlace, de ahí sus características metálicas más acentuadas que los del grupo B:

Metales Alcalinos.-

Litio, Sodio, Potasio, Rubidio y Cesio.

Metales Alcalino-terreos.

Berilio, Magnesio, Calcio, Estroncio y Bario.

Metales de transición.

Escandio, Titanio, Vanadio, Cromo, Manganeso, Fierro, Cobalto, Niquel, Ytrio, Circonio, Niobio, Molibdenio, Tecnecio (Masurio), Rutenio, Rodio, Paladio, Hafnio, Tántalo, Wolframio (Tungsteno), Renio, Osmio, Iridio, Platino, Radio, Actinio, Torio, Protoactinio y Uranio.

Metales del Grupo del Cobre.

Cobre, Plata y Oro.

Metales del Grupo B.

Estos metales se caracterizan porque sus átomos no tienen enlace exclusivamente metálico, sino que en ellos intervienen enlaces homopolares.

Aluminio, Zinc, Cadmio, Mercurio, Plomo, Bismuto, Silicio, Galio, Indio, Germanio, Estaño, Arsénico, Antimonio, Selenio y Teluro.

Estructura de los Metales.

Los metales poseen una distribución perfectamente organizada de sus átomos, a la que deben, en gran parte, sus características metálicas. Esta ordenación está compuesta de tres estructuras básicas cada una de las cuales está formada por elementos de la anterior; estas son:

Estructura cristalina.

Estructura granular o micrográfica y

Estructura macrográfica.

Estructura cristalina.

Tiene como elemento fundamental el crystal o celdilla espacial, cuyas dimensiones son de escala atómica del orden 10^{-8} cms. Como no es posible observar los cristales, ni aún con los microscopios más potentes, se recurre a métodos indirectos, como es el de difracción de los rayos X.

Estructura granular o micro gráfica.

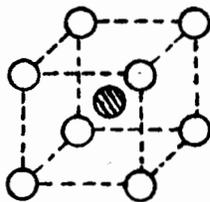
Tiene como elemento fundamental el grano, cuyas dimensiones son del orden de 0.2 a 0.02 mm., observables con el microscopio metalográfico. Los granos están constituidos por grupos de cristales.

Estructura macrográfica.

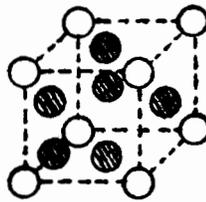
Es observable a simple vista, tiene como elemento constitutivo la fibra, formada por grupos de granos.

Los metales del grupo A, cristalizan casi sin excepción en tres tipos de redes espaciales: Red cúbica centrada (C.C.). Red cúbica centrada en las caras (C.C.C.). y Red Hexagonal compacta (HEX.C.)

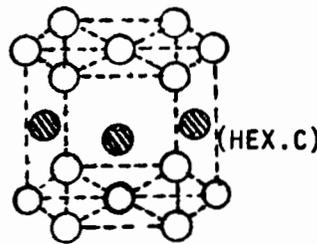
La figura siguiente muestra las gráficas correspondientes.



(C.C.)



(C.C.C.)



(HEX.C.)

1.2.-OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES. (Ferrosos y No ferrosos.)

A.- Metales Ferrosos.

Los metales ferrosos se obtienen a partir de minerales tales como:

Hematitas (Fe_2O_3) mineral rojo con (70% de Fe.)

Magnetita (Fe_3O_4) mineral negro (72.4% Fe.)

Siderita ($FeCO_3$) mineral café (43.8% de Fe.)

Limonita ($Fe_2O_3 \cdot x(H_2O)$) mineral café (60 a 65% de mineral)

B.- Metales No ferrosos.

Aluminio Bauxita (Una mezcla de Gipsita ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$) y Diáspora ($Al_2O_3 \cdot xH_2O$) Además Criolita (Na_3AlFe_6).

Magnesio Cloruro de Magnesio. ($MgCl_2$). Dolomita ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$). Agua de mar.

Estaño Casiterita (SnO_2)

Zinc Esfalerita (ZnS)

Cobre Calcosina (Cu_2S). Bornita (Cu_3FeS_3)

Niquel Sulfuros de niquel. Pentlandita ($NiS(FeS)_2$)

Plomo Galena (PbS)

Plata Argentita (Ag_2S)

Los metales ferrosos en México, se obtienen mediante dos procesos principales, que son:

Método del Alto Horno (Diagrama 1, pag. 4)

Método de Reducción Directa, Sistema HyL. (Diagrama 2, pag.15)

METODO DEL ALTO HORNO.

Un Alto Horno es una estructura casi cilíndrica de acero, de diámetro y altura variables (Fig. 1) forrada en su interior con materiales refractarios con un espesor que varía de 0.90 a 1.50 m., aproximadamente, con los elementos necesarios para su operación.

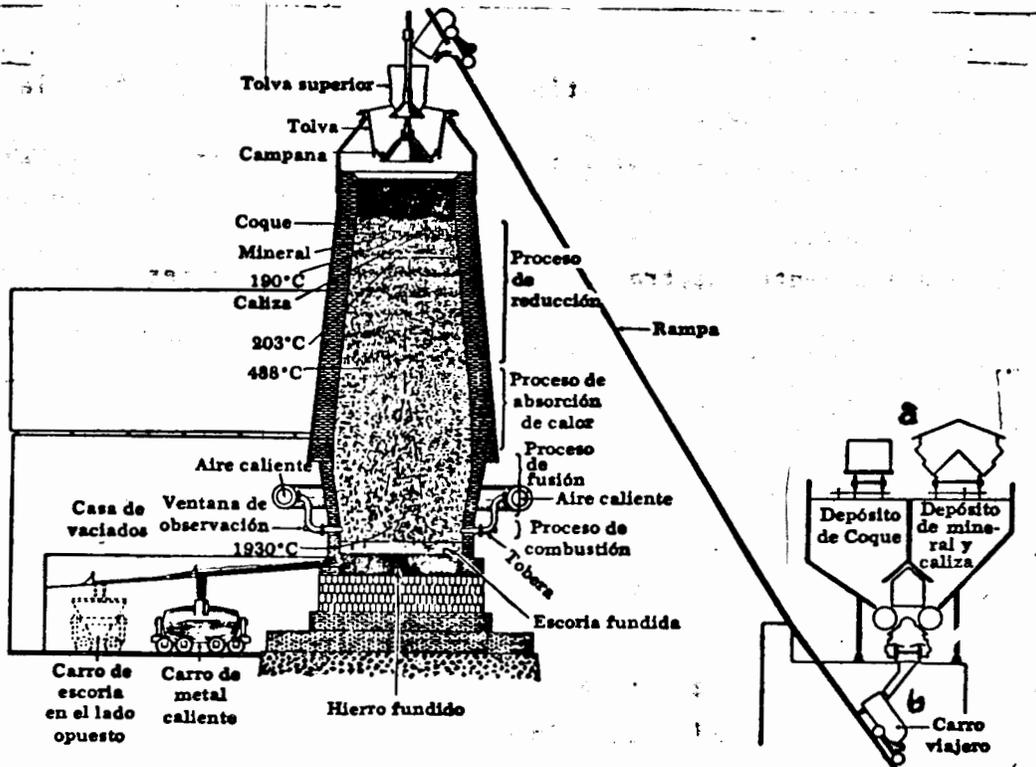


FIG. 1. Vista seccional de un alto horno. (Cortesía de Bethlehem Steel Company)

Los materiales que constituyen la carga del Alto Horno son: Mineral de Hierro, Carbón de Coke, Piedra Caliza y Aire Caliente.

Los productos obtenidos son: ARRABIO, (También llamado hierro primario, hierro de primera fusión o hierro crudo), Escoria y Gas de Alto Horno.

El proceso que a continuación se describe, corresponde a la Empresa AHMSA, Altos Hornos de México S.A., empresa de participación estatal, que agrupa un sin número de plantas relacionadas con la industria metal-mecánica del País.

Para obtener el Arrabio o hierro de primera fusión, es necesario remover el oxígeno del óxido de hierro, así como la ganga que contiene el mineral. Para tal fin, AHMSA cuenta con 4 altos hornos cuyas características principales se describen en la tabla siguiente

HORNOS	DIAM. CRISOL. M.	VOL. INT. TRAB. M ³ .	ALT. M.	CAP. NOM. TONS.	TEMP. SOPLO °C.
# 1	5.18	477	56	650	600
# 2	6.63	797	65	1,100	900
# 3	6.68	875	69	1,300	1000
# 4	7.50	1033	75	1,550	1040

FAC. DE INGENIERIA
BIBLIOTECAS

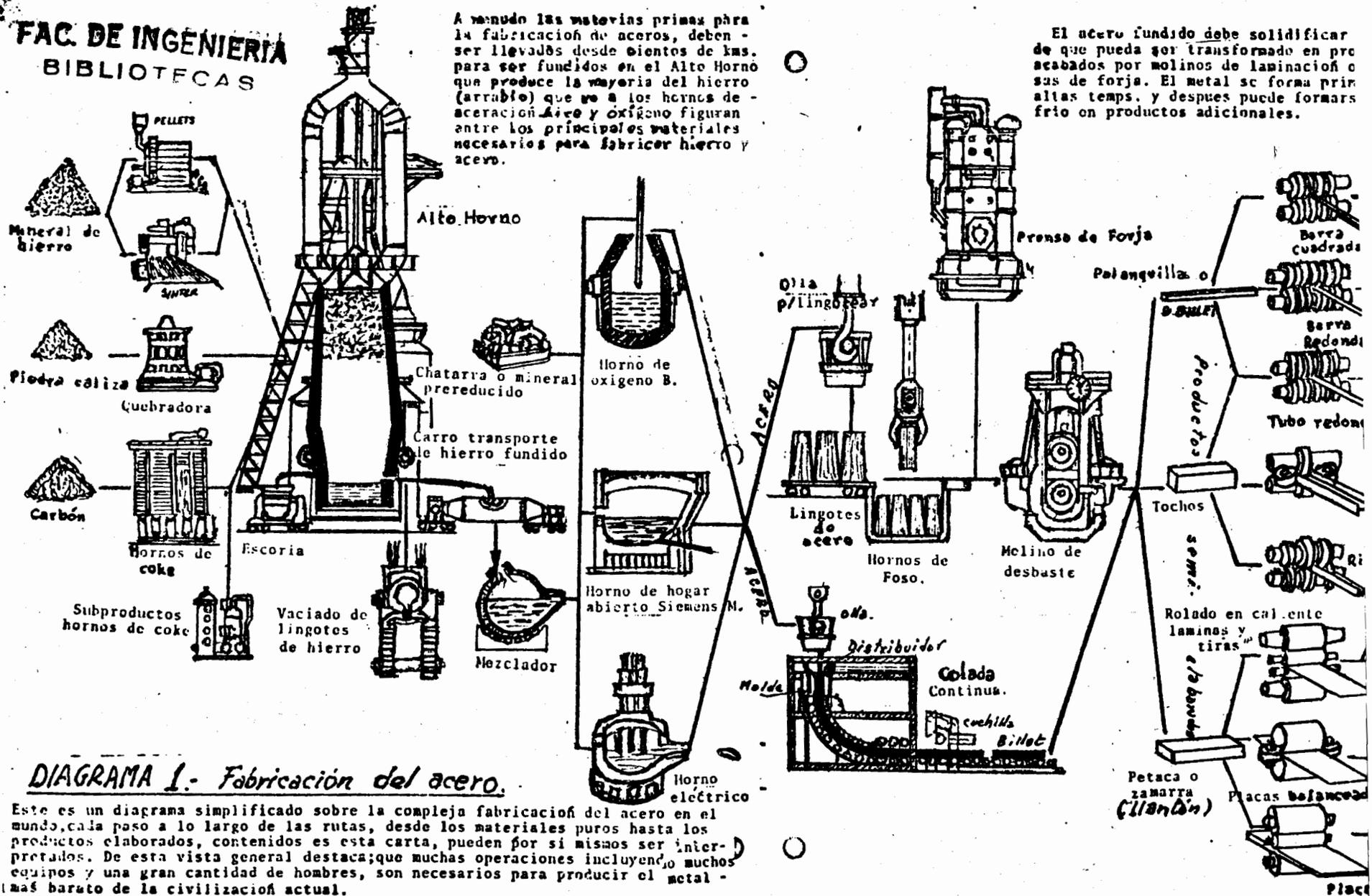


DIAGRAMA I.- Fabricación del acero.

Este es un diagrama simplificado sobre la compleja fabricación del acero en el mundo, cada paso a lo largo de las rutas, desde los materiales puros hasta los productos elaborados, contenidos en esta carta, pueden por si mismos ser interpretados. De esta vista general destaca; que muchas operaciones incluyendo muchos equipos y una gran cantidad de hombres, son necesarios para producir el metal - más barato de la civilización actual.

El método para la obtención del ARRABIO por medio del Alto Horno, es un procedimiento de reducción logrado por reacciones pirometalúrgicas, en el cual es necesario llevar los materiales al estado de fusión, produciéndose la reducción del metal y la separación de la ganga.

La carga del horno se compone de Sinter, (mineral fino aglomerado) mineral de hierro homogeneizado, un agente reductor que es el coke y los fundentes, piedra caliza y dolomita, que producen escorias fácilmente fusibles. La Fig. 2, muestra la planta de homogeneización.

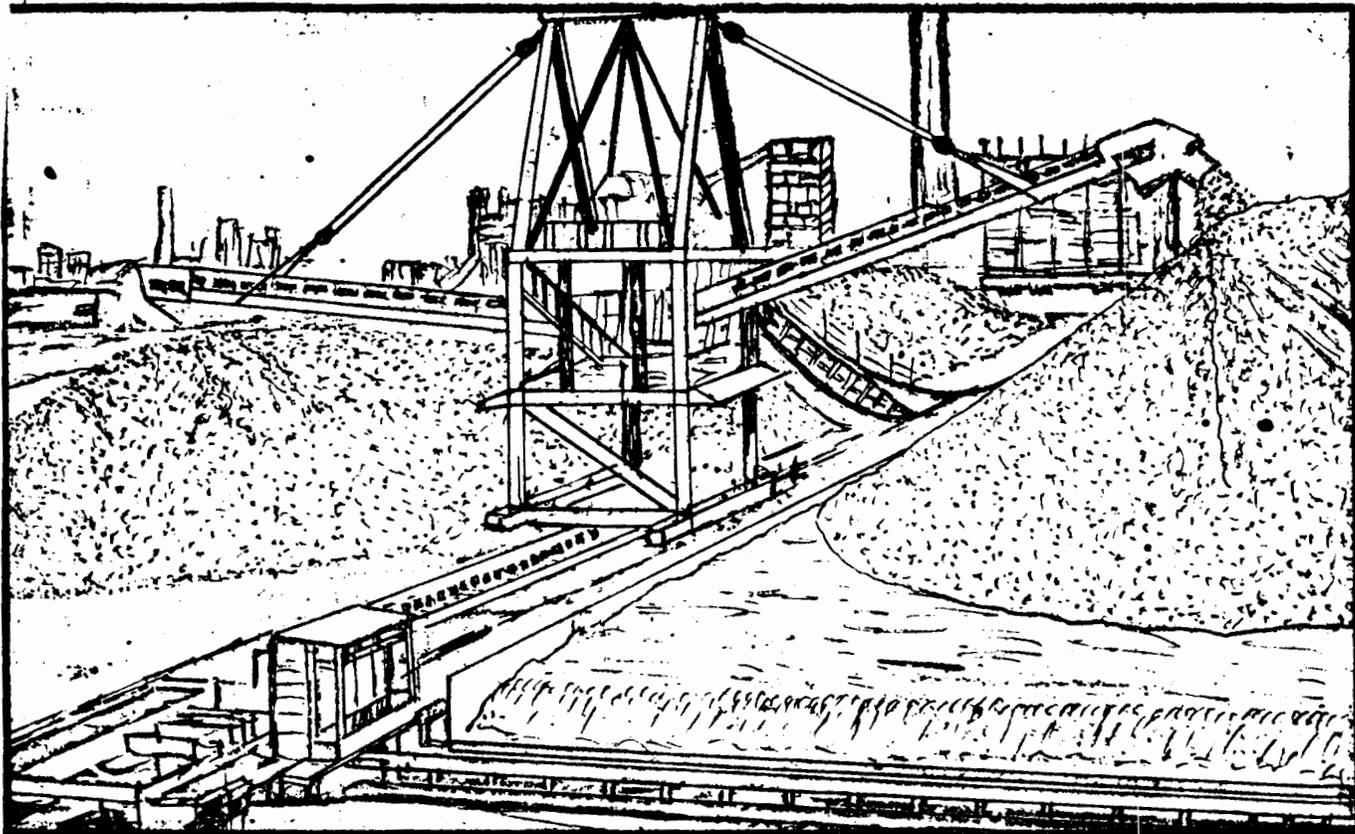


FIG.2.-PLANTA DE HOMOGENEIZACION DE MINERAL DE HIERRO.

La temperatura elevada para la fusión de los materiales, se logra por la -- combustión parcial del coke, agregando además suficiente aire para proveer el -- oxígeno necesario. Para hacer más eficiente el proceso, el aire se calienta en -- recuperadores de calor, llamados estufas Cowper con las cuales están equipados -- los altos hornos, para aprovechar los gases calientes de la combustión.

Todas las operaciones referentes a la preparación y carga de los materiales esta mecanizadas. La carga, una vez preparada, se manda a las tolvas cercanas al -- alto horno (Fig. 1-a) y luego pasa a un vagón para pesarla y de ahí a una vagone -- ta especial llamada Skip (Fig.1-b), que la lleva a la parte superior del horno.

Dentro del horno tienen lugar dos flujos continuos a contracorriente; de -- arriba hacia abajo desciende el mineral de hierro, coke y fundentes y de abajo -- hacia arriba suben los productos de la combustión del coke y el aire caliente.

El arrabio contiene impurezas como C , Si , Mn , P y S , que deben ser parcial -- mente eliminados en los procesos de aceración, realizados en hornos de hogar abi -- erto (Siemens-Martin) o en convertidores de oxígeno (B.O.F.).

Cada alto horno cuenta con un colector de polvos, lavadora de gas y un pre -- cipitador Cottrell, que separan mecánicamente con agua a contracorriente y elec -- trostáticamente, los sólidos que contiene el gas que sale del horno. El gas lim -- pio es usado como combustible en los procesos de calefacción de la planta, ya -- que da 800 Kcal/M^3 .

También se cuenta en cada horno con un sistema de inyección extra para combustibles líquidos y gaseosos, a fin de reducir el consumo de coke. Actualmente se inyecta aceite atomizado a razón de 42 Lts. por tonelada de metal caliente.

El horno # 4, (Fig.3) que es el más moderno, dispone de los últimos adelantos de la tecnología, pues usa refractarios de carbón, sistemas de enfriamiento por aspersión y termo-sifón, uso de altas temperaturas de soplo, así como tragante más moderno para el uso de altas presiones en el soplo.

Los consumos promedio por tonelada - de metal caliente son:

Míneral	650 Kgs.
Sínter	1000 "
Coke	660 "
Fundentes	320 "
Chatarra de hierro	50 Kgs.
Energía eléctrica	15 KWH.
Combustible líquido	42 Lts.
Agua	30 "

Durante la operación de los altos - hornos, se obtienen de 350 a 460 Kgs. de escoria por tonelada de metal caliente en forma de arrabio.

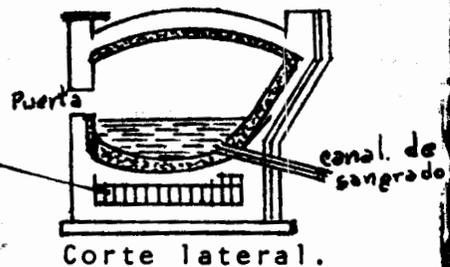
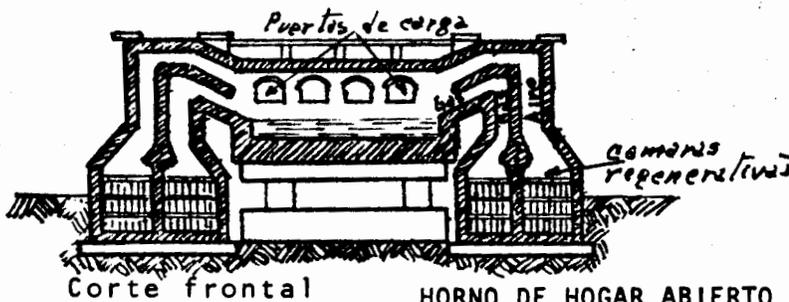
El arrabio no tiene aplicación directa como tal, salvo en la producción de lingotes pequeños que surten a las fundiciones de hierro. La mayoría del arrabio se procesa en las grandes acerías, para transformarlo en Acero.

ACERACION EN HORNOS DE HOGAR ABIERTO (Siemens-Martin)

El proceso Siemens-Martin, no es en la actualidad el que ostenta la supremacía en la producción, pero sigue siendo el más versátil por la amplia gama de aceros que se pueden obtener.

Mediante modificaciones a los hornos originales, se ha logrado aumentar la capacidad, empleando refractarios básicos, lo que permite mayor rendimiento del combustible líquido y la aplicación de sistemas para la inyección de oxígeno por medio de lanzas a través de las bóvedas. También se suelen emplear quemadores de combustible.

En estos hornos se producen aceros de bajo carbono para hojalata y lámina, aceros de medio y alto carbono, así como aceros aleados para plancha, cinta para tubos de alta resistencia, además, aceros para perfiles estructurales, barras especiales y alambón de acero.



HORNO DE HOGAR ABIERTO

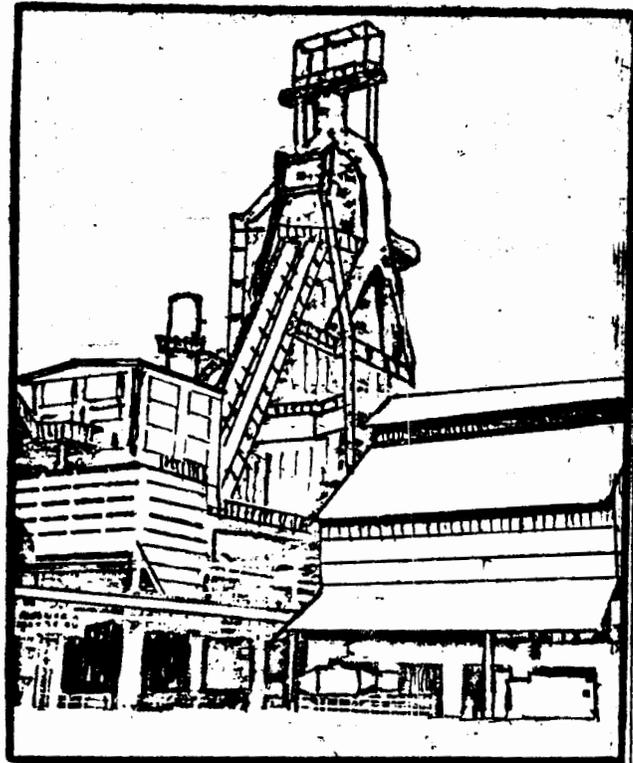
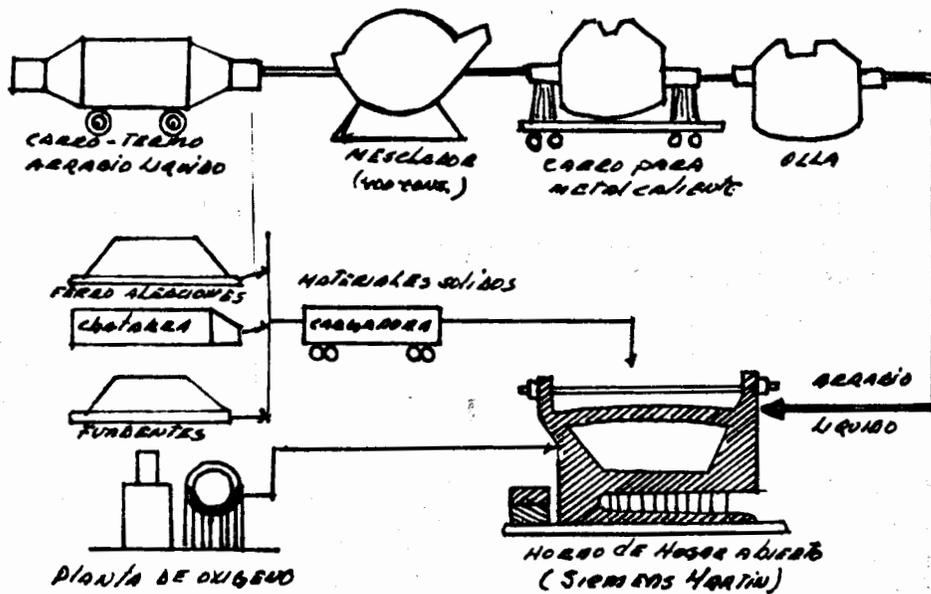


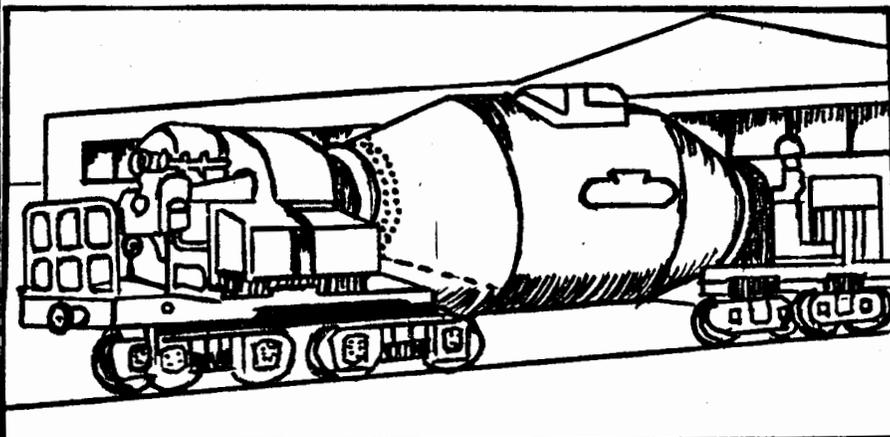
FIG. 3. ALTO HORNO # 4

DIAGRAMA DE FLUJO EN ACERACION HORNO DE HOGAR ABIERTO.

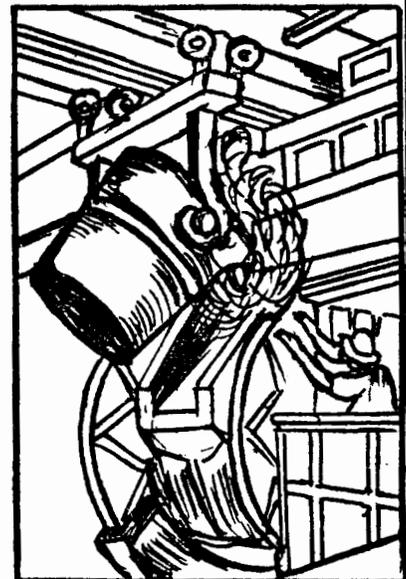


Descripción del Proceso.

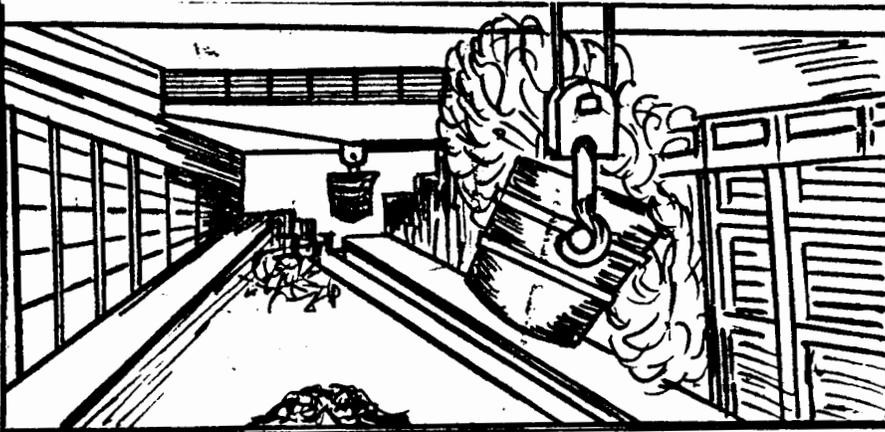
El arrabio líquido de los Altos Hornos, se transporta por medio de carros-termo, (Fig. 4), los cuales lo depositan en un mezclador (Fig. 5) a fin de homogeneizarlo, ya que se obtiene de distintas sangrías del alto horno. Posteriormente se vacía del mezclador a una olla montada sobre un carro, de donde es izada por medio de una grúa viajera, que realiza la operación de carga (Fig. 6).



(Fig. 4) CARRO TERMO PARA TRANSPORTE DE ARRABIO LIQUIDO.



(Fig. 5) MEZCLADOR DE ARRABIO LIQUIDO. (400 tons.)



(Fig. 6) CARGA DE ARRABIO EN EL HORNO DE HOGAR ABIERTO (Siemens - Martin)

En la carga de los hornos, además del arrabio líquido, se agregan porciones variables de chatarra, mineral de hierro y piedra caliza o cal, estos últimos utilizados como fundentes.

Los materiales sólidos son introducidos al horno por las puertas de carga -- del frente, empleando una máquina cargadora especial (Fig. 7).

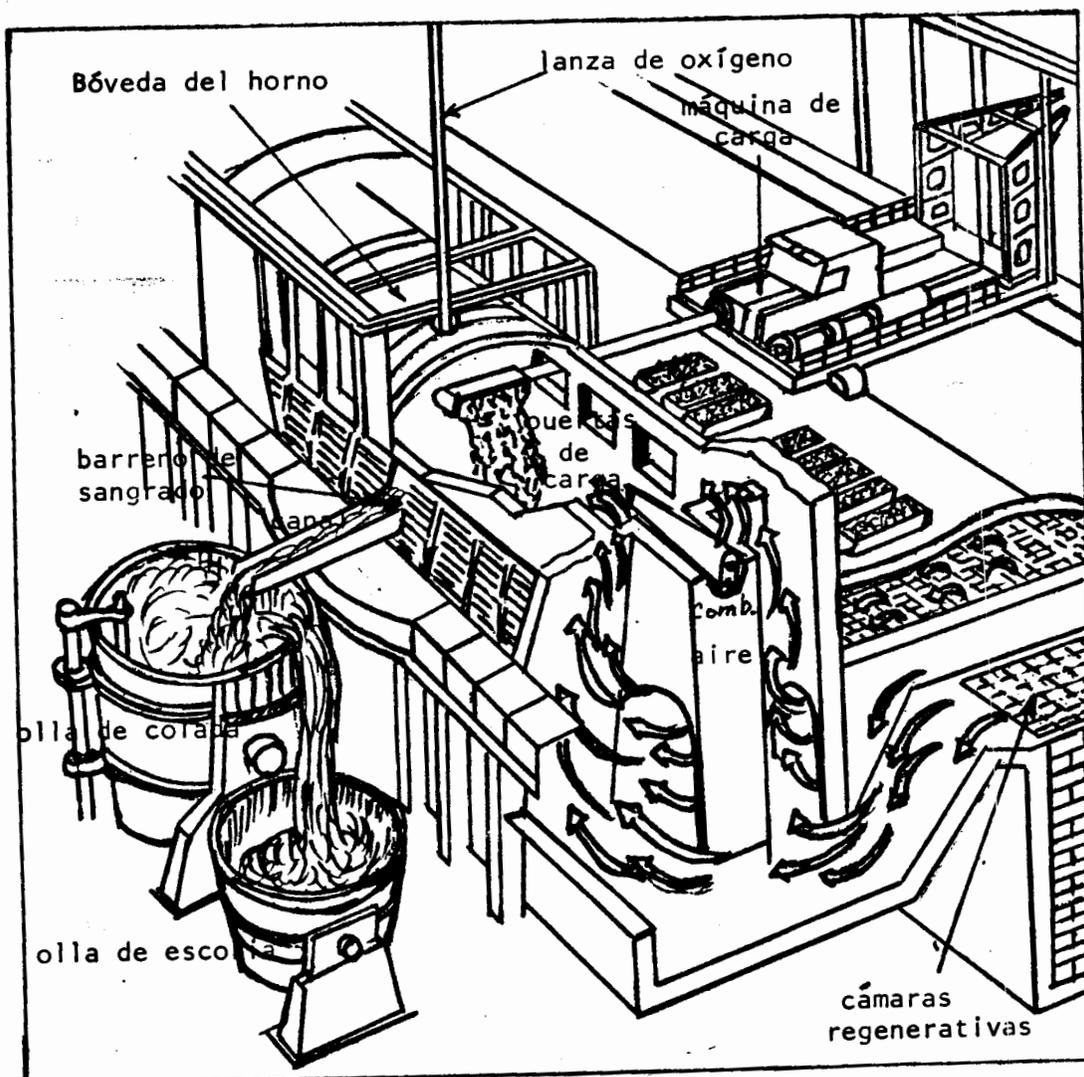
La descarga se realiza perforando el tapón que existe en la parte inferior y posterior del crisol del horno.

El acero líquido es recibido en una olla especial con revestimiento refractario, precalentada a 950°C . aproximadamente. La escoria por ser más liviana, flota y se desvía a una olla de hierro gris como se puede ver en la Fig. 7.

En la olla de colada, se deja una capa de 7 a 10 cms. de espesor de escoria, para que actúe como aislante térmico.

Finalmente, la olla conteniendo el acero, es llevada por una grúa viajera, a la zona de llenado de lingoteras. (Fig. 8)

(FIG. 7) ESQUEMA DE UN HORNO DE HOGAR ABIERTO MOSTRANDO LA CARGA DE MATERIALES SOLIDOS Y LA FORMA EN QUE SE REALIZA UNA SANGRIA.





(Fig. 8) FOSO DE LLENADO DE LINGÓTERAS

Los lingotes una vez extraídos de las lingóteras, operación conocida como descoquillado, son transportadas al departamento de laminación en caliente o a los patios de almacenamiento.

Se requieren de 5 a 8 horas con oxígeno y de 8 a 12 hrs. sin oxígeno para producir una colada de aproximadamente 200 tons. de acero. El tiempo que se requiere entre sangrado y sangrado de una operación normal, es de 9 hrs. La cantidad de escoria por tonelada de acero es de 227 kgs.

La planta de Monclova de AHMSA cuenta con 8 hornos de hogar abierto con las características siguientes:

HORNO #	CAPACIDAD	# LANZAS OX. Y QUEM. O-GAS
1	135 Tons.	2 lanzas Ox.
2	135 Tons.	2 lanzas Ox.
3	135 Tons.	2 lanzas Ox.
4	225 Tons.	3 lanzas Ox.
5	215 Tons.	2 lanzas Ox. y 4 Quem.
6	225 Tons.	2 lanzas Ox.
7	225 Tons.	2 lanzas Ox.
8	225 Tons.	3 lanzas Ox.

Aceración mediante convertidor de oxígeno básico (B.O.F.).

La refinación del arrabio o hierro de primera fusión por el proceso B.O.F., se lleva a cabo en un recipiente semejante a una pera (Fig. 9) llamado convertidor, revestido interiormente con refractarios básicos.

El recipiente es cerrado en su parte inferior y tiene una boca en la parte superior que puede ser concéntrica o excéntrica y cuyo diámetro es considerablemente menor que el diámetro máximo del convertidor.

La carga compuesta principalmente por arrabio líquido y chatarra, se realiza por la boca (Figs. 10 y 11) y ocupa sólo una pequeña parte del volumen total. La carga se refina por medio de un chorro de oxígeno inyectado a alta presión, (6 a 15 Atms) mediante un tubo refrigerado con agua, que se encuentra instalado directamente arriba de la boca del convertidor. Este tubo, llamado lanza, está accionado por un mecanismo que le permite subir o bajar de manera que pueda situarse a corta distancia de la superficie del metal (1 a 2 m), a fin de que el oxígeno penetre en la carga metálica durante la inyección.

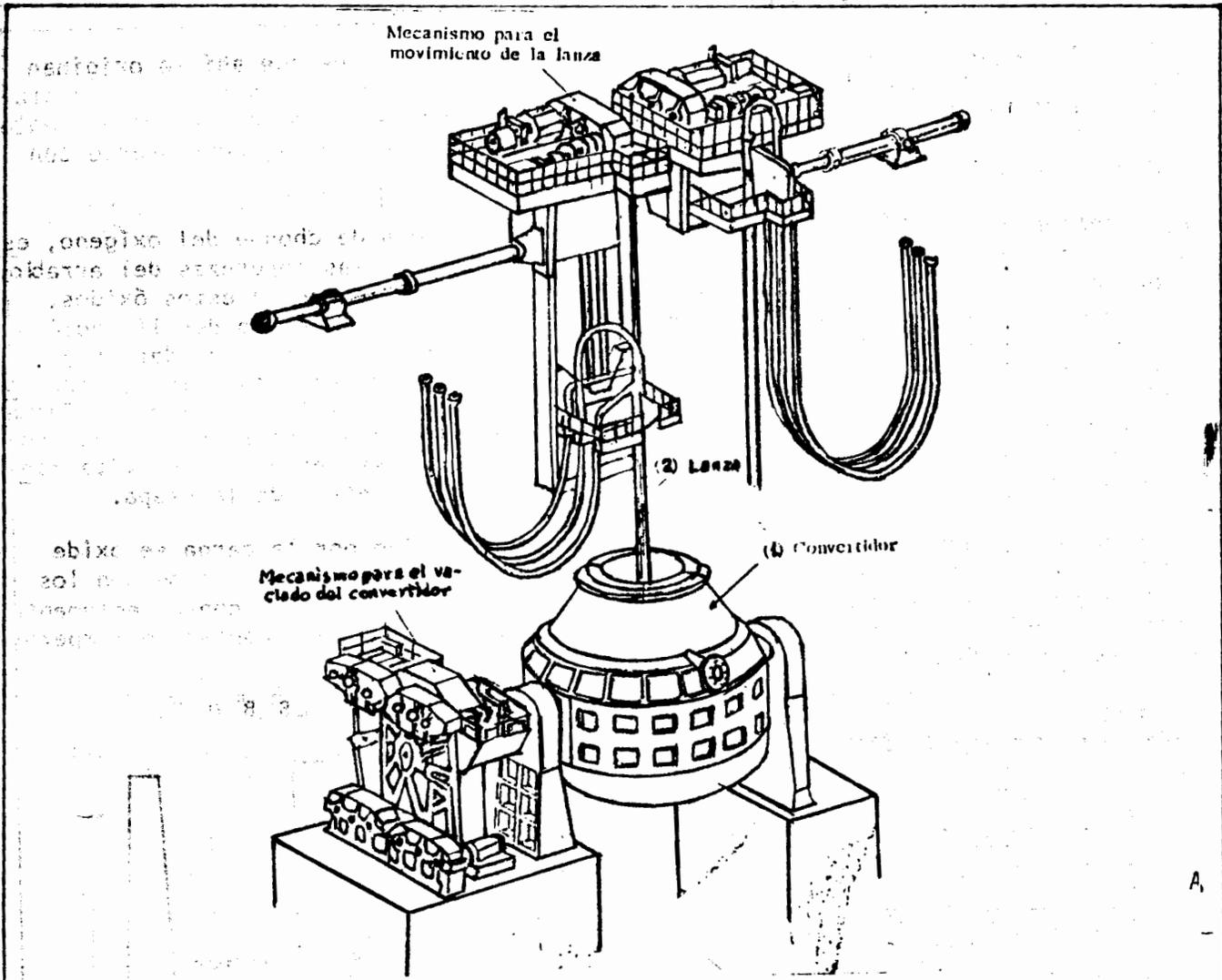
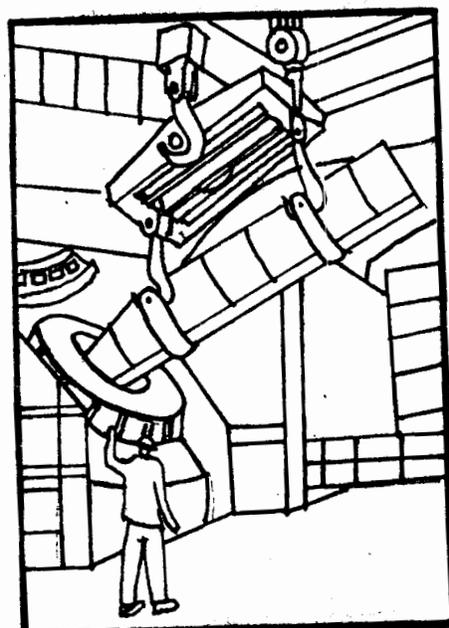
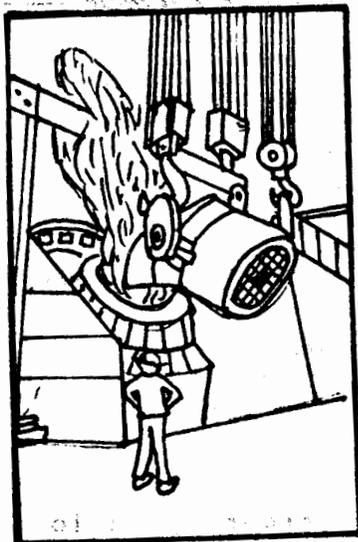


FIG. 9) CONVERTIDOR B.O.F.

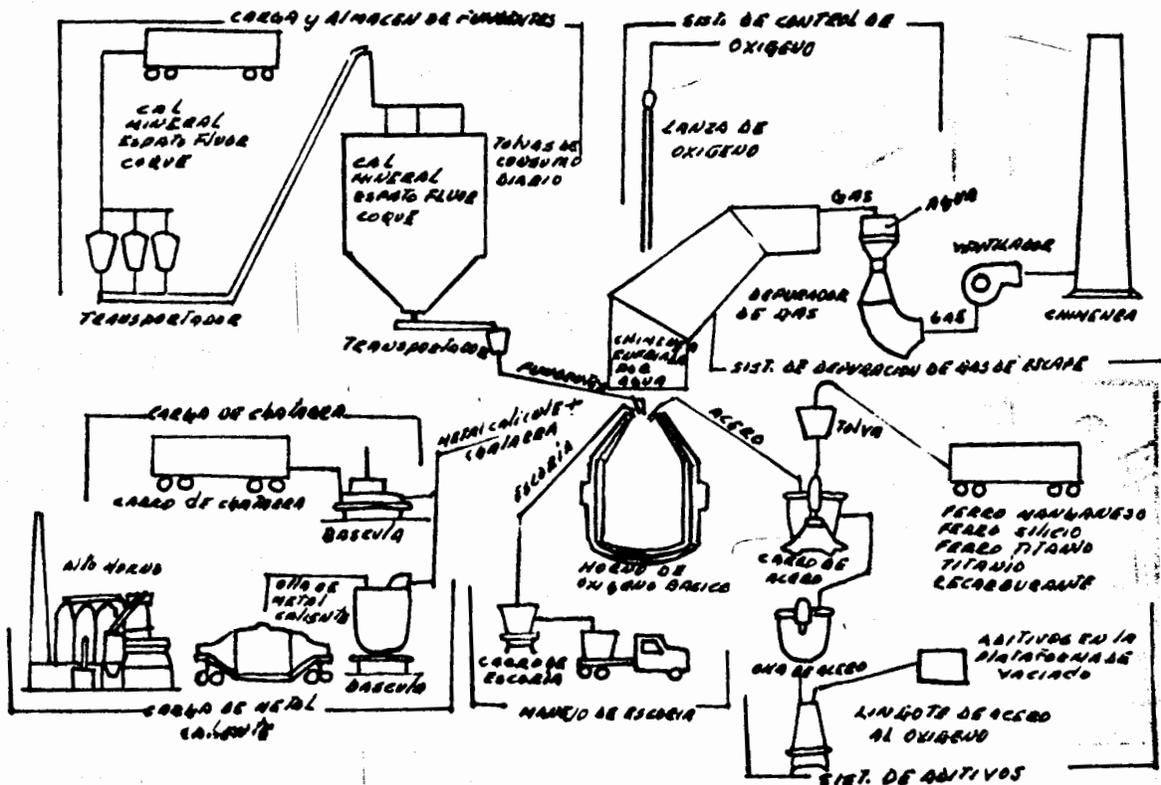


El oxígeno así inyectado forma un cráter y por las reacciones que ahí se originan, alcanza una temperatura de aproximadamente 4000°C. Las variaciones de la temperatura ocasionan una efervescencia en el metal que conjuntamente con el desprendimiento de monóxido de C., (CO) contribuyen a la mezcla de metal-escoria, ocasionando con esto una aceleración en la refinación.

Los disparos de metal y escoria que se suceden en la zona de choque del oxígeno, están formados por hierro, óxidos de hierro y los óxidos de las impurezas del arrabio. Al proceso se agrega cal y se forma un líquido espumoso que recoge estos óxidos, para formar una escoria fluida y altamente reactiva que favorece la desulfuración y desfosforación del metal. Esta escoria por razones metalúrgicas, debe dar origen a un abundante espumado que ocupará gran parte del volumen del convertidor, circunstancia que caracteriza al proceso. En esta espuma se debe evitar la excesiva formación de óxidos, ya que ocasionarían violentas erupciones que lanzarían grandes cantidades de escoria y metal por la boca del convertidor; este problema se evita manteniendo constante la presión de inyección de oxígeno durante toda la etapa.

La operación se hace en forma tal que el carbono contenido por la carga se oxide únicamente, o en su mayor parte, sólo a monóxido de carbono (CO) y escape con los demás gases. Esto se hace con el fin de proteger el refractario y consecuentemente alargar su vida útil, ya que si todo el carbono se quemara, se alcanzarían temperaturas muy altas en la boca del convertidor.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CONVERTIDORES B.O.F.



DESCRIPCION DEL PROCESO.

El proceso se inicia con la carga del convertidor, para lo cual del patio de chatarra y por medio de grúas magnéticas, se carga la chatarra en cajas especiales que alimentarán al convertidor. (Fig. 11) Estas cajas son pesadas en una báscula y colocadas en fila, esperando el momento de ser vaciadas.

Los fundentes que se adicionan son llevados por medio de camiones a unas tolvas subterráneas, de donde son transportados por bandas y vibrocanaletas a las -- tolvas de consumo diario.

De las tolvas de consumo diario y por medio de vibrocanaletas, los fundentes se descargan en las tolvas dosificadoras, las que llegado el momento descargarán su contenido en el convertidor. Estas tolvas tienen un sistema electrónico que pesa la carga e imprime el peso.

El arrabio obtenido de los altos hornos es transportado a la acería por medio de carros-termo (Fig.4), los que descargan el metal caliente en una olla colocada sobre una báscula, con objeto de controlar la carga de metal caliente.

Con ayuda de una grúa viajera, la olla una vez pesada, se lleva al convertidor y se vacía (Fig.10). En seguida se carga parte de la chatarra que se encuentra en las cajas previamente pesadas y se adiciona también un tercio de los fundentes estimados. Con esto se da por terminada la operación de carga. Ahora se coloca en posición la lanza de oxígeno y se inicia la primera parte del proceso que toma alrededor de 15 minutos. La segunda fase se inicia con la adición de la chatarra restante. A veces conviene agregar fundentes según la cantidad de arrabio cargada y el grado de eliminación de la escoria.

En cuanto se terminan de hacer estas adiciones, se reanuda el soplado de oxígeno y simultáneamente se agregan fundentes hasta el final de la operación. Esta fase dura de 3 a 5 min. por lo tanto la duración total del proceso es de 16 a 20 min. y el tiempo entre colada y colada, oscila entre 40 y 45 min.

Los gases producidos durante el proceso, son colectados por una chimenea -- que se encuentra exactamente sobre la boca del convertidor y conducidos a un depurador de gas, de donde son enviados ya limpios a la atmosfera. (Ver digrama de flujo.)

El acero procesado en el convertidor, se vacía en una olla (Fig.12) en la que se adicionan las ferroaleaciones necesarias, según el tipo de acero a obtener.

El convertidor se inclina hasta vaciar todo el acero y en otra olla se recoge la escoria que se formó durante el proceso.

El vaciado de la olla se realiza por el fondo, mediante un mecanismo manual. El acero así colado solidifica en la fosa o bien en vías de tránsito adyacente -- al taller, de donde una vez alcanzado su tiempo de reposo se lleva a la descoquilladora. La Fig.13 muestra el momento de vaciado en las lingoteras en la fosa de colada.

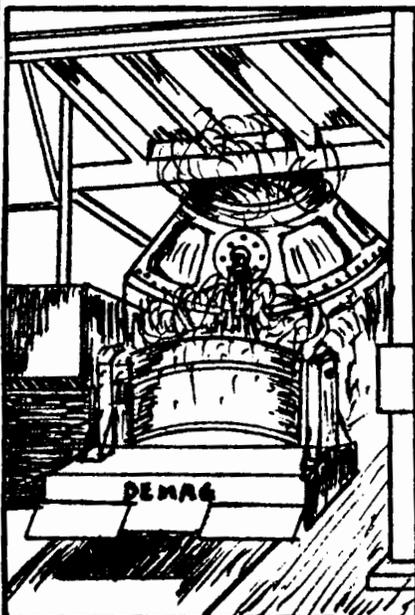


FIG.12. DESCARGA DEL CONVERTIDOR.



FIG.13. COLADO DEL ACERO EN LAS LINGOTERAS.

La acería B.O.F. de AHMSA, está dividida en secciones bien definidas, de acuerdo con las operaciones que se desarrollan en cada una de ellas y comprende:

- Nave de Convertidores.
- Nave de carga.
- Nave de colada.
- Instalaciones auxiliares.

La nave de convertidores (Fig.14) cuenta con 3 unidades, con capacidad de 60 Tons. cada una, cuyas características son las siguientes:

	Sin Refractorio	Con Refractorio.
Peso.	180 Tons.	400 Tons.
Diámetro Máx.	5115 mm.	3650 mm.
Diámetro de Boca	2300 mm.	1700 mm.
Altura Util.	7650 mm.	6875 mm.
Volúmen		60 m ³

Giro 360 grados

Velocidad de giro 0.1 a 1.0 R.P.M.

El volteador de cada convertidor, es accionado por un motor de 100 HP.

Características de las lanzas de oxígeno.

Altura total	15 m.
Número de agujeros	3 tipo laval.
Presión de inyección	8 a 12 Kgs./cm ²
Diám. de agujeros	35 mm.
Vol. de inyección	250 m ³ N.
Agua de enfriamiento	100 m ³ N/hora.

Materias primas utilizadas en el convertidor por Ton. acero.

	Kgs./Ton.acero
Metal caliente	834
Chatarra	276
Cal	90
Ferromanganeso	10
Ferrosilicio	1.5
Aluminio	0.3
Carbón	1.7

Materiales consumidos

Oxígeno	58 m ³ N/Ton.acero
Refractorio	4 Kgs./Ton. "
Agua.	19 Lts./Ton. "
Gas natural	24 m ³ /Ton. "
Energ.Eléct.	29 KWH /Ton. "



FIG.14 NAVE DE CONVERTIDORES.

METODO DE REDUCCION DIRECTA (HYL)

El Método de Reducción Directa HYL, empleado en la refinación del acero, - consiste en reducir los carbonatos, sulfuros y óxidos de hierro (Siderita CO_3Fe , Pirita S_2Fe , Hematita Fe_2O_3 , Magnetita Fe_3O_4 y Oxidos hidratados $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), como mineral a granel o en forma de pellets, por la acción de un gas reductor rico en H_2 , preparado a partir de gas natural y vapor de agua sobrecalentado.

El producto obtenido es hierro esponja, esencialmente no pirofórico con - 88 - 92% de metalización y un contenido de carbono de 1.8 a 2.1%.

Las plantas que emplean el Método de Reducción Directa, dividen el proceso en dos secciones principales que son: a) Reformación del gas y b) Reducción del mineral.

a) Reformación del gas.

La primera etapa en la secuencia del proceso HYL es la reformación catalítica (Diagrama 2). El gas natural (gas lp o nafta) se mezcla con vapor sobrecalentado, entrando en el horno reformador donde se calienta hasta la temperatura de reacción. La mezcla vapor hidrocarburo se pasa a través del catalizador níquel-cerámica, donde se convierte en hidrógeno y monóxido de carbono. El azufre se elimina del gas natural antes de entrar al horno, para evitar el envenenamiento del catalizador.

El gas caliente que sale del horno, pasa a través de un cambiador de calor en donde el exceso de calor se recupera convirtiendo agua en vapor, para satisfacer los requisitos totales del proceso de reformación y para mover bombas y - compresores de la planta.

El vapor de salida de las turbinas, se condensa en enfriadores de aire y - el condensado se retorna al sistema de alimentación de agua de la caldera.

El gas reformado (con una composición aprox. de 74% de H_2 , 13% de CO , 8% - de CO_2 y 5% de CH_4), sale del cambiador de calor, se enfría y se seca en una torre enfriadora, enviándose al sistema de reducción de la planta.

b) Reducción del mineral

La conversión del óxido de hierro a hierro esponja, tiene lugar en 4 reactores iguales de lecho fijo. (Diagram 2 pag. 15). Cada reactor tiene su propio -- precalentador de gas y torre enfriadora y opera en un ciclo de proceso de 4 etapas que son:

- Enfriamiento.
- Reducción primaria.
- Reducción secundaria y
- Carga y descarga.

Las tuberías tienen cabezales para permitir que cualquier reactor pueda - quedar fuera de servicio, cuando su mantenimiento lo requiera.

Enfriamiento.

En el proceso HYL el gas fresco y frío se pasa primero por el reactor que ha completado la mayor parte de la eliminación del oxígeno, estableciendo en - esta forma un flujo a contra corriente a través del sistema.

A medida que el gas pasa por el reactor, el hierro esponja se enfría hasta alcanzar casi la temperatura ambiente. Durante esta etapa, en la cual se completa la reducción de la carga, el hierro esponja incorpora aprox. un 2% de carbono combinado como sigue:

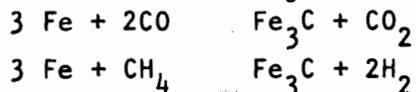
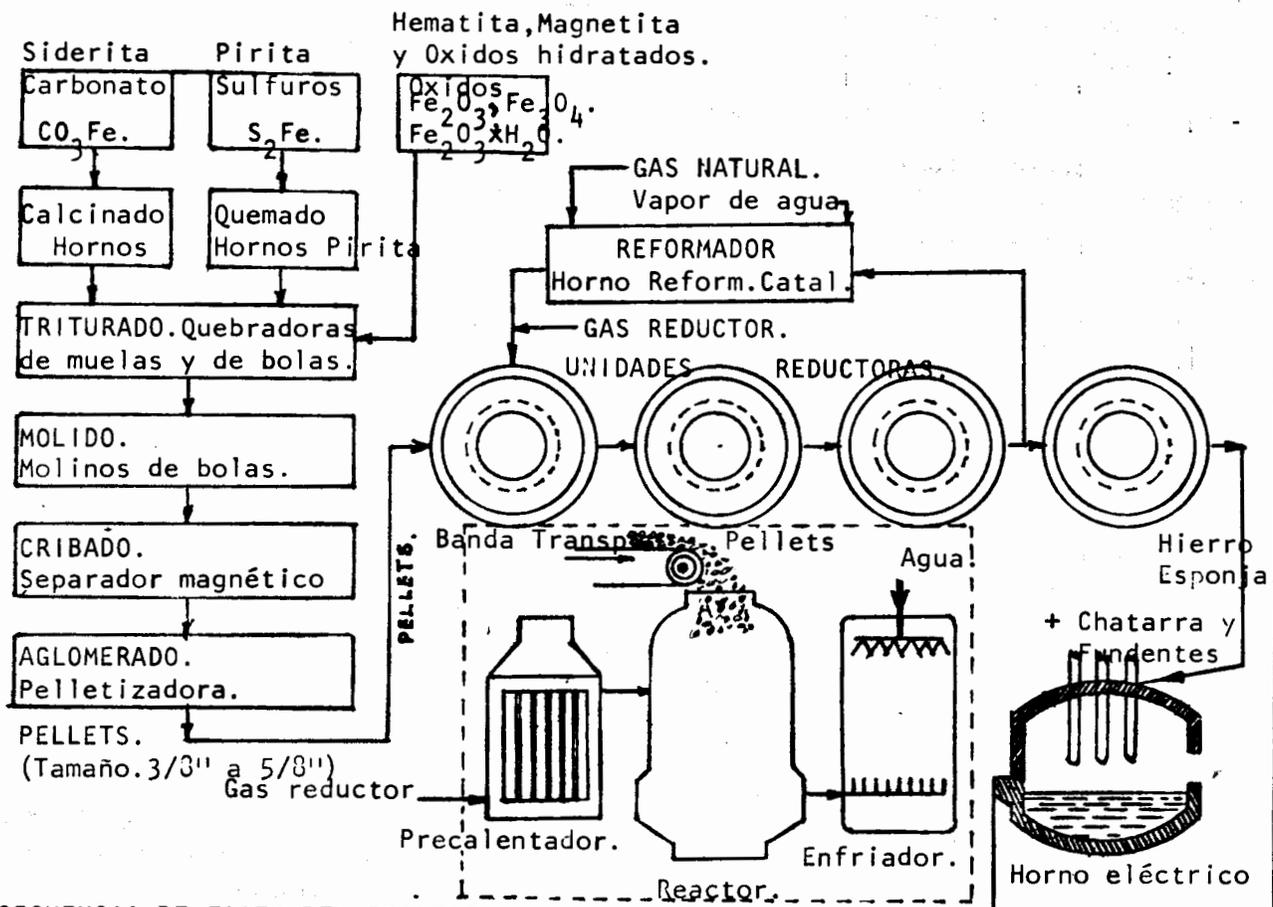


DIAGRAMA 2
 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA FABRICACION DE ACERO
 (Metodo de Reducción Directa HyL.)

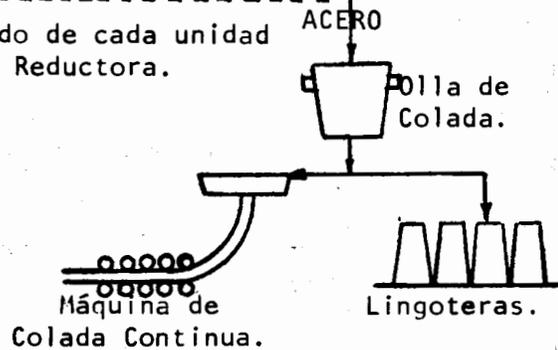
Tratamiento Mineral de Hierro.



SECUENCIA DE FASES DEL PROCESO DE REDUCCION DIRECTA.

FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4.
SECUN-DARIO	PRIMA-RIO	ENFRIA-MIENTO	CARGA Y DESCARGA
CARGA Y DESCARGA	SECUN-DARIO	PRIMA-RIO	ENFRIA-MIENTO
ENFRIA-MIENTO	CARGA Y DESCARGA	SECUN-DARIO	PRIMA-RIO
PRIMA-RIO	ENFRIA-MIENTO	CARGA Y DESCARGA	SECUN-DARIO.

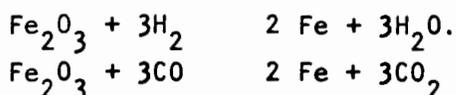
Contenido de cada unidad Reductora.



Esta adición de carbono ha demostrado ser especialmente deseable para el proceso de aceración. El enfriamiento completo evita la reoxidación cuando el producto es expuesto al aire.

Reducción Primaria.

El gas que sale del reactor anterior, se enfría por contacto directo con agua en la torre enfriadora, para eliminar el vapor de agua formado durante la reducción final. De la torre enfriadora, el gas se envía a un horno calentador donde su temperatura se eleva a 770 - 825°C. A continuación se le inyecta una cantidad controlada de aire que tiene aprox. la misma temperatura. La combustión resultante eleva la temperatura de la mezcla aire-gas a 1000-1100°C. Esta mezcla de gases calientes se alimenta al reactor que contiene mineral parcialmente reducido y caliente. Es aquí donde tiene lugar la mayor parte de la reducción, de acuerdo a las siguientes reacciones:



Reducción Secundaria.

Igual que en la etapa anterior, el gas que sale del reactor se enfría en la torre enfriadora para condensar el agua formada durante la reducción. A continuación, el gas se pasa por el siguiente calentador y se envía al reactor que acaba de ser cargado con mineral fresco.

Durante esta etapa de reducción secundaria, el mineral se calienta a la temperatura de reacción y se inicia el proceso de reducción.

El gas que sale del reactor, todavía contiene cantidades apreciables de hidrógeno y monóxido de carbono y se utiliza como combustible en los diferentes hornos y calentadores. Sin embargo, es necesario añadir algo de gas natural al sistema de combustible, ya que el contenido calorífico de los gases secundarios no es suficiente para cubrir los requerimientos del proceso.

Carga y Descarga.

Mientras que el gas reductor pasa por 3 de los reactores, el hierro esponja frío se descarga por el fondo del 4/o. reactor y se transporta a tolvas de almacenamiento. Ahí se mezcla con hierro esponja procedente de otros reactores, para asegurar la uniformidad del producto. En seguida el reactor se recarga con mineral fresco mediante el distribuidor de una tolva localizada encima del reactor, entrando en el ciclo de reducción secundaria.

El uso de 4 reactores como concepto básico, contribuye grandemente a la confiabilidad del proceso, debido a que en cualquier momento, uno o más de los reactores puede estar fuera de servicio cuando se realizan operaciones de mantenimiento. Si ocurre una emergencia de operación, tal como una falla en el suministro de gas, que requiere un paro completo de la planta, ésta puede regresar a operación normal en un período de 12 horas.

El hierro esponja HYL es muy adecuado cuando se usa normalmente carga metálica fría. La experiencia a la fecha ha sido principalmente con fusión y refinación en hornos eléctricos.

En la planta de Puebla, inicialmente la carga del horno eléctrico de aceración, la constituían 60% de hierro esponja y 40% de chatarra; actualmente se es tan usando 90% de hierro esponja y 10% de chatarra, lo que ayuda a resolver el problema de la calidad y disponibilidad de la chatarra.

En el diagram 2 de la página 15, se muestra la secuencia de operaciones y las etapas del proceso.

La inversión para una planta de Reducción Directa HYL fluctúa entre 28 a 32 dolares por tonelada por año de capacidad, para plantas de 1,000,000 y

250,000 tons/año, respectivamente.

Los costos de transformación dependen de los precios de los insumos básicos en cada localización seleccionada. Normalmente dicho costo puede fluctuar entre 6 y 10 dolares por tonelada métrica de hierro esponja.

Esta cifra no incluye el costo del mineral ni los cargos por depreciación y financiamiento correspondientes a la inversión.

El método de Reducción Directa HYL, fué desarrollado por técnicos mexicanos de HYLSA de Monterrey, poniendo en marcha la primera planta de este tipo en Monterrey, en el año de 1957, con una capacidad de 250 tons. métricas por día.

En 1960 se estableció también en Monterrey, la segunda planta para una capacidad de 550 tons. métricas por día. En 1967, TAMSA de Veracruz adquirió una planta de 500 tons. métricas por día, para abastecer de acero su planta de tubos sin costura. En 1969, en Puebla se estableció una planta de 650 tons. métricas por día, empleando pellets de óxido de hierro.

Brasil, en 1972, adquirió una planta para 600 tons. diarias. En 1977 entró en operación la tercera planta de Monterrey, con capacidad de 800 tons/día

En Puebla ya está trabajando una segunda unidad destinada a la obtención de hierro esponja, para venderse como sustituto de la chatarra.

Proceso de aceración en horno eléctrico.

En virtud de que el horno eléctrico es el más adecuado para el uso de carga metálica fría, es el método de aceración empleado en plantas que tienen el sistema de Reducción Directa HYL.

El hierro esponja obtenido de las plantas HYL, se envía en recipientes -- abiertos por plataforma de ferrocarril o bien por medio de banda transportadora, al departamento de aceración.

El tipo de hornos para la aceración del hierro esponja, son hornos eléctricos de arco directo en los cuales se forma el arco eléctrico entre los electrodos de grafito y la carga, alcanzándose temperaturas de aprox. 3500°C.

Los hornos eléctricos (Fig. 15), tienen la forma de un tazón o tetera, -- provistos de un techo abovedado, en el cual se tienen tres perforaciones para dar paso a los electrodos. El techo está abisagrado a fin de que pueda moverse hacia un lado para permitir la operación de carga del horno. Además, tiene una pequeña puerta de carga opuesta al vertedor y los mecanismos necesarios para subir y bajar los electrodos y accionar el mecanismo basculante que permite la descarga del acero a través del vertedor.

FIG. 15.-HORNO DE ARCO ELECTRICO

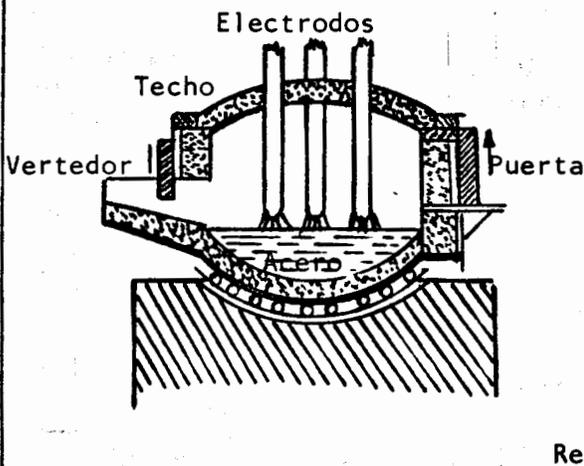
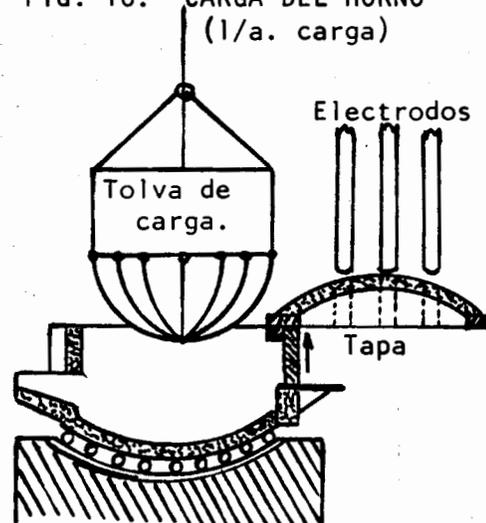


FIG. 16.- CARGA DEL HORNO
(1/a. carga)



Descripción del Proceso.

Una vez que ha sido descargado el horno y vuelto a su posición de operación, se acciona el mecanismo que mueve a un lado el techo y se inicia la operación de carga mediante una tolva de fondo móvil, como se ilustra en la (Fig. 16). La carga se compone de chatarra, hierro esponja y los fundentes necesarios

Una vez cargada la chatarra, se corre la tapa a su posición normal, se bajan los electrodos hasta establecerse el arco eléctrico entre éstos y la carga con lo cual se inicia el proceso de fusión.

La carga total del horno se completa en tres etapas sucesivas, las cuales se van depositando a medida que se van fundiendo los materiales de la carga anterior.

En una de las plantas de HYLSA, en Monterrey, la primera etapa de la carga se realiza en la forma convencional y una vez fundida esta parte, se continúa alimentando hierro esponja a través de la tapa a la misma velocidad de fusión, simultáneamente y en forma gradual, se agregan los fundentes necesarios

El óxido ferroso (FeO) del hierro esponja reacciona con el carbono realizando la metalización adicional equivalente, pero al mismo tiempo causando una vigorosa y continua acción en el baño que facilita casi la eliminación del fósforo y la disminución del carbono al nivel deseado, por lo que en realidad la mayor parte de la refinación se efectúa al mismo tiempo que la fusión y sin requerir casi nunca la insuflación de oxígeno.

Durante el proceso de aceración se toman dos muestras del baño que son enviadas al laboratorio, donde mediante un espectrómetro, que analiza 12 elementos en menos de un minuto, se hacen las correcciones necesarias en el análisis del acero a fabricar.

Una vez terminado el proceso de aceración, se procede a eliminar la escoria que por más ligera, está en la superficie del baño y es la primera en derramarse. A continuación el acero líquido se recibe en una olla de colada (previamente calentada a 950°C. aprox.), la cual, mediante una grúa viajera es llevada a la zona de lingoteo o a la máquina de colada continua.

En un horno de 100 tons. de capacidad, los tiempos de operación y los consumos son aprox. los siguientes:

Tiempo de fusión	153 minutos.
Tiempo de refinación.	15 "
Tiempo de vaciado, reparación y 1/a. carga	30 minutos.
Tiempo de colada a colada	198 minutos para 92.2 TAL (Tons acero líquido.)

Consumos.- Merma	6.0	%.
Electrodos	5.0	Kgs./TAL.
Energía	642	KWH/ TAL.
Magnesita	2.4	Kgs./TAL.
Dolomita	9.0	KGS./TAL.
Cal	5.7	Kgs./TAL.

Refractarios.- Revestimiento	160	Kgs./colada.
Tapas	70	" "
Mano de obra	0.9	HH/TAL.

Máquina de colada continua.

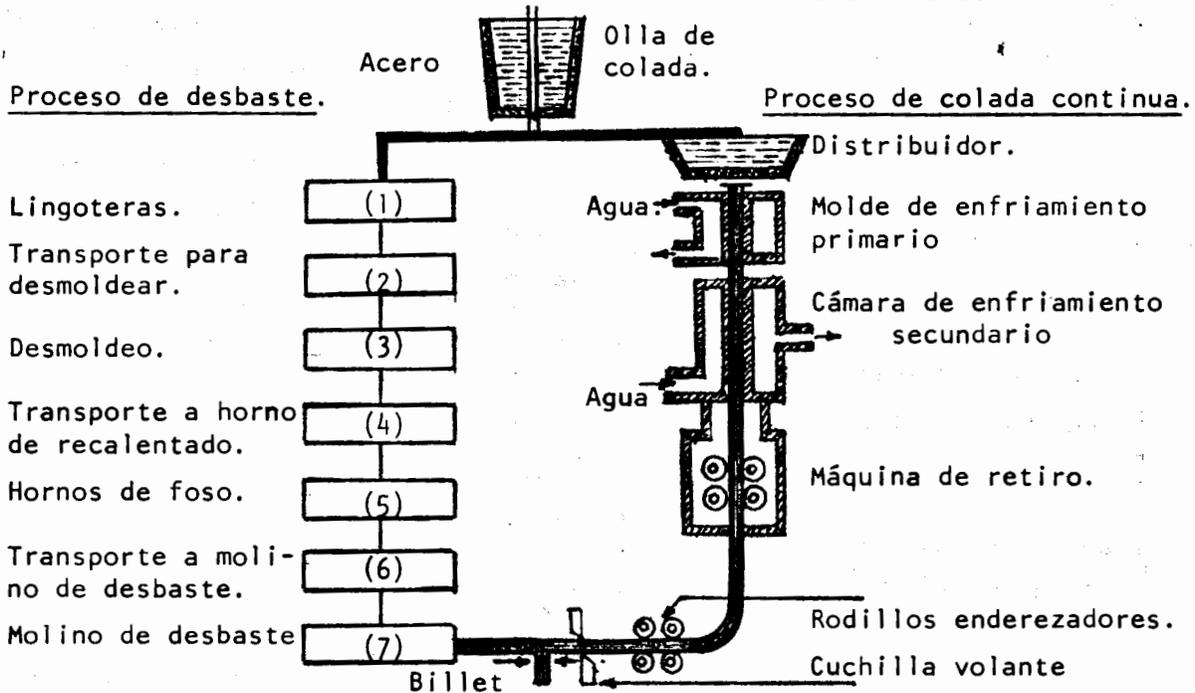
La colada continua es ya, en estos momentos una práctica generalizada en la industria del acero, tanto para la producción de billets, como para barras y planchones.

Todos los procedimientos de colada continua tienen en común, que el material de sección y largo determinado, se obtiene en una longitud mayor que el molde, en forma continua.

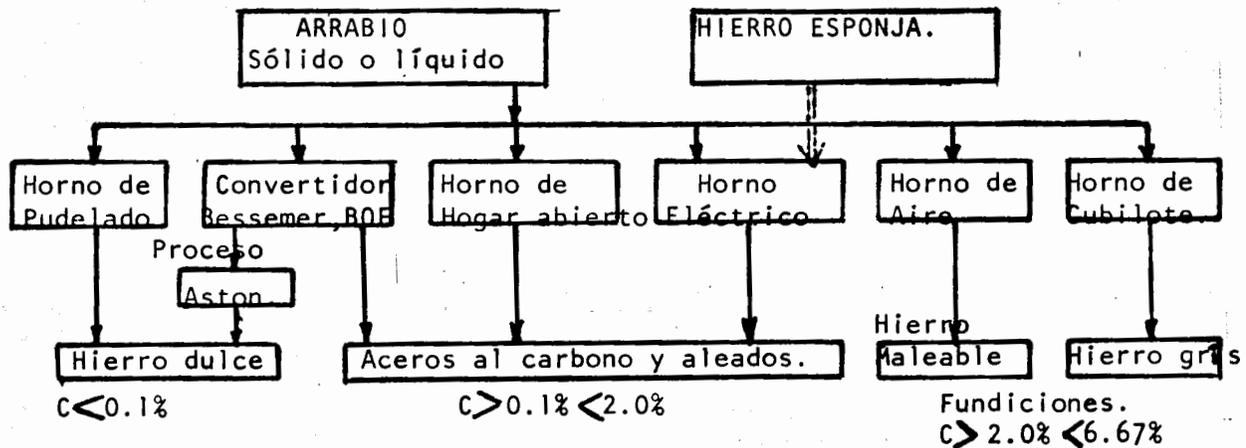
Contrario a las lingoteras, el molde de la colada continua no tiene un extremo cerrado, sino que se trata de un molde tubular a través del cual y mediante un sistema de enfriamiento por agua, solidifica un espesor de pared capaz de resistir el manejo mecánico posterior, conservando la sección recta del molde.

En el diagrama siguiente, se pueden ver fácilmente las ventajas logradas en el sistema de colada continua comparadas con el método tradicional de desbaste de los lingotes, obteniéndose además, una mayor calidad y uniformidad del material, ausencia de rechupes, grano más fino, mejor acabado superficial y sobre todo mayor aprovechamiento, ya que mientras el método tradicional de lingoteo, da un rendimiento de acero líquido a billet de 80%, en el método de colada continua, se logran rendimientos de 92 - 99%.

FIG. 17. DIAGRAMA COMPARATIVO ENTRE EL PROCESO DE DESBASTE Y EL PROCESO DE COLADA CONTINUA PARA OBTENER BILLET.



A continuación se presenta un diagrama que nos muestra los distintos caminos que puede seguir el arrabio o hierro de 1/a. fusión, así como el hierro esponja, para transformarse en los distintos materiales de origen ferroso.



Hierro Dulce.-Es un metal ferroso que contiene menos de 0.1% de C. con 1 a 3% de escoria finamente dividida y distribuida uniformemente en le seno del metal. Se obtiene por el proceso de pudelado o por el proceso Aston. Es un metal de alta resistencia a la corrosión, por lo que se usa en tubos o piezas expuestas a la oxidación; tiene alta ductilidad y se suelda fácilmente, también conserva las capas protectoras que se le aplican.

Análisis.- C. - 0.02% P. - 0.13%
 Si.- 0.13% S. - 0.018%
 Mn.- 0.06% Silicato 2.5%
 Hierro puro el resto.

FAC. DE INGENIERIA
 BIBLIOTECAS

Aceros al carbono: Se clasifican de acuerdo con su contenido de carbono en:

Aceros de bajo carbono.- C. -menos de 0.30%

Aceros de medio carbono.-C.- 0.30 a 0.70%

Aceros de alto carbono.- C.- 0.70 a 1.40%

Aceros aleados.-Se clasifican de acuerdo a su contenido de aleación en:

Aceros de baja aleación.- Cuando la suma de los elementos especiales de aleación es de 8.0%.

Aceros de alta aleación.- Cuando la suma de los elementos especiales de aleación es mayor de 8.0%

DESIGNACION DE LOS ACEROS SEGUN AISI O SAE.

DESIGNACION.	COMPOSICION.
10XX	Aceros al carbono.
13XX	Manganeso 1.75%
25XX	Níquel 5.00%
31XX	Níquel 1.25% - Cromo 0.65%
40XX	Molibdeno 0.25%
41XX	Cromo 0.50 ó 0.95% - Molibdeno 0.12 ó 0.20%
43XX	Níquel 1.80% - Cromo 0.50 ó 0.80% Molibdeno 0.25%
48XX	Níquel 3.50% - Molibdeno 0.25%
51XX	Cromo 0.80, 0.90, 0.95, 1.00 y 1.05%
61XX	Cromo 0.80 ó 0.95%- Vanadio 0.10 ó 0.15 mín.
81XX	Níquel 0.30% - Cromo 0.40% - Molibdeno 0.12%
86XX	Níquel 0.55% - Cromo 0.50 ó 0.65% - molibdeno 0.20%
92XX	Manganeso 0.85% - Silicio 2.00%
98XX	Níquel 1.00% - Cromo 0.80% - Molibdeno 0.25%

XX Contenido de carbono.

Cuando el número de la designación va precedido de una letra, determina el método de aceración empleado.

Prefijo B - Acero Bessemer.

" C - Acero de Hogar Abierto.

" E - Acero de Horno Eléctrico.

Fundiciones.-Con el nombre genérico de fundiciones se designa a aquellos materiales ferrosos, cuyo contenido de carbono es mayor de 2.0% y menor de 6.67% que es la máxima cantidad de Carbono que se puede disolver en la ferrita.

Las fundiciones se caracterizan porque no son forjables y entre los tipos principales de ellas, figuran las siguientes:

Fundición gris o Hierro colado.

Su nombre se debe al color gris de su fractura y se debe a la presencia del carbono en forma de grafito escamoso. La fundición gris es fácil de maquinar, tiene alta resistencia a la compresión y tiene la propiedad de absorber las vibraciones, razón por la cual se emplea en bancadas o bastidores de máquinas herra--

mientas. Su análisis aprox. es el siguiente:

Carbono.-,	3.00 - 3.50%
Silicio	1.00 - 2.75%
Manganeso	0.40 - 1.00%
Fósforo	0.15 - 1.00%
Azufre	0.02 - 0.15%
Hierro puro o ferrita el resto.	

Las piezas hechas de hierro gris se vacían generalmente en moldes de arena. El metal se funde en hornos de cubilote, hornos de inducción o de aire. (Su resistencia a la tensión varía de : 1400-4200 Kgs/cm².)

Fundición Blanca. Su nombre se debe también al color blanco que presenta su fractura, debido a que el carbono se encuentra en forma de carburo de hierro --- (Fe_3C), este constituyente conocido como cementita, es excesivamente duro, por lo que la fundición blanca no es maquinable. Debido a su dureza se emplea para rodillos de triturar granos, cachetes de quebradora, forros para molinos rotatorios, cargas de molinos de bolas, etc.

Fundición Moteada o Atruchada. Es un producto intermedio entre la fundición gris y la blanca, su nombre obedece al color de su fractura, se obtiene en colados en los que se han endurecido ciertas superficies que han de quedar sometidas a desgaste.

Hierro fundido maleable. Se obtiene a partir de la fundición blanca empleando hornos de cubilote, horno de aire o eléctrico. Existe un proceso llamado Duplex, donde se emplean simultáneamente un horno de cubilote y un horno de inducción, eléctrico o de crisol, este arreglo permite un control más preciso de las temperaturas de colada y del análisis del metal.

La carga del horno está constituida por 32% de arrabio, 50% de coladas, 14% de chatarra maleable y 4% de chatarra de acero. Las piezas obtenidas son recocidas en hornos durante 3 ó 4 días a temperaturas que van de 815- 1010°C, empacándose en vasijas con escoria, arena y piedras de sílice o escamas de fundición, para evitar el desprendimiento de escamas y la descarburación.

El hierro fundido maleable tiene una resistencia a la tensión de aproximadamente 3850 Kgs/cm²., tiene regular resistencia al impacto y es maquinable. Su análisis aprox. es el siguiente:

Carbono	1.75 - 2.30%
Silicio	0.85 - 1.20%
Manganeso	Menos 0.40%
Fósforo	" 0.20%
Azufre	" 0.12%
Ferrita el resto.	

El hierro fundido maleable se emplea en la producción de piezas automotrices, tales como bujes o soporte, para conexiones de tuberías, etc.

Hierro Nodular. Es un hierro de alta resistencia y gran ductilidad, contiene el carbono en forma de nódulos de grafito. Se obtiene agregando al hierro gris pequeñas cantidades de agentes que contengan Magnesio. (Magnesio-Níquel ó Magnesio-cobre-ferrosilicio.) El magnesio requerido para producir grafito nodular, depende del azufre que esté presente, ya que primero se elimina el azufre convirtiéndolo en sulfuro de magnesio y el magnesio adicional presente, cambia el grafito a la forma nodular. Este tipo de hierro se emplea tal como se obtiene después de vaciado, aunque algunas veces se somete a un pequeño período de recocido para lograr ciertas propiedades específicas.

Su análisis aprox. Carbono 3.20%, Manganeso menos de 0.80%, Fósforo 0.10% - max. Azufre 0.03% max.

Se emplea para la fabricación de cigüeñales, árboles de levas, masas y tambores y partes de maquinaria en general.

Metales Ligeros. (Aluminio - 2.7 gs/cm^3 y Magnesio 1.74 gs/cm^3)

Aluminio.

El aluminio es el más abundante de los elementos metálicos en la corteza terrestre; sin embargo, sólo la bauxita es comercialmente explotable. La bauxita se extrae de las minas por el método de cielo abierto, luego se tritura y algunas veces se lava para eliminar la arcilla y luego se seca.

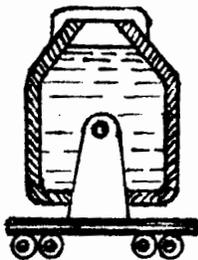
La producción de un kilo de aluminio requiere 4 kgs. de bauxita, los cuales se convierten en 2 kgs. de alúmina que posteriormente se combinan en las celdas electrolíticas con 30 gs. de criolita, 600 gs. de pasta de carbón y 18 KWH de energía eléctrica.

El aluminio metal del grupo de los materiales ligeros, (2.7 gs/cm^3) se produce en México por la Empresa Aluminio, S. A., de C.V., en Veracruz, que inició sus operaciones en junio de 1963 con una capacidad de 20,000 tons. anuales, a la fecha rebasa las 70,000 tons. anuales.

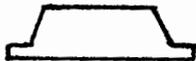
Aluminio S.A. de C.V., es la única planta existente en México que produce aluminio primario en las siguientes formas:

- a) Aluminio líquido (en crisoles aislados a 800°C para plantas ubicadas a 150 Km. de la planta).
- b) Aluminio en lingotes para fundición (99.5%), (peso 13 ó 22 kgs.).
- c) Aluminio en lingotes para extrusión (redondos o cuadrados).
- d) Aluminio en lingotes para laminación (sección rectangular para lámina y placa).

Los lingotes para extrusión y laminación son vaciados en moldes metálicos, en friados por agua por el método de enfriamiento directo o colada semicontinua.



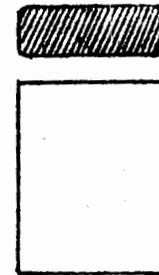
(a)



(b)



(c)



(d)

Producción del Aluminio.

La bauxita, finamente pulverizada, es refinada mediante el proceso Bayer para lo cual se carga en un digestor donde se trata con una solución de sosa cáustica a presión y a una temperatura muy superior a la de su punto de ebullición, donde los hidróxidos de sodio reaccionan con la bauxita para formar aluminato de sodio que permanece en solución en el licor.

Los óxidos de hierro, silicio, titanio y otras impurezas insolubles, se asientan con las impurezas no disueltas de la bauxita. A estos residuos insolubles a los que dan coloración los óxidos de hierro se les llama Lodo Rojo.

Después de completarse la digestión se reduce la presión; el lodo rojo se fuerza a salir del digestor pasándolos a través de filtros prensa y se desecha. El licor que contiene la alúmina como extracto en forma de aluminato de sodio, se bombea a depósitos llamados precipitadores, donde se añaden al licor cristales finos de hidróxido de aluminio, provenientes de un ciclo anterior. Estos cristales se hacen

circular por entre el licor y sirven como cristales simientos, que van creciendo en dimensiones, a medida que el hidróxido de aluminio se separa de la solución.

El hidróxido de aluminio que se retira del licor, es calentado en hornos rotatorios arriba de 980°C para expulsar el agua de combinación. Esto hace que la alúmina cambie a una forma cristalina semejante al azúcar, quedando lista la alúmina para el proceso de fusión.

El proceso de fusión es el paso final en la producción del lingote de aluminio no aleado. Esta operación se realiza en un grupo de celdas electrolíticas que son tinas de acero forradas interiormente con carbón y conectadas eléctricamente. Las tinas además, se proveen con bloques de carbón suspendidas que actúan como ánodos, en tanto que los forros actúan como cátodos. Se cargan las tinas con la alúmina y criolita sintética y se hace pasar corriente eléctrica entre el ánodo y cátodo generando calor que llega a temperatura de 980°C aprox., que funde la criolita y forma un baño; la alúmina se disuelve en el baño, sacándose por el fondo de la tina por medio de sifones, en forma de aluminio fundido.

Por medio de una olla el metal se lleva a los hornos de retención para ser aleado y vaciado en las formas descritas al principio.

El aluminio obtenido de las celdas electrolíticas o tinas tiene una pureza de 99.5%, pudiéndose obtener por refinación electrolítica, hasta 99.99% de pureza, material que se emplea como catalizador en la producción de gasolina de alto octanaje, en la industria electrónica en forma de Foil (lámina extremadamente delgada) y para piezas de joyería.

Sin embargo, la mayoría del aluminio se emplea en forma de aleaciones de las cuales mencionaremos las más usuales, así como los efectos sobresalientes de los elementos de aleación:

- Cobre. Hace las aleaciones estables térmicamente y aumenta la fuerza y dureza.
- Magnesio. Incrementa la resistencia a la tensión, la resistencia a la corrosión en atmósferas marinas, la dureza y facilidad para soldarse.
- Manganeso. Incrementa los esfuerzos naturales y la resistencia a la corrosión.
- Silicio. Baja al punto de fusión, incrementa la facilidad para fundirse y en combinación con el magnesio produce aleaciones tratables térmicamente, con buena ductilidad y resistencia a la corrosión.
- Zinc. Tiende a aumentar la dureza y en combinación de reducidos porcentajes de Mg., produce aleaciones tratables térmicamente con un alto grado de resistencia.

Además de los elementos mencionados, pueden agregarse otros elementos metálicos para mejorar las propiedades de los grupos básicos de aleaciones o proporcionar efectos especiales:

- El bismuto, plomo y estaño dan una mejor maquinabilidad.
- El berilio mejora las características de soldadura y vaciado.
- El boro ayuda a incrementar la conductividad eléctrica.
- El cromo, el zirconio y el vanadio para efectos especiales.
- El níquel imparte una mayor fuerza a temperaturas elevadas.
- El titanio ejerce un poderoso efecto de refinamiento de grano lo que mejora la resistencia y ductilidad.

GRUPO DE ALEACIONES BASICOS:

Aleaciones de Aluminio. SERIE 1.000.

Aluminio puro y un contenido máximo de 1% de elementos de aleación, facilidad

para formarse y soldarse. Se obtienen buenos acabados; alta conductividad eléctrica y resistencia a la corrosión; su resistencia es limitada.

Su principal empleo: reflectores, intercambiadores de calor, aplicaciones arquitectónicas y adornos para decoración.

Aleaciones Aluminio-Cobre. SERIE 2,000.

El cobre, el principal elemento aleante, obteniéndose aleaciones que suelen superar en más del 50% la resistencia a la tensión de aceros templados. La resistencia a la corrosión y la facilidad de soldarse limitada.

Algunas de estas aleaciones tienen muy buena maquinabilidad, otras adecuadas para partes y estructuras que requieren alta resistencia con relación a su peso. Se utilizan para carrocerías (trailers), partes estructurales de aviones y cuando se requiere una buena resistencia a temperaturas elevadas.

Aleaciones Aluminio-Manganeso. SERIE 3,000.

La adición de aproximadamente el 1% de manganeso, produce aleaciones de aluminio que tienen cerca del 20% más de resistencia que el aluminio puro comercial, conservando un alto grado de facilidad de trabajo. La aleación 3003 es la más usual en la industria. Sus usos típicos incluyen utensilios de cocina, intercambiadores de calor, techos, muebles, señales de carreteras y numerosas aplicaciones arquitectónicas.

Aleaciones Aluminio-Silicio. SERIE 4,000.

La adición de silicio en proporciones mayores del 12%, produce aleaciones adecuadas como material para soldaduras, por su bajo punto de fusión. También se emplea para piezas fundidas ya que el silicio imparte alta fluidez al metal fundido. En usos arquitectónicos estas aleaciones se anodizan rápidamente y se colorean.

La aleación para forja 4032 proporciona un bajo coeficiente de expansión térmica y alta resistencia al desgaste.

Aleaciones Aluminio-Magnesio. SERIE 5,000.

Cuando se agrega del 0.3 al 5.0% de magnesio, las aleaciones resultantes, cuya resistencia varía según el contenido, además de tener buena facilidad para soldarse, tiene buena resistencia a la corrosión en atmósferas marinas. Se emplean en la rama arquitectónica, en adornos para decoración en artículos domésticos, postes de alumbrado, barcos y lanchas, tanques criogénicos y partes de grúas viajeras.

Aleaciones Aluminio-Magnesio-Silicio. SERIE 6,000.

Las más usuales de la serie son la 6061 y la 6063, que tienen gran formabilidad, alta resistencia a la corrosión, facilidad para soldarse, buena maquinabilidad y numerosos acabados. Sus principales usos en instalaciones arquitectónicas, equipos de transporte y pasamanos para puentes.

Aleaciones Aluminio-Zinc. SERIE 7,000.

La adición del 3 al 8% de Zinc, más un pequeño porcentaje de magnesio y cuando se le trata térmicamente se obtienen aleaciones de muy alta resistencia. Su empleo principal es en estructuras de aviones, equipo móvil y equipos que requieran alta resistencia con relación a su peso.

Aleaciones. SERIE 8,000.

El aluminio puede alearse con elementos tales como el berilio, bismuto, boro, fierro, níquel, plomo, sodio, estaño, titanio y zirconio.

Siempre que alguno de los elementos sea el predominante, la designación se hará con un número a partir del 8,000.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LOS MATERIALES.

Para distinguir un material de otro, hay que considerar sus propiedades físicas. Estas son: color, densidad, calor específico, coeficiente de expansión térmica, conductividad térmica, conductividad eléctrica, resistencia y dureza.

Algunas de las propiedades físicas describen la reacción del material al uso mecánico, por lo que a estas propiedades se les llama frecuentemente propiedades mecánicas.

Para determinar las propiedades mecánicas, se someten los materiales a pruebas de Laboratorio normalizadas, las cuales proporcionan al ingeniero la información indispensable para determinar el comportamiento de los materiales según el uso a que se les destine.

En los procesos de formado tienen gran importancia las propiedades mecánicas siguientes:

Cohesión. Resistencia de los átomos a separarse. La cohesión se valúa por ensayos de dureza por lo cual existen los métodos siguientes: Brinell, Rockwell, Vickers, Escleroscopio o (shore) y microdureza.

Elasticidad. Es la capacidad de recobrar la forma primitiva cuando cesa la causa que lo deforma. Esta propiedad se valúa mediante ensayos de tracción en una máquina universal, cuyo esquema se muestra en la figura adjunta (18).

Esta máquina también puede realizar ensayos de compresión y de flexión.

Plasticidad. Capacidad de deformarse permanentemente sin romperse. Si la deformación consiste en adelgazamiento en forma de láminas, la plasticidad toma el nombre de Maleabilidad. Si es en forma de hilos o alambres se llama Ductilidad. Se valúa por ensayos de tracción. Los ensayos pueden ser estáticos, dinámicos y de conformación o tecnológicos.

Entre los ensayos estáticos, los más usuales son los de tracción, compresión y flexión, los cuales se realizan en la máquina universal Amsler o similar, cuyo émbolo movido hidráulicamente produce tracciones, compresiones y flexiones a voluntad, aplicando las cargas deseadas a la probeta colocada y sujeta en la máquina por medio de mordazas adecuadas. (Fig. 18)

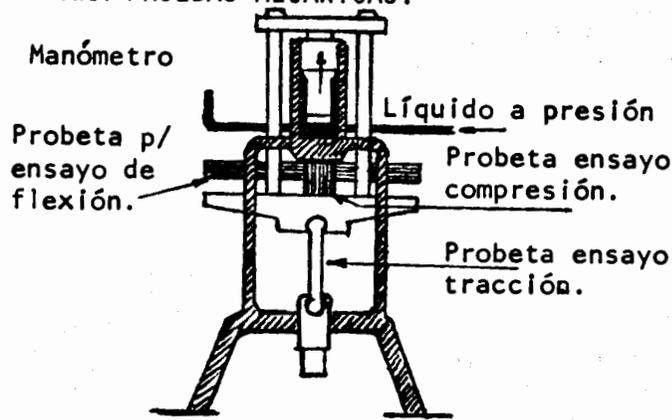
Dependiendo de la aplicación y uso de los materiales, dentro de los ensayos estáticos son usuales los ensayos de Pandeo y de Torsión.

Los ensayos dinámicos comprenden:

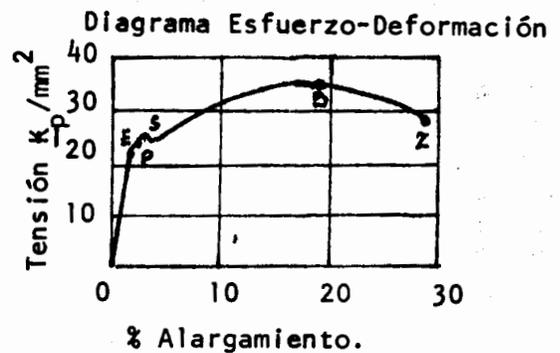
Ensayos de resistencia al choque. Realizados mediante el péndulo de Charpy o el péndulo de Izod, valoran la Resiliencia y también, aproximadamente la tenacidad, la cual se define como la capacidad de resistencia al choque o impacto.

FIGURA 18.

ESQUEMA DE UNA MAQUINA UNIVERSAL
PARA PRUEBAS MECANICAS.



Probetas para ensayo de tracción.



P.-Límite de proporcionalidad.
E.- " " elasticidad.
S.- " " fluencia.
Z.-Punto de ruptura.
B.-Resistencia a la tracción.

Otro de los ensayos es el de resistencia al desgaste, los cuales se realizan con probetas en forma de discos de 30-50mm, de diámetro y espesor de 10mm., montados en ejes paralelos con cargas que varían de 25-200 Kgs. y velocidad normal de 20 r.p.m. De acuerdo con el sentido de giro de los discos, se puede producir deslizamiento puro, rodamiento y deslizamiento doble.

Otro de los ensayos dinámicos es el de resistencia a la fatiga que ayuda a evaluar la vida útil de las piezas dentro de márgenes de seguridad. El desarrollo de una rotura por fatiga comprende las siguientes fases: incubación, fisuración progresiva y rotura.

Los ensayos de conformación o tecnológicos ayudan a determinar el comportamiento de los materiales en procesos específicos y puede ser:

Ensayos de plegado, de embutido, de forja, de corte, de punzonado, de soldadura, etc.

CLASIFICACION DE LOS PROCESOS DE FABRICACION.

En todo proceso de manufactura deben considerarse como fundamentales, los tres criterios siguientes:

1. Diseño funcional de la parte o conjunto con la mayor simplicidad, compatible con la calidad y estética apropiada.
2. Selección del material, de acuerdo con las propiedades físicas y mecánicas necesarias; costo y facilidad de procesar.
3. Selección del proceso adecuado para producir la pieza deseada, con la precisión necesaria y el menor costo unitario.

- A. PROCESOS PARA CAMBIAR LA FORMA DEL MATERIAL.
- B. PROCESOS PARA LABRAR PARTES A DIMENSIONES FIJAS.
- C. PROCESOS PARA OBTENER ACABADOS EN LAS SUPERFICIES.
- D. PROCESOS PARA UNIR PARTES O MATERIALES.
- E. PROCESOS PARA CAMBIAR LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES.

A. CAMBIO DE FORMA. (Procesos sin arranque de viruta).

- | | |
|--------------|-----------------------------|
| 1. Vaciado | 11. Corte |
| 2. Forjado | 12. Rechazado |
| 3. Extruido | 13. Trefilado |
| 4. Laminado | 14. Lam. de perfiles |
| 5. Estirado | 15. Corte c/flama |
| 6. Prensado | 16. Electroformado |
| 7. Triturado | 17. Pulvimetalurgia |
| 8. Perforado | 18. Formado explosivo |
| 9. Recalcado | 19. Formado Electro-hídrico |
| 10. Doblado | 20. Formado magnético. |

B. LABRADO A MAQUINA. (Procesos con arranque de viruta).

- | | |
|--------------|----------------|
| 1. Torneado | 7. Corte |
| 2. Cepillado | 8. Escariado |
| 3. Formado | 9. Fresado |
| 4. Perforado | 10. Esmerilado |
| 5. Taladrado | 11. Roscado |
| 6. Rimado | 12. Perfilado |

Métodos de maquinado no convencionales.

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. Ultrasónico | 4. Lasser óptico |
| 2. Electroerosión | 5. Electroquímico |
| 3. Arco eléctrico | 6. Fresadoquímico |

C. ACABADO DE SUPERFICIES.

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 1. Bruñido | 7. Super acabado |
| 2. Esmerilado c/banda abrasiva | 8. Atomizado metálico |
| 3. Frotación en tambor | 9. Recubrimientos inorgánicos |
| 4. Galvanoplastia. | 10. Proceso Parker |
| 5. Asentado con piedra | 11. Anodizado |
| 6. Pulido | 12. Proceso Sherar. |

D. UNIONES.

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. Por caldeo | 5. Por prensado |
| 2. Por soldadura | 6. Por remachado |
| 3. Por latonado | 7. Por tornillos |
| 4. Por aglomerado | 8. Por adhesivos. |

E. CAMBIO DE PROPIEDADES.

- 1. Tratamientos térmicos
- 2. Trabajo en caliente
- 3. Trabajo en frío
- 4. Picado con perdigones.

Capítulo II:

PROCESOS DE FUNDICION.

La fundición es un proceso básico por medio del cual se obtienen piezas metálicas de forma determinada mediante la introducción del material fundido en una cavidad previamente preparada llamada MOLDE.

Prácticamente todos los metales pueden conformarse por este proceso, sin embargo los más usuales son:

El hierro, acero, aluminio, magnesio, el cobre y sus aleaciones, latón y bronce, el zinc, estaño y plomo y sus aleaciones, etc.

Los principales métodos de fundición o vaciado son:

1. Fundición en Arena
2. Fundición en Moldes Permanentes (Coquillas)
3. Fundición en Matriz (Fund. a presión)
4. Fundición por Centrifugado
5. Fundición por Revestimiento (Cera perdida)
6. Fundición en Casquete o Vaína
7. Fundición en Molde sin Cavidad (Espuma de estireno).

Requerimientos Básicos, Comunes a Todos los Procesos de Fundición.

- a) Debe fabricarse un molde de cavidad con la forma y dimensiones deseadas con las tolerancias adecuadas para la contracción del metal al solidificarse. El material del molde debe ser refractario.
- b. El equipo para fundir el material (Hornos) debe dar una temperatura adecuada y proporcionar un producto de calidad aceptable al menor costo posible.
- c) Asegurar un método adecuado para introducir el metal en el molde, la salida del aire y los gases contenidos en la cavidad o los que se producen por la acción del metal caliente, a fin de que se llenen todos los recovecos de la cavidad para obtener piezas libres de fallas o burbujas de aire.
- d) Facilidad para sacar la pieza colada del molde. (Especialmente en moldes permanentes).
- e) Realizar operaciones de acabado para eliminar partes sobrantes que están adheridas a las piezas o reparar mediante soldaduras las fallas posibles.

II-1 FUNDICION EN ARENA.

En este proceso se emplea la arena como material para formar el molde, ya que las pequeñas partículas de arena pueden aglomerarse en secciones delgadas y también pueden usarse en grandes cantidades, por lo que pueden obtenerse productos de un amplio rango de tamaños y formas. En este proceso se debe preparar un molde para cada pieza. El metal fluye dentro del molde por gravedad.

Los factores principales para obtener un buen vaciado en arena son:

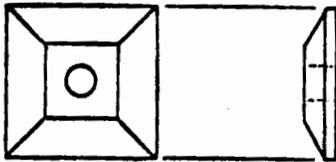
El Moldeo, la arena, el molde, los corazones y el metal.

Moldeo.- Para el moldeo de una pieza se debe emplear un MODELO o PATRON, - que puede estar hecho de madera, metal o plástico.

Los modelos de madera son los más usuales por su bajo costo y facilidad de maquinar, se emplean para la producción de pequeñas cantidades de piezas, ya -- que para grandes series se recomiendan modelos de aluminio por ser ligeros, indeformables y resistentes a la corrosión. Actualmente se usan con éxito modelos de plástico.

Los modelos, dependiendo de la complejidad de la pieza por moldear, pueden ser de los tipos que a continuación se ilustran: (Fig. 1)

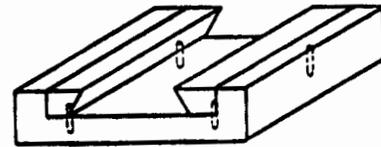
FIGURA 1.-DIFERENTES TIPOS DE MODELOS.



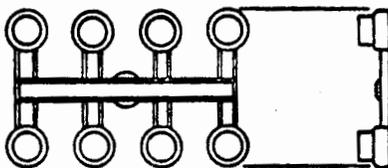
A.-Modelo Sólido.



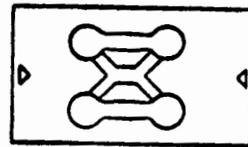
B.-Modelo en dos piezas.



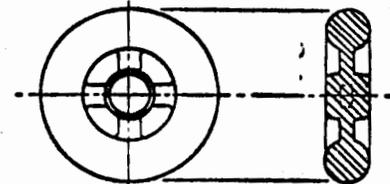
C.-Modelo de piezas sueltas



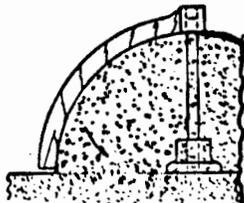
D.-Modelo de cavidades múltiples con alimentadores ramificados.



E.-Modelo con placas de coincidencia.



F.- Modelo con tablero de soporte.



Perfiladora curva o terraja para formar corazones grandes de arena verde.



Perfiladora o terraja plana

G.- Perfiladoras o terrajas.

En los modelos deben tomarse en cuenta las tolerancias necesarias para prevenir la CONTRACCION, (Reducción de volumen que sufre la pieza vaciada al solidificarse.) EXTRACCION O SALIDA, (Angulo que debe darse a los modelos para poder extraerlos del molde) ACABADO, (Exceso de material que se debe dejar en las partes de la pieza vaciada, que requieran maquinado posterior.) DISTORSION (exceso de material en secciones delgadas y largas, que puedan sufrir alabeo al enfriarse.) -- GOLPETEO O BALOTEO, (Tolerancia para compensar el ensanchamiento que sufre la cavidad del molde, al ser golpeado el modelo para extraerlo.).

De acuerdo con la forma en que se realiza el moldeo, se pueden tener los siguientes métodos:

- 1.- Moldeo en banco (Para piezas pequeñas.)
- 2.- Moldeo en el piso. (Para piezas de tamaño medio y grande.)
- 3.- Moldeo en pozo (Para piezas extremadamente grandes.)
- 4.- Moldeo en máquina: Comprende los sistemas de Percusión, Prensado y chorro de arena (Para la producción de grandes series de piezas, ya que se facilita el moldeo automático.)

La Arena. - En la mayoría de las fundiciones se emplean arenas sintéticas - que se fabrican a partir de sílice (SiO₂), zirconio o arena de olivina y arcillas

de bentonita, kaolinita o illita, y agregados de materias orgánicas para facilitar el aplastamiento en la contracción.

Características de las arenas.-Las arenas de moldeo deben ser altamente refractarias, suficientemente cohesivas, permeables y deben aplastarse para permitir la contracción del metal durante la solidificación.

Una buena arena de moldeo debe contener de 8 - 14% de arcilla y de 4 - 8% de humedad.

Las pruebas de laboratorio a que se someten las arenas de moldeo son:
Permeabilidad.

Resistencia.

Resistencia a altas temperaturas.

Tamaño y forma de grano y

Contenido de arcilla y de humedad.

El molde.- El molde es la cavidad hecha mediante el modelo o patrón, en la cual se vacía el metal fundido para que al solidificar tome la forma deseada.

Para hacer el molde se emplea una caja de moldeo que consta de dos semicajas, la superior recibe el nombre de tapa y la inferior de base; cuando la caja tiene tres partes a la intermedia se le llama parte central. La coincidencia entre las semicajas se logra mediante pernos o espigas y placas metálicas barrenadas, colocadas en forma coincidente en los lados de la tapa y de la base.

De acuerdo con los materiales empleados en el moldeo, los moldes se clasifican de la manera siguiente:

- 1.- Moldes de arena verde.
- 2.- Moldes de superficie seca.
- 3.- Moldes de arena seca.
- 4.- Moldes al CO₂ y
- 5.- Moldes de arena negra.

FAC. DE INGENIERIA
BIBLIOTECAS

SECUENCIA DE LOS PASOS NECESARIOS PARA OBTENER UN MOLDE DE ARENA.

En las figuras 2 y 2A de la página 31 se muestran los pasos necesarios para el moldeo de una pieza sin corazón, con un modelo sólido y una pieza con corazón, empleando un modelo de dos piezas. Describiremos solamente el segundo caso que es el que podría presentar alguna dificultad en su comprensión.

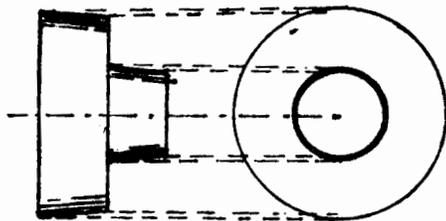
El proceso se inicia colocando la mitad del modelo en dos partes sobre el tablero de moldear, enseguida se coloca la base de la caja sobre el tablero, -- con los pernos dirigidos hacia abajo (1). Ahora se rocía el modelo con una fina película de polvo separador, para evitar la adhesión de la arena y facilitar la extracción posterior del modelo. Enseguida se criba arena de superficie sobre el modelo para que lo vaya cubriendo, formando una capa de 1/4" - 1/2" de espesor, ahora se patea arena de moldeo dentro de la caja y se apizona mediante un pizón manual o neumático. Una vez terminado el apizonado, se quita el exceso de arena mediante el rasero. A continuación se coloca el tablero de giro y se voltea la base para recibir la tapa (2), después se coloca la tapa, la otra mitad del modelo y las clavijas para formar la colada y el rebosadero(3). A fin de evitar que se peguen las semicajas, se rocía arena fina y seca en la línea de separación y se procede como en el caso anterior. Terminado el apizonado, se extraen las clavijas de colada y del rebosadero y se practican los agujeros de ventilación, para facilitar la salida de los gases de la cavidad del molde(4).

Terminado el moldeo, se abre el molde para retirar el modelo, cortar el alimentador y colocar el corazón (5). Ahora se cierra el molde, se colocan los pernos de coincidencia y el molde queda listo para recibir el metal líquido (6).

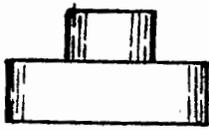
El paso (7) muestra la pieza terminada a la que se le han quitado la colada y el rebosadero y se ha limpiado mediante alguno de los métodos que se describen al final del capítulo.

VACIADO EN MOLDES DE ARENA

FIG.2 Secuencia del proceso de vaciado en arena.



Modelo o Patrón Sólido mostrando el ángulo de salida.



(7) Pieza terminada.



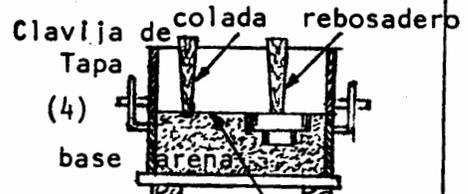
(1) Modelo base
Tablero de moldeo



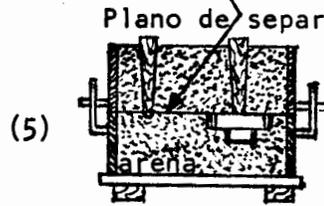
(2) Tablero de giro. arena base



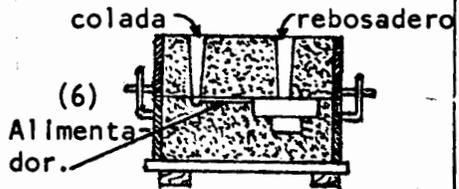
(3) Espigas de coincidencia. arena base



(4) Clavija de colada rebosadero Tapa base arena



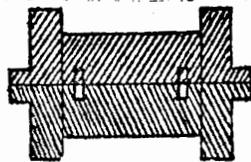
(5) Plano de separación arena



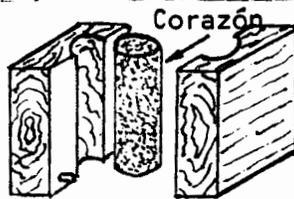
(6) colada rebosadero Alimentador.

Extracción del modelo y corte del alimentador.

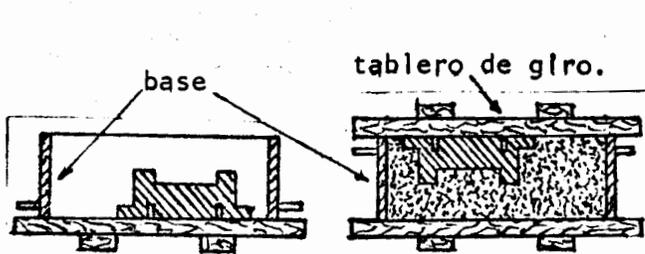
FIG.2A. VACIADO DE UNA PIEZA CON CORAZÓN.



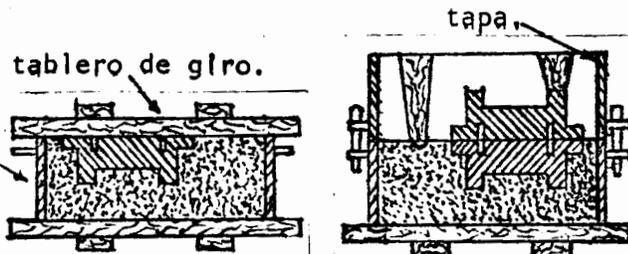
Modelo de dos piezas



Corazón Caja de corazones

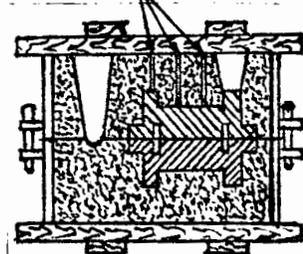


1.- Colocar la mitad del modelo en el tablero y ubicar la base.



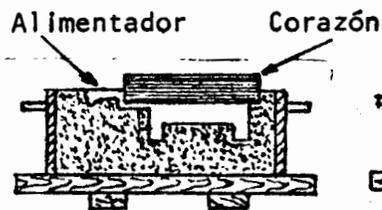
2.- Después de apisonar la arena se gira la base para recibir la tapa.

Agujeros de ventilación,

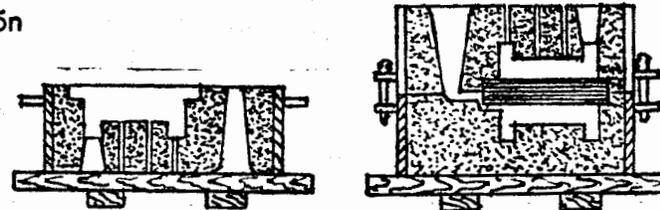


3.- Colocar otra mitad modelo y las clavijas de colada y rebosadero.

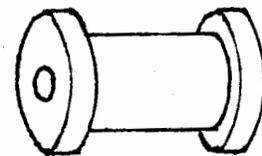
4.- Llenar con arena y apisonar, sacar clavijas y hacer ventilas.



5.- Abrir el molde, extraer el modelo, cortar el alimentador y colocar el corazón



6.- Cerrar el molde, colocar pernos de coincidencia y vaciar.



7.- Pieza terminada y limpia.

La colada y el rebosadero son cavidades hechas en la tapa de la caja de moldeo, la primera es la vía de acceso del metal líquido a la cavidad del molde y el segundo sirve para proveer de metal caliente a la pieza cuando se enfría y evitar así los rechupes. Los rebosaderos pueden ser abiertos o ciegos.

Existen cajas de moldeo hechas de aluminio que tienen una junta abisagrada en uno de sus ángulos, de manera que pueda abrirse una vez terminado el moldeo, quedando el molde en forma de adobe, con lo cual la caja queda libre para un nuevo moldeo. Este tipo de cajas se conocen con el nombre de adoberas. Para evitar que la presión del metal líquido pudiera desbaratar el molde, se emplean cinchos metálicos que abrazan el adobe y además se colocan pesos sobre dicho adobe para evitar fugas de metal entre el plano de separación.

Los Corazones.- Los corazones, núcleos o machos, son piezas de materiales refractarios empleados en los moldes, para producir cavidades interiores o exteriores en las piezas fundidas. (Fig. 3)

Los corazones pueden ser de arena verde o de arena seca. Los primeros se hacen de la misma arena de moldeo, en tanto que los segundos son hechos separadamente con arena de río fina y limpia y aglutinantes de resinas termofraguantes o aceite de linaza, los cuales se forman por compresión en máquinas sopladoras o en cajas de corazón, debiendo ser horneados posteriormente para que endurezcan.

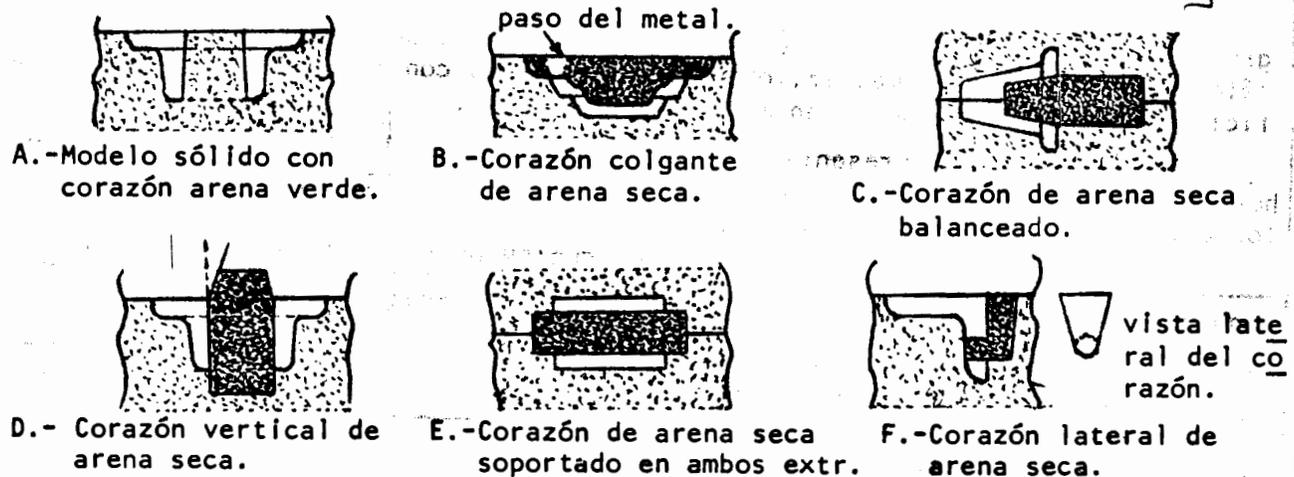


FIG. 3.- DIFERENTES TIPOS DE CORAZONES USADOS EN LOS MOLDES.

Las características principales que deben tener los corazones son:

Resistencia,
Permeabilidad.

Refractabilidad y superficie tersa, y que después de la colada se desintegren fácilmente, para que puedan eliminarse de las piezas.

El Metal.-El metal constituye la materia básica en los procesos de fundición, éste se obtiene generalmente en forma de lingotes procedentes de las plantas de afinado de metales. Para poder vaciar el metal en los moldes, se requiere fundirlo, lo cual se logra por la adición de calor en los hornos. Existe una gran variedad de tipos de hornos empleados en fundición, los cuales se describirán a continuación.

La carga de los hornos está constituida, generalmente, por lingotes y chatarra, esta última es material de desperdicio de los diferentes procesos de manufactura.

Los metales empleados en fundición los clasificamos en dos grupos: Los metales ferrosos y los metales no ferrosos. Entre los primeros se encuentran los aceros y las fundiciones cuyos principales tipos ya fueron descritos en el Capítulo I de Materiales; entre los segundos figuran el cobre, aluminio, magnesio, estaño, plomo, antimonio, etc. y aleaciones de estos metales.

Dos de las aleaciones más comunes derivadas del cobre, son los latones y -- los bronces. Los primeros se obtienen por la aleación de cobre y zinc hasta un porcentaje de 36% de zinc, ya que con mayores porcentajes el latón se vuelve quebradizo. Existe una gran variedad de latones según el contenido de zinc, obteniéndose materiales metálicos de alta resistencia, aspecto agradable, resistentes a la corrosión, maquinables y fáciles de ser laminados, colados o extruidos.

El bronce es una aleación a base de cobre, que contiene estaño, manganeso y otros elementos. Tiene buena resistencia a la corrosión especialmente en atmósferas marinas, por lo que se emplea ampliamente en piezas para embarcaciones, es muy común su empleo en la fabricación de propelas, así como para impulsores de bombas de pozo profundo; los bronce fosforados y los prelubricados tienen gran aplicación en la fabricación de chumaceras de maguito.

El aluminio debido a su ligereza y resistencia a la corrosión, da lugar a un sin número de aleaciones de aplicación en la industria aeronáutica, la construcción y la fabricación de utensilios domésticos. Presenta gran facilidad para ser laminado, colado o extruido, dando una gran variedad de tipos y calibres de lámina, papel de aluminio para envolturas, una gran variedad de piezas fundidas en arena o en matriz y un gran número de barras y perfiles tubulares obtenidos por extrusión.

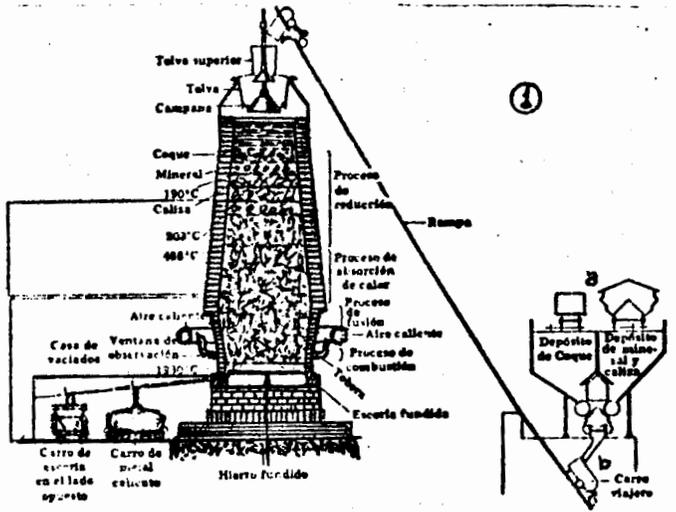
El plomo, estaño y antimonio, metales de bajo punto de fusión, forman un grupo de aleaciones conocidas con el nombre de ZAMAC que son procesadas por el método de fundición en matriz, obteniéndose piezas con muy buenos acabados superficiales que casi no requieren maquinado posterior.

A continuación se presenta un cuadro que contiene los principales tipos de hornos empleados para la fusión de metales y en las hojas siguientes se muestran los esquemas correspondientes.

HORNOS EMPLEADOS EN LA FUSION DE METALES.

TIPO DE HORNO	COMBUSTIBLE.	TIPO DE REFRACTARIO.	ATMOSFERA DISPONIBLE.	APLICACIONES.--
(1) Alto Horno	Coque			Obtención de Arrabio.
(2) Hogar Abierto (Siemens Martin)	Gas natural, coque, gas A.H. carbón, aceite	Acido o básico.		Aceración.
(3) Convertidor BOF o Bessemer.	Oxígeno Aire.	Básico.		Aceración.
(4) Eléctrico de electrodos.	Electricidad	Acido o Básico.	Vacío o gas inerte	Aceración Fusión de aceros.
(5) De aire o de reverbero	Aceite Gas natural	Acido		Hierro fundido Metales no ferreos.
(6) Eléctrico de arco indirecto.	Electricidad			Hierro fundido Metales no ferreos.
(7) Eléctrico de inducción, alta y baja Frecuencia.	Electricidad.	Acido o Básico.	Vacío o gas inerte	Aleaciones Esp., metales de alta pureza, hierro fundido, metales no ferreos.
(8) Cubilote.	Coque.	Básico.		Fundición gris.
(9) De crisol.	Gas, coque electricidad	Grafito, carburo de Si, hierro gris.		Metales no ferreos.

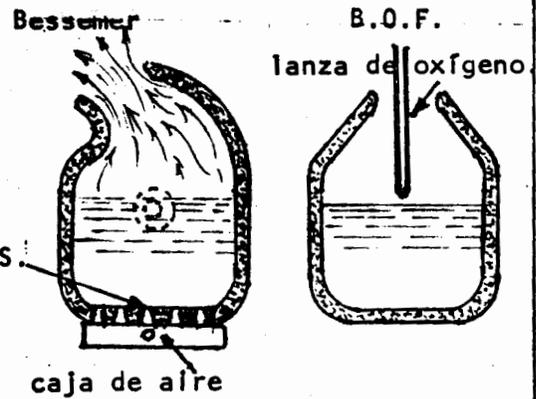
ESQUEMAS DE LOS PRINCIPALES HORNOS PARA FUSION DE METALES.



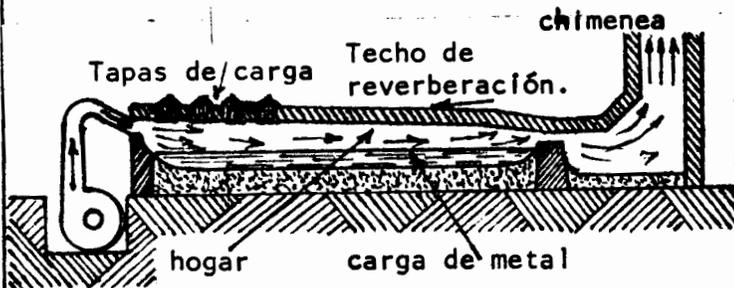
① VISTA SECCIONAL DE UN ALTO HORNO.



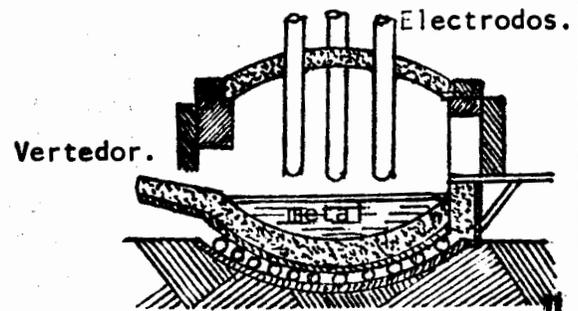
② HORNO DE HOGAR ABIERTO



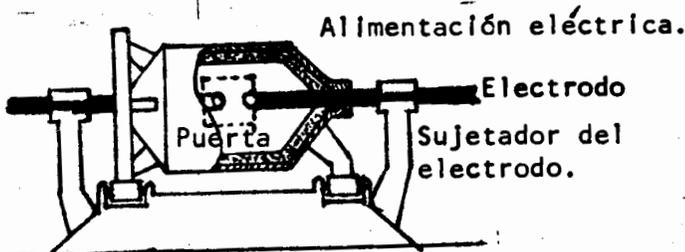
③ CONVERTIDOR.



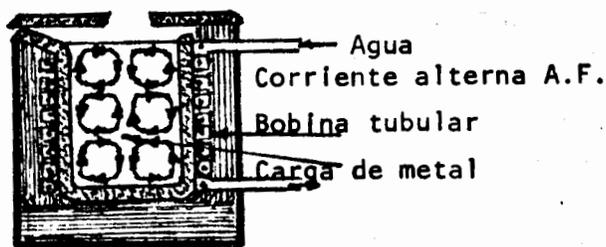
⑤ HORNO DE AIRE O DE REVERBERO.



④ HORNO ELECTRICO DE ARCO.

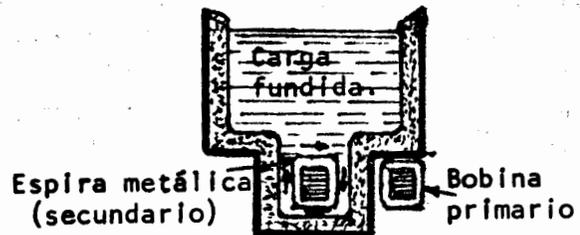


⑥ HORNO ELECTRICO DE ARCO INDIRECTO.

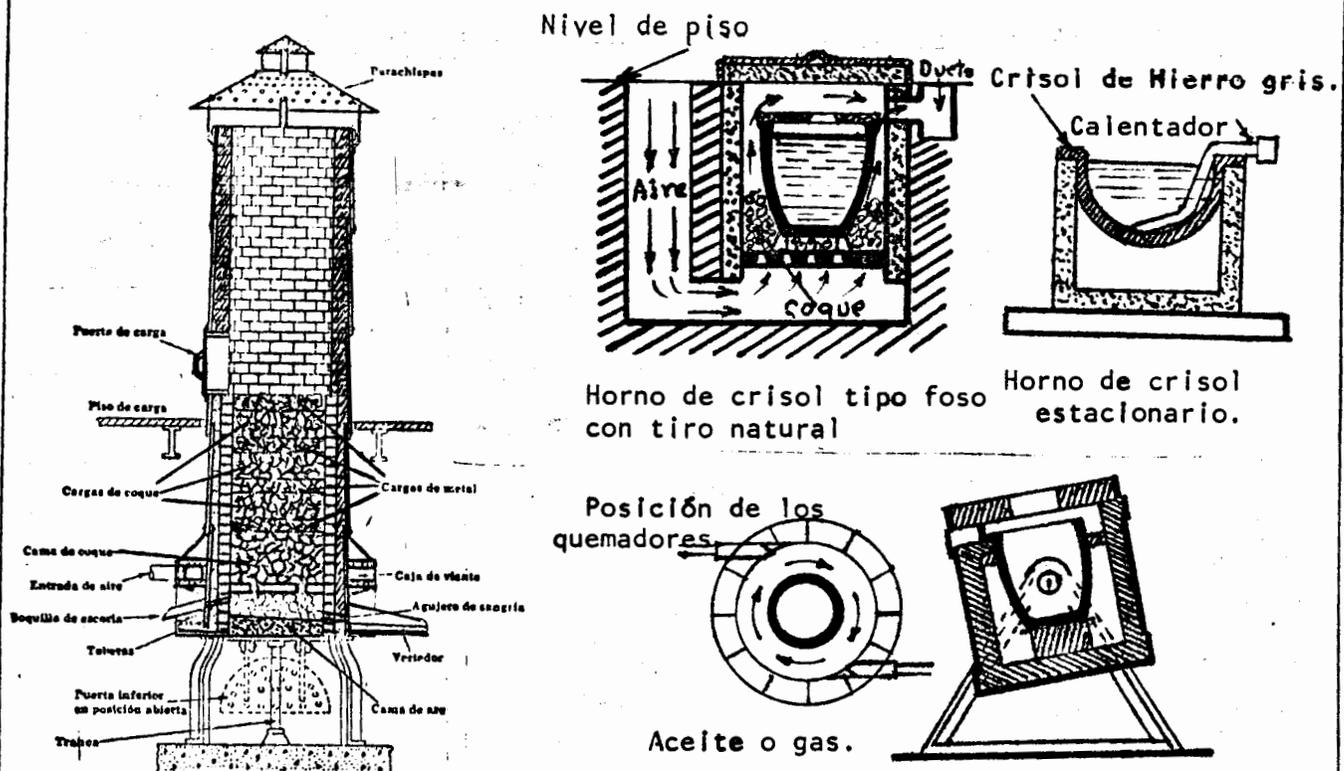


Alta frecuencia.

⑦ HORNO ELECTRICO DE INDUCCION.



Baja frecuencia.



⑧ VISTA SECCIONAL DE UN HORNO DE CUBILOTE.

⑨ TIPOS DE HORNO DE CRISOL.

COLADO Y LIMPIEZA DE LAS PIEZAS FUNDIDAS EN ARENA.

El colado consiste en vaciar el metal fundido en los moldes de arena previamente preparados.

En las fundiciones pequeñas el metal fundido se lleva en cucharas manuales, generalmente accionadas por dos hombres, empleando tenazas o manerales apropiados.

En las grandes fundiciones los moldes son llevados mediante bandas transportadoras a la estación de colada, donde las cucharas que contienen el metal son accionadas mediante grúas viajeras, monorrieles, polipastos o montacargas, para el llenado de los moldes.

Después de que el colado solidifica es sacado del molde (Operación de desmoldeo.) empleando mesas vibratoras, la arena que formaba el molde es recogida por una banda transportadora que la pasa por un separador magnético donde se eliminan gotas de metal, clavos, alambre, enfriadores, etc., continuando su viaje hasta la estación de reacondicionamiento de arenas.

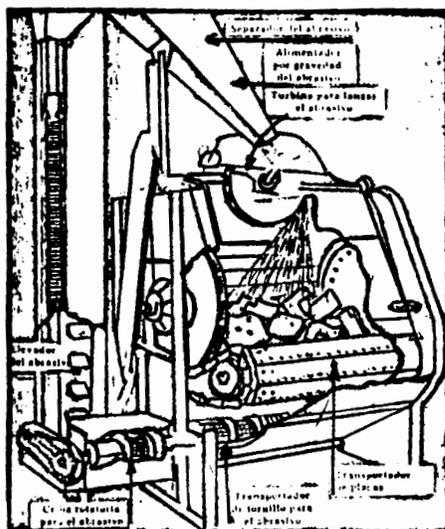
Las piezas fundidas una vez que han enfriado, se llevan a la sección de limpieza donde se les desprenden las coladas y rebosaderos por golpe o cortándolas con soplete oxiacetilénico o con disco abrasivo.

La limpieza de las piezas fundidas puede hacerse mediante BARRIL DE FROTACION, por CHORRO DE ARENA, por CHORRO DE PERDIGONES DE ACERO, proyectados a gran velocidad sobre la superficie de las piezas o también por chorros de agua a presión para materiales no ferrosos. La Fig. 4 muestra algunos tipos de arreglos.

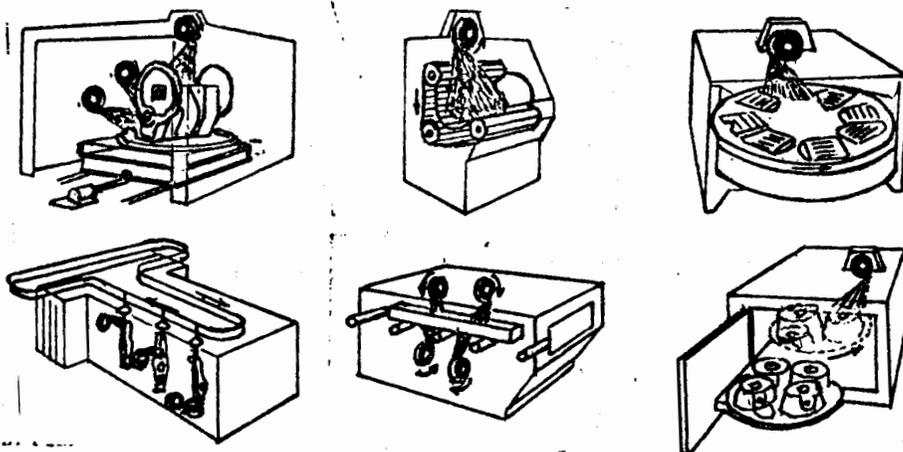
Aparte de la limpieza, algunas piezas requieren operaciones de desbarbado o esmerilado para eliminar defectos en las superficies o en las aristas, para este trabajo se emplean esmeriles portátiles o de chicote y ruedas abrasivas de muy -

alta velocidad. Cuando las piezas presentan fallas en su forma, pueden ser reparadas mediante soldadura.

FIGURA 4.- EQUIPOS PARA LIMPIEZA DE PIEZAS FUNDIDAS EN ARENA.



Tambor de frotación, con abrasivo,



Diferentes arreglos que pueden presentar los equipos de limpieza de piezas fundidas empleando arena o municiones de acero

METODOS ESPECIALES DE COLADO.

A.- Colado en moldes metálicos.

- 1.- Colado por gravedad o en molde permanente.
- 2.- Colados huecos.
- 3.- Colados a presión o Corthias.
- 4.- Colados en matriz o Fundición a presión.

B.- Colados en moldes no metálicos.

- 1.- Colados centrífugos (Centrífugo real, semi-centrífugo y centrifugado)
- 2.- Colados de precisión:
 - a.- Método de la cera perdida.
 - b.- Moldeo en cáscara (Shell)
 - c.- Moldes de yeso.

C.- Colados continuos.

- 1.- Moldes reciprocentes.
- 2.- Moldes de extrusión.
- 3.- Moldes estacionarios.
- 4.- Colado directo de láminas.

A-1 Colados por gravedad o en molde permanente.

En este proceso los moldes se hacen de hierro fundido o de acero de grano fino en dos mitades, con bisagras abriéndose como un libro o bien montadas sobre guías que permitan la apertura y cierre con un movimiento lineal. Fig. 5.

La mayoría de las piezas fabricadas por este método se hacen con aleaciones a base de aluminio, magnesio o cobre, aunque suelen hacerse colados de hierro fundido o de acero.

Los moldes permanentes deben estar a temperaturas elevadas y uniformes al realizarse el vaciado, para evitar un enfriamiento demasiado rápido, generalmente se calientan al iniciar una serie de coladas y se mantiene la temperatura adecuada controlando la velocidad de colado.

Se acostumbra recubrir las superficies de la cavidad del molde, con una lechada ligera de material refractario, para evitar que la pieza se pegue al molde y así prolongar su vida útil. Cuando se cuelan fundiciones de hierro se agrega una película adicional de negro de humo. Debido a la rigidez del molde, la contracción de la fundición se dificulta, por lo que este proceso solo es aplicable a formas relativamente simples. Es práctica común quitar los corazones si los hay y abrir el molde apenas ha solidificado la fundición, para evitar que se rompa

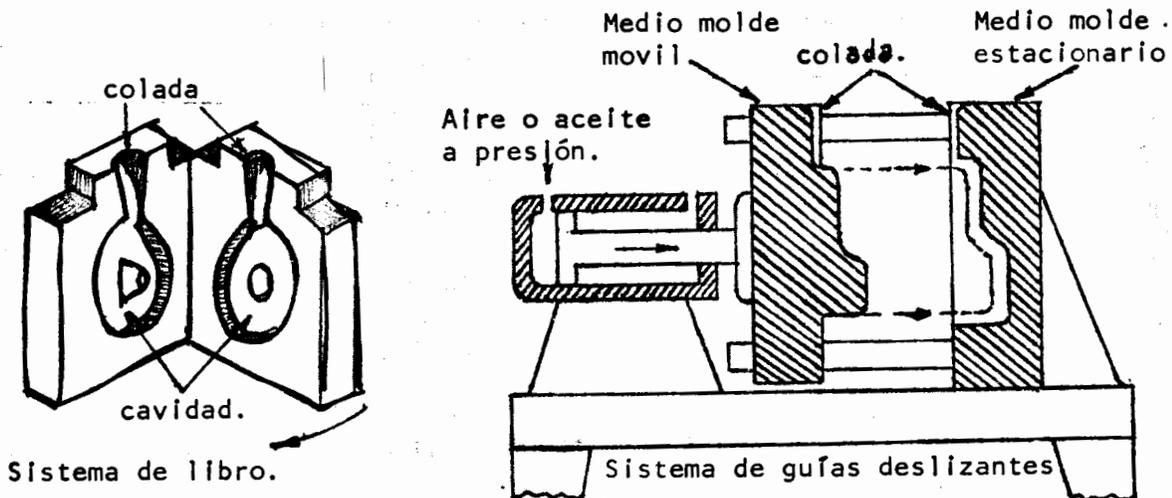
Las fundiciones en molde permanente tienen mayor exactitud dimensional y sus superficies más lisas que los moldes de arena, se logran tolerancias del orden de 0.005 - 0.1 pulgadas (0.06 - 0.25 mm.).

Debe tenerse cuidado de asegurar la ventilación de los moldes haciendo pequeñas ranuras entre las dos mitades del molde o bien pequeños orificios que permitan el flujo del aire encerrado en la cavidad pero no el del metal.

El proceso es aplicable a la fabricación de un gran número de piezas de tamaño medio y pequeño a fin de amortizarse el elevado costo de los moldes.

Sus principales aplicaciones son la fabricación de pistones de aluminio, utensilios de cocina, partes de refrigeradores, etc.

FIGURA 5.- FORMAS TÍPICAS DE ARREGLO DE MOLDES PERMANENTES.



A-2. Coldados huecos:

Como su nombre lo indica, este método permite obtener piezas huecas sin el empleo de corazones, para lo cual se vierte el metal fundido en la cavidad del molde y apenas iniciada la solidificación, se voltea para que salga el metal que aún está líquido, el resultado es una pieza hueca de paredes delgadas, la pieza vaciada se extrae al abrir las dos mitades del molde.

Este método se emplea para la fabricación de objetos ornamentales como estatuillas, juguetes y otras novedades. Los metales empleados son el plomo, el zinc y sus aleaciones, dándoles acabados que simulan bronce, plata u otros metales más caros.

A-3 Colados a presión o Corthias.

Este método es semejante a los dos anteriores y solo difiere en la forma de efectuar la operación, ya que se realiza en un molde abierto en un extremo, en el cual se vierte una cierta cantidad de metal, inmediatamente después se introduce una especie de corazón holgado que fuerza el metal hacia el interior de los huecos del molde, logrado ese objeto se extrae el pseudo corazón obteniéndose una pieza hueca.

A-4 Colados en matriz.

Este proceso es también conocido como fundición a presión y consiste en forzar el metal líquido, al interior de un molde metálico o matriz mediante la acción de una presión hidráulica o neumática del orden de 6 a 2800 Kgs/cm², que se mantiene hasta que se completa la solidificación.

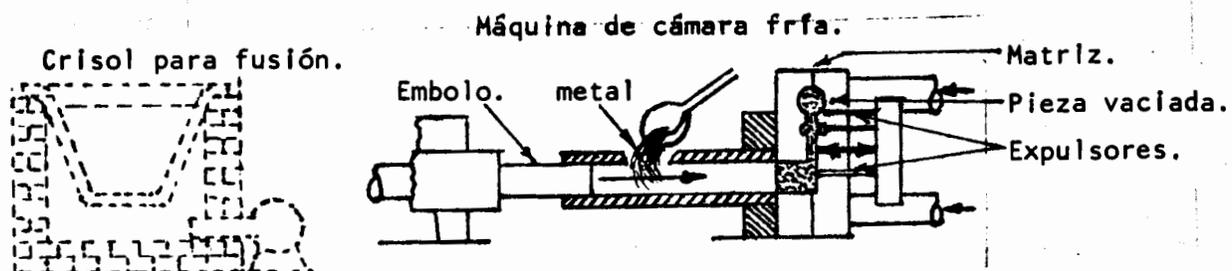
Se distingue del vaciado por gravedad en moldes permanentes, en que el metal se inyecta a presión y en que es aplicable sólo a metales y aleaciones no ferrosas.

Las matrices se fabrican con aceros aleados de alta calidad con acabados superficiales muy finos, lo que origina un elevado costo de las mismas. La velocidad de producción posible, los excelentes acabados superficiales obtenidos y la eliminación casi total de operaciones de maquinado, hace que el proceso resulte económico en la producción de grandes series, no obstante el elevado costo de los equipos y las matrices.

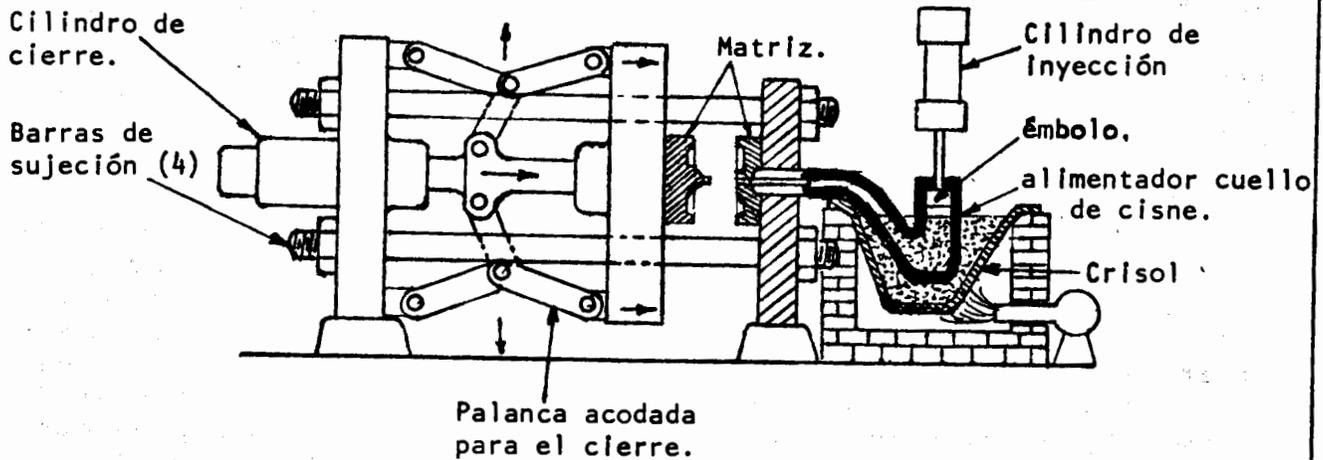
En el proceso se distinguen dos tipos de máquinas en función de los materiales que procesan; las máquinas de cámara caliente para fabricar piezas de plomo, estaño, zinc y sus aleaciones y las máquinas de cámara fría para cobre, aluminio, magnesio y sus aleaciones (Fig. 6)

La diferencia esencial entre estos dos tipos de máquinas es que las de cámara caliente tienen integrado a la máquina el crisol de fusión del metal y las de cámara fría lo tienen separado, alimentando el metal mediante cuchareo como se indica en los esquemas siguientes.

FIG. 6. MAQUINAS PARA FUNDICION A PRESION.



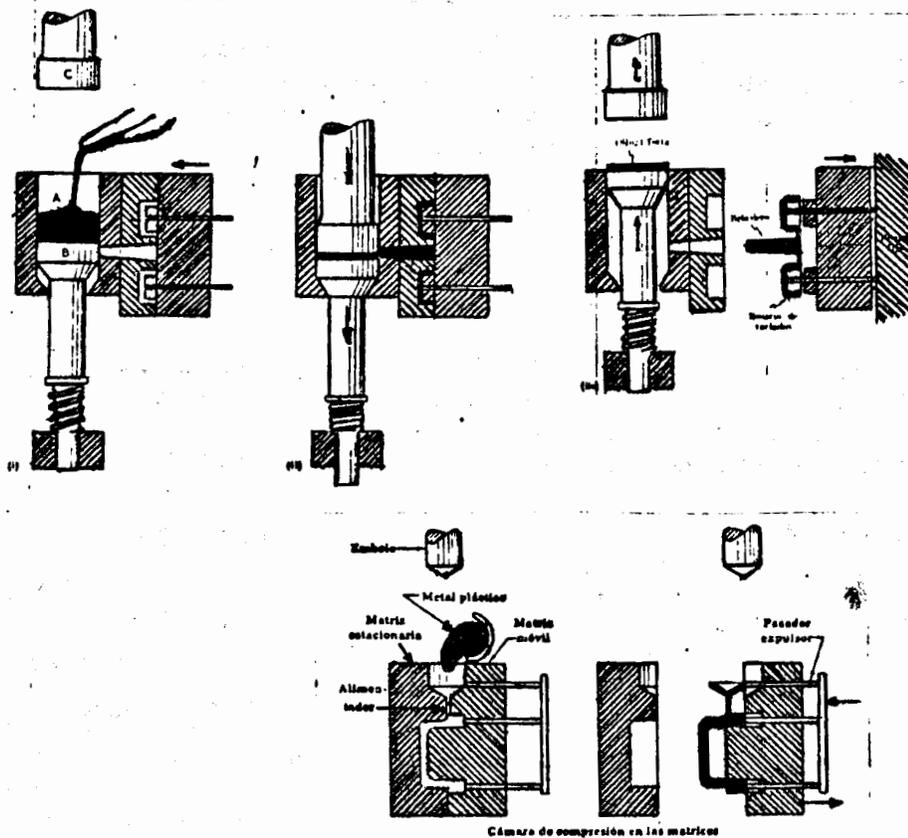
Máquina de cámara caliente,



La fabricación de colados en matriz de las aleaciones de cobre (latones), reduce la vida útil de los moldes empleados, por su elevada temperatura de fusión, lo que obliga a emplear cada vez aceros de mejor calidad. Este inconveniente ha llevado a los fabricantes a tratar de realizar los colados en matriz a la menor temperatura posible.

Una máquina desarrollada en Checoslovaquia, conocida como Máquina Polak, - puede trabajar con metales en estado semi-líquido o pastoso, lo cual abate la temperatura. Para proteger las matrices del calentamiento, se hace circular agua en placas adyacentes a ellas. La Fig.7 muestra la secuencia del proceso y dos sistemas de inyección del metal a la cavidad de la matriz.

FIGURA 7. PRINCIPIO DE LA MAQUINA POLAK PARA EL VACIADO EN MATRIZ.



Matrices-

Las matrices para las máquinas tanto de cámara fría como de cámara caliente, son similares en su construcción ya que hay poca diferencia en la forma de sujetarlas y operarlas. Se hacen generalmente en dos partes a fin de proveer un medio para expulsar las piezas coladas, además están equipadas con pernos guías para asegurar la coincidencia entre las dos mitades.

El metal entra por el lado estacionario de la matriz cuando esta en posición cerrada (Fig.7-2). La matriz móvil está provista del mecanismo para accionar el expulsor y los corazones móviles si los hay (Fig.7-3).

La vida útil de las matrices depende del tipo de metal empleado en los colados y así tenemos que para los latones la duración es de aproximadamente 10000 piezas, en tanto que para aleaciones de plomo, zinc y estaño, el número de piezas suele ser mayor de 1 millón. Dependiendo del tamaño de las piezas, las matrices pueden ser de una sola cavidad o de cavidades múltiples.

Es necesario que las matrices tengan pequeños ductos para facilitar el escape del aire atrapado en la cavidad, así como pequeños depósitos para recojer el metal sobrante durante la colada.

Además, en virtud de la alta velocidad de producción (100 a 200 inyecciones por hora) la mayoría de las matrices llevan conductos para agua de enfriamiento.

Ventajas del proceso

- 1.-Alta velocidad de producción.(Por ser los moldes y corazones permanentes)
- 2.-Buenas superficies de acabado.
- 3.- Buena precisión en las dimensiones.
- 4.- Se requiere menos material ya que casi no hay operaciones de acabado.
- 5.- Se obtiene una estructura más fuerte y densa.

Desventajas del proceso.

- 1.-Alto costo del equipo y de las matrices.
- 2.- No es costeable para pequeñas series.
- 3.- Disminución en la vida de las matrices con el aumento de temperatura del metal.
- 4.- No es recomendable para metales de alto coeficiente de contracción.

En las máquinas de cámara caliente se procesan metales y aleaciones cuyas temperaturas de fusión sean inferiores a 540°C ., siendo los más usuales el plomo, el zinc y el estaño, así como sus aleaciones. Se fabrican un gran número de piezas para la industria automotriz, para lavadoras, quemadores de gas, máquinas sumadoras, parquímetros, etc.,.

Las máquinas de cámara fría procesan metales y aleaciones tales como cobre, aluminio, magnesio, latón y bronce. Por sus relativamente altas temperaturas de fusión los metales se funden en un horno separado de la máquina de inyección y se llevan a ella mediante cuchareo o por algún medio mecánico.

B-1 Colados centrífugos.

Son procesos en los cuales se hace girar el molde mientras solidifica el metal, aprovechándose la fuerza centrífuga para lograr un perfecto llenado del molde. Se obtienen mayores detalles de las superficies, así como una estructura densa que mejora sus propiedades físicas.

Los métodos de colado centrífugo se dividen en :

- a.- Colado centrífugo real
- b.- Colado semi-centrífugo y
- c.- Colado por centrifugado.

a.- Colado centrífugo real. Se emplea para producir tubos, camisas para cilindros de motores y objetos simétricos, sin emplear corazones para formar la cavidad cilíndrica interior

En la Fig. 8, se representa una máquina destinada a la fabricación de tubos de acero o de hierro fundido.

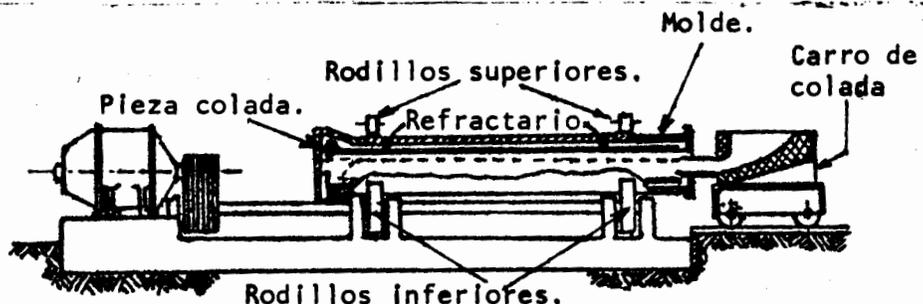


FIG. 8 Máquina de colado centrífugo real para tubos.

El molde está formado por dos medias cañas metálicas que al cerrarse forman un círculo, su interior está revestido con material refractario. Para formar la campana de uno de los extremos se coloca un corazón de arena seca. El metal fundido se vierte dentro del molde mediante el carro de colada que tiene un embudo vertedor, el espesor de la pared del tubo se controla por la cantidad de metal vaciado.

El movimiento de rotación del molde se logra mediante los rodillos inferiores impulsores y la sujeción por medio de los rodillos guías superiores. Cuando el colado solidifica, se levantan los rodillos guías y se saca el molde completo.

Para sacar el tubo basta abrir las dos medias cañas. El ciclo se repite colocando un nuevo molde preparado en la máquina.

Cuando los tubos son muy largos (hasta 6 m.) o cuando las condiciones de vaciado pueden producir una solidificación muy rápida, se acopla un tubo largo al embudo vertedor para que el metal se vacíe hasta el fondo del molde, como indica la línea punteada del dibujo. El molde rotatorio se mueve sobre rieles alejándolo del pico vertedor estacionario, de manera que el metal fundido se deposita siguiendo una trayectoria helicoidal a lo largo del molde, con lo que se evita el efecto de enfriado rápido.

En este tipo de colados no se requieren corazones, la forma externa puede ser cilíndrica, cilíndrica con estrías, hexagonal o aun cuadrada, pero el agujero interno siempre será cilíndrico.

Otro ejemplo de colado centrífugo real se ilustra en los esquemas de la --- Fig. 9., empleados para vaciar los cilindros de un motor radial.

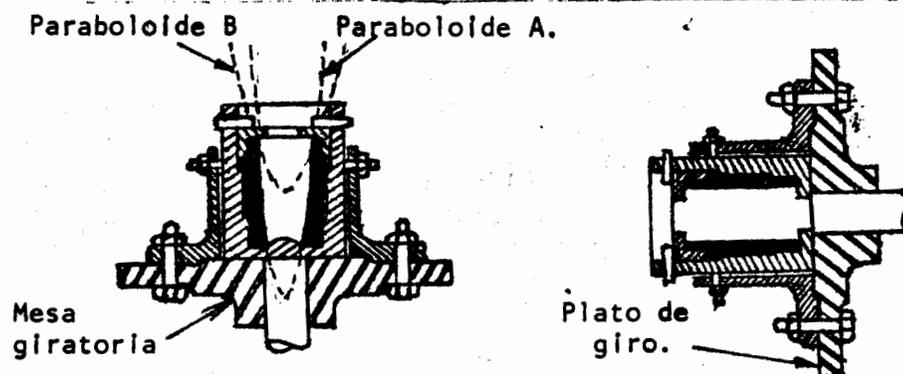


FIG. 9 Método de colado centrífugo real para cilindros de motor radial.

El colado horizontal es similar al proceso seguido en el colado de tubos y el diámetro interior debe ser un verdadero cilindro que requiera un mínimo de maquinado.

En el colado vertical la cavidad interior toma la forma de un paraboloide cuya pendiente de los lados dependerá de la velocidad de rotación. El paraboloide A corresponde a una velocidad mayor que el de B. Para reducir la diferencia entre los diámetros de la parte superior e inferior, las velocidades de giro son mayores en el colado vertical que en el horizontal.

Las velocidades usadas en la mayoría de estos procesos, deben ser tales que produzcan aceleraciones centrífugas de 60 a 80 veces g (gravedad).

Aún cuando el vaciado centrífugo se limita a la obtención de piezas tubulares, representa una ventaja el no emplear corazones, además, como no hay bebederos ni cargadores, hay menos desperdicio de metal en el vaciado.

Puesto que el centrifugado aumenta la densidad aparente del metal, impurezas tales como burbujas de gas, arena o escoria, tienden a ir hacia la superficie interior, reduciéndose las posibilidades de atraparlas como inclusiones. Las chumaceras de metal Babbit pueden vaciarse centrifugadamente en un torno paralelo que dé velocidades tangenciales de 240 a 360 m/mín.

También se usa este proceso en el vaciado de chumaceras de bronce fosforado, bronce al plomo y aleaciones cobre-plomo.

Recientemente se ha desarrollado un método, cuyo esquema se ilustra en la Fig. 10, para obtener chumacera cobre-plomo hechas con una aleación de 75% de cobre, 24% de plomo y 1% de estaño, y como el plomo es insoluble en el cobre se tienen dificultades con la segregación.

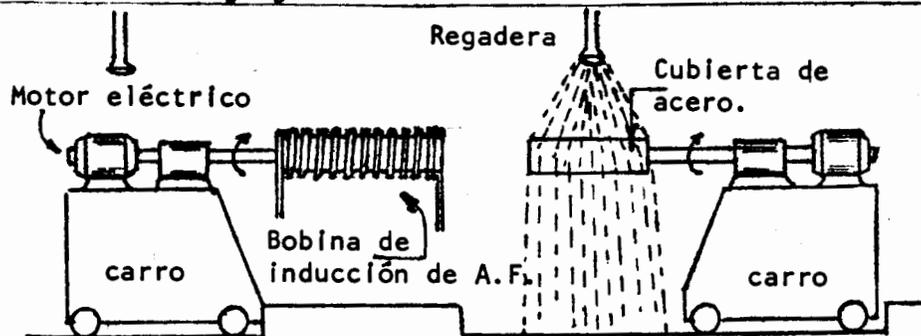


FIG. 10 Vaciado centrífugo de chumaceras cobre-plomo en cubierta de acero.

Las chumaceras en cuestión se utilizan en motores diesel de vehículos pesados de tracción y se vacían en una cubierta de acero como se indica en la Fig. 10, empleando una bobina de inducción de alta frecuencia, para fundir el metal contenido en la cubierta, el cual por la acción de la fuerza centrífuga se conforma en una sección tubular la cual es enfriada por el agua de una regadera. El inductor puede trabajar por dos extremos.

b) Colado semi-centrífugo.

El vaciado semi-centrífugo se utiliza en la producción de formas simétricas con respecto a un eje central la disposición del molde es vertical el núcleo del colado es por lo general sólido, como se puede ver en la figura 11, el barreno central, se hace por maquinado posterior.

Cuando se quiere obtener la cavidad central en el colado se necesita colocar un corazón central como se muestra en la figura 12. Aquí se emplea un molde de arena común y corriente hecho en una caja especial, vertiendo el metal en un canal central mientras gira el molde alrededor de un eje vertical, al llegar el metal al mamelón de la cavidad del molde es lanzado a través de los rayos por acción de la fuerza centrífuga, llenando la cavidad de la llanta. Siempre existe la posibilidad de que el metal fundido escape a través de la línea de división del molde, por lo que la velocidad de rotación empleada siempre será inferior a la empleada en los colados centrífugos reales, ya que si se requiere un agujero central debe emplearse un corazón.

FIG. 11 Colado semi-centrífugo de ruedas de F.C.

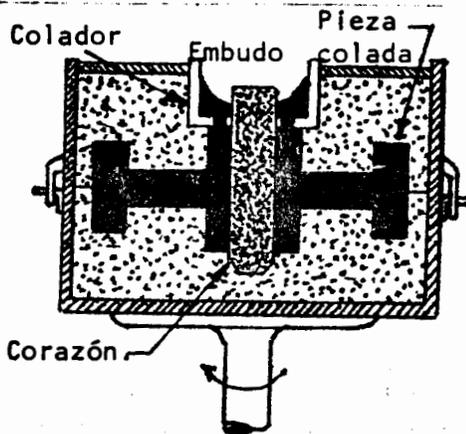
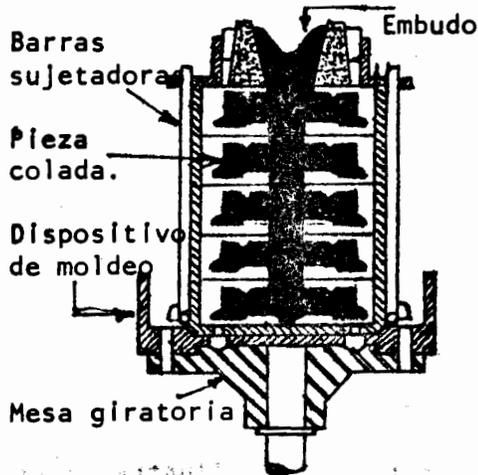


FIG. 12 Vaciado semi-centrífugo con corazón.

La figura 11 muestra el colado de ruedas de ferrocarril por el método de molde, en rímetro y la de abajo, representa el vaciado de un volante con mamelón perforado empleando un corazón.

C.-COLADO POR CENTRIFUGADO (Fig. 13)

En este método se colocan varias cavidades de colados en la periferia de un molde y el metal se suministra a las cavidades por medio de alimentadores radiales desde el centro. Las cavidades se llenan a presión debido a la fuerza centrífuga a medida que el molde gira.

En las figuras 13, se muestran el molde de 6 cavidades y el racimo resultante de la colada.

Las cavidades internas de las piezas se forman mediante corazones de arena seca. El colado por centrifugado puede producir piezas de forma irregular, además, debido a la presión ejercida por la acción de la fuerza centrífuga, se pueden obtener secciones más delgadas que en los colados estáticos.

Durante mucho tiempo los dentistas han empleado este sistema para el colado de las incrustaciones de oro.

B-2. Colados de Precisión o de Envoltura.

a) Método de la cera perdida. (Vaciado en moldes consumibles) (Fig. 14, página 44)

Este proceso deriva su nombre del hecho de que el modelo de cera utilizado para ser recubierto con una envoltura de yeso y ser introducido en un horno, se funde la cera dejando una cavidad con todos los detalles de la forma original, el metal fundido se vierte en dicha cavidad y cuando solidifica se rompe la cubierta de yeso para sacar la pieza. Puesto que se requiere un modelo de cera desechable para la producción de cada molde, a nivel industrial se requiere de un molde permanente para la manufactura de los modelos de cera, como el indicado en el número 2 de la Fig. 14.

Es práctica común emplear aleaciones de estaño-plomo-bismuto, que aunque son de bajo punto de fusión, dan servicio para varios miles de inyecciones de cera.

Para producir los modelos de cera, se sujetan las dos partes del modelo --

maestro de metal (Fig. 14-2) y se inyecta cera fundida a una presión de 35 a 70 Kgs/cm. Cuando la cera ha solidificado se retira del modelo maestro y se le da el acabado a la colada (3 y 4) de manera que pueda unirse usando una herramienta manual caliente, a un bebedero central como se indica en el número 5 de la Fig. 14.

El bebedero provisto de su árbol de modelos se fija a una placa -

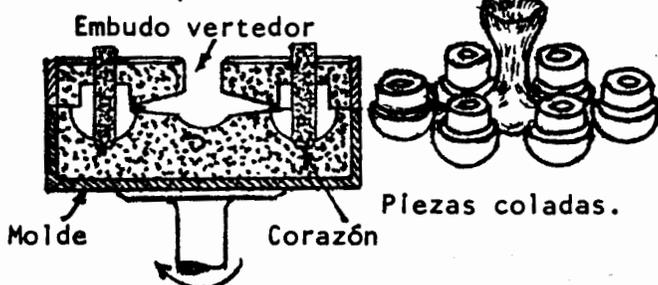


FIG. 13 Colado por centrifugado.

base por medio de cera fundida. Un recipiente metálico cilíndrico, revestido con papel encerado y abierto en ambos extremos, se coloca sobre el conjunto (6 Fig.14)

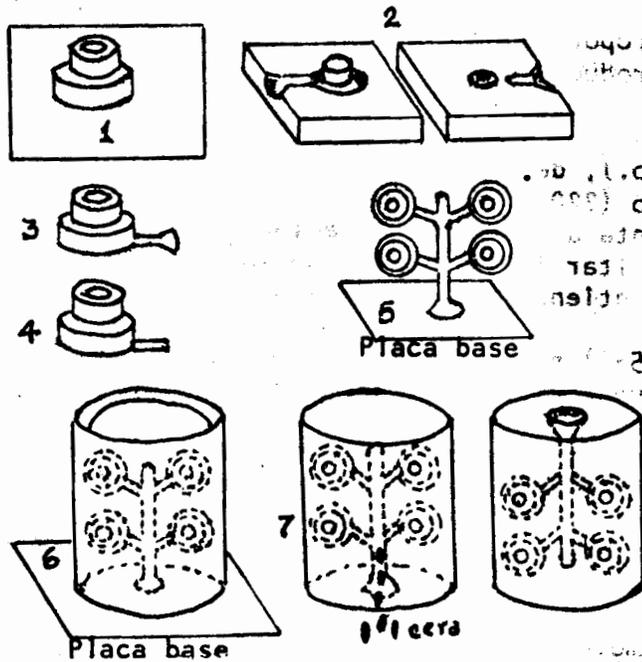


FIG.14.-ETAPAS EN LA PRODUCCION DE UN MOLDE A LA CERA PERDIDA.

- 1.- Pieza requerida.
- 2.- Modelo maestro (metálico)
- 3.- Modelo de cera.
- 4.- Modelo de cera maquinado.
- 5.- Varios modelos montados sobre una colada central de cera.
- 6.- Recipiente unido a la placa base.
- 7.- Eliminado por fusión del modelo de cera.
- 8.- Molde terminado.

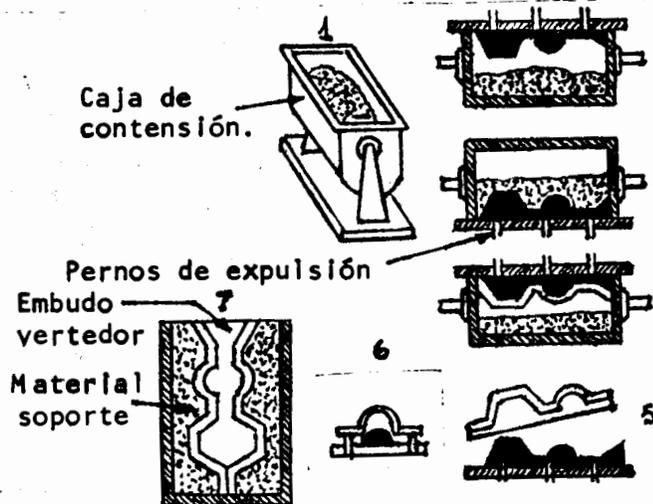
La unión entre el recipiente y la placa base se sella con cera y se procede a vaciar el material de recubrimiento. Este paso del proceso se lleva a cabo sobre una mesa vibratoria de manera que las burbujas de aire y la humedad excesiva, suban a la superficie al producirse la solidificación.

Para vaciados hechos a bajas temperaturas se usa como material de recubrimiento, un compuesto a base de sílice pulverizada y yeso. Cuando se requiere un material más refractario se emplea Silimanita ($Al_2O_3-SiO_2$) aglomerada con sílice.

b.- MOLDEO EN CÁSCARA.

El proceso consiste en hacer una cáscara delgada (3 a 5 mm.) de arena sílica aglomera con resinas termofraguantes del tipo fenol-formaldehido o urea-formaldehido, empleando un modelo metálico caliente. Las cáscaras se hacen en mitades que posteriormente se aparean para formar un molde completo en el cual pueda vaciarse el metal fundido Fig. 15.

FIG. 15.- ETAPAS EN LA PRODUCCION DE UN MOLDE EN CÁSCARA. (Shell)



- 1.- Caja de contención arena-resina
- 2.- Colocación de la placa modelo sobre la caja de contención.
- 3.- Inversión de la caja para que la arena cubra el modelo.
- 4.- Regreso de la caja a su posición original.
- 5.- Separación de la media cascara
- 6.- Detalle de los pernos de expulsión.
- 7.- Reunión de las dos semi-cas-caras para formar el molde

Caja de contención.

Pernos de expulsión
Embudo vertedor
Material soporte

Descripción del proceso.

Generalmente se usa arena fina con alto contenido de sílice, libre de arcilla; la arena se mezcla íntimamente con la resina plástica en una proporción --- aproximada de 5 % en peso, aunque la proporción depende del tamaño de las partículas de arena. El uso de arena fina produce mejores acabados superficiales, pero requiere mayor proporción de aglomerante.

Cada mitad del molde en cáscara se hace sobre una placa modelo que debe ser metálica (Generalmente acero al carbono.), debido a la temperatura relativamente alta a la cual se lleva a cabo el moldeo (220 a 250°C.)

La placa modelo primero se calienta a la temperatura indicada y luego se cubre con aceite de silicón, para facilitar la extracción de la cáscara, a continuación se coloca sobre una caja que contiene la mezcla arena-resina como se indica en la Fig.15-2.

Ahora la caja se invierte (Fig.15-3) para que el modelo quede cubierto con la mezcla arena-resina. La resina se funde en unos 30 segundos, con lo cual el modelo se recubre con una capa de arena aglomerada con resina, la cáscara pronto endurece por ser las resinas termofraguantes. La caja de contención se regresa a su posición original de manera que la mezcla arena-resina sobrante caiga al fondo de la caja (Fig.15-4).

La placa modelo se retira con la cáscara adherida y se lleva a un horno de curado durante unos 2 minutos a 315°C., donde la cáscara endurece aún más. La cáscara se retira de la placa modelo por la acción de los pernos expulsores que tiene la placa (fig.15-5). Dos medios moldes así producidos se juntan ya sea -- por adhesivos, pernos o grapas, o en caso de moldes pequeños bastan sujetadores de resortes, quedando el molde listo para recibir el metal fundido. En algunas ocasiones el molde se introduce en cajas que contienen municiones o arena gruesa para que soporten la presión del metal (Fig.15-7)

Ventajas y limitaciones del proceso.

La principal ventaja que tiene el uso de moldes de cáscara es la alta calidad del producto obtenido, principalmente por lo que respecta a la precisión dimensional (Tolerancias del orden de 0.005 mm.). La precisión es de un orden tan elevado que con frecuencia se elimina el maquinado subsecuente. Las inclusiones de arena no existen. Como el enfriamiento es lento, las coladas y cargadores pueden ser más pequeños, lo que se traduce en menor cantidad de metal fundido. Puesto que el metal puede vaciarse a menor temperatura, los rechazos por oxidación y absorción de gas son pequeños.

Los moldes de cáscara por su rigidez pueden almacenarse fácilmente. Se puede emplear mano de obra no especializada en su fabricación

Una de las principales desventajas del proceso es el elevado costo de producción de los modelos de metal. La limitada rapidez de enfriamiento puede dar lugar a colados con grano grueso en su estructura.

La mayoría de las aleaciones y metales de fundición pueden ser vaciados por este proceso.

C.- COLADOS EN MOLDES DE YESO.

El yeso como material de moldes para colados ha tenido usos limitados, pero las recientes mejoras en la velocidad de fraguado junto con la suficiente porosidad ha aumentado su empleo como material de moldeo. Los moldes obtenidos no son permanentes ya que deben destruirse para extraer la pieza vaciada.

Los patrones se hacen de bronce de alta maquinabilidad y se fabrican con tolerancias precisas, los cuales se colocan en tableros inferiores de cajas normales de moldeo. (Con medidas usuales de 254x457x76 mm. y de 305x457x356 mm.)

Antes de recibir el yeso se les atomiza con un compuesto separador. El yeso mezclado con agentes reforzadores y fraguantes en seco, se le agrega el agua en el momento de vertido sobre los patrones y se vibra ligeramente para asegurar el llenado de todas las pequeñas cavidades.

La mezcla fragua en unos cuantos minutos. retirándose de la caja por medio de un cabezal de vacío. Toda la humedad se extrae de los moldes horneándolos en un horno con transportador a temperaturas de aprox. 815°C ., quedando listos para el vaciado.

Después de colado el metal, se retiran las piezas rompiendo el molde. Los moldes de yeso son sólo convenientes para aleaciones no ferrosas, como latones, bronce, magnesio y aluminio, etc. Se emplean con éxito en la fabricación de partes pequeñas para aviones, engranes, levas y artículos de formas complicadas.

Dentro de los procesos de vaciado en moldes consumibles se agrupa el proceso MERCAS^T que emplea mercurio en lugar de cera. El mercurio líquido se vierte en el molde permanente que se sumerge entonces en acetona refrigerada a aproximadamente -60°C . a esta temperatura, el mercurio solidifica rápidamente produciéndose un metal sólido con propiedades mecánicas comparables al plomo sólido.

Se deja congelar un trozo de alambre en la portada del patrón de mercurio para facilitar su manejo. Enseguida se hace un molde, sumergiendo el patrón de mercurio congelado en un lodo de recubrimiento varias veces, hasta que se obtenga el espesor deseado. Cuando se ha endurecido el lodo, se deja que la temperatura se eleve de manera que se licue el mercurio eliminándose. El molde así producido se seca a unos 100°C ., después se coloca en un recipiente con un material de soporte y se precalienta antes de vaciar el metal.

Se dice que el Hg. produce un patrón de mayor precisión en los detalles -- que la cera.

COLADOS CONTINUOS.

1.- Proceso del molde recíprocante.

En este proceso se emplea un molde de cobre con movimiento alternativo, el molde es enfriado por agua. (Fig.16)

El metal fundido se vierte en el horno mantenedor o de contención, regulando el flujo de metal mediante la válvula de aguja, la distribución horizontal se logra mediante la pieza atravezada que se muestra en la figura 16

El nivel del metal debe permanecer constante. La velocidad de colada del metal líquido se controla por la válvula de aguja y a medida que el metal se enfría en la parte inferior del molde, se descarga a velocidad constante pasando a través de unos rodillos sincronizados con el movimiento del molde. A continuación se tiene una sierra volante que corta los planchones a la longitud deseada. Estos planchones son transformados posteriormente en láminas y cintas.

También se pueden obtener por este método piezas de sección circular de 178 ó 254 mm., destinadas a procesos de extrusión en caliente de metales ferrosos.

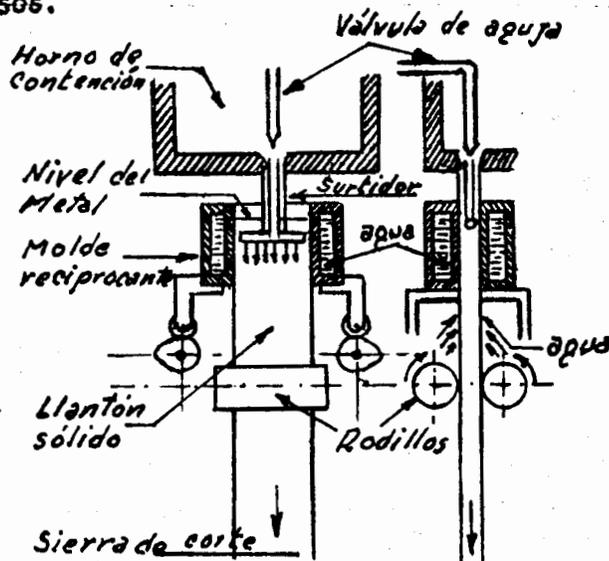
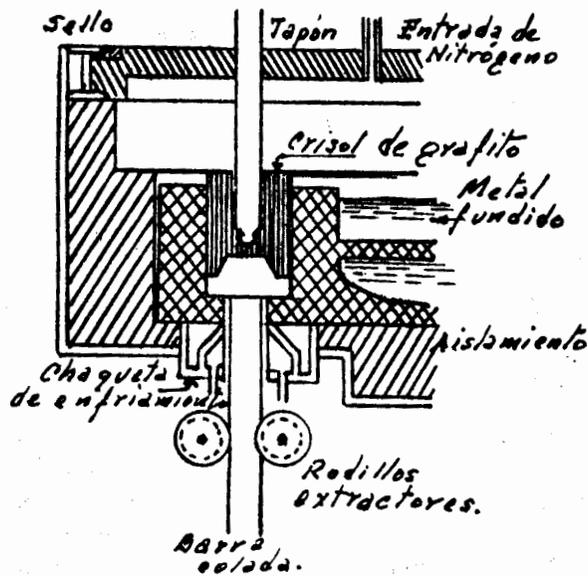


FIG. 16.- MAQUINA DE COLADA CONTINUA DE MOLDE RECIPROCANTE.



2.- COLADA CONTINUA PROCESO ASARCO.

Este proceso se caracteriza porque la matriz formadora o molde está formando parte del horno de fusión y no hay problemas para controlar el flujo del metal. El metal es alimentado por gravedad al interior del molde desde el horno a medida que va solidificando, siendo extraída la pieza colada por los rodillos extractores.

Lo que caracteriza al proceso es la matriz de grafito enfriada por agua, -- autolubricada, resistente a cambios térmicos y no es atacada por aleaciones a base de cobre. El metal fundido actúa como elevador a la vez que compensa la contracción que ocurre durante la solidificación, además, permite la disipación de los gases desarrollados.

FIG. 17.- PROCESO ASARCO. Las matrices de grafito son fácilmente maquinables, pudiéndose obtener barras cilíndricas desde 12 hasta 229 mm. de diámetro.

Al iniciarse el proceso, se coloca entre los rodillos extractores una barra del mismo perfil de la que se va a colar, insertándola en el interior de la matriz de manera que al entrar el metal fundido en la matriz forme una unión perfecta con la barra guía. La velocidad de los rodillos extractores es tal que al abandonar el metal la matriz de grafito ya va solidificado.

Por este proceso se pueden producir perfiles redondos, tubulares, cuadrados o formas especiales.

3.- COLADA CONTINUA CON MOLDE DE LATON O COBRE.

Debido a la alta conductividad térmica del cobre y del latón, se han desarrollado métodos de colada continua para aceros al carbón y aceros aleados, empleando moldes de los materiales enunciados.

Los moldes empleados son de cobre o latón, abiertos en ambos extremos y en friados con agua a presión, la sección recta del molde puede variar de 75 a 570 cm.

Al iniciarse el proceso se obtura el extremo inferior del molde, de manera que solidifique la punta de la barra o billet que se vaya a colar.

El metal es suministrado al molde por una boquilla colocada en un vertedor o caja de colada, que a su vez es alimentada mediante una olla.

El enfriamiento rápido del molde es esencial para el éxito del proceso y da como resultado un aumento en la vida del molde, menor segregación, grano más fino y mejores superficies.

Cuando el metal abandona el molde ya ha solidificado una capa de espesor suficiente, que le permite conservar la sección recta del molde durante las operaciones mecánicas a las que se le sujeta.

El material ahora pasa por una sección donde se controla la velocidad de enfriamiento y es tomado por unos rodillos guías que impiden la expansión del colado. A continuación se encuentran los rodillos extractores que controlan la velocidad de colada. Finalmente, mediante una cuchila o un soplete oxiacetilénico, se corta el material a la longitud necesaria.

4.- PROCESO ALCOA DE ENFRIAMIENTO DIRECTO (Colado semi-continuo) FIG. 18.

En este proceso se vacían en forma semi-continua lingotes de aluminio y de

aleaciones de aluminio formando una cubierta en un molde vertical y estacionario enfriado con agua, se completa la solidificación por la aplicación directa de agua abajo del molde como se ve en la Fig.18.

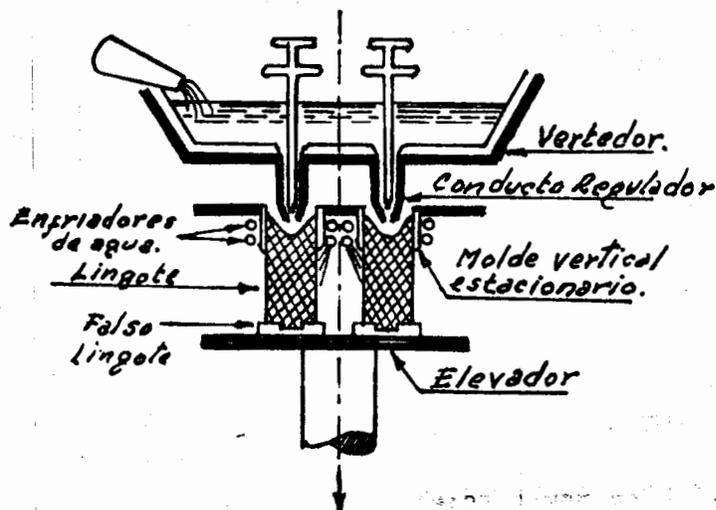


FIG. 18.- PROCESO ALCOA DE ENFRIAMIENTO DIRECTO.

Al comenzar, el molde está tapado por un bloque colocado sobre un elevador o por medio de un falso lingote (Fig. 18). El metal fundido es alimentado desde un horno a través de vertedores y conductos regulando el flujo manual o automáticamente, de manera que coincida con la rapidez de colada que se controla mediante el elevador. La velocidad de colada varía de 2.54 a 25.4 mm/min., dependiendo del tamaño del lingote y de la aleación.

Se producen lingotes rectangulares para láminas y placas, lingotes redondos para extruir y forjar y lingotes cuadrados para laminado o forja, con longitudes que van de 250 a 375 cm., limitados por la carrera del elevador.

PROCESO HAZELETT (Para llantones delgados)

Este proceso se emplea para obtener placas de aluminio, zinc y cobre en espesores de 3 a 19 mm. y anchos hasta de 1200 mm., que posteriormente se transforman en láminas delgadas, utensilios y materiales para extrusión por impacto. (Tubos y botes).

El material es colado en forma continua alimentando el metal líquido mediante una boquilla de boca ancha entre dos delgadas láminas de acero (0.8 mm.) recubiertas con una fina capa de material refractario.

Las bandas paralelas se mueven con gran tensión a velocidades de 3 a 13 m. por minuto, formando un transportador. Las bandas están ligeramente inclinadas, la inferior es de aprox. 2.5 m. de largo y la superior de 1.5 m.

Los lados de las placas se forman mediante pequeños bloques de aluminio -- llamados damas, ensamblados uno a continuación del otro a la banda inferior; el espesor de estos bloques determina el espesor de la placa a colar.

Las bandas metálicas son enfriadas con grandes cantidades de agua para facilitar la solidificación y prolongar la vida útil de las bandas.

CAPITULO III

TRATAMIENTOS DE LOS METALES.

Los tratamientos de los metales son aquellos procesos a los que se someten los metales y aleaciones una vez elaborados, con objeto de mejorar sus propiedades mecánicas. El cuadro sinóptico siguiente agrupa los principales tratamientos empleados en la industria.

- | | | |
|----------------------------------|---|---|
| A.- TRATAMIENTOS TERMICOS. | { | Recocido
Temple
Revenido. |
| | | |
| B.- TRATAMIENTOS TERMOQUIMICOS. | { | Cementación.
Cianuración
Nitruración
Carbonitruración
Sulfinización. |
| C.- TRATAMIENTOS MECANICOS. | { | En caliente (Forja)
En frío (Deformación superficial y
deformación profunda.) |
| D.- TRATAMIENTOS TERMOMECHANICOS | (| Austemple) |
| E.- TRATAMIENTOS SUPERFICIALES. | { | Metalización
Cromado duro. |

A continuación daremos una somera explicación de cada tipo de tratamiento, los equipos empleados y las aplicaciones principales.

A.- TRATAMIENTOS TERMICOS.- Son operaciones de calentamiento y enfriamiento de los metales, mediante los cuales se logran principalmente, cambios de la estructura cristalina, de la estructura micrográfica (grano) y de su constitución. La composición química permanece inalterable.

Recocido.-

Es un tratamiento térmico consistente en un calentamiento a temperatura adecuada y de duración determinada, seguido de un enfriamiento lento de la pieza tratada.

El objeto del recocido es destruir estados anormales de los metales y aleaciones a fin de ablandarlas para trabajarlas mejor

Las operaciones de recocido se emplean para reducir la dureza, remover esfuerzos, alterar la tenacidad, ductilidad y otras propiedades mecánicas o eléctricas, refinar la estructura cristalina o producir una microestructura determinada

Se practican 4 clases fundamentales de recocidos, según la clase de anomalía que se quiere corregir y son:

Recocido de HOMOGENIZACION, recocido de REGENERACION, recocido CONTRA ACRITUD y recocido de ESTABILIZACION. Sus diagramas de calentamiento y enfriamiento se muestran en la figura 1.

H.- Recocido de homogenización.- Tiene por objeto destruir la heterogeneidad química de la masa de metal o aleación, producida por una solidificación defectuosa. Se realiza a temperaturas cercanas a la de fusión y se aplica principalmente a las aleaciones no ferrosas (Propensas a segregaciones)

R.- Recocido de regeneración.- Tiene por objeto eliminar la dureza anormal producida en una aleación por enfriamiento rápido involuntario (Temple). Se realiza a temperaturas elevadas pero inferiores a las de H. Se aplica exclusivamente a las aleaciones templables. La temperatura de 860°C., Aprox. se baja a 500°C. aprox., dentro del horno y después se continúa el enfriamiento al aire.

C.- Recocido contra acritud.- Tiene por objeto eliminar el endurecimiento producido por el trabajo en frío (Acritud). Se realiza a temperaturas poco mayores que la de recristalización y se aplica a todos los metales y aleaciones que se endurecen por el trabajo en frío.

E.- Recocido de estabilización.- Tiene por objeto destruir las tensiones internas producidas en el metal por procesos de maquinado o por moldes complicados. Se realiza a temperaturas que van de 100 a 200 °C. durante tiempos muy prolongados, (más de 100 hs.), se aplica a toda clase de metales y aleaciones.

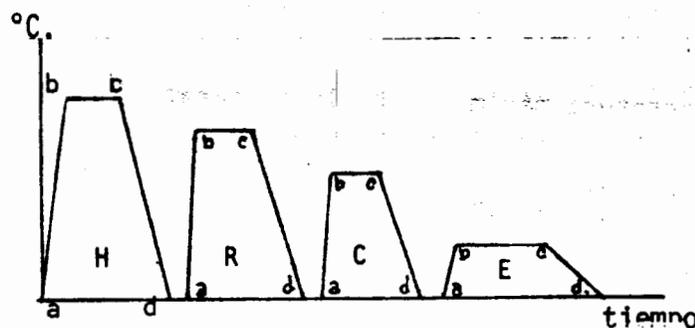


FIG. 1.-DIAGRAMAS DE CALENTAMIENTO Y EN-FRIAMIENTO EN LOS RECOCIDOS.

a-b Calentamiento.
b-c Permanencia a temp. máx.
c-d Enfriamiento.

TEMPLE.

Consiste en el calentamiento de algunas aleaciones principalmente el acero, seguido de un enfriamiento rápido para impedir la transformación normal del constituyente obtenido con el calentamiento (Austenita). Con esto se logra obtener un constituyente anormal con su estructura cristalina deformada y cuya tensión de deformación aumenta su dureza.

Básicamente el objeto del temple es aumentar la dureza y la resistencia mecánica.

El temple puede ser:

Temple estructural o martensítico T_m y

Temple de precipitación T_p . (Fig. 2)

El primero es aplicable principalmente a los aceros y debe su nombre al constituyente duro obtenido por el enfriamiento rápido, que es la MARTENSITA (Hierro α sobre saturado de C.). Esta sobre saturación distorsiona los cristales de hierro α y los pone en tensión y por consiguiente los endurece.

En las aleaciones de metales no ferrosos a los que se aplica este tipo de temple, el constituyente formado no es martensita, sino otro de características semejantes

Temple de precipitación.- Se aplica principalmente a algunas de las aleaciones de Al., Mg. y Cu. Se denomina así, porque el endurecimiento se obtiene por la precipitación de un compuesto químico, que es el que pone en tensión a los cristales y los endurece.

En el temple martensítico la dureza se produce al terminar el enfriamiento rápido, en tanto que en el de precipitación el endurecimiento se inicia al terminar el enfriamiento rápido. Cuando se desea acelerar la aparición del endurecimiento, es necesario darle un cierto calentamiento, operación que se conoce como maduración artificial o revenido de endurecimiento.

REVENIDO.

Es el tratamiento complementario del temple y se aplica a los materiales templados.

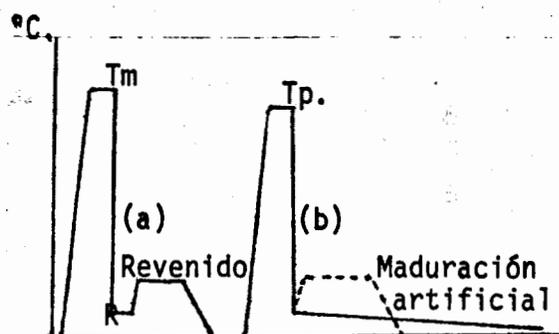


FIG. 2.-Representación gráfica del temple martensítico (a) y del de precipitación (b) y sus revenidos.

Hay dos clases de revenido: a.- Revenido Normal y b.- Revenido de endurecimiento. El normal se aplica a las aleaciones tratadas con temple martensítico, con el fin de disminuir la fragilidad propia del endurecimiento y mejorar la tenacidad. El revenido debe hacerse inmediatamente después del temple. Las temperaturas de revenido son inferiores a las de temple y entre más elevadas sean, mayor será la intensidad del revenido y por lo tanto mayor la disminución de la dureza. La velocidad de enfriamiento no tiene ninguna influencia.

Desarrollo de los tratamientos térmicos.

Todo tratamiento térmico se realiza en las tres fases siguientes, (Fig. 3)

- 1.- Calentamiento hasta la temperatura máxima (Temp. de austenización.)
- 2.- Permanencia a la temperatura máxima (Hasta que toda la pieza se transforme en austenita)
- 3.- Enfriamiento desde la temperatura máxima hasta la temperatura ambiente. (En la Fig. 3 se muestran las velocidades según el tratamiento.)

En general, en las especificaciones que dan los fabricantes de aceros, únicamente se indica la temperatura máxima -- que debe alcanzarse, pero no la velocidad con que debe elevarse la temperatura ni el tiempo que debe permanecer la pieza dentro del horno antes de enfriarse. Muchos fracasos en el tratamiento térmico de los metales se atribuyen a la mala calidad de estos y realmente se deben a velocidades inadecuadas de calentamiento o a un exceso o defecto de permanencia a la temperatura máxima.

Existen normas generales sobre la correcta realización de las fases 1 y 2, no así de la fase 3, ya que el enfriamiento viene impuesto por el tipo de tratamiento.

Fase 1.- El calentamiento se debe iniciar estando el horno a baja temperatura, de ser posible a la temperatura ambiente, en todo caso no deben introducirse piezas de más de 20 cms. de espesor o diámetro, en hornos cuya temperatura sea superior a 300°C.

La elevación de la temperatura debe ser uniforme en toda la pieza, lo cual se consigue elevando la temperatura del horno lo más lentamente posible, con esto también se logra que las diferencias de temperatura entre el núcleo y la periferia de la pieza sean menores. Por ejemplo en un acero al carbono la elevación de temperatura hasta 850°C., temperatura de temple, se logra a razón de un minuto por mm. de espesor o diámetro de la pieza. De esta manera se consigue que la diferencia de temperatura entre puntos de un mismo radio, sea inferior a un grado por mm.

Los aceros rápidos, inoxidables y en general los de alta aleación, deben calentarse a velocidades de la mitad de la usada en aceros al carbono. Además, si las superficies de las piezas son muy brillantes, la transmisión del calor hacia el interior es más lenta, por lo que las velocidades de calentamiento deben reducirse a la mitad de las recomendadas antes.

Fase 2.- Permanencia a la temperatura máxima.

La temperatura máxima que debe alcanzarse se indica en las especificaciones de cada tratamiento y dentro de ellas los fabricantes precisan la más conveniente para cada tipo de metal o aleación, a veces con márgenes muy estrechos, por lo tanto no debe sobre pasarse la temperatura indicada, pues se corre el riesgo de aumentar el tamaño del grano de los constituyentes.

El mayor crecimiento de los granos de la austenita del acero ocurre entre 850°C. y 1000°C., por lo que se procurará no rebasar los 850°C en el

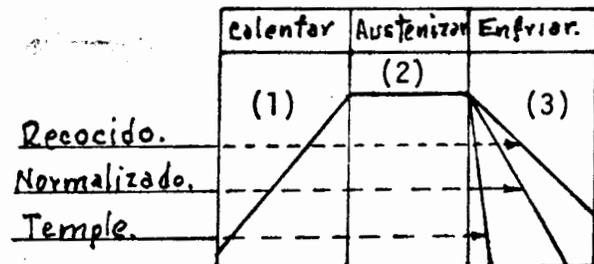


FIG. 3.- Fases de un tratamiento térmico.

calentamiento de los aceros.

Si la elevación de la temperatura es muy exagerada, cercana al punto de fusión, el metal se quema siendo imposible regenerarlo. Las temperaturas a las que ocurre el fenómeno van de 1260 a 1350°C., según que su contenido de carbono sea de 0.90 a 0.25 % de C.

El tiempo de permanencia a la máxima temperatura también influye en el crecimiento del grano, por lo que debe reducirse todo lo posible.

Se considera suficiente una permanencia de 1 a 2 minutos por cada mm. de espesor de la pieza para conseguir una austenización completa en el acero. Si la elevación de la temperatura hasta llegar a 850°C. se hizo a razón de 2 min. por mm. de espesor o diámetro, puede reducirse la permanencia a la temperatura máxima a un minuto por mm. de espesor y si el calentamiento fué rápido, a razón de 1 min. por mm., la permanencia deberá ser por lo menos de 2 min. por mm. de espesor o diámetro de la pieza.

Fase 3.- La fase tres comprende el enfriamiento desde la temperatura máxima hasta la temperatura ambiente en los baños de enfriamiento que posteriormente se describirán.

EQUIPOS EMPLEADOS.

Para la realización de los tratamientos térmicos se requieren primero, -- Hornos adecuados para cumplir con la primera fase que es el calentamiento. En segundo lugar se necesitan termómetros o pirómetros de precisión, indicadores y controladores para evitar los peligros del exceso de temperatura y finalmente los baños de enfriamiento para las piezas tratadas.

Control de temperaturas.-El control de temperaturas de los hornos de tratamientos térmicos se realiza generalmente mediante pirómetros termoelectrónicos, para altas temperaturas se pueden usar pirómetros ópticos, para baños de sales se suelen usar pirómetros de inmersión y para los baños de enfriamiento se usan termómetros de mercurio.

HORNOS.- Los hornos empleados para tratamientos térmicos son de muy diferentes formas, tamaños y sistemas de calefacción, adaptándose sus características al tratamiento a efectuar e incluso a la producción y condiciones del taller donde se realizan.

En general los hornos deben reunir las condiciones siguientes:

- 1.- Debe elevarse la temperatura en ellos, de una manera regular y alcanzar fácilmente las temperaturas necesarias
- 2.- La regulación de las temperaturas debe ser sencilla y lo más exacta posible, siendo preferible la regulación automática.
- 3.- La temperatura en el interior del horno debe ser uniforme, no deben admitirse diferencias de más de 20°C.
- 4.- Deben tener suficiente inercia calorífica para que no baje demasiado la temperatura al introducir las piezas, y en todo caso deben recobrarla fácilmente.
- 5.- Deben estar de ser posible, acondicionados para usar atmósferas controladas.

HORNOS PARA RECOCIDOS.

En la FIG. 4 se presentan los esquemas de algunos hornos empleados para el recocido de productos a granel, aceros laminados, alambres, cintas o placas, piezas de forja, etc., los cuales son calentados con gas o eléctricamente, lo que permite una buena regulación mediante el uso de pirómetros controladores e indicadores.

En las gráficas de la Fig. 4 se presentan los esquemas de los más usuales.

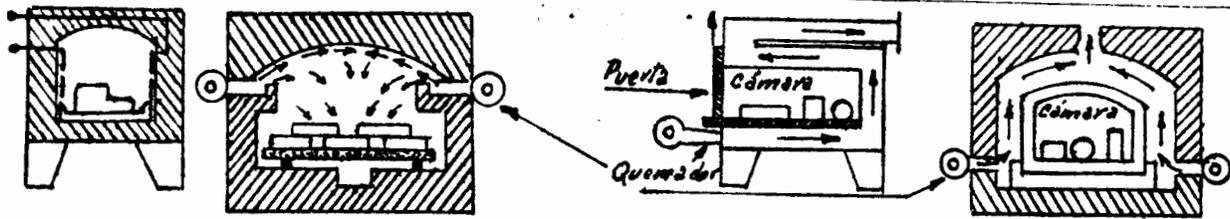
FIG. 4.- HORNOS DE RECOCIDO.

DE CÁMARA ABIERTA

DE CÁMARA CERRADA (Mufia)

Eléctrico de resistencias

Gas o combustible líquido.



HORNO DE CAMPANA

HORNO CONTINUO TIPO RADIAL.

Campana calefactora



En procesos industriales es común el uso de hornos continuos, también conocidos como hornos de solera móvil, el material a recocer se coloca sobre la solera del horno que es un transportador de rodillos o de cadena, con una velocidad tal, que al terminar el recorrido dentro del horno, la pieza ha alcanzado la temperatura de recocido. Los hornos continuos pueden ser de tipo de túnel o del tipo radial como el indicado en la figura de arriba.

HORNOS PARA TEMPLE FIG. 5.

Para el temple de los aceros se pueden emplear hornos de cámara calentados eléctricamente, o bien hornos de baño de sales. Los hornos de cámara generalmente se operan con atmósferas controladas y son calentados por medio de resistencias eléctricas.

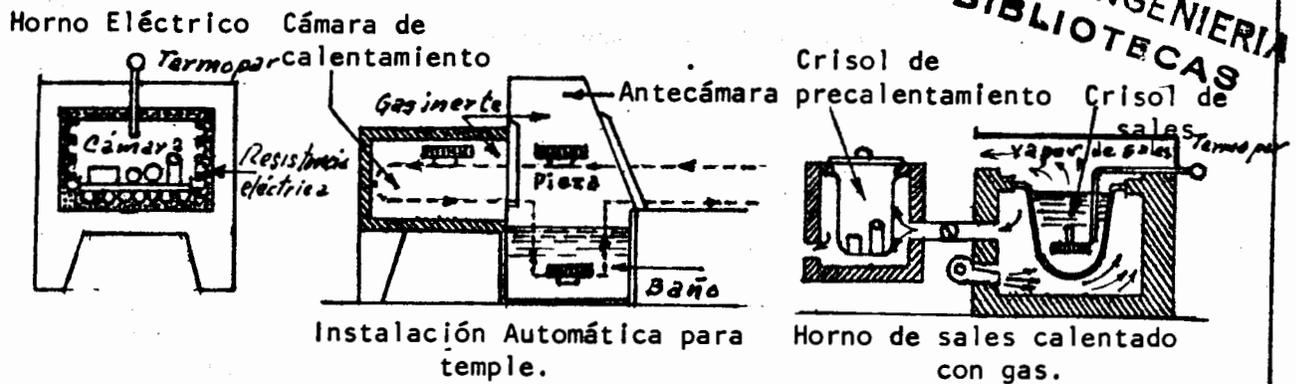
Cuando se trata de un gran número de piezas iguales, se diseñan instalaciones de temple automáticas, las que pueden emplearse también para algunos tratamientos termoquímicos.

Los hornos de sales que generalmente se usan para el temple de herramientas de acero rápido, están constituidos por un crisol de precalentamiento y un crisol contenedor de las sales como se indica en la gráfica de la Fig. 5. Las sales varían según el tipo de tratamiento a realizar, siendo las más comunes -- las de sodio, potasio y bario cuyas temperaturas de fusión llegan hasta 950°C., se pueden alcanzar temperaturas de trabajo hasta de 1350°C.

Los hornos con baño de sales ofrecen algunas ventajas respecto a los hornos de cámara, entre las que destacan la transmisión de calor más rápida, el calentamiento de las piezas más uniforme, se evita la decarburación y se puede -- aportar carbono a la superficie de las piezas a través del mismo baño. Además, se puede emplear cualquier tipo de combustible para calefacción, sin peligro de contaminación.

Entre sus limitaciones figuran principalmente la toxicidad de sus vapores, especialmente las sales de cianuro empleadas en los tratamientos termoquímicos, lo que obliga a emplear equipos extractores para aislarlos.

FIG. 5.- HORNOS PARA TEMPLE.

**BAÑOS DE ENFRIAMIENTO.**

Los baños de enfriamiento o medios de templado, no son más que cubas metálicas que contienen agua o aceite para producir el enfriamiento rápido de la pieza que ha sido sacada del horno. Con el fin de evitar pérdidas de calor de la pieza, dichos baños deben estar colocados adyacentes a los hornos.

La selección del medio de templado está regida por el tipo de acero a tratar y por las propiedades resultantes que se requieran.

El agua y el aceite son los medios más usados en los baños de enfriamiento. El agua suministra una velocidad de enfriamiento aprox. tres veces mayor que la del aceite y se usa principalmente para aceros ordinarios al carbono, en tanto que para aceros aleados se usa generalmente el aceite (Animal, vegetal o mineral.).

Cuando se requiere incrementar la rapidez de enfriamiento del agua, se usa sal muera al 10% o sosa cáustica al 5 ó 10%.

Algunos aceros especiales pueden ser templados al aire y se conocen como aceros de temple automático. También es frecuente el uso de baños de sales o baños de plomo fundido para algunos tipos de temple interrumpido.

Debe cuidarse que la capacidad de la cuba sea suficiente, para que la elevación de temperatura que se produzca en el medio de enfriamiento, por cesión de calor de la pieza, no perjudique el proceso de enfriamiento previsto.

Si se han de templar muchas piezas, la cuba deberá ser dotada de un sistema de refrigeración, a fin de mantener constante la temperatura del baño.

Cuando una pieza de acero caliente se sumerge rápidamente en un medio líquido, la superficie exterior se enfría más rápido que el centro según se muestra en las curvas de la Fig. 6.-Ambas curvas se componen de tres zonas que son X, Y y Z, que se conocen respectivamente como etapa de la manta de vapor, etapa de ebullición o de transporte de vapor y etapa de enfriamiento líquido.

Cualquier líquido dará una curva de esta forma general, siempre que su punto de ebullición sea inferior al de la temperatura de templado de la pieza.

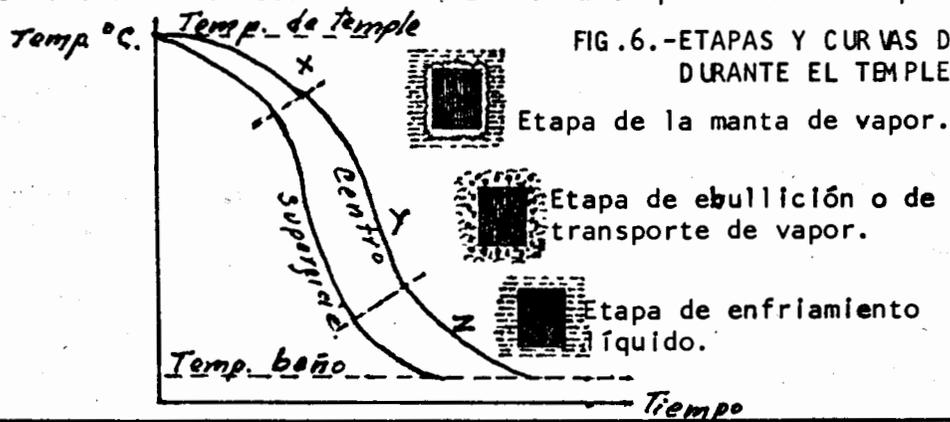


FIG. 6.-ETAPAS Y CURVAS DE ENFRIAMIENTO DURANTE EL TEMPLE.

Etapa de la manta de vapor.

Etapa de ebullición o de transporte de vapor.

Etapa de enfriamiento líquido.

B.- TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS

Los tratamientos termoquímicos son operaciones de calentamiento y enfriamiento de los metales, completadas con la aportación de otros elementos a la superficie de las piezas. Actualmente se agrupan bajo esta denominación, la Cementación, Nitruración, Cianuración, Carbonitruración y Sulfinización.

CEMENTACION.-Consiste en agregar Carbono a la superficie de los aceros de bajo carbono, a fin de obtener una mayor dureza después del temple y una buena tenacidad en el núcleo.

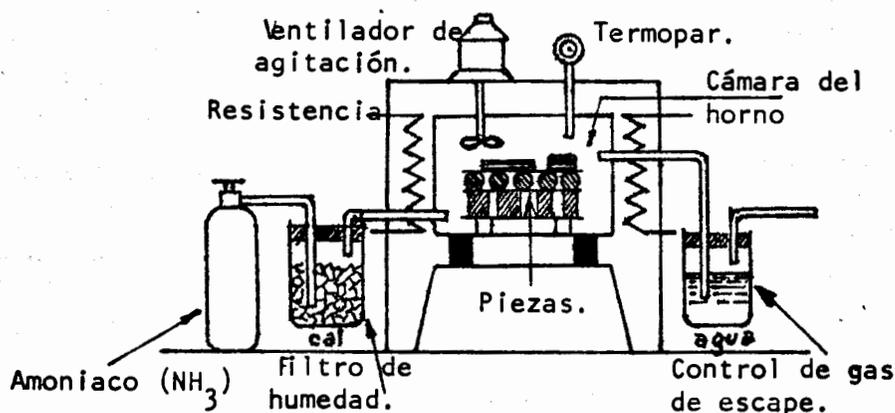
El Cementado se puede realizar en hornos de cámara, empacando las piezas en cajas metálicas, conteniendo una mezcla de 60% de carbón pulverizado y 40% de carbonato de bario; la temperatura se eleva hasta 900°C., lográndose la penetración del carbono a razón de 0.15 mm. por hora. El mismo efecto se puede lograr empleando en el horno una atmósfera rica en CO ó en CO₂.

La Cementación también se puede lograr en baños de sales² usando como mezcla cementante, 20% de cianuro sódico, 30% de cloruro bórico, 25% de cloruro sódico y 25% de carbonato sódico, la temperatura del baño es de 850°C. aproximadamente. Una vez que la pieza ha sido cementada, se realiza el temple. Este proceso es aplicable a los aceros de bajo carbono con un contenido máximo de 0.30% de C.

NITRURACION.- Es un proceso de endurecimiento superficial del acero, por la absorción de nitrógeno con lo cual se logra incrementar la dureza y aumentar la resistencia a la corrosión de cierto tipo de aceros especiales.

El Nitrurado se realiza en hornos de cámara en una instalación como la que se muestra en la Fig. 7, a temperaturas relativamente bajas (500°C.) y empleando una corriente de amoníaco (NH₃)

FIG. 7.- INSTALACION DE NITRURADO.



El tiempo necesario varía de 1 a 4 días con lo cual se logran capas endurecidas de 0.20 a 0.70 mm. de espesor. No existe peligro de deformación por las bajas temperaturas empleadas.

El tratamiento se aplica después del temple, teniendo gran aplicación en el endurecimiento de piezas de maquinaria, cigüeñales y herramientas de corte como brocas y escariadores.

CIANURACION.- Este tratamiento se aplica en aceros de medio y bajo carbono y tiene por objeto endurecer una capa superficial por la acción combinada del carbono y del nitrógeno.

El tratamiento se realiza a temperaturas de 750 a 950°C., en un baño de cianuro sódico (30 - 40%), carbonato sódico (30 - 40%) y cloruro sódico (20-30%)

El espesor de la capa cianurada depende de la duración del tratamiento, consiguiéndose capas duras de 0.30 mm. de profundidad en unos 50 minutos.

CARBONITRURACION.- Se aplica a piezas de gran espesor y al temple de engranes. Es un tratamiento con el que se consigue endurecer una capa superficial de los aceros por la absorción simultánea de Carbono y Nitrógeno.

Se ha llamado a la carbonitruración, Cianuración gaseosa, ya que los fines de ambos tratamientos son los mismos aunque varía el medio empleado.

La operación se realiza en forma parecida a la cementación gaseosa, utilizando un gas formado con 21% de CO, 40% de H₂, 35% de N, 1% de CH₄ y pequeñas cantidades de CO₂, O₂, vapor de agua y un gas activo que en este caso es amoníaco. También se agrega una pequeña proporción de metano, dependiendo de ella la aportación de carbono a la capa superficial del acero.

El proceso se realiza a temperaturas cercanas a los 900°C., con el acero en estado austenítico, obteniéndose capas duras con espesores hasta de 0.6 mm. en 4 ó 5 horas.

Las piezas carbonitruradas se suelen templar y revenir, obteniéndose durezas de aprox. 65 Rc.

SULFINIZACION.- Tiene por objeto aumentar la resistencia al desgaste de las piezas tratadas, se logra por el calentamiento en un baño de sales a temperaturas de 565°C., durante 1 a 3 horas.

El horno para la fusión de las sales debe ser eléctrico con regulación automática, para mantener el baño entre 560 - 570°C., pues a temperaturas superiores a 575°C. se inicia un hinchamiento del material, cuyas causas aun se desconocen

En la composición del baño entran 3 tipos de sales, unas activas, formadas por sulfito sódico, otras protectoras de carácter reductor, para impedir la oxidación de las sales activas y otras de soporte, alcalinas o alcalino-terreas para bajar la temperatura de fusión de la mezcla a unos 450°C.

La duración del tratamiento oscila entre 30 min. y 3 horas, según el tamaño y espesor de las piezas, obteniéndose como máximo una capa de 0.3 mm. de espesor, el cual no aumenta aunque se prolongue la duración del tratamiento

Como resultado del tratamiento se obtiene una corrosión superficial que origina micro-cavidades (Al microscopio semeja una piel de gallina extremadamente fina) y además se produce una polidifusión de C, S y N.

Las principales características de las piezas tratadas son:

1.- Las piezas tratadas no adquieren mayor dureza de la que toma el metal base.

2.- La capa sulfinizada parece indestructible, observándose en ejes tratados girando en cojinetes de bronce, que disminuye su diámetro al cabo de miles de horas en varios mm. (10 ó más), mientras que la capa tratada de 0.3 mm. se mantiene inalterable, esta propiedad se ha denominado "Autopropagación del efecto cementante del azufre". Parece en efecto, que la capa tratada emigra hacia el interior de la pieza a medida que se desgasta

3.- Las características favorables al rozamiento se deben a su antisolubilidad, lo que también le da resistencia al gripado.

4.- Cuando no es aconsejable el temple, por las deformaciones que se puedan producir, se recomienda la nitruración como operación previa a la sulfinización.

5.- Puede aplicarse a casi todos los aceros al carbono, aunque se facilita más en aceros dulces, los aceros al molibdeno también son aptos, así como a muchos tipos de fundiciones.

C.- TRATAMIENTOS MECANICOS.

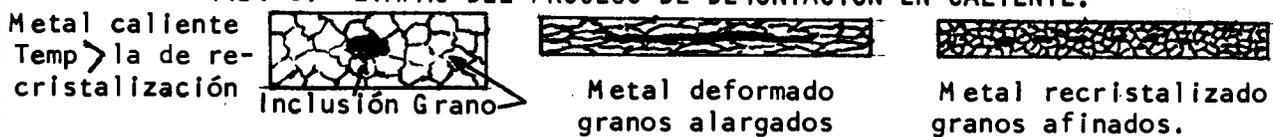
Comprende los procesos de formado tanto en caliente como en frío.

a) Formado en caliente (Forja)

Consiste en deformar el metal una vez calentado a temperaturas elevadas

(Arriba de la temperatura de recristalización), golpeándolo violentamente con lo cual se mejora la microestructura ya que se afina el grano, así como la macroestructura, pues se sueldan sopladuras y cavidades y las impurezas o inclusiones se reparten en todo el metal. Fig.8.

FIG. 8.- ETAPAS DEL PROCESO DE DE FORMACION EN CALIENTE.



Las temperaturas de forja son específicas para cada metal o aleación, la temperatura mínima será por lo menos la de recristalización, ya que a temperaturas inferiores se produce acritud. Tampoco conviene calentar a temperaturas demasiado elevadas porque puede producirse la fusión de las impurezas localizadas en los contornos de los granos, pues al enfriar quedan en forma de frágiles láminas sin cohesión con los granos, produciéndose lo que llama metal quemado.

Para cada metal o aleación existe un intervalo de temperaturas de forja, cuyo máximo no se debe sobre pasar ni descender de la mínima. El afino del grano será mayor mientras más baja sea la temperatura y más enérgicos los golpes.

Si en lugar de forjar a golpes se forja en prensas, donde la aplicación de las fuerzas es lenta, se obtiene mejoría en la macroestructura (Fibras), pero no afinado del grano. Además, usando prensas se deforma más el núcleo que la superficie. También se obtienen distintos efectos con golpes fuertes y espaciados, que con golpes suaves y rápidos. En el primer caso el núcleo es el más deformados y en el segundo la zona superficial.

b) Formado en frío. La deformación en frío puede ser profunda o superficial. El primer caso se presenta en el trefilado o estirado de alambres, donde se observa un aumento en la dureza, la resistencia mecánica y en el límite elástico, a costa de la disminución en la plasticidad. Esta modificación de las propiedades mecánicas de los metales se conoce como acritud.

Cuando es indeseable la acritud se elimina por recocidos, pero en algunas ocasiones es benéfica, como en el caso de los alambres para resortes llamados de cuerda de piano, ya que se aumenta el límite elástico.

La deformación en frío superficial se aplica generalmente para incrementar la resistencia a la fatiga y se realiza básicamente, por bombardeo con perdigones de acero a velocidades altas, lográndose un endurecimiento superficial como en el caso de las hojas para muelle.

D.- TRATAMIENTOS TERMO-MECANICOS.-

El tratamiento termo-mecánico característico es el Ausforming, que consiste en la deformación del acero cuando se encuentra en el estado austenítico, es aplicable a aceros de temple al aire cuyo análisis aprox. es el siguiente: (C. 0.5%, Si 1.5%, Cr. 2.5%, Ni. 1.5 a 4.0%, Mo. 0.5 a 1.5%, y a veces Va.0.35%)

El proceso se realiza en cinco etapas:

- 1.- Calentamiento del acero hasta la austenización completa
- 2.- Se lleva el acero a un horno de baño de sales a temperaturas de 450 a 625°C.
- 3.- Se procede a la deformación (Pueden ser 1 ó varias etapas)
- 4.- Una vez deformado se somete a un enfriamiento rápido de temple.
- 5.- Se revienen las piezas tratadas.

Este tratamiento es aplicable a piezas para barras de torsión. muelles y piezas de aeronáutica

E.- TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.

Comprenden la metalización con pistola y el cromado duro.

La metalización consiste en la aplicación de partículas en estado plástico o fundido sobre una pieza, mediante una pistola metalizadora que lleva un soplete oxiacetilénico para fundir el metal de aporte (Puede ser alambre o polvo), y un suministro de aire a presión proporcionado por una turbina que lleva la pistola, que proyecta el metal fundido, atomizándolo sobre la pieza.

Tiene gran aplicación en la recuperación de ejes y piezas desgastadas, piezas fundidas, protección de piezas contra el desgaste, contra la corrosión, etc.

Las piezas a tratar requieren una preparación previa por arenado o materiales abrasivos o bien por mecanizado, el objeto es crear una superficie limpia y áspera que garantice el agarre del material de aporte.

Se aplica en capas de hasta 20 mm. de espesor, realizándose el proceso -- prácticamente en frío. No es recomendable en piezas sujetas a impactos (Dientes de engranes)

El Cromado Duro. - Es un recubrimiento galvánico con arreglo a una técnica especial diferente al cromado ornamental, que mejora algunas de las propiedades del metal base.

El cromado duro mejora la resistencia al desgaste, al rayado, a la penetración (70 Rc.), a la corrosión y mejora el coeficiente de rozamiento.

La densidad de corriente en el cromado duro es de 30-50 A/dm² y la temperatura de 55°C., en tanto que en el cromado decorativo es de solo 5 A/dm² y la temp. es de 45°C., lo que hace que el espesor de las capas de cromo duro sean de 0.5 a 1.0 mm., en tanto que en el decorativo son menores de 0.001 mm.

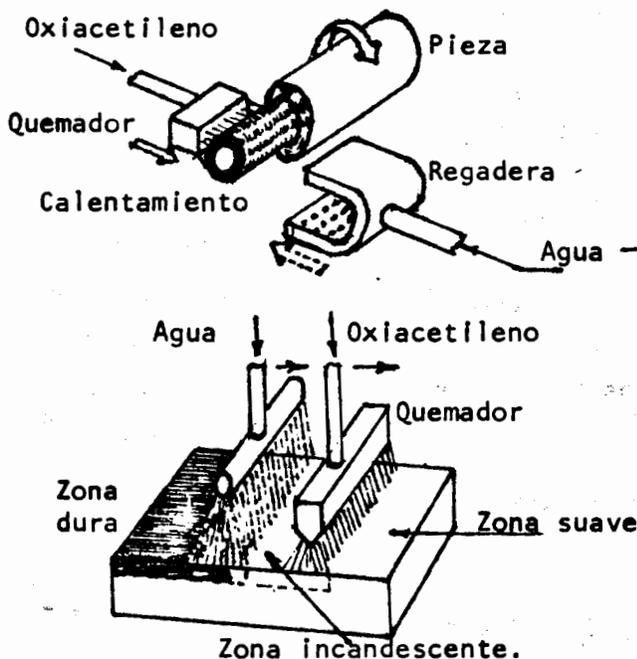
El cromo duro se aplica sobre aceros, fundiciones de hierro, aluminio y a veces sobre latón y cobre.

Se usa en cilindros, camisas, cigueñales, árboles de levas y válvulas de motores de combustión interna, así como en la recuperación de rodillos de laminación, moldes para plásticos y para pastas alimenticias, matrices y troqueles, herramientas de corte como brocas y rimas, instrumentos de medición, etc.

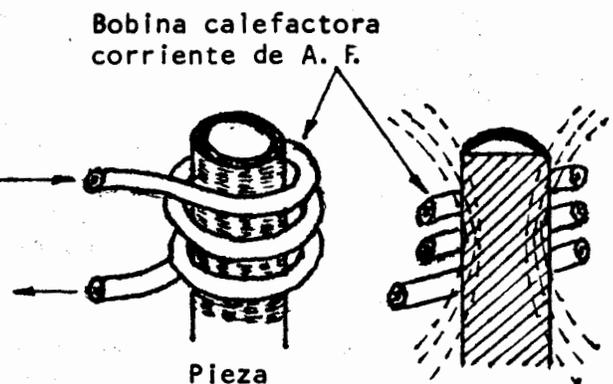
APENDICE.-

Cada vez se emplean con mayor intensidad los métodos de endurecimiento -- por inducción y por flama oxiacetilénica, las gráficas de la figura siguiente describen por sí solas la secuencia del proceso.

TEMPLE A LA FLAMA



TEMPLE POR INDUCCION.



CAPITULO IV.- PULVIMETALURGIA.-

La Pulvimetalurgia (formado de piezas a partir de polvos metálicos) tiene por objeto producir piezas de metales o aleaciones a partir de polvos metálicos, puede emplearse calor en el proceso y en ese caso, la temperatura debe ser inferior al punto de fusión del metal en polvo.

La aplicación de calor en la parte final del proceso recibe el nombre de Sinterizado, y tiene como fin mejorar la unión entre las partículas y aumentar la resistencia.

El formado de piezas por este método favorece la obtención de determinadas aleaciones que por fusión no serían realizables.

Algunas veces se usan componentes no metálicos para mejorar las propiedades de unión de las partículas o para darle ciertas características especiales. El cobalto, por ejemplo, se emplea para mejorar la unión de las partículas de carburo de tungsteno, en tanto que el grafito se agrega a polvos metálicos anti-fricción para mejorar las propiedades lubricantes de un cojinete.

Aunque el metal pulverizado es más caro que en estado sólido y el proceso en sí requiere de moldes y máquinas costosas, su uso se justifica por las cualidades excepcionales obtenidas en los productos o bien porque no pueden hacerse por otro método y en igualdad de circunstancias por las tolerancias estrechas que se obtienen, eliminando la necesidad de cualquier operación posterior.

Características de los polvos.- Las características de los polvos que se deben de tomar en cuenta porque influyen en las operaciones de proceso son:

1.- Forma.- Esta puede ser: Esférica, irregular, con filos, dendrítica, plana o angular, etc. La forma depende en gran parte del método empleado en su obtención.

2.- Finura.- Se determina pasando el polvo a través de tamices con mallas que van de 100 a 325 hilos por pulgada, o bien por medio de medidas microscópicas.

3.- Distribución de partículas por tamaños.- Esta característica tiene influencia al determinar la facilidad de fluir y la densidad aparente, así como la porosidad final del producto.

4.- Propiedades químicas.- Dependen de la naturaleza de los polvos, la cantidad de óxidos permitidos y el porcentaje de otros elementos aceptados.

5.- Facilidad de comprimirse.- Depende de la distribución de las partículas por tamaños y de su forma.

Métodos de Producción de los Polvos.-

Los principales metales empleados para la obtención de los polvos son: - el hierro, aleaciones de cobre, níquel, plata, tungsteno, aluminio, molibdeno, cobalto, etc., y los métodos de obtención son los siguientes:

1.- Mecanizado.

Se realiza mediante el uso de máquinas herramientas, empleándose principalmente para polvos de Magnesio, se obtienen partículas relativamente grandes.

2.- Molido.

El molido se realiza quebrando los metales por trituración o impacto mediante el uso de molinos de bolas, de martillos, molinos rotatorios y de es tampado.

3.- Perdigonado.

Se vierte metal fundido a través de tamices o placas con orificios y se enfría en agua, se obtienen partículas esféricas o en forma de pera.

4.- Atomizado.

Es una operación de rociado del metal aplicable a la producción de polvos metálicos de bajo punto de fusión como el plomo, estaño, zinc y aluminio, obteniéndose partículas de forma irregular y de diversos tamaños.

5.- Granulación.

Consiste en la agitación rápida del metal mientras se enfría, dependiendo la granulación de la formación de óxidos sobre las partículas individuales durante la operación de revolver.

6.- Depósito electrolítico.

Es un medio común para obtener polvos de Cu, Fe, Tántalo, Plata y --- otros metales, la estructura característica es dendrítica.

7.- Método de Reducción.

Es la reducción de los óxidos metálicos a la forma de polvos, por contacto con un gas a temperatura inferior a la del punto de fusión; el tungsteno, hierro, molibdeno, níquel y cobalto, se producen comercialmente por este método.

Existe un grupo de polvos especiales entre los que figuran los polvos Prealeados y los polvos Precubiertos; los primeros se obtienen de aleaciones metálicas hechas por fusión, entre las que se cuentan aceros inoxidables, metales resistentes a la corrosión, a los esfuerzos y a las altas temperaturas.

Los polvos Precubiertos se obtienen empleando partículas de polvos baratos recubiertos con algún metal caro, lograndose así una economía en el producto.

OPERACIONES DE FORMADO.-

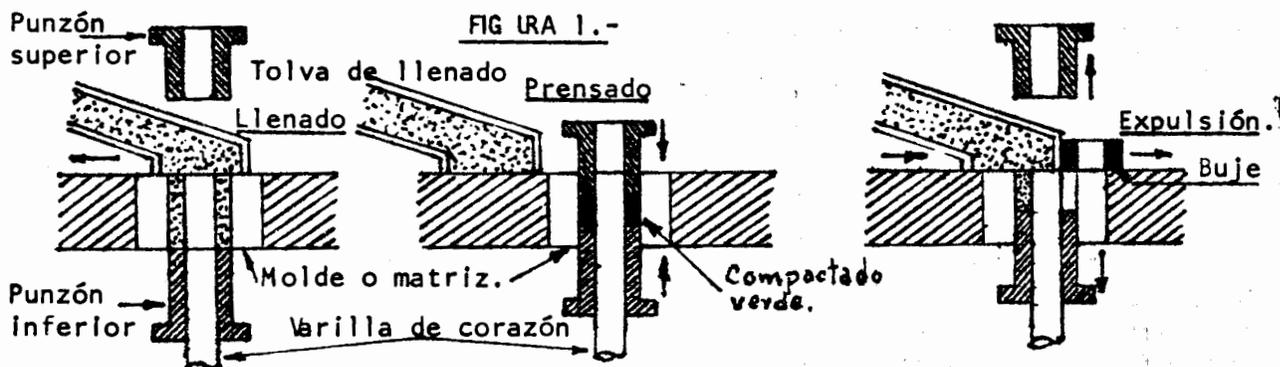
Una vez mezclados los polvos y lubricados para reducir la fricción con las paredes de los moldes, se procede a la operación de formado por cualquiera de los métodos que a continuación se citan. (los lubricantes más usado son ácido esteárico, estearato de litio y grafito.)

1.- Prensado.-

El formado por prensado se realiza en matrices de acero con presiones -- que pueden ser de 1400 a 3000 Kgs/cm². La densidad y la dureza se aumentan con la presión, sin embargo, siempre habra una presión óptima para cada tipo de material.

Las prensas más usuales son las operadas mecánicamente, pudiéndose emplear prensas hidráulicas para piezas largas que requieran altas presiones.

La operación se realiza básicamente en 3 pasos Fig. 1. LLENADO, PRENSADO y EXPULSION DEL PRODUCTO. La Fig. 1 muestra la secuencia de los pasos para la compactación de un buje de bronce de chumaceras.



Las prensas de un solo punzón o de punzones múltiples con mesa rotatoria, tienen un punzón superior y uno inferior que se mueven simultáneamente durante el prensado, sirviendo el punzón inferior como expulsor.

La matriz que sirve como recipiente a los polvos debe ser muy tersa y -- además tener conicidad para facilitar la salida del producto ya prensado.

La relación de compresión del polvo varía según el tipo de metal (Para -- hierro y cobre es de 3 a 1.)

La parte expulsada recibe el nombre de Compactado verde, tiene poca resistencia ya que ésta se logra por el sinterizado.

2.- Compactado centrífugo.

Este método de formado es aplicable a polvos pesados como los de carburo de tungsteno. Los polvos son vertidos en los moldes y sometidos a la acción de fuerzas centrífugas, con presiones del orden de 28 Kgs/cm^2 , lográndose piezas con densidades uniformes. Las partes hechas en esta forma deben ser de sección casi uniforme ya que los espesores pequeños e irregulares no se compactan bien.

3.- Colado por deslizamiento.

Los compactados verdes de tungsteno, molibdeno y otros polvos se suelen hacer mediante este método. La operación se realiza convirtiendo el polvo en una mezcla pastosa que se vierte en el molde hecho de yeso de París. Por ser el molde poroso se drena gradualmente pasando al yeso, dejando una capa sólida de material depositada sobre la superficie del molde. Para piezas huecas se hace la misma operación, solo que cuando se acumula el espesor deseado, se vierte hacia el exterior el sobrante de la pasta. Una vez secos los compactados verdes, se sinterizan en la forma usual.

4.- Extrusión.

Este método se emplea para producir perfiles largos a partir de polvos metálicos, obteniéndose formas con muy altas densidades y excelentes propiedades mecánicas, el costo es elevado y el proceso aun no es muy perfecto. Los métodos empleados en la extrusión dependen de las características del metal, algunos se extruyen en frío junto con un aglomerante, mientras que otros deben calentarse a temperaturas adecuadas.

Generalmente primero se comprime el polvo en un tocho y luego se calienta o sinteriza en una atmósfera no oxidante, antes de ser colocado en la prensa de extrusión. El mayor uso de este proceso se ha dirigido a producir elementos sólidos de combustible nuclear pero también se puede extruir aluminio, cobre, níquel y otros metales.

5.- Sinterizado por gravedad.

Las láminas metálicas de porosidad controlada se hacen por este proceso y tiene especial aplicación en la fabricación de láminas de acero inoxidable. El proceso se inicia colocando capas uniformes de polvo sobre bandejas de cerámica, que son sinterizadas a temperaturas altas, durante 48 horas en gas amoníaco disociado. En seguida las láminas se pasan por rodillos para obtener uniformidad en el espesor y mejor acabado superficial. Estas láminas se pueden trabajar como si fueran láminas metálicas comunes y por su resistencia a la corrosión se usan para filtros de gasolina, aceite y productos químicos.

6.- Laminado.

Es un proceso similar al anterior con la diferencia de que los polvos son alimentados mediante una tolva a un par de rodillos que los comprimen y entrelazan, en una lámina de suficiente resistencia para que sea transportada a través de un horno de sinterizado; luego la lámina se pasa por otro juego de rodillos y se trata térmicamente si es necesario. Mezclando los polvos antes de que pasen por el primer juego de rodillos se pueden obtener láminas aleadas. Los polvos metálicos que pueden laminarse incluyen el cobre, latón, bronce, monel y acero inoxidable y se pueden obtener tanto uniformidad en las propiedades mecánicas como el control de la porosidad.

7.- Moldeo isostático.

Es un medio de obtener densidad uniforme en el polvo metálico ---

durante la operación de compactado. El polvo es colocado en un recipiente elástico que se somete a presión hidráulica por todos lados. La calidad interna del molde queda determinada por un mandril metálico colocado adecuadamente en el recipiente. Tanto el recipiente flexible como el líquido se confinan en una cámara metálica de presión donde se realiza el compactado. A continuación se saca la pieza del recipiente y se extrae el mandril.

Se requiere un mecanizado subsecuente de la superficie exterior para darle la forma correcta y la precisión.

8.- Proceso del metal fibroso.

Se pueden producir artículos hechos de fibras metálicas en lugar de los polvos, se adaptan especialmente para filtros, compuertas, vibradoras, placas para acumulador y pantallas para llamas. La mayoría de los metales y aleaciones pueden ser formadas por este proceso.

Las fibras se producen a partir de alambres delgados o láminas, por extrusión, estirado o mecanizado y luego son cortados a la longitud deseada. Ya que no es recomendable usar fibras derechas, usualmente se les dobla o riza en forma irregular. Ahora las fibras de metal se mezclan con una pasta diluida y se vierten sobre un fondo poroso. Después que el líquido ha sido drenado del colchoncillo verde hecho de las fibras distribuidas al azar este se prensa y se sinteriza. La densidad puede ser aumentada por laminado o acuñado. La mayoría de los metales y aleaciones pueden ser procesadas por esta técnica.

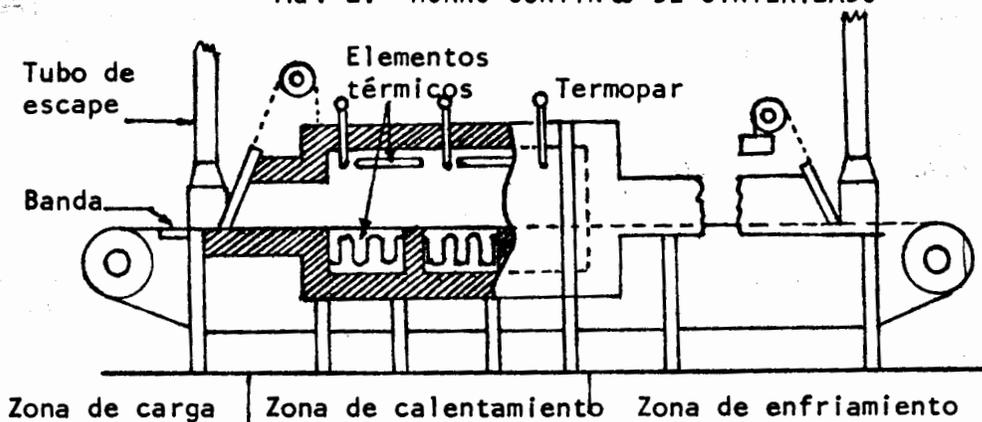
SINTERIZADO.-

Es una operación de calentamiento del compactado verde a temperatura inferior a la de fusión, para aumentar el contacto entre partículas y por lo tanto las fuerzas de enlace, aumentándose también la plasticidad.

Existe una temperatura óptima para cada material sin que se logren mejores condiciones aumentándola. Para el hierro la temperatura de sinterizado es de $1100^{\circ}\text{C}.$, para Acero inoxidable $1177^{\circ}\text{C}.$, para el cobre $870^{\circ}\text{C}.$ y para el carburo de tungsteno de $1480^{\circ}\text{C}.$ El tiempo varía de 20 a 40 minutos y la atmósfera del horno debe ser controlada usando un gas reductor o bien una corriente de nitrógeno, para evitar la formación de partículas de óxido durante el proceso. Los hornos empleados pueden ser intermitentes o continuos.

En la Fig. 2 se presenta el esquema de un horno de tipo continuo, el cual emplea una banda de malla de alambre para transportar los compactados dentro del horno, también suelen emplearse empujadores o rodillos para el movimiento de las piezas en el horno.

FIG. 2.- HORNO CONTINUO DE SINTERIZADO



Existe siempre algún cambio en las dimensiones de las piezas durante el sinterizado, pues algunos materiales reducen su volumen o lo aumentan,

lo cual se debe a la variación del tamaño y forma de las partículas, a la composición, al método de sinterizado y a la presión de compactado. Estas variaciones se compensan al hacer los compactados verdes y manteniendo condiciones uniformes en el proceso.

↳ Operaciones de calibrado y acabado.

Los productos que requieren tolerancias muy precisas o calibrado, se someten a una operación final que puede realizarse por: Acuñaado, prensado en caliente o estampado, infiltración, etc. Estas operaciones pueden producir aumento en la densidad y en la resistencia, y mejoría en las propiedades físicas.

Todas las piezas de metal prensado pueden tratarse térmicamente.

Ventajas y Limitaciones del Proceso.

- 1.- Productos tales como los carburos sinterizados y los cojinetes porosos no se pueden producir por ningún otro método
- 2.- Se pueden producir piezas con porosidad controlada, como los cojinetes autolubricados hechos de polvos metálicos y grafito.
- 3.- Compite con otros procesos en la producción de piezas pequeñas (hasta 50 mm. de diám.), por sus tolerancias precisas y acabados superficiales.
- 4.- Se pueden obtener piezas de extremada dureza (Carburos cementados)
- 5.- El proceso es económico por no haber desperdicio de material, la precisión en las dimensiones es tan estrecha que no requiere material sobrante.
- 6.- La mano de obra es barata pues no requiere personal calificado.
- 7.- Es posible obtener una amplia variedad de propiedades físicas variando la presión, tamaño de las partículas, temperatura de sinterizado o introduciendo elementos de aleación.

Limitaciones.

- 1.- Los polvos metálicos son costosos y a veces difíciles de almacenar.
- 2.- El costo del equipo es elevado, las matrices deben ser muy precisas y capaces de soportar elevadas temperaturas y presiones, los hornos de sinterizado presentan problemas en el control de temperaturas y atmósferas.
- 3.- El tamaño de las piezas se ve limitado por la capacidad de las prensas, y la relación de compresión de los polvos (No se logra densidad uniforme en piezas grandes)
- 4.- Es difícil lograr diseños complicados, no es posible moldear socavados, roscas internas y ranuras internas.
- 5.- En el sinterizado aparecen dificultades térmicas en polvos de metales de bajo punto de fusión.
- 6.- Algunos polvos muy finos presentan peligro de explosión e incendio al contacto con el aire (Al, Mg, Zr, Ti, etc.)
- 7.- No es posible obtener un producto completamente denso. La porosidad se puede eliminar por calentamiento y prensado simultaneo o por infiltración.

PRINCIPALES PRODUCTOS OBTENIDOS.

Carburos Cementados.- Partículas de carburo de tungsteno se mezclan con aglomerante de cobalto, se prensan y luego se sinterizan. (Herramientas de corte, matrices de estirado etc.)

Escobillas para motores eléctricos.- Se mezclan polvos de cobre con grafito y se suele agregar estaño o plomo en pequeñas cantidades para mejorar la resistencia al desgaste.

Cojinetes porosos.- Generalmente se hacen mezclando polvos de cobre, estaño y grafito, aunque se pueden emplear otras combinaciones metálicas. Los cojinetes se calibran después de sinterizados y luego se impregnan con aceite al alto vacío.

Filtros metálicos.- Los filtros metálicos tienen mayor resistencia a los esfuerzos e impactos que los filtros cerámicos. Se fabrican con porosidades hasta de 80%, y empleando fibras metálicas se pueden lograr porosidades hasta de 97%

Engranajes y rotores para bombas.- Generalmente se hacen con polvos de hierro mezclados con suficiente grafito, las piezas se obtienen con una porosidad de 20%, requiriendo un pequeño maquinado después del sinterizado. Los poros se impregnan con aceite. Su comportamiento es semejante a la fundición gris.

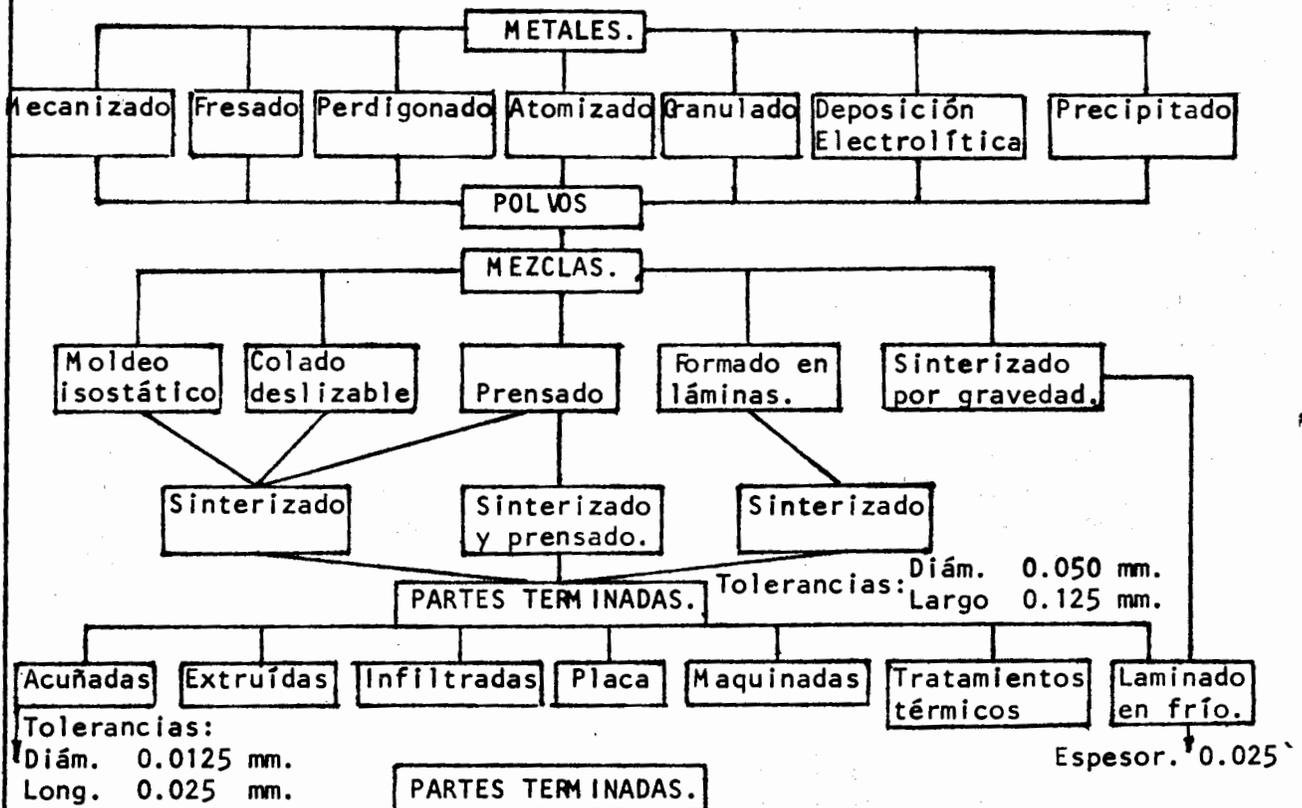
Imanes permanentes.- Se producen excelentes imanes pequeños empleando polvos de hierro, Al, Ni, y Co. Los imanes conocidos como de ALNICO, contiene principalmente hierro y aluminio, debido a su elevada densidad magnética se emplean en la construcción de aparatos de mediciones eléctricas.

Contactos y filamentos.- A base de polvos metálicos se fabrican contactos para switchs magnéticos, usando las mezclas siguientes: Tungsteno-cobre, tungsteno cobalto, tungsteno-plata, plata-molibdeno y cobre-niquel-tungsteno, se obtienen materiales de buena conductividad eléctrica y térmica, resistentes al desgaste y refractarios.

También se fabrican por este proceso filamentos para lámparas incandescentes, platinos para automovil, carretillas para cortar vidrios, bandas para frenos, varillas para soldadura, etc.

Los polvos de aluminio y magnesio se emplean en la fabricación de explosivos, también se agregan polvos metálicos a los plásticos para aumentar su resistencia y darles propiedades metálicas.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS DIFERENTES PROCESOS Y OPERACIONES REALIZADAS EN LA FABRICACION DE PIEZAS A PARTIR DE POLVOS METALICOS.



Las tolerancias varían con los tratamientos.

CAPITULO V.- FORMADO DE METALES

El formado de metales comprende todos aquellos procesos destinados a cambiar la forma de los materiales metálicos por la aplicación de fuerzas de Tensión, compresión o cizalladura sin que se produzca desprendimiento de virutas.

Este tipo de procesos se caracteriza por que el volumen del material permanece constante, cambiando únicamente la distribución original durante el desarrollo de las operaciones de formado.

Las operaciones básicas de formado son:

ESTIRADO.- Disminución de la sección recta del material, con el correspondiente aumento de su longitud

RECALCADO.- Aumento de la sección recta del material, con la correspondiente disminución de su longitud.

ESTAMPADO.- Flujo multidireccional del material.

El formado de metales se puede realizar bajo cualquiera de las dos formas siguientes:

A.- FORMADO DE METALES EN CALIENTE.

B.- FORMADO DE METALES EN FRIO.

A.- FORMADO DE METALES EN CALIENTE.- Se caracteriza porque siempre se realiza a temperaturas superiores a la temperatura de recristalización.

Temperaturas mínimas de recristalización de algunos metales.

Hierro puro	450°C.
Aceros comunes	650°C.
Níquel.	600 "
Cobre.	190 "
Aluminio.	150 "
Zinc.	20 "
Tungsteno.	1200 "

Si el trabajo se realiza en caliente, la temperatura debe ser tal que dé al material sus mejores condiciones de plasticidad y que al terminar el proceso de deformación, la temperatura sea la más cercana posible a la temperatura mínima de recristalización, para evitar el crecimiento del grano.

Ventajas y desventajas del trabajo en caliente.

Ventajas. 1.- Se elimina considerablemente la porosidad, los poros o sopladuras que se producen en los lingotes al ser vaciados, se sueldan por la acción de las elevadas presiones.

2.- Las impurezas en forma de inclusiones son descompuestas y distribuidas en el seno del metal, eliminando así zonas de baja resistencia.

3.- Se afina el grano, ya que el trabajo se realiza arriba de la temperatura de recristalización, se eliminan las estructuras dendríticas.

4.- Se mejoran las propiedades físicas por el refinamiento del grano, se mejora la ductilidad y la resistencia al impacto y se aumenta en general la resistencia y la homogeneidad.

5.- La energía necesaria para deformar el metal en estado plástico es menor y por lo tanto se logran deformaciones más intensas.

Desventajas. 1.- El metal caliente se oxida rápidamente formando escamas, lo que produce malos acabados superficiales

2.- No se pueden mantener tolerancias precisas.

3.- El equipo para trabajo en caliente y los costo de

mantenimiento son elevados.

PRINCIPALES METODOS DE TRABAJO EN CALIENTE.

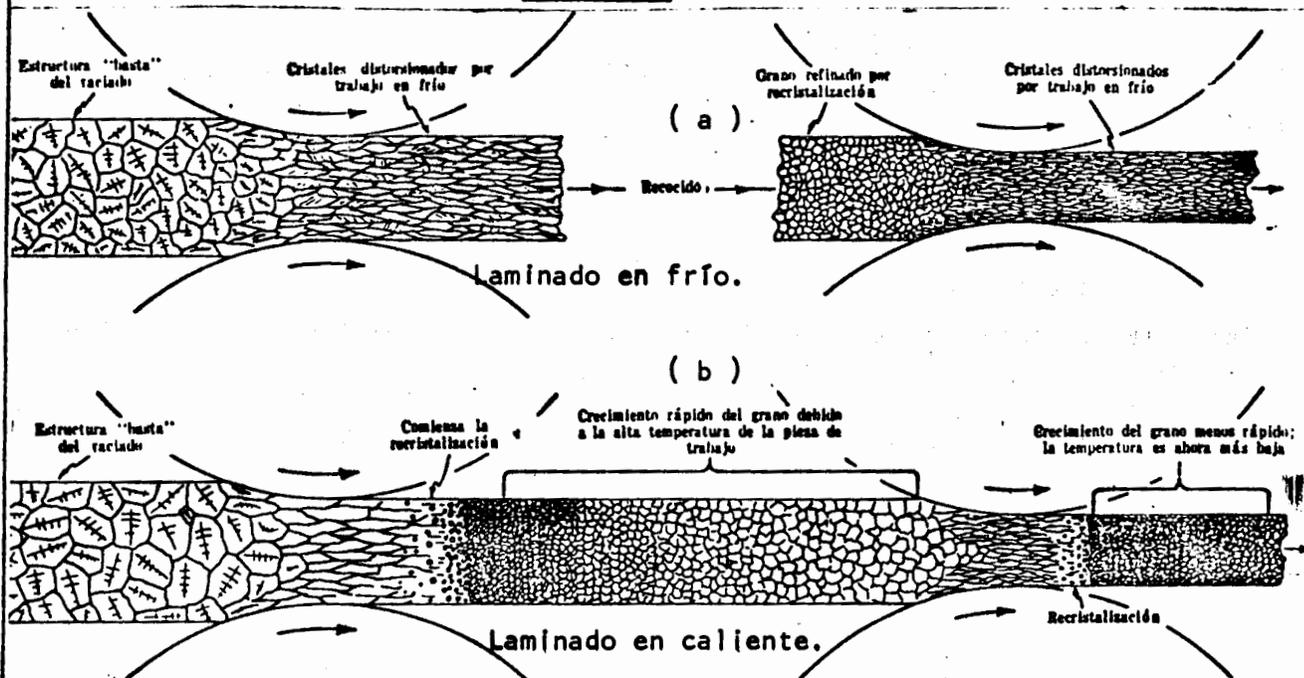
- I.- LAMINADO EN CALIENTE.
- II.- FORJA
- III.- FABRICACION DE TUBOS CON Y SIN COSTURA.
- IV.- ESTIRADO Y EMBUTIDO.
- V.- RECHAZADO EN CALIENTE.
- VI.- EXTRUIDO.

I.- Laminación en caliente. - Consiste en hacer pasar los lingotes (Previamente calentados a $1200 - 1300^{\circ}\text{C}$. en hornos llamados pozos de remojo) a través de una pareja de rodillos que giran en sentido opuestos, con lo cual se logra disminuir la sección del lingote y aumentar su longitud. (Fig. 2.)

La laminación puede ser de Desbaste y de Acabado. La primera realiza la transformación de los lingotes en LUPIAS, TOCHOS y LLANTONES, también llamados perfiles intermedios o productos semielaborados. Y la segunda transforma las lupias y tochos en barras y perfiles estructurales, y los llantones en placas y láminas. En el diagrama de fabricación del acero del Cap. I, se muestran -- gráficamente todos estos productos.

En la Fig. 1 se muestra el esquema del proceso y el efecto del laminado -- en caliente sobre la estructura del grano

FIGURA 1



En el laminado en caliente, conforme tiene lugar la deformación del metal en la abertura entre rodillos, la recristalización se inicia casi de inmediato, Fig. 1- b. Si se emplea un tren continuo en un proceso de laminado, la temperatura inicial del lingote deberá ser muy alta, en consecuencia, el crecimiento del grano seguirá a la recristalización. Nuevamente se tendrá -- distorsión de los cristales en el siguiente juego de cilindros y también será seguida de recristalización. Este proceso se repite sucesivamente para -- los distintos pares de cilindros; pero, siempre que la temperatura final no -- sea demasiado alta, el tamaño final del grano será satisfactorio.

La unidad de laminación más sencilla está formada de 2 rodillos cuyos

muñones se apoyan en dos bastidores, compuestos cada uno de una base, dos columnas y un larguero que las une. Ambos bastidores están a su vez unidos por otros elementos mecánicos que los mantienen en posición y dan solidez al conjunto. En la Fig. 3, se muestran los esquemas de un rodillo o roll de laminación, un bastidor y una caja o castillo de laminación.

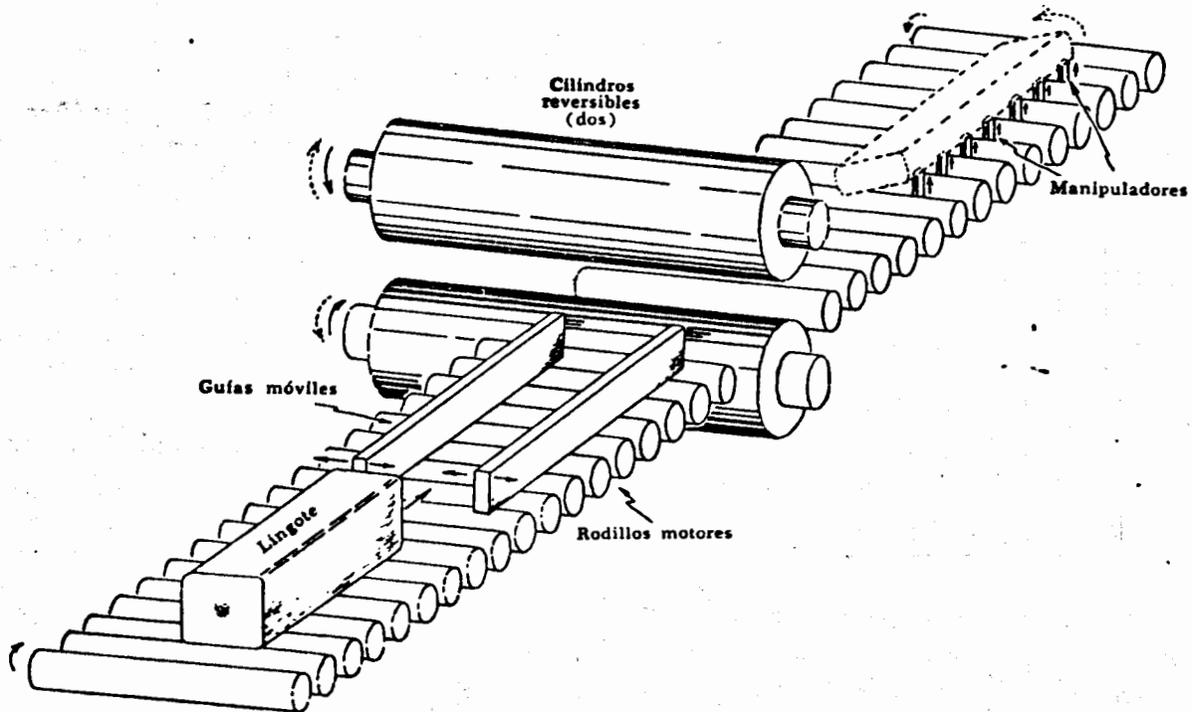


FIG. 2... Disposición de mesa de rodillos, guías y manipuladores en un tren de reducción primaria de dos cilindros

Al conjunto formado por 2 rodillos con sus bastidores y medios de accionamiento se le llama caja o castillo de laminación. Al agrupar varias cajas o castillos se constituye un Tren de Laminación.

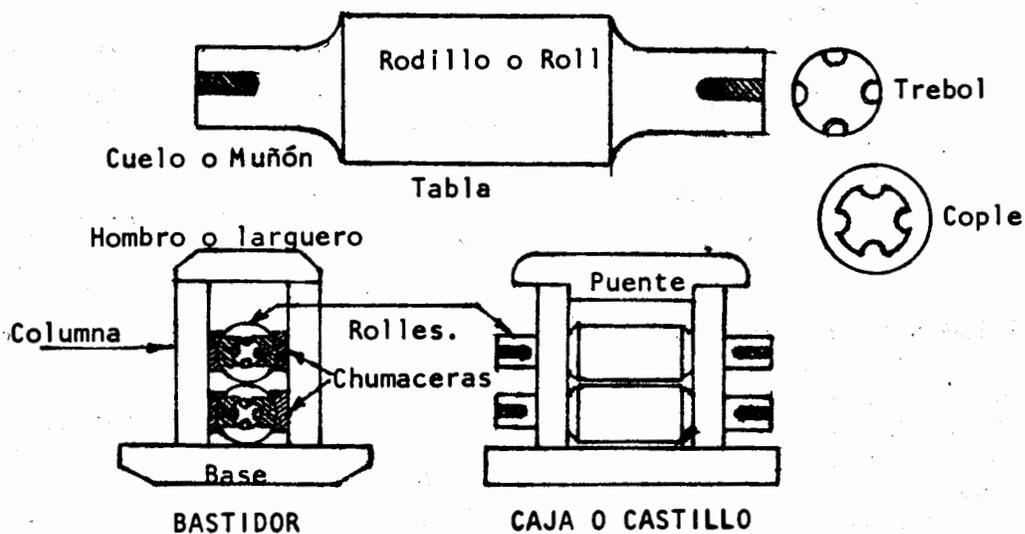


FIG. 3.- ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN CASTILLO DE LAMINACION

Los cilindros o rolles de los laminadores están accionados por motores -- eléctricos a través de un reductor de velocidad de engranes y una caja de ----

piñones Chevron que acopla a los cilindros. Los grandes laminadores de desbaste (Blooming) llevan un motor eléctrico de C.C. para el accionamiento independiente de cada roll.

TIPOS DE LAMINADORES.-

De acuerdo con el número de rodillos que tiene cada castillo de laminación, se clasifican en la forma siguiente:

1.- Laminador DUO.- Caja de 2 rodillos de ejes horizontales, colocados en un mismo plano vertical, pueden ser reversibles o no, los no reversibles requieren mesas elevadoras para su operación Fig. 4-a.

2.- Laminador TRIO.- Caja de 3 rodillos de ejes horizontales, colocados en un mismo plano vertical, los rodillos pueden ser del mismo diámetro, o en el centro puede ser menor. Sus movimientos están sincronizados por medio de engranes. Si el intermedio es de diámetro inferior su movimiento se realiza por fricción Fig. 4-b. En estas cajas se lamina en ambos sentidos empleando un sistema de mesas elevadoras.

3.- Laminador DOBLE DUO.- Fig. 4-c.

Se compone de 2 cajas tipo duo con sus ejes en dos planos verticales y paralelos, se acoplan para laminar en ambos sentidos.

4.- Laminador CUARTO Fig. 4-d

Estas cajas se componen de 4 cilindros colocados en un mismo plano vertical, siendo los rodillos exteriores solamente de apoyo y los interiores que son de menor diámetro, son los rodillos de trabajo.

5.- Laminador MULTIPLE.- Fig. 4-e.

Estos laminadores pueden tener 6, 12 y hasta 20 rodillos con arreglos muy variados. Fig 4-e.

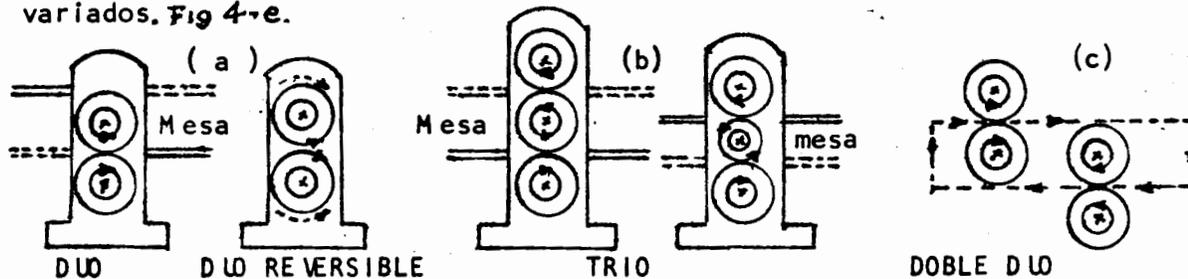
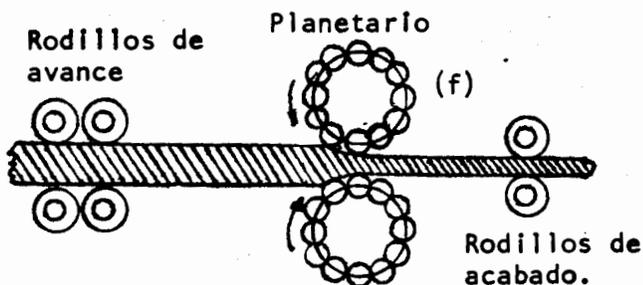
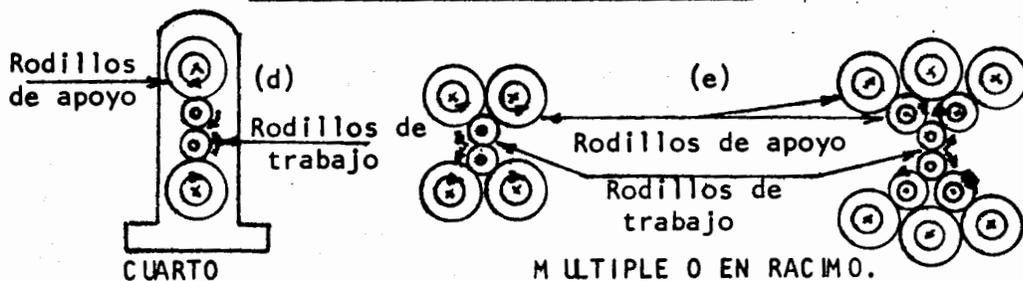
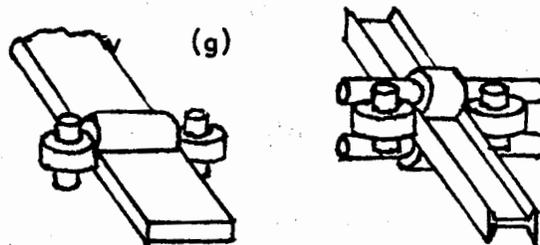


FIGURA 4.- TIPOS DE LAMINADORES.



LAMINADOR PLANETARIO (Sendzimir)



CAJAS UNIVERSALES.

En los laminadores multiples solo dos de los rodillos son de trabajo y los demás son de apoyo. Los rodillos de trabajo son forjados en tanto que los de -- apoyo son fundidos.

6.- Laminador PLANETARIO (Sendzimir Fig. 4-f.)

Este laminador permite hacer grandes reducciones en una sola planta, - llantones de 2 1/4" de espesor se reducen a láminas de 100 milésimas de pulgada. Los rodillos planetarios realizan el 85% de la reducción. El metal entra al la minador con una velocidad aprox. de 2 m/min. y sale a 30 m/min..

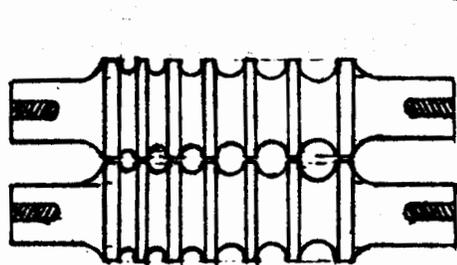
7.- CAJAS UNIVERSALES. (Fig.4-g)

Son castillos de laminación que tienen rodillos de ejes horizontales y de ejes verticales, que pueden estar en un mismo plano o en planos diferentes, su empleo es adecuado para la laminación de placas gruesa o de perfiles doble T.

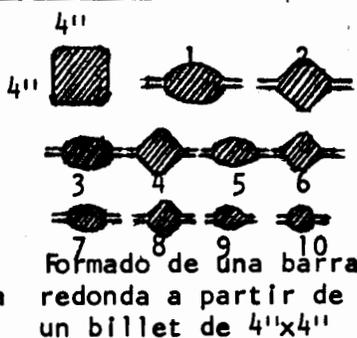
Los tipos de laminadores descritos se destinan a la fabricación de produc- tos planos, por lo tanto, la superficie de los rodillos será plana.

En la fabricación de barras y perfiles se requiere que los rodillos estén ranurados(acanalados), de manera de lograrse la deformación progresiva a partir de los productos semielaborados(Tocho, Billet o palanquilla), hasta transformar se en barras o perfiles terminados. En la Fig.5 una pareja de rodillos acanala dos para barra redonda, así como la secuencia de los pasos de formado de una ba rra redonda de 1/2" a partir de un billet de 4"x 4" y el formado de un perfil - doble T, un ángulo, una canal y un riel.

FIG URA 5



Rodillos acanalados para barra redonda.

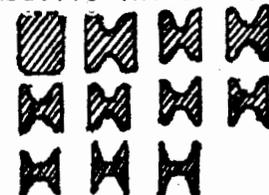


Formado de una barra redonda a partir de un billet de 4"x4"

Rodillo superior



Rodillo inferior.



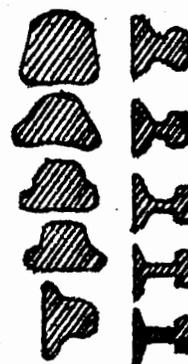
Formado de un perfil Doble T.



Formado de un ángulo



Formado de una canal



Formado de un riel

En las grandes plantas siderúrgicas, donde los volúmenes de producción son muy elevados, los trenes de desbaste, conocidos como Blooming y Slabbing, son generalmente del tipo duo reversible (Fig.2), en tanto que los trenes de acabado son trenes continuos o en tandem.

Los trenes de laminación para aceros se designan de acuerdo con el producto que en ellos se obtiene y son:

- 1.- Trenes desbastadores
- 2.- " de palanquilla
- 3.- " " alambrón. (o Fermachine.)
- 4.- " estructurales
- 5.- " comerciales
- 6.- " para chapa.

FAC. DE INGENIERIA
BIBLIOTECAS

En México el término tren es poco usual, se usa en lugar de éste el nombre de molino y así tendremos: Molino de desbaste, molino de palanquilla, molino de alambrón, etc.

1.- Molino desbastadores (Blooming - Slabbing) Fig. 2.

Emplean lingotes previamente calentados en los hornos de foso, con pesos de 5, 10 y hasta 20 tons. Los Blooms o tochos son de sección cuadrada con aristas redondeadas y medidas que van desde 120 hasta 500 mm. por lado. Los Slabs o llantones son de sección rectangular con medidas hasta de 300 x 1800 mm.

Los cilindros de laminación tienen diámetros que varían de 700 a 1350 mm., de ellos el inferior es fijo y el superior se desplaza hacia arriba y -- hacia abajo con una amplitud hasta de 2000 mm. En los equipos modernos se accionan por servomotores a distancia para dar el apriete y en su movimiento de rotación son accionados por motores de C.C. de hasta 6000 H.P.

2.- Molinos de palanquilla o billet.

Estos molinos reciben un producto ya desbastado en forma de tochos de 200 a 300 mm. por lado, reduciéndolos a palanquilla o billet de 40 a 125 mm. por lado. Los molinos de palanquilla son generalmente continuos y en ellos -- también se pueden obtener llantones (Sec. rectangular) con espesores de 10 a 125 mm. y anchos de 200 a 600 mm.

3.- Molinos para alambrón (o Fermachine)

Se llama Fermachine o alambrón al redondo de acero de 5 a 8 mm. de -- diámetro, destinado a la fabricación de alambres por trefilado.

Para la fabricación del alambrón se parte de palanquilla, empleando -- molinos continuos formados de 3 secciones; una de preparación o desbaste, una intermedia y una de acabado. La primera consta de 9 cajas, la segunda de 4 y la tercera de 8. Al final de la última se elimina el óxido de hierro (cascari -- lla), pulverizando agua sobre el material y ventilando fuerte la bobinadora donde se arrolla el alambrón para el transporte.

4.- Molinos de perfiles estructurales.-(Fig.5)

Se destinan a la fabricación de perfiles pesados como ángulos de 4" a 6", viguetas doble T de 8" a 20" y canales de 8" a 12". Se parte de tochos -- semielaborados y se emplean 2 o 3 cajas duo en línea, siendo la primera preparadora, la segunda intermedia, si la hay y la tercera acabadora

5.- Molino de barras y perfiles comerciales (Fig.5)

Se emplean para la fabricación de barras y perfiles de pesos mediano y pequeño. Se parte de productos semielaborados obtenidos del desbaste, con -- las secciones adecuadas. Los molinos son generalmente continuos y usan de 14 a 18 cajas repartidas en 3 grupos; uno de desbaste, uno preparador y uno de acabado.

6.- Molinos para chapa o plancha (Fig.6)

Para la laminación de chapa o plancha se emplean varios tipo de -----

molinos, molinos para chapa gruesa, para banda en caliente, para banda en frío y molinos planetarios.

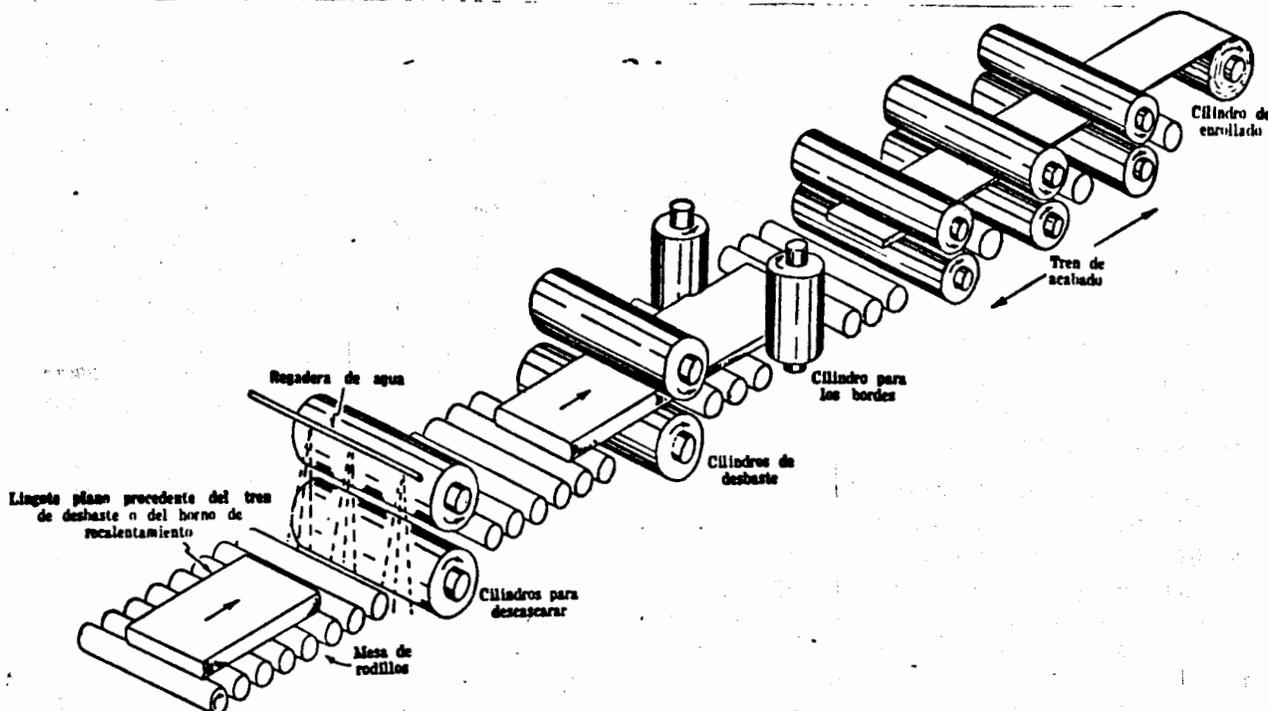


FIG. 6. . . Disposición esquemática de una laminadora continua para lámina

La chapa gruesa se fabrica a partir de llantones o slabs obtenidos del desbaste, empleando laminadores del tipo duo Fig.2). Los molinos para banda en caliente emplean llantones con anchos de 1.00 a 2.50 m., previamente calentados a temperaturas adecuadas (1200°C.aprox.). Se usan molinos continuos semejantes al de la Fig. 6., donde la primera caja se encarga de descascarar el material con reducciones de unos 5 mm., a continuación la banda caliente pasa por 7 cajas acabadoras, para finalmente ser cortada a medida mediante una cizalla colocada a la salida de la última caja. Si el espesor de la banda es inferior a 5 mm. se arrolla por medio de bobinadoras.

Por medio de molinos continuos para laminación en caliente y partiendo de un llantón de 100 o 200 mm. de espesor, se obtienen bandas de 1.5 mm o 4.75 mm. con longitudes de 500 y 200 m. respectivamente.

Los molinos para bandas en frío se destinan a obtener láminas de espesores inferiores a 1.5 mm., que por ser laminadas en frío se endurecen por la acritud, lo cual obliga a dar un recocido al material al final del proceso, empleando un horno de campana y un sistema de decapado continuo en el que pasa la lámina por tanques que contienen ácido sulfúrico al 20% y temperatura de 80°C., que después se enjuagan en agua caliente y se secan al aire a 75°C.

Los molinos de laminado en frío están compuestos de 3 a 5 cajas de cuatro rodillos cada una (laminador cuarto); los dos interiores de menor diámetro son los de trabajo y se hacen forjados y los exteriores de mayor diámetro son los de apoyo y se hacen fundidos.

Partiendo de bobinas de chapa de 1.25 a 5 mm. de espesor se obtienen láminas de 0,40 y 0.20 mm., en molinos continuos en frío de 3 y 5 cajas respectivamente.

Los molinos planetarios Sendzimir para laminación en caliente, están compuestos de un gran cilindro de apoyo y numerosos cilindros en su periferie de (Fig. 4) pequeño diámetro, además llevan 1 o 2 parejas de rodillos empujadores y una pareja de rodillos acabadores. Este tipo de laminadores pueden hacer reducciones hasta del 96%.

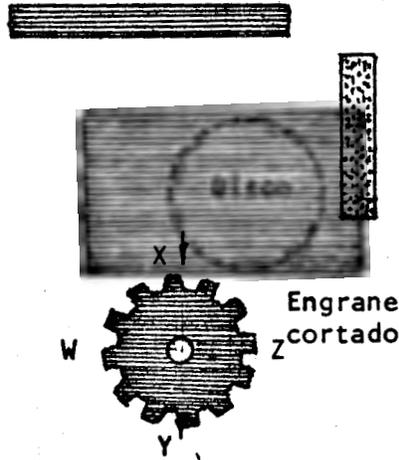
II.- FORJA.

La forja es el trabajo de un metal por medio de fuerzas de compresión localizadas, aplicadas con martillos manuales o mecánicos, prensas o máquinas de forja especiales. La forja puede hacerse en caliente o en frío, pero cuando es en frío los procesos reciben generalmente nombres específicos. En consecuencia el término FORJA se asocia generalmente al trabajo en caliente de los metales.

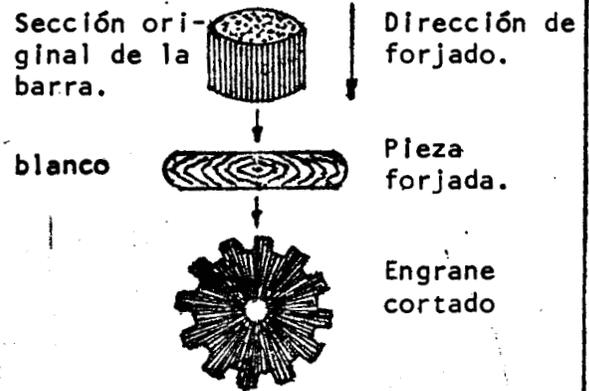
La forja prevee todos los beneficios del trabajo en caliente, pero es de vital importancia que en el diseño de una pieza forjada se asegure que las fibras tengan la orientación adecuada a su máxima resistencia. En la Fig.7 se muestra graficamente la importancia que tiene la orientación de las fibras en el diseño de piezas forjadas.

FIGURA 7.

Pieza Laminada



Pieza forjada.



El engrane obtenido partiendo de una placa laminada, muestra la debilidad de los dientes en la región X e Y, debido a la orientación de las fibras, en tanto que el engrane obtenido de una pieza forjada (Blanco), todos los dientes del engrane presentan la orientación de las fibras segun W Z que es la de máxima resistencia.

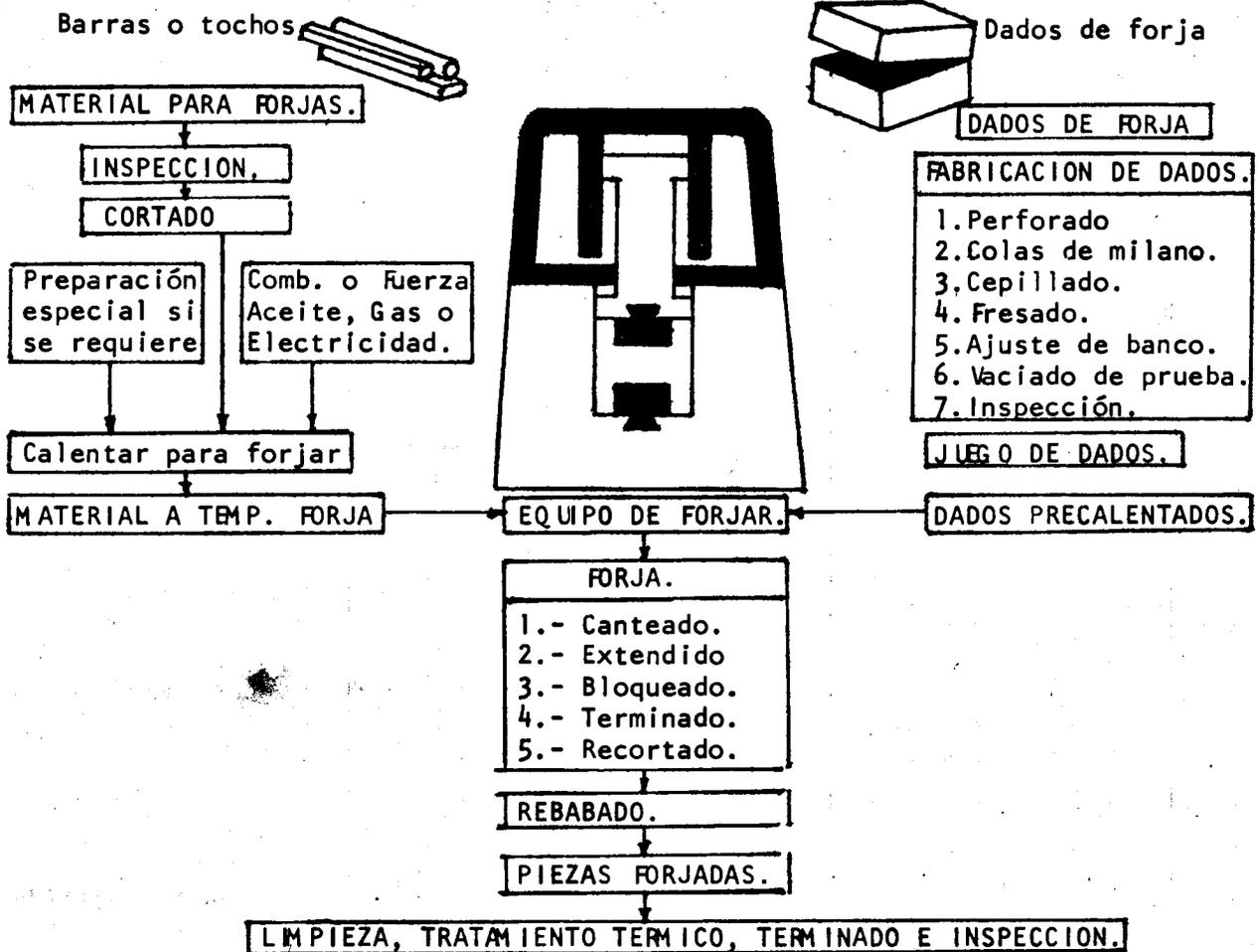
Técnicamente, la forja puede ser definida como el proceso para dar al metal un incremento de utilidad formando, refinando y mejorando sus propiedades mecánicas a través de deformaciones plásticas, controladas bajo impacto o presión. Pero el verdadero significado de la forja puede ser reconocido más claramente, considerando la variedad de formas útiles al servicio de la humanidad y las importantes características que las piezas forjadas ofrecen a quienes las diseñan compran y usan.

Las piezas forjadas son utilizadas comúnmente en máquinas y vehículos a extremos críticos de impacto y esfuerzo y en forma particular, cuando la confiabilidad y seguridad son afectadas. La gran variedad de formas, medidas y propiedades obtenidas, las hace económicamente competitivas con partes producidas por otros métodos con materiales equivalentes.

Dentro de la amplia gama de propiedades que pueden lograrse mediante la forja destacan las siguientes:

Alta resistencia, Integridad estructural, Resistencia al Impacto y a la fatiga, Uniformidad del material, Uniformidad dimensional y un amplio rango de materiales y propiedades.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS OPERACIONES TÍPICAS EN LA PRODUCCION DE FORJAS.

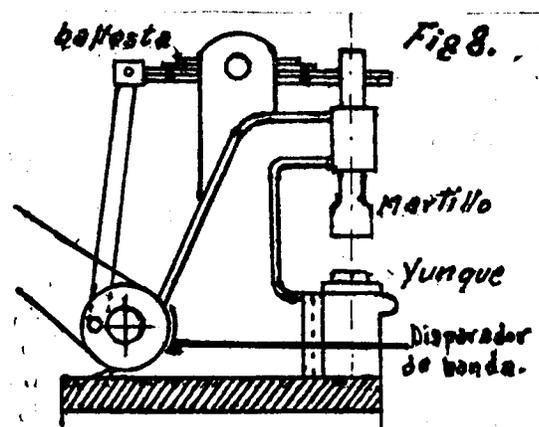


PROCESOS COMUNES DE FORJADO.

- a) Forja con martillo o de herrero
- b) Forja con martinete.
- c) Forja con prensa o a presión.
- d) Forja de recalado.
- e) Forja de laminado.
- f) Forja de estampado.
- a) Forja con martillo o de herrero.

Este tipo de forjado consiste en martillar el metal caliente ya sea con herramientas manuales o con martinets mecánicos. El forjado a mano como lo hace el herrero se usa para trabajos de reparación o mantenimiento y en la producción de partes pequeñas tales como ganchos, cinceles - herramientas de corte, abrazaderas en U, etc., de las cuales se requieren pequeñas cantidades. En la forja de herrero se emplea como fuerza forjadora martillos de vapor, de aire y de gravedad o también prensas mecánicas o hidráulicas.

Los forjados que varían desde unos cuantos Kgs. hasta cerca de 100 tons. - producen usando desde un martinete de ballesta o resorte Fig.8., hasta los



pesados martillos de vapor de bastidor abierto Fig. 9. o los de doble bastidor como el de la fig.10., dependiendo del tamaño y forma de las piezas a formar.

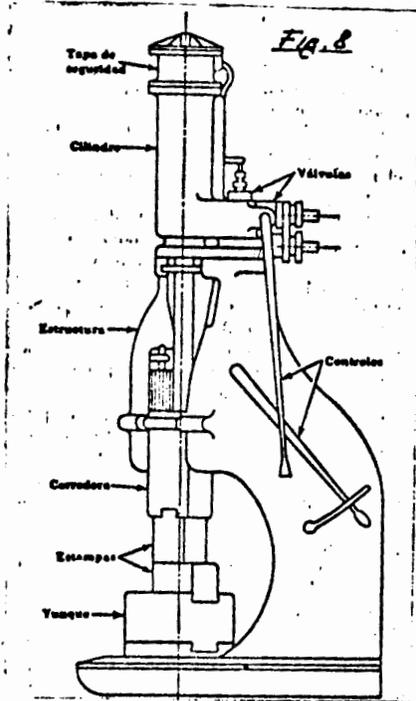


FIG. 9 MARTILLO DE BASTIDOR ABIERTO

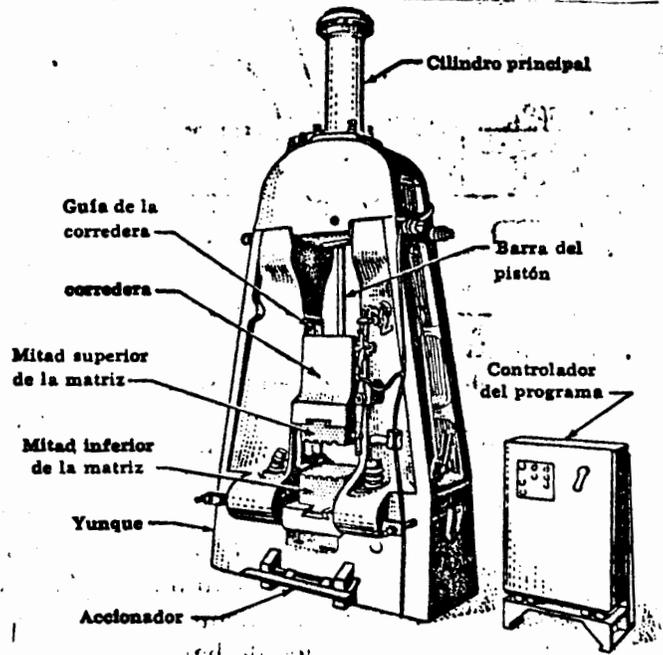


FIG. 10 MARTILLO DE CAIDA POR GRAVEDAD Y PISTON ELEVADOR

Los martillos de bastidor abierto tienen capacidades hasta de 2500 Kgs., - en tanto que los de doble bastidor llegan a capacidades hasta de 10 veces mayores. En la fig. 11 se muestran juegos de dados para formados planos, en V y en media caña, así como herramientas manuales de formas especiales que se colocan entre el martillo y la pieza a formar.

Cuando las piezas a forjar son excesivamente grandes, se requieren elementos de sujeción especiales como el indicado en la Fig. 12., donde se necesita una barra sujetadora y una cadena suspendida de una grúa viajera. El personal necesario estará integrado por el herrero y por lo menos 2 ayudantes.

FIG URA 11

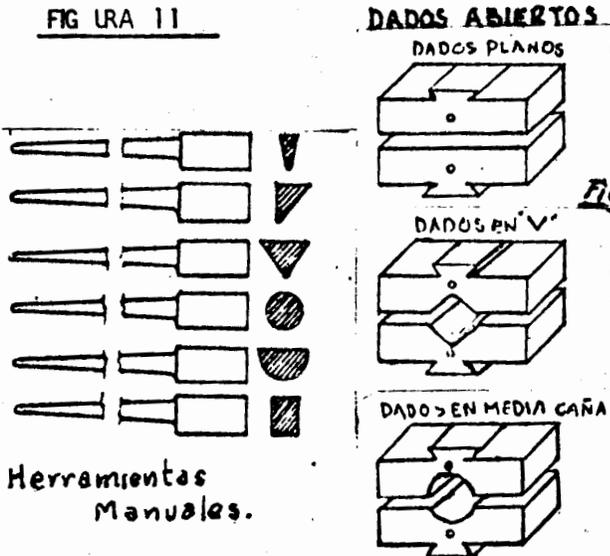
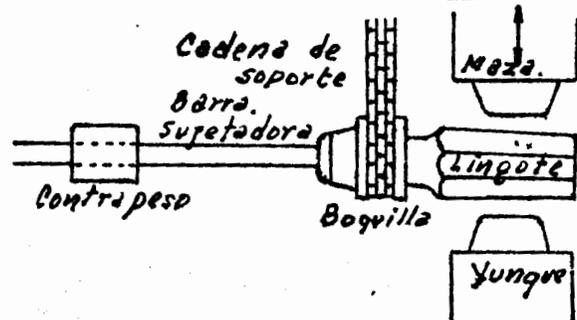


FIG URA 12



Dispositivo de sujeción para piezas forjadas muy grandes.

El yunque y el martillo son chatos, así que el operador obtiene la forma deseada en la pieza, girándola y manipulándola entre golpe y golpe del martillo.

b) forja con martinete.

Si bien la forja de herrero es simple y flexible, el método no se presta para la producción masiva, ya que es lenta y la forma y dimensionado dependen exclusivamente del operario.

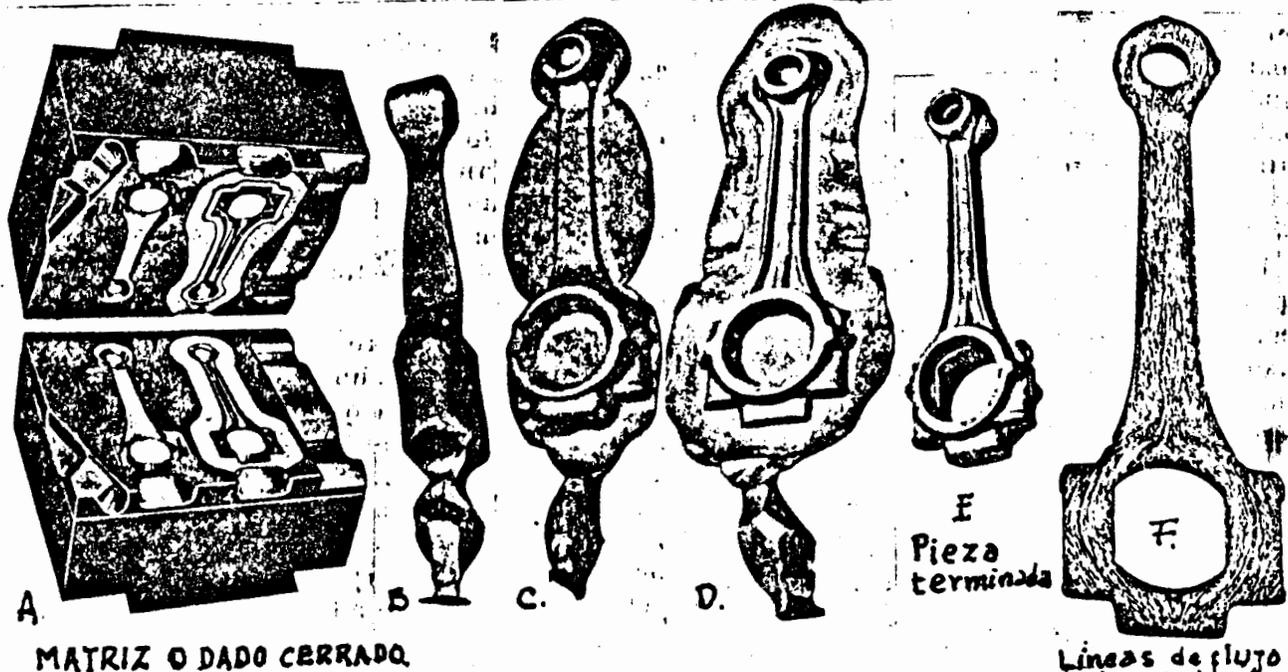
En la forja con martinete se pueden usar matrices abiertas o cerradas, un ejemplo de las primeras son los dados planos, en V y en media caña, mostrados en la Fig. 11. Como ejemplo de las segundas tenemos el juego de matrices o dados presentados en la Fig. 13, donde se muestran los pasos sucesivos realizados en el forjado de una biela.

La forja con martinete se caracteriza por producir afino del grano, con -- golpes fuertes y espaciados deforma el nucleo, entanto que con golpes suaves y rápidos solo deforma superficialmente.

Las matrices, dados o estampas, se fabrican en 2 partes, de las cuales, la mitad superior se coloca en la corredera, sujetándola mediante la espiga y caja a cola de milano que tienen la matriz y el martinete respectivamente, la otra mitad se coloca en el yunque en igual forma.

El proceso se realiza colocando el metal caliente en la cavidad inferior de la matriz y golpeando varias veces con la parte superior, de manera de obligar al metal a fluir y llenar las cavidades del molde. El exceso de metal es -- comprimido entre las caras de la matriz y alrededor de la cavidad, el cual es eliminado posteriormente en forma de rebaba con una matriz recortadora.

FIG URA 13.- PASOS SUCESIVOS REALIZADOS EN LA FORJA DE UNA BIELA.



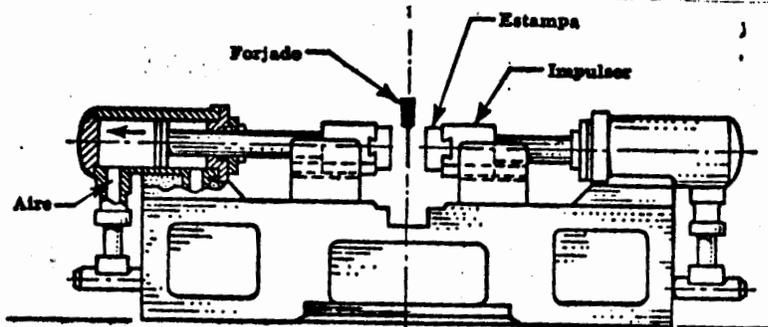
MATRIZ O DADO CERRADO.

La mayoría de las matrices cerradas tienen cavidades múltiples, en la figura anterior se muestran los pasos sucesivos y la forma final de la pieza. La primera preforma B se le llama canteado, capado o doblado y tiene por objeto -- distribuir el material aproximadamente, según los requerimientos de la forma. La forma intermedia C, se llama bloqueado, llena la cavidad a su forma casi final. El último paso da la forma y dimensiones finales de la pieza y se llama Terminado.

Como todas las piezas son conformadas en un juego de matrices, las piezas obtenidas son casi idénticas, salvo el pequeño desgaste de las matrices.

Una modificación al proceso de forja con martinete se conoce como forja de impactos. La máquina de forja por impacto consta de 2 martinetes horizontales - que se mueven simultáneamente y forjan la pieza colocada entre ellos Fig. 14.

FIG. 14.- PRENSA HORIZONTAL DE FORJA POR IMPACTOS.



Como la pieza no está -- apoyada en un yunque; no se pierde ninguna energía en la cimentación de la máquina como ocurre con los martinetes convencionales, sino que toda la energía de ambos martinetes se emplea en la deformación de la pieza.

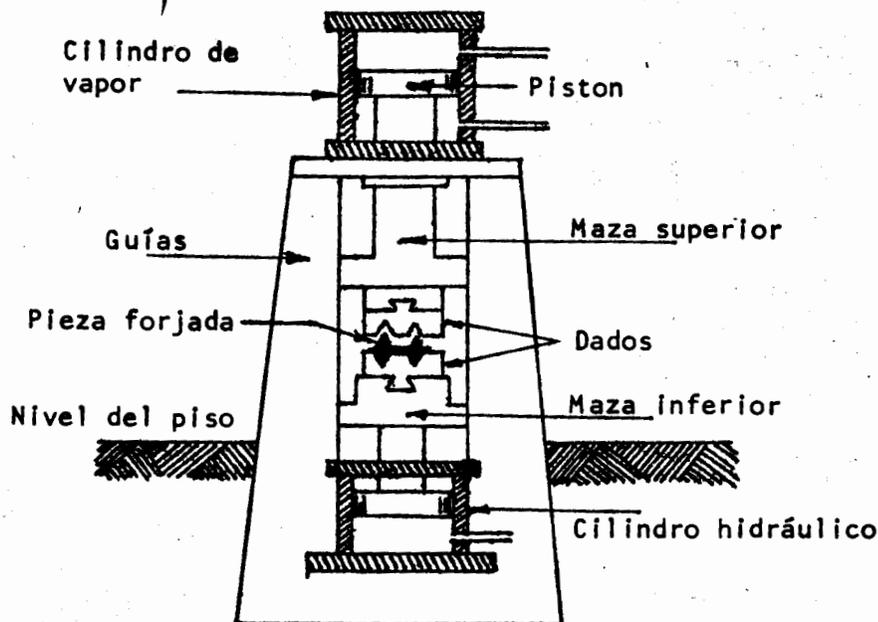
Las máquinas de este tipo operan más silenciosamente y producen menos vibraciones.

Para muchas operaciones ésta máquina puede operar casi totalmente automática y colocarse en una línea de producción, calentándose el material por inducción y alimentando la máquina por medio de dispositivos mecánicos.

Otra máquina que actúa con el sistema de forja por impacto, se conoce con el nombre de MARTILLO VERTICAL TIPO CONTRAGOLPE, o martillo de contra percusión, el cual tiene la particularidad de que el yunque es móvil, constituyendo una maza inferior que avanza simultáneamente con la maza superior, para chocar en la parte media y provocar la deformación de la pieza. La figura 15 muestra el esquema de este tipo de máquinas.

FIGURA 15.- MARTILLO VERTICAL DE CONTRA GOLPE.

(Activado por combinación de sistemas hidráulicos y de vapor)



c) Forja con prensa o a presión.

La forja con prensa se caracteriza por emplear una acción lenta de compresión para deformar el metal plástico, en contraste con el rápido impacto de un martinete, en el cual gran parte de la energía del impacto es absorbida por la

máquina y la cimentación.

La lenta acción de compresión de una prensa de forjar es transmitida en su totalidad a toda la sección de la pieza a formar, lo que permite forjar piezas de grandes dimensiones. Debido a su forma de acción, se logra mayor deformación del núcleo que de la superficie, lo que mejora la macroestructura, (Fibra) no así el afino del grano.

Las prensas de forja son por lo general del tipo vertical, accionadas mecánica o hidráulicamente. Las mecánicas que son de operación más rápida, tienen capacidades que van de 500 a 10,000 Tons y son las más comúnmente usadas, aunque llegan a construirse en capacidades de 18,000, a 35,000 y hasta 50,000 Tons.

Las prensas mecánicas se usan mucho para forjado con dados cerrados y solo se requiere, normalmente, una carrera de la corredera para efectuar la operación de forja. La máxima presión se desarrolla al final de la carrera.

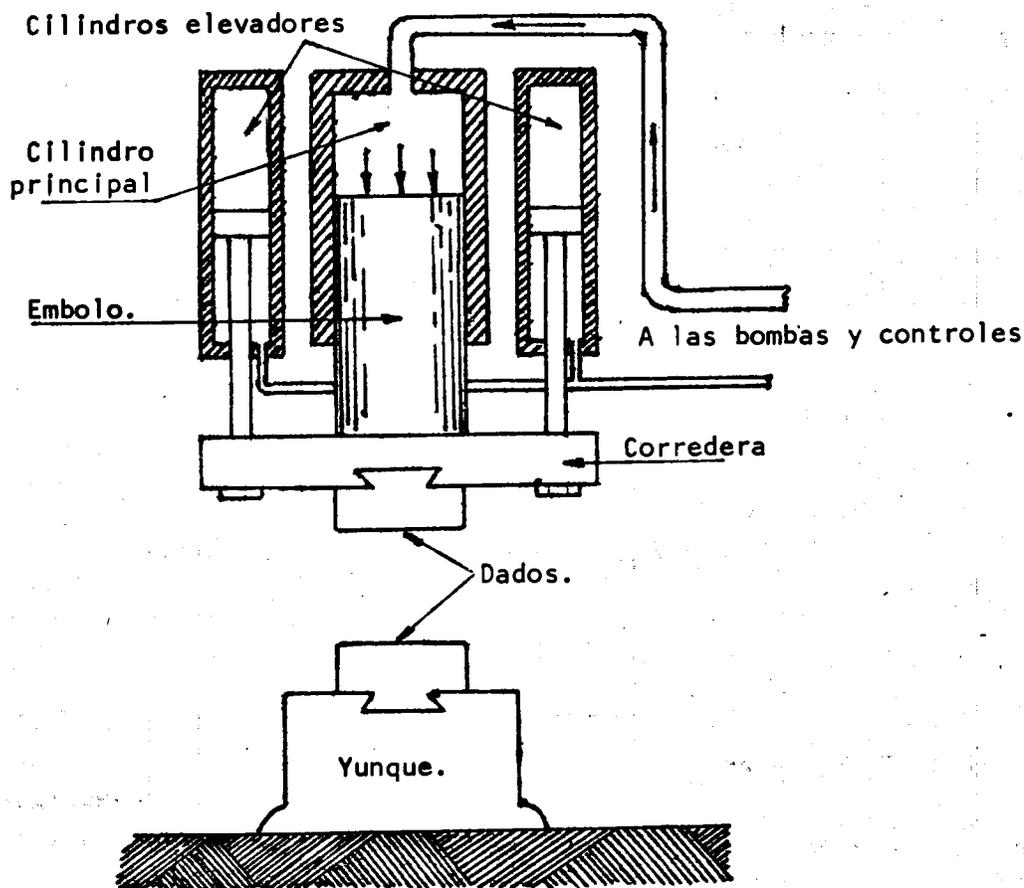
En estas prensas de acción rápida la corredera es forzada hacia abajo por medio de un mecanismo de manivela y junta articulada, impulsadas eléctricamente.

Las prensas hidráulicas Fig. 16. se usan para trabajos pesados y son operadas generalmente por bombas que aumentan la presión del aceite o del agua, la cual transmiten a los cilindros que elevan el émbolo o lo forzan hacia abajo.

La presión de forja puede variarse, ya sea continuamente o en incrementos, dentro de la capacidad normal de la prensa. La figura 16 muestra el esquema del principio de accionamiento de una prensa hidráulica pesada.

Las prensas de forja suelen ser usadas para operaciones de calibrado, en partes hechas por otros procesos de forja, esto se debe a que los forjados en prensa dan superficies de acabado más tersas y tolerancias más precisas.

FIGURA 16.- ESQUEMA DE UNA PRESNA HIDRAULICA PESADA.



d) Forja de recalcado.

Este proceso fue desarrollado originalmente para el formado de las cabezas de pernos y tornillos, pero actualmente se emplea para producir una gran variedad de componentes entre los que figuran principalmente válvulas, ejes traseros de automóvil, discos para coples, etc. (Fig. 17.). El recalcado consiste básicamente en aumentar la sección de una barra (generalmente redonda) a costa de una disminución en su longitud

El recalcado impone la sujeción de una barra de sección uniforme en mordazas y la aplicación de presión sobre un extremo libre y caliente, ocasionando - que éste se recalque y tome una forma terminada.

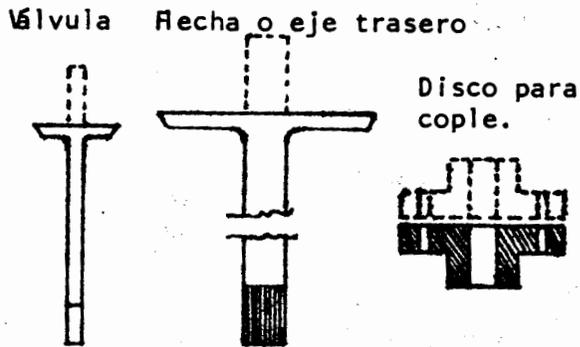


FIG.17.- PIEZAS TÍPICAS FORMADAS POR RECALCADO.

Las máquinas empleadas para estos procesos se designan con el nombre de recaladoras o cabeceadoras (Fig.18) y son prensas horizontales de doble acción

Las piezas forjadas se producen sin desprenderlas de los extremos de las barras. La mitad fija del dado, que corresponde al yunque de un martillo de forja, consta de un par de quijadas de sujeción que tienen ranuras semi-circulares maquinadas en la superficie de unión, estas ranuras tienen dimensiones tales que cuando las dos mitades del dado fijo se

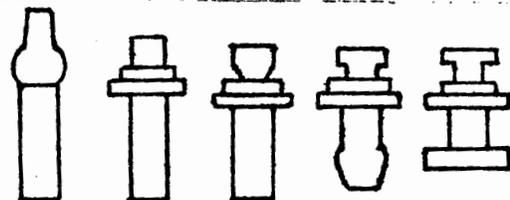
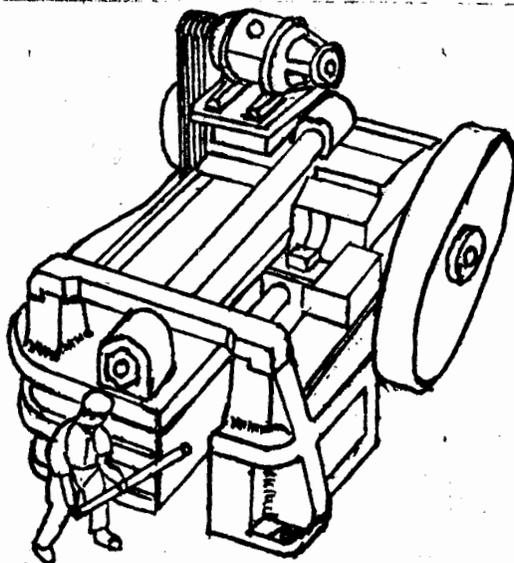
cierran, sujetan firmemente la barra de material.

La longitud de la barra que se ha de recalcar, se calienta en su extremo y luego se inserta entre las quijadas del dado fijo hasta que se encuentre un tope. Este tope está colocado de manera que la cantidad de metal requerida para formar la cabeza, se proyecta más allá de las quijadas del dado fijo. Ahora se arranca la máquina oprimiendo un pedal, el dado de sujeción se cierra y el dado móvil golpea al extremo caliente de la barra dándole forma.

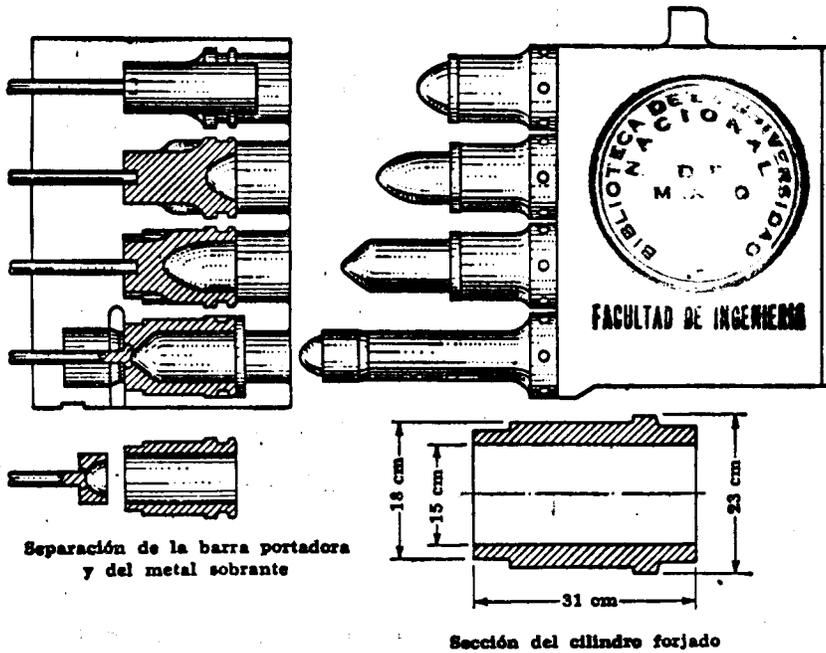
El dado móvil tiene tal conformación que produce una cabeza con las dimensiones requeridas. Terminada la operación la máquina continúa su ciclo y el dado móvil se retracta y al mismo tiempo se abre el dado de sujeción.

Para el forjado de recalcados complejos se emplea una máquina que tiene varios dados, como la indicada en la Fig. 19, en la cual se coloca la barra y va pasando de uno a otro dado de formado hasta que se termina la operación.

FIG. 18 MAQUINA RECALCADORA FORJANDO UN EJE TRASERO PARA AUTOMOVIL.



Secuencia de los pasos de formado de una pieza forjada en una máquina de dados -- múltiples, semejante a la de la Fig. 19.



Separación de la barra portadora y del metal sobrante

Sección del cilindro forjado

FIG. 19.- SECUENCIA DE OPERACIONES PARA FORJAR UN CILINDRO EN UNA PRENSA DE RECALCAR.

En el diseño de dados para forja por recalco, se deben de tener en cuenta las 3 reglas básicas siguientes:

1.- La longitud L de metal no soportado, que puede recalarse con un solo golpe, sin riesgo de pandeo serio, no debe ser de más de 3 veces el diámetro D , Fig. 20 A. En la práctica L se mantiene abajo de 2.5 D .

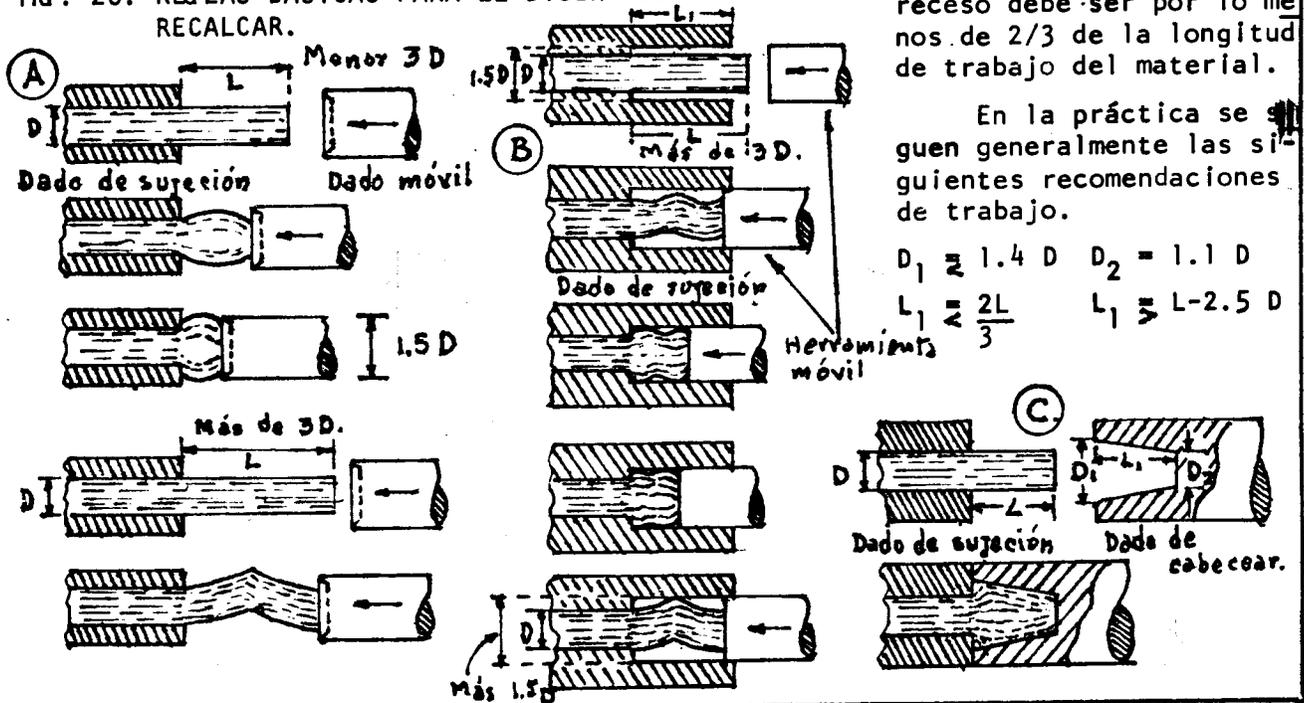
2.- Cuando la longitud L de metal no soportado no es mayor de 3 veces el diámetro D de la barra, el máximo diámetro que se obtiene en la sección transversal, con un solo golpe, es de 1.5 veces el diámetro de la barra (Fig. 20 B). En la práctica se toma 1.4 D .

3.- Un tramo de barra con longitud superior a 3 veces D , puede ser recalcado de un solo golpe, siempre que se use un dado del tipo mostrado en la Fig. 20 B

Aquí el diámetro de la impresión del dado no debe exceder de 1.5 D y la longitud de la barra ($L-L_1$) que se proyecta sobre la cara del dado, debe ser inferior al diámetro de la barra D . en la práctica $L_1 > L - \frac{D}{2}$.

Cuando el material a cabecear es mayor de 3 D , puede ser soportado contra un pandeo serio, por medio de un receso en el dado de cabeceado, Fig. 20 C. Puesto que el dado no se abre como el dado de sujeción, el receso debe ser cónico, de manera que la porción recalcada pueda retirarse al final de la carrera. El diámetro no debe exceder de 1.5 D en la boca D_1 del receso y de $1 \frac{1}{8} D$ en el fondo D_2 , la longitud del receso debe ser por lo menos de $\frac{2}{3}$ de la longitud de trabajo del material.

FIG. 20.-REGLAS BASICAS PARA EL DISEÑO DE DADOS PARA RECALCAR.



En la práctica se siguen generalmente las siguientes recomendaciones de trabajo.

$$D_1 \approx 1.4 D \quad D_2 = 1.1 D$$

$$L_1 \approx \frac{2L}{3} \quad L_1 \approx L - 2.5 D$$

METALES Y ALEACIONES PROPIAS PARA FORJADO.

Aunque la gama de aleaciones y metales que pueden ser forjados con éxito es muy grande, la facilidad con que puede llevarse a cabo el forjado en caliente varía considerablemente entre una aleación y otra. Mientras que una forma de acero dulce puede obtenerse por un solo golpe de martillo, para producir la misma forma en una pieza similar de aleación Nimonic, pueden requerirse muchos golpes de martillo con operaciones intermedias de recalentamiento. Este es un caso extremo, ya que las aleaciones Nimonic son difíciles de forjar precisamente por las propiedades que las hacen útiles, es decir, la retención de su resistencia mecánica a temperaturas elevadas.

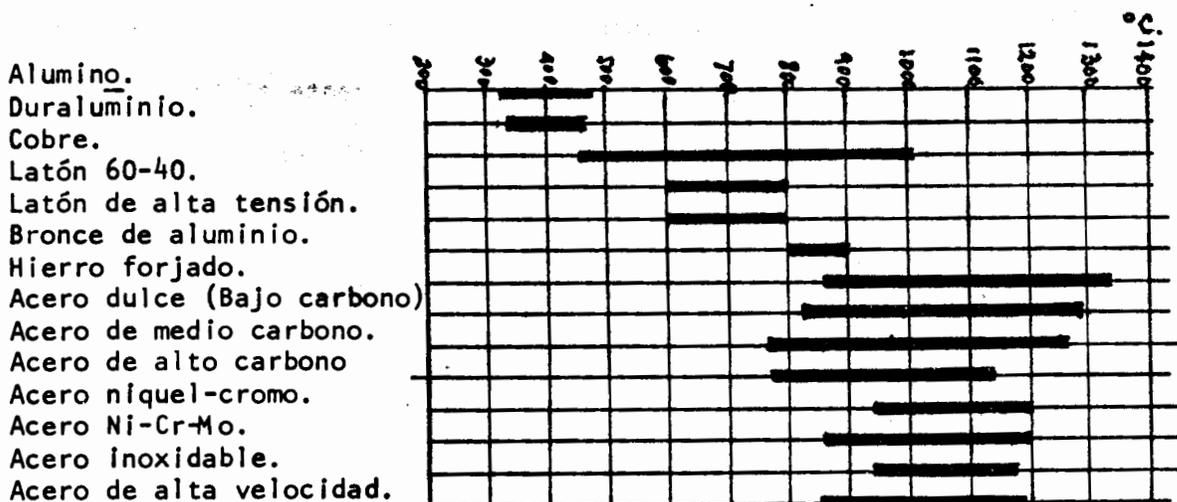
En el forjado con dados cerrados, la vida del dado esta relacionada con el tipo de aleación que se forja. En términos generales, los aceros de alto carbono y los que tienen aleaciones de cromo, vanadio y tungsteno, reducirán la vida del dado, debido a la acción abrasiva que tienen los carburos duros sobre su superficie.

Además de los aceros comunes al carbono, grandes cantidades de aceros de baja aleación de los tipos cromo-níquel y níquel-cromo-molibdeno, son formados por el proceso de forja en dado cerrado para la producción de partes sujetas a altos esfuerzos, tales como flechas y otras partes automotrices. Los aceros --inoxodables también se forjan con éxito, aunque provocan en los dados un desgaste considerable.

Muchas de las aleaciones no ferrosas son también adecuadas para forjarse. En particular, las aleaciones estiradas de aluminio, del tipo tratado térmicamente, encuentran amplia aplicación en la industria aeronáutica para muchos componentes asociados, con la construcción de motores. Puesto que la relación de resistencia-peso es tan importante en aeronáutica, se usan también piezas forjadas en aleaciones a base de magnesio.

De las aleaciones a base de cobre, las aleaciones forjables más conocidas se encuentran en la clase 60-40 de los latones, aun cuando pueden forjarse con éxito, bronce de aluminio 95-5, cupro-níquel y cobre puro.

ZONAS DE TEMPERATURA DE FORJA EN ALEACIONES FORJABLES



DE FECTOS DE FORJADO.

Los defectos de forjado pueden deberse a fallas en la estructura o composición de la aleación, pueden presentarse durante el proceso de calentamiento, o bien producirse por una mala técnica de forjado o por el uso de equipos o dados mal diseñados.

Las fallas del material incluyen defectos superficiales en las barras, --

áreas fuertemente segregadas^o solidificadas e inclusiones de varios tipos. Estas fallas, así como las variaciones en las especificaciones respecto a la composición, pueden detectarse por la inspección rigurosa al llegar el material al almacén.

El sobre calentamiento o el reposo del metal durante demasiado tiempo a una alta temperatura, antes del forjado, pueden conducir a la oxidación excesiva de la superficie, ocasionando depresiones poco profundas en la superficie de la piezas después del proceso de forja.

Los defectos más serios que pueden presentarse durante las operaciones de forja son:

1.- Formación de pliegues fríos.

Se deben generalmente a mal diseño de los dados Fig.21-a., o a la mala posición de la pieza de trabajo en la cavidad del molde. La esquina pronunciada en X causa el flujo del metal a través del dado, en lugar de que siga su contorno y, al cerrarse éste, se produce un doble en el metal que origina el pliegue frío.

2.- Grano grande.

Se suele presentar en el forjado final, debido a que la temperatura de acabado sea demasiado alta. Este defecto será menos importante en el caso del acero si después de forjado ha de seguir un tratamiento de normalización.

3.- Mala impresión.

Esto puede ser causado porque el metal no llene correctamente la cavidad del dado debido a que la piezas de trabajo sea de tamaño inadecuado o sea forjada a temperatura muy baja. También puede ser un mal diseño del dado el que ocasione una mala fluidez del metal.

4.- Roturas del flujo de fibras.

Este se revelará cuando se examine una macrosección de la pieza forjada. Las fibras rotas se traducen en una disminución de las propiedades mecánicas, y el defecto es causado por el flujo demasiado rápido en el metal a ángulos rectos con la dirección original de las fibras durante el forjado.

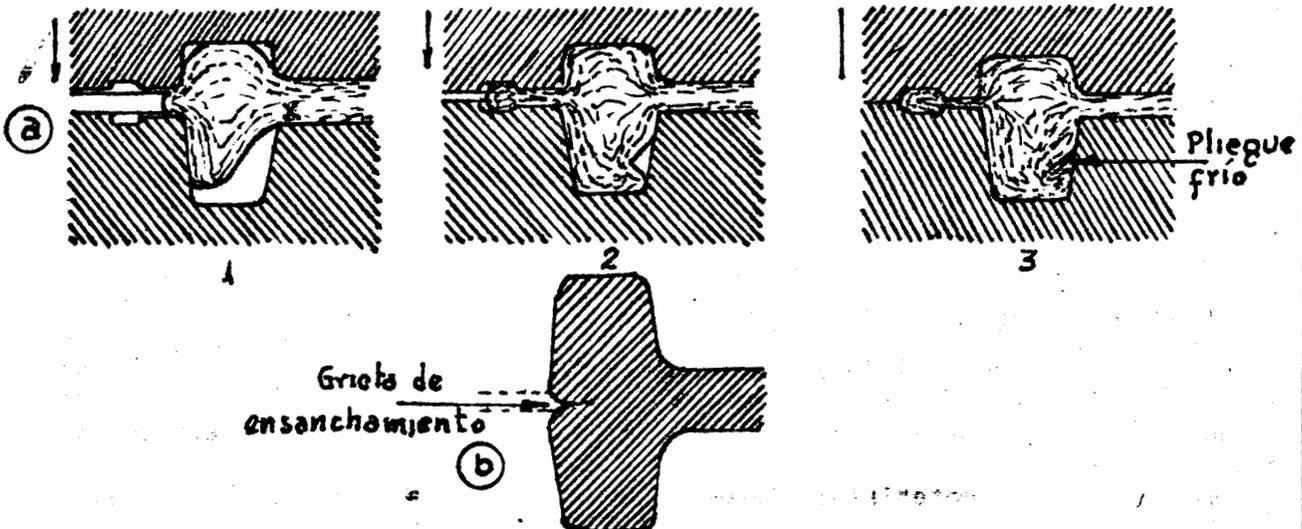
5.- Forjados desplazados.

Se producen cuando los bloques superior e inferior del dado están fuera de alineamiento durante el proceso de martilleado.

6.- Grietas de ensanchamiento.

Se presentan si la reducción en espesor durante el forjado es excesiva. Estas grietas en los forjados de acero (Fig.21-b), pueden desarrollarse -- después del forjado o aun después del tratamiento térmico subsecuente.

FIG. 21.- DEFECTOS DE FORJADO.



e) Forja de laminado (o forja con rodillos.)

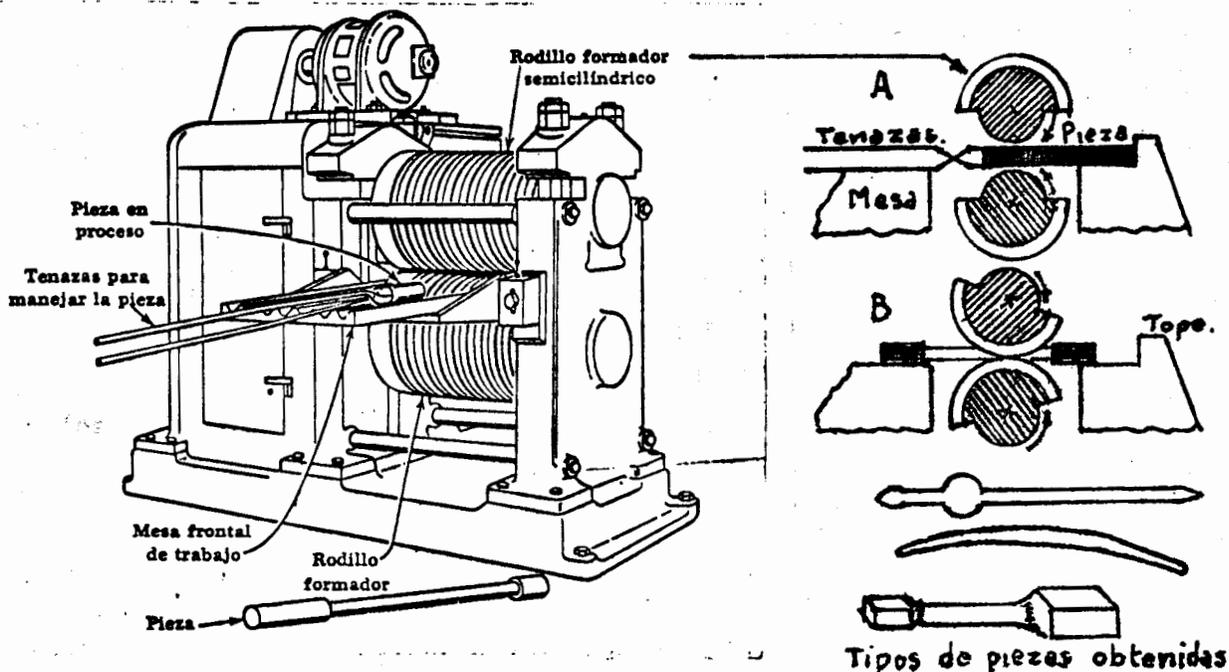
Las máquinas para forja por laminado (Fig. 22), se emplean principalmente en operaciones de reducción y ajuste de pequeñas longitudes de barra, para estirar secciones cortas y gruesas de metal a secciones largas y esbeltas de diámetro no uniforme.

En esta forma se fabrican componentes tales como hojas de cuchillos, flechas impulsoras de automovil, ejes y palancas de velocidad, etc., pero la aplicación más generalizada, es el forjado preliminar de componentes que abran de ser acabados por una operación de forja por impacto.

El proceso se inicia estando los rodillos en posición abierta, Fig. 22-A el operador coloca la barra caliente entre ellos, sosteniéndola con unas tenazas. A medida que los rodillos giran, la barra es aprisionada por las ranuras y empujada hacia él, Fig. 22-B. Cuando los rodillos se abren nuevamente, se empuja la barra regresándola y se lamina nuevamente o bien se coloca la barra siguiente para el trabajo subsecuente de forjado.

Girando 90° la barra, después de cada pasada en los rodillos, no se forman rebabas.

FIG. 22.- RODILLOS FORJADORES HACIENDO UNA FLECHA POSTERIOR DE AUTO Y LA FORMA Y POSICIONES DE LOS RODILLOS DURANTE EL TRABAJO.



Tipos de piezas obtenidas

En la fabricación de ruedas, anillos, llantas de metal y piezas similares por medio de rodillos, se emplea un tren como el ilustrado en la Fig. 23, donde se observa la secuencia realizada para fabricar una rueda de ferrocarril a partir de un blanco forjado.

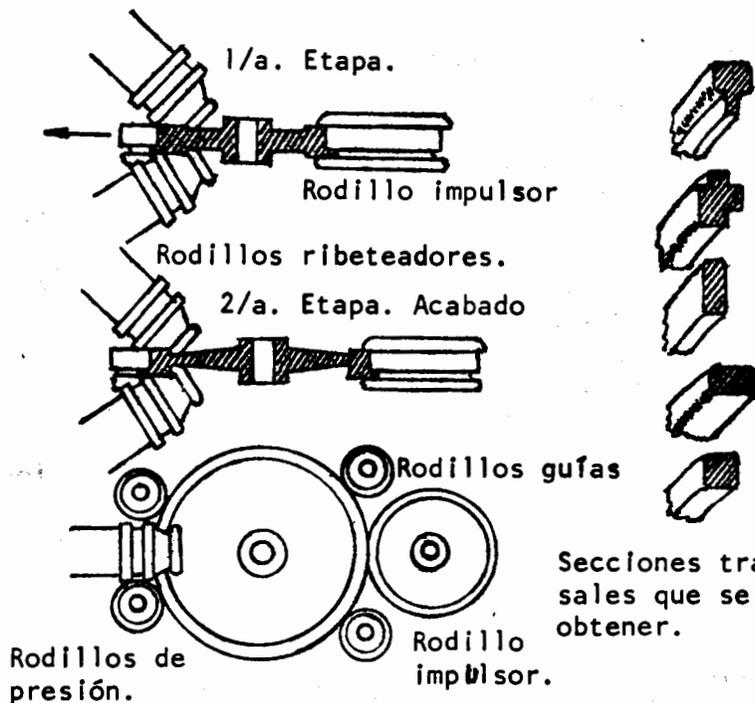
Por medio de la acción de varios rodillos alrededor de la rueda, y a medida que esta gira, se va aumentando el diámetro gradualmente en tanto que la placa que forma el disco y la llanta van disminuyendo su sección.

Al llegar la rueda a su diámetro final, se pasa a una prensa para hacerle una operación de conadura al disco y darle el calibrado final.

f) Forja de estampado.

La forja de estampado o forja en estampa (Fig. 13), difiere de la forja de herrero, en que se emplean estampas o matrices cerradas. El forjado se produce por impacto o por presión que es lo que obliga al metal en estado plástico a conformarse a la figura de las estampas.

FIG. 23.- TREN PARA FORJA DE RUEDAS DE F. C.



Las ventajas de los forjados en estampas cerradas, sobre los forjados en estampas abiertas son: Buena utilización del material, mejores propiedades físicas, tolerancias precisas, buena reproducción y altas tasas de producción.

Las matrices o estampas cerradas son muy costosas, ya que a causa de las severas cargas de impacto y la abrasión que deben soportar a elevadas temperaturas se deben fabricar con aleaciones de acero al cromo-níquel-molibdeno, al cromo-níquel o al cromo-molibdeno. Además, se requieren acabados superficiales muy finos.

Secciones transversales de acero al cromo-níquel-molibdeno, al cromo-níquel o al cromo-molibdeno. Además, se requieren acabados superficiales muy finos.

Para asegurar el correcto flujo del metal, la operación se divide en cierto número de etapas; cada etapa cambia la forma gradualmente, controlando el flujo del metal hasta obtener la forma final.

El número de etapas requerido varía con el tamaño y forma de la pieza, las propiedades de forja del metal y las tolerancias pedidas. Las piezas de gran tamaño o de formas complicadas suelen requerir operaciones de pre-formado, empleándose más de un juego de estampas y aún procesos de calentado intermedios.

En el diseño de dados o estampas cerradas es conveniente observar las reglas siguientes:

- 1.- La línea divisoria deberá estar contenida en lo posible en un solo plano.
- 2.- La línea divisoria deberá estar en un plano que pase por el centro de la pieza forjada y no cerca del borde superior o inferior.
- 3.- Se deberá prever una salida adecuada, 7° por lo menos.
- 4.- Los radios de curvatura y filetes deberán ser amplios.
- 5.- Las nervaduras serán anchas y chatas.
- 6.- Deben equilibrarse las distintas secciones para evitar diferencias muy grandes en el flujo del metal.
- 7.- Deben aprovecharse al máximo las líneas de flujo de las fibras.
- 8.- Las tolerancias dimensionales no deberán ser más estrechas de lo necesario.

A continuación se presenta un tabla con las tolerancias de piezas de acero forjadas, únicamente figuran las tolerancias en el espesor de las piezas, ya que en la dirección paralela a la línea divisoria del dado, son función del desgaste de las estampas.

PESO DE LA PIEZA.	TOLERANCIAS EN Pulgs y mm.
1 Lbs.	0.006 a 0.018 (0.15 a 0.45)
2 "	0.008 - 0.024 (0.20 - 0.60)
5 "	0.010 - 0.030 (0.25 - 0.75)
10 "	0.011 - 0.033 (0.27 - 0.86)
20 "	0.013 - 0.039 (0.32 - 0.97)
50 "	0.019 - 0.057 (0.47 - 1.40)
100 "	0.029 - 0.087 (0.72 - 2.60)

FABRICACION DE TUBOS CON Y SIN COSTURA.

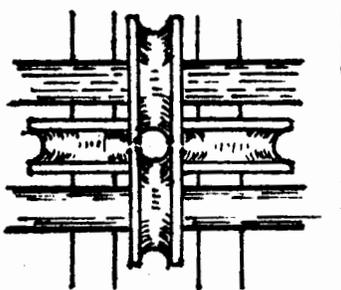
Los tubos y productos tubulares se pueden fabricar ya sea por soldadura o por penetrado y extruído; los primeros se conocen como tubos con costura y los últimos como tubos sin costura.

Los tubos con costura se fabrican a partir de cintas metálicas, a las cuales se les da forma en caliente o en frío. Además, la costura o junta soldada puede ser recta o helicoidal

Tubos con costura a partir de cintas calientes.

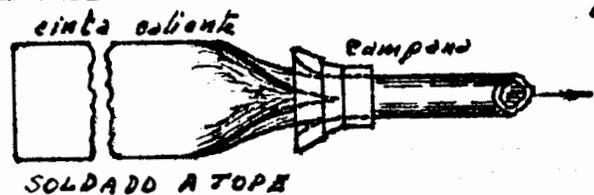
Cuando se parte de cintas calientes, el proceso de soldado puede realizarse a tope o bien a traslape. En el proceso de soldadura a tope se usan dos métodos, el intermitente y el continuo. En ambos casos se usan tiras calientes de lámina de acero, conocidas como cintas para tubo las cuales tienen sus aristas ligeramente biseladas de tal forma que se acomoden con precisión al darle forma circular a la cinta.

FIG. 26.-RODILLOS ACABADORES.



Rodillos dimensionadores.

FIG. 24.- CAMPANA PARA FORMADO Y SOLDADO DE TUBOS.



En el proceso intermitente un extremo de la cinta se recorta en punta para que entre a la cámara soldadora (Fig.24), donde es fuertemente sujeta por unas tenazas o mordazas unidas a la cadena de un banco de estirado. En esta forma el tubo se forma y solda a su paso por la cámara. En una operación final se hace pasar el tubo por un juego de rodillos calibradores y acabadores (Fig.26) para darle el tamaño correcto y quitarle las escamas.

El método de soldadura continua a tope, se realiza a partir de rollos de cinta cuyo ancho corresponde al perímetro del círculo que forma el tubo. Se requiere además un sistema de soldadura eléctrica para unir el final de un rollo con el principio del rollo siguiente, de manera de integrar una cinta continua.

FIG. 27.- SISTEMA DE SOLDADO A TRASLAPE.

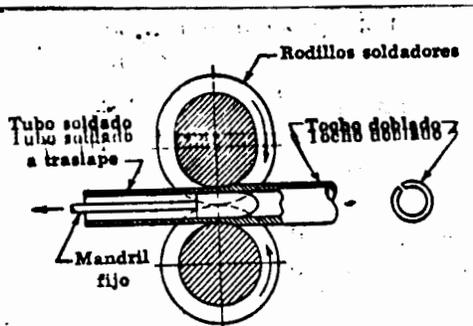
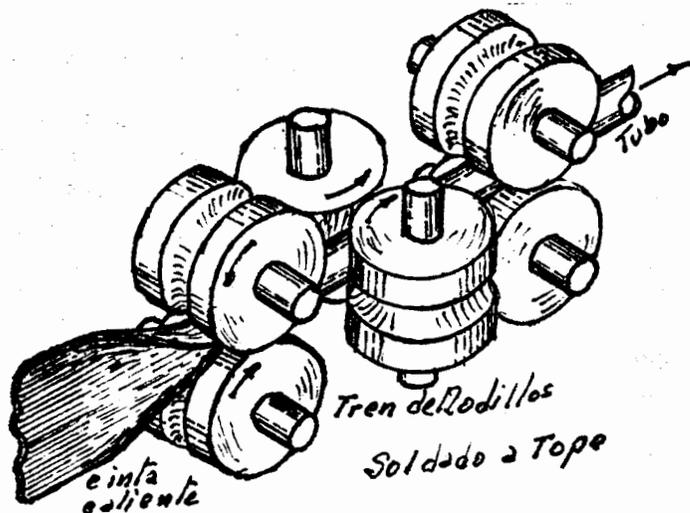


FIG. 25.- TREN DE RODILLOS PARA FORMADO DE TUBOS SOLDADOS A TOPE.



En cuanto la cinta entra al horno, las llamas inciden sobre las aristas de la cinta para llevarlas a la temperatura de soldado. Al salir del horno la cinta entra a un tren de rodillos horizontales y verticales que le dan forma al tubo, Fig. 25. Al salir de los rodillos el tubo es cortado con una sierra volante a la medida necesaria. Posteriormente el tubo es sometido a operaciones de desescamado y acabado final. Este método se emplea normalmente para fabricar tubos de más de 75 mm. de diámetro.

Soldadura a traslape

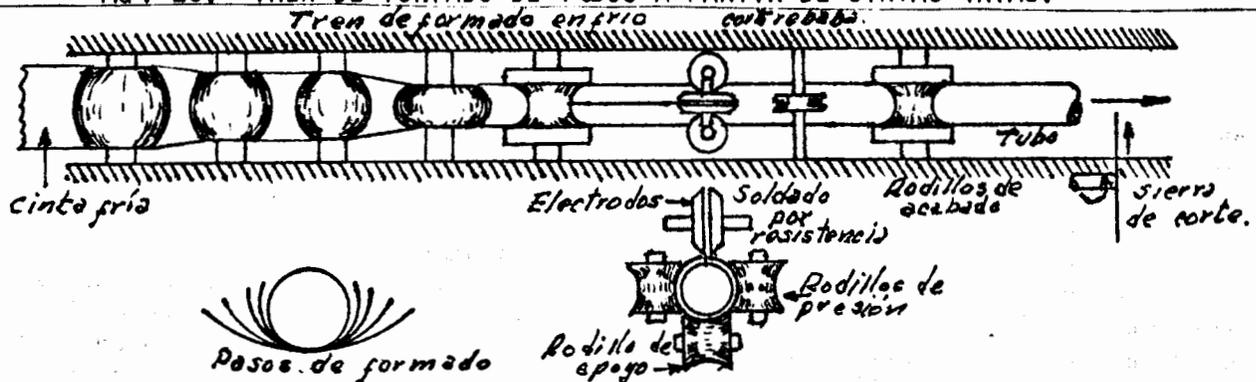
En la soldadura a traslape las aristas de la cinta se biselan a medida -- que salen del horno; luego la cinta es jalada a través de una estampa formadora o entre rodillos para darle forma cilíndrica con sus cantos traslapados.

Después de haber sido recalentada, la cinta doblada pasa entre 2 rodillos ranurados, entre los cuales se encuentra un mandril Fig. 27., para ajustar el diámetro interior del tubo. Los cantos traslapados se soldan por la presión ejercida entre los rodillos y el mandril.

Tubos con costura a partir de cintas frías.

En los tubos formados a partir de cintas frías, la soldadura se realiza por el método de resistencia eléctrica o por arco sumergido. En estos procesos el tubo es previamente formado en frío, mediante un tren de rodillos de radios de curvatura decreciente Fig. 28., colocandose la unidad soldadora al final del tren. Dicha unidad consta de 3 rodillos para centrar y presionar el tubo y de 2 electrodos circulares que suministran la corriente necesaria para generar el calor que lleve las aristas del tubo a la temperatura de soldado.

FIG. 28.- TREN DE FORMADO DE TUBOS A PARTIR DE CINTAS FRIAS.



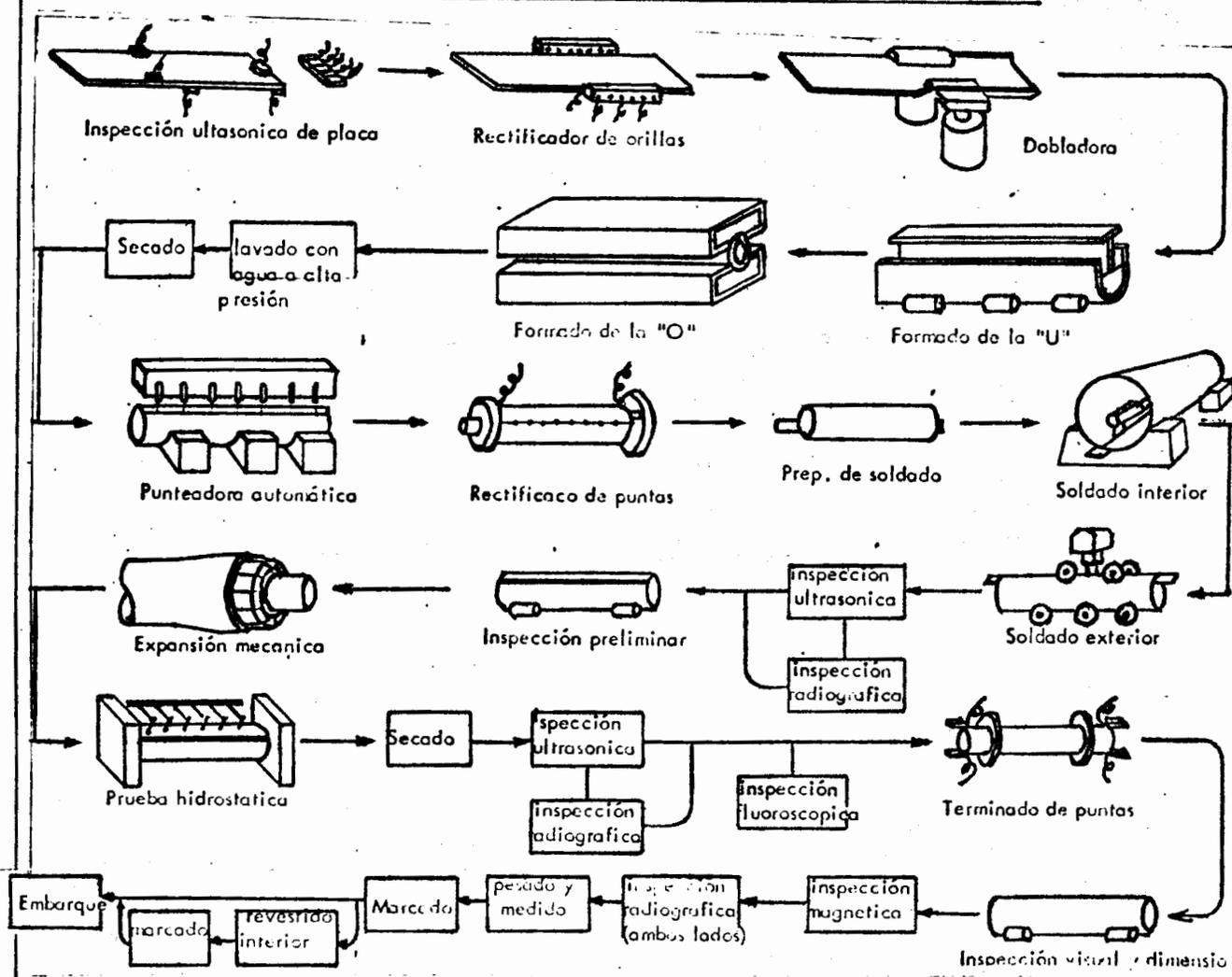
Las rebabas de metal producidas por la soldadura son eliminadas tanto del exterior como del interior del tubo y a continuación se pasa por rodillos calibradores y acabadores, como los de la Fig. 26., que dan la dimensión correcta y aseguran la concentricidad.

Este proceso se presta para la fabricación de tubos hasta de 400 mm. de diámetro, con espesores de pared de 3 a 12 mm.

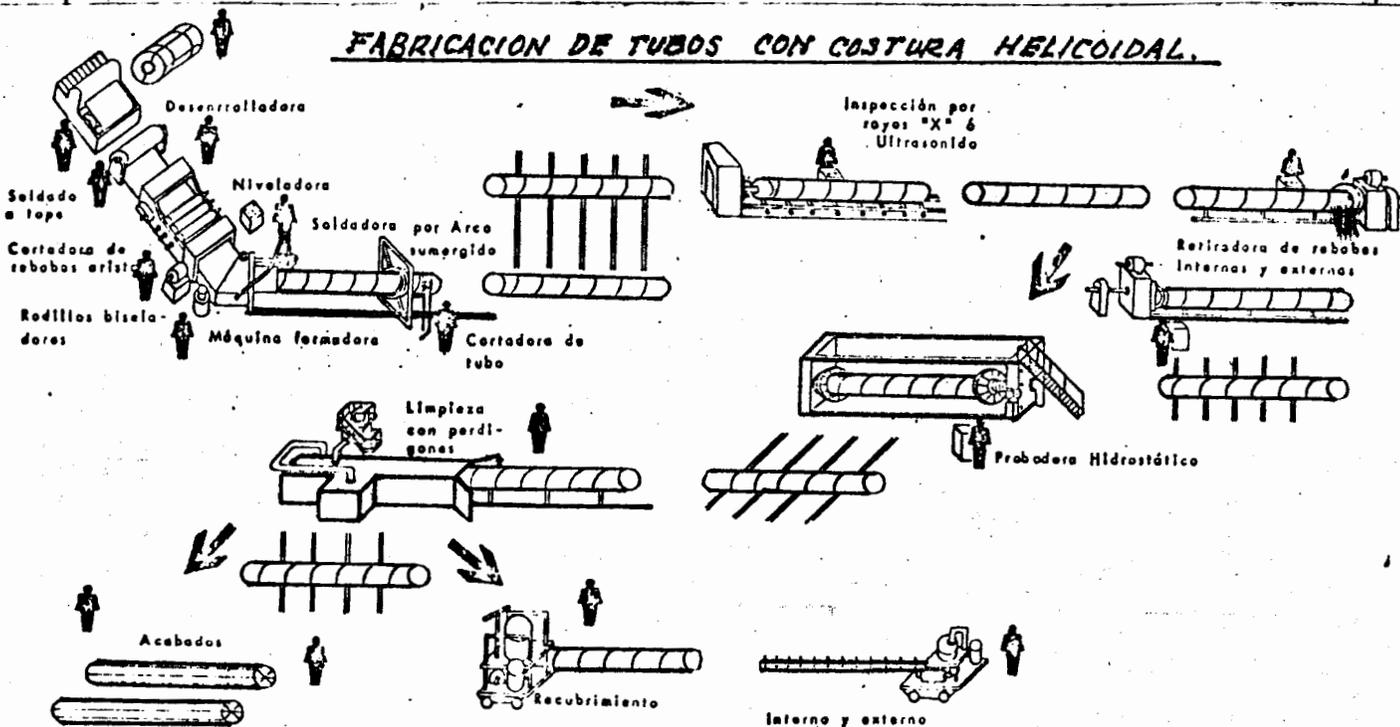
Los tubos de gran diámetro que llegan a tener hasta 1422 mm. y espesores hasta de 25.4 mm., se forman por el METODO U-0 y se soldan por el método de arco sumergido. En la Fig. 29 se ilustra la secuencia del proceso.

Otro sistema empleado para la producción masiva de tubos de gran diámetro es el método de formado de tubos con costura helicoidal, en el cual se parte de cintas frías biseladas en sus cantos dando a la lámina que formará el tubo, un movimiento circular de rotación y otro longitudinal de translación a fin de generar una hélice, la cual es soldada exterior e interiormente por el método de arco sumergido. Con la variación del ángulo de la hélice, se pueden producir tubos de diferentes diámetros con el mismo ancho de cinta. El rango de anchos de cinta, según las normas establecidas, varía de 0.8 a 3.0 veces el diámetro del tubo a formar. En la Fig. 29 se muestra el diagrama del proceso.

FIG. 29. FORMADO DE TUBOS POR EL METODO "U-O"



FABRICACION DE TUBOS CON COSTURA HELICOIDAL.

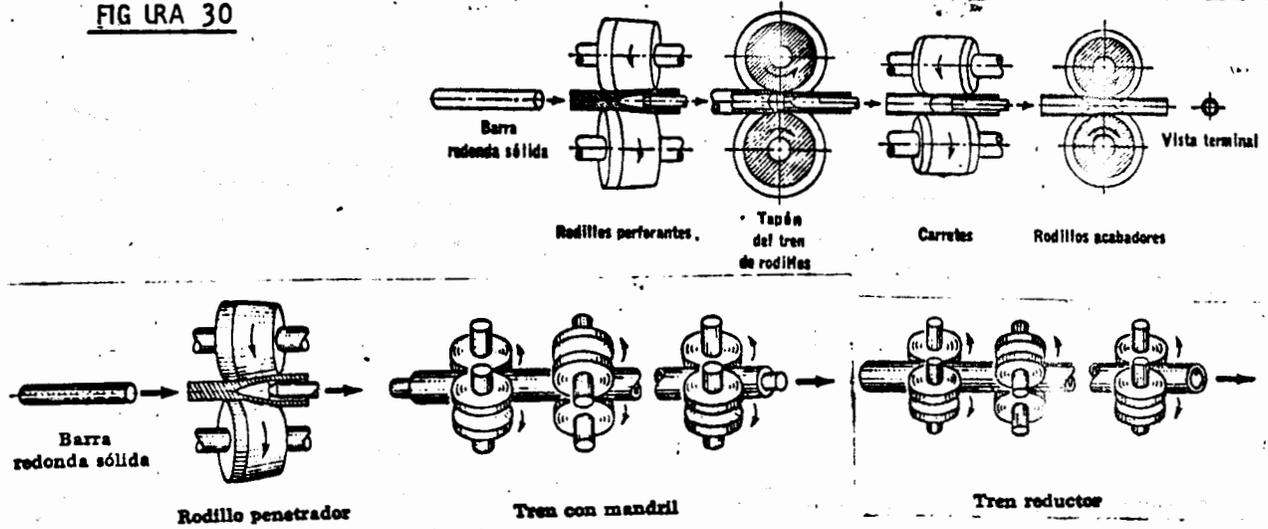


FABRICACION DE TUBOS DE ACERO SIN COSTURA.

Los tubos de acero sin costura se fabrican a partir de una barra de sección circular previamente calentada, (a 1300°C. aprox.) de la cual se obtiene mediante una prensa perforadora, un tubo de pared gruesa que posteriormente se pasa a un laminador alargador de paso de peregrino, donde se estira y calibra a las dimensiones requeridas.

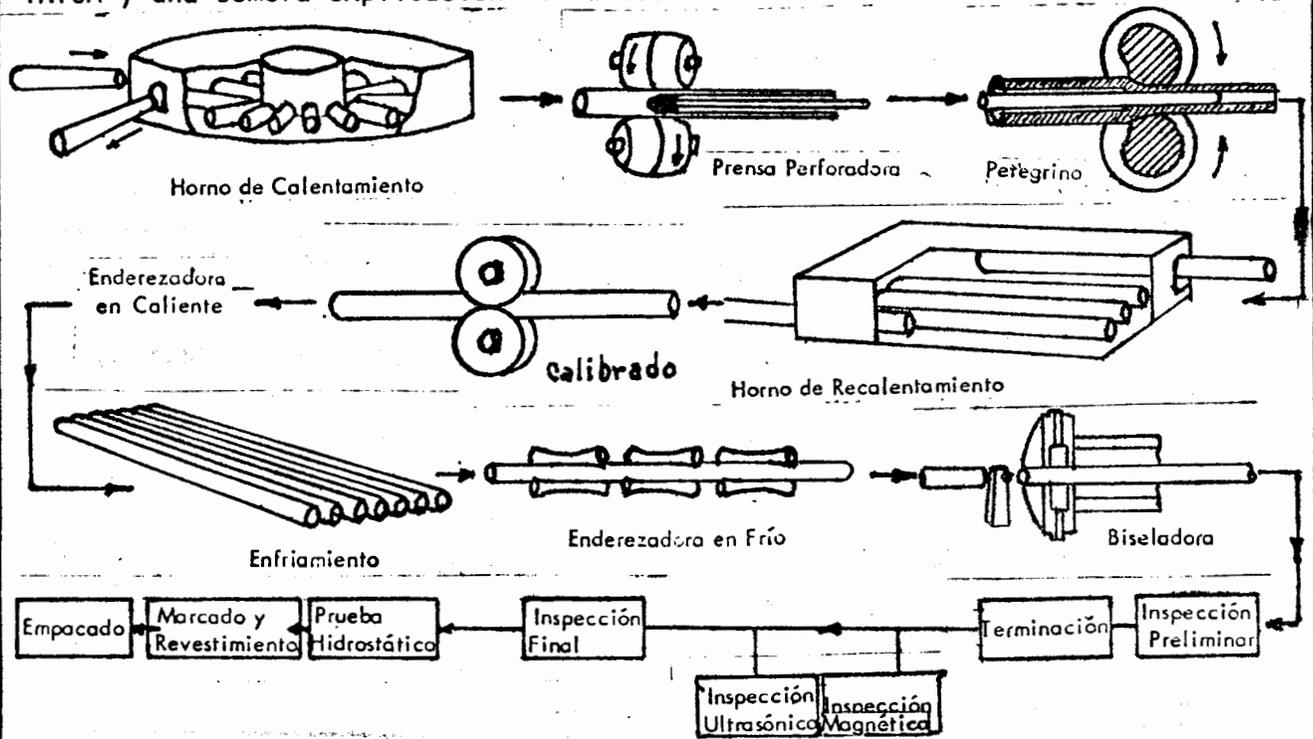
La figura 30 presenta dos secuencias que representan los pasos necesarios para la obtención de tubos de acero sin costura.

FIGURA 30



En México, TMSA (Tubos de acero de México, S.A.) es la única empresa que fabrica tubos de acero sin costura por el Sistema Mannesman-Calmex, bajo normas API, ASTM y DGN Nacional, en 4 tipos básicos principales: Tubería para barrenar (Drill pipe), Tubería para revestimiento (Casing pipe), Tubería para conducción (Tubing pipe) y Tubería para transporte de fluidos líquidos o gaseosos (Line pipe).

A continuación se presenta el diagrama de flujo del proceso empleado en TMSA y una somera explicación de la secuencia de fabricación.



Descripción del proceso.

Los lingotes seleccionados se cargan en un horno radial de solera móvil - donde son calentados a 1325°C., de donde se sacan mediante brazos mecánicos y por un transportador de rodillos se llevan a la prensa perforadora, la cual -- tiene un mandril que penetra en el centro del lingote sin perforarlo completamente, formando un vaso. Como el material ha perdido calor, es necesario llevarlo a un horno de recalentamiento semejante al anterior, donde se eleva su temperatura a 1200°C., para poder completar el perforado del tubo en una segunda perforadora de rodillos cónicos. Después de esta operación se obtiene un tubo de pared gruesa del doble de longitud del lingote original, el cual se lleva por un transportador de rodillos al laminador forjador de paso de peregrino.

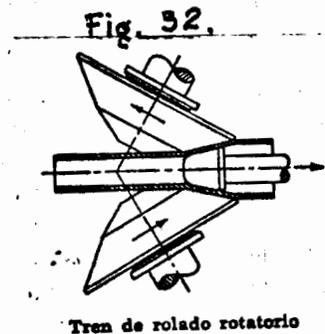
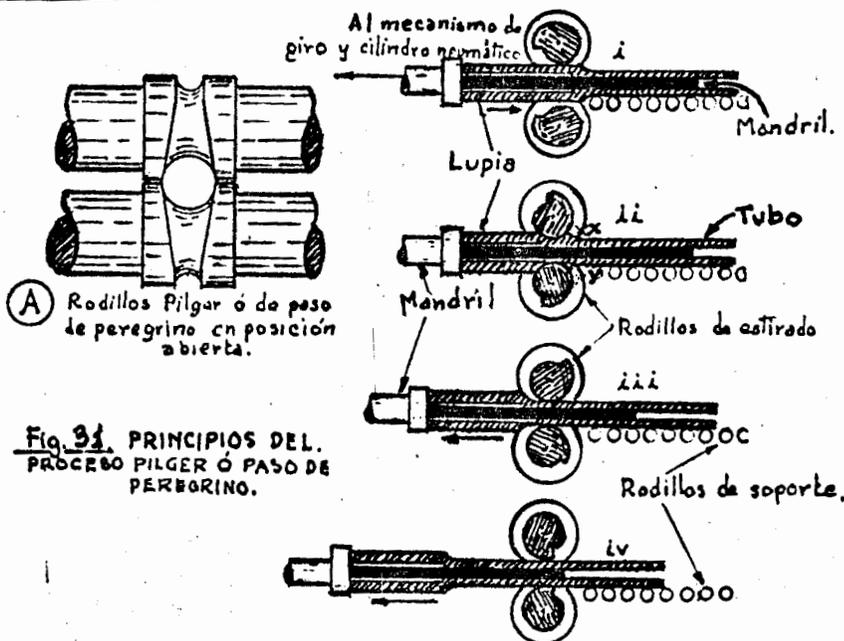
Este laminador esta formado por una pareja de rodillos excéntricos y un mandril que controlan el diámetro exterior e interior del tubo respectivamente, estirándolo hasta una longitud de 25 metros aproximadamente.

A la salida del laminador de paso de peregrino se encuentra una sierra de disco abrasivo que corta las puntas y colas y los tramos a la medida deseada, generalmente de 12 mts.

Posteriormente los tubos ya cortados se calientan a 900°C. para ser calibrados, pesados y medidos. Una vez que se han enfriado, se realizan las operaciones de acabado y se someten a tratamientos térmicos si se requieren y finalmente se realizan las pruebas de control de calidad.

El laminador de paso de peregrino o Pilger cuyos esquemas de funcionamiento se presentan en la Figura 31, consta de dos rodillos del tipo mostrado en la figura 31-A. Cada rodillo tiene maquinadas unas ranuras semicirculares que se ahusan en un tramo corto de un diámetro grande a uno pequeño que permanece constante por el resto de la circunferencia.

El movimiento de rotación de los rodillos actuando sobre el tubo de pared gruesa sostenido por el mandril, va produciendo el alargamiento del tubo hasta su terminación

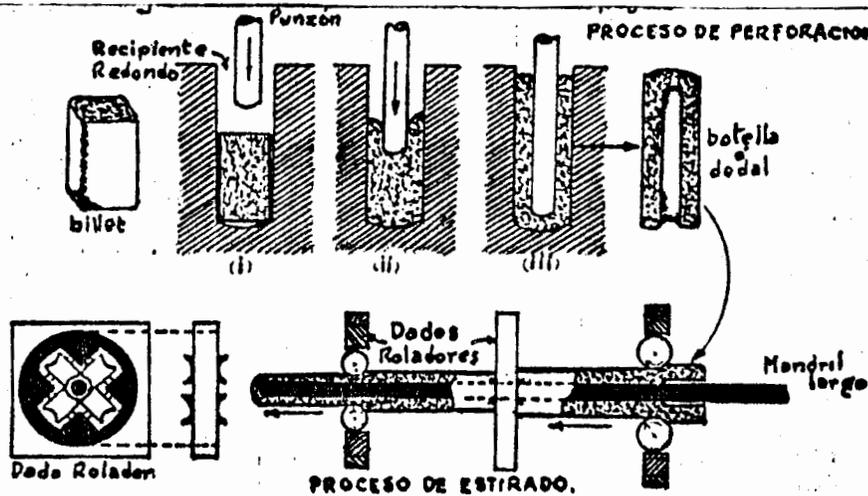


La Figura 32 representa un tren de rolado rotatorio para la fabricación de tubos de acero sin costura de muy grandes diámetros. En este proceso se parte de tubos ya formados.

FABRICACION DE TUBOS SIN COSTURA POR EL METODO DEL BANCO DE EMPUJE.

Existe otro método para fabricar tubos sin costura, conocido como Método del banco de Empuje. La manufactura de tubos por este proceso no se consideraba como dependiente de la acción de rolado; sin embargo, el banco de empuje moderno usa dados de rolado como el indicado en la Fig. 33, cuyos rodillos son móviles en lugar de los anulares y fijos usados antiguamente, de manera que el proceso debe considerarse como de rolado, en el cual la fuerza motriz se aplica a la pieza de trabajo en lugar de a los rodillos. Este proceso se emplea en Inglaterra para fabricar tubos de acero sin costura con diámetros de 3" a 8".

FIG. 33.- METODO DEL BANCO DE EMPUJE.



Descripción del proceso.-

El Billet usado en este proceso es generalmente de sección cuadrada y se troza en frío en tramos de longitud suficiente para el tubo a fabricar.

Los tramos se calientan en un horno continuo a una temperatura de 1300°C., proceso que dura 4 Hs. aprox. El billet caliente se coloca en el recipiente de una prensa hidráulica de acción rápida (Fig. 33-i). A continuación un punzón cilíndrico robusto, operado por una leva hidráulica, produce un agujero en el billet, el cual, a su vez, toma la forma cilíndrica del recipiente y además se alarga (Figs. 33-ii, iii). Esta operación se conoce como perforación con punzón, al producto obtenido se le llama botella o dedal, el cual se coloca en el extremo de un mandrill de acero redondo y largo, que se usa para forzar el dedal por una serie de dados roladores de diámetros decrecientes, donde se dimensiona y calibra el tubo.

El primer dado del tren es de anillo fijo para que el dedal se asegure firmemente al extremo del mandrill y para que la escama sea removida de la superficie. Cada uno de los dados de rolado que siguen, está formado por 4 rodillos de superficie concava dispuestos como se muestra en la Fig. 33. Los rodillos están defasados 45° de un dado a otro, para borrar las rayas que las juntas adyacentes del dado anterior pudieran producir.

Después de abandonar el último dado, el tubo se encuentra apretado sobre el mandrill, del cual se retira pasándolo por una laminadora de carrete.

El extremo frontal cerrado y el extremo posterior desgarrado se cortan y el tubo se pasa por un juego de rodillos dimensionadores semejantes a los de la Figura 26. Finalmente el tubo se endereza mediante rodillos de carrete.

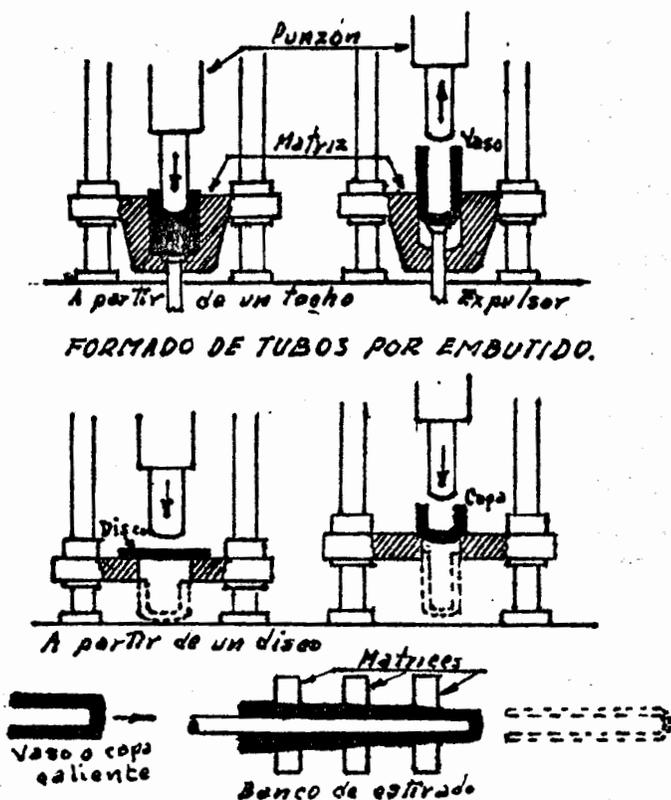
Los bancos de empuje pueden tener hasta 30 dados roladores y el largo del mandrill puede ser de 7.50 mts. o más; se alcanzan velocidades de 120 mts. por minuto.

FORMADO DE TUBOS POR ESTIRADO Y EMBUTIDO.

Los procesos de estirado o embutido en caliente se aplican generalmente a la conformación de piezas de paredes relativamente gruesas, que tienen forma cilíndrica, estirando el metal a través de la abertura entre una matriz y un punzón. El proceso está esquematizado en la Fig. 34, donde se muestran las 2 opciones posibles, ya que se puede partir de un disco metálico caliente o de un tocho.

El proceso se inicia con el calentamiento de los discos o tochos en un horno del tipo continuo. A continuación se coloca la pieza caliente en la matriz y con un punzón perforador operado por una prensa vertical, se forma un forjado hueco con un extremo cerrado llamado copa o vaso.

FIG. 34.- FORMADO DE TUBOS POR EMBUTIDO.



RECHAZADO EN CALIENTE.

El rechazado en caliente del metal se usa comercialmente para conformar placas circulares pesadas sobre un modelo rotatorio.

El Proceso básico se ilustra en la Fig. 35. Si bien el rechazado se realiza la mayor parte en frío, usando láminas delgadas de metal, el rechazado en caliente permite modelar placas de acero más gruesas para tapas o cabezas de tanques de presión. La teoría del rechazado en caliente es básicamente la misma que para el rechazado en frío, pero el trabajar el metal arriba de la temperatura de recristalización, permite formar placas de mayor espesor sin causar endurecimiento por deformación. Las herramientas de formado son rodajas accionadas mecánicamente, que por la fricción contra el metal a trabajar, generan el calor que mantiene las condiciones plásticas del material.

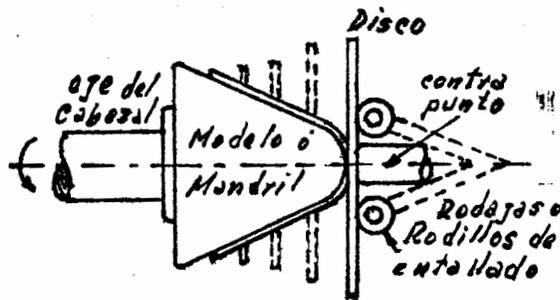
Como se ve en la Fig. 34, las copas previamente recalentadas se colocan en un banco horizontal de estirado, que consta de varias matrices de diámetros decrecientes, montadas en una estructura, y de un punzón operado hidráulicamente, que empuja la copa caliente a todo lo largo del banco.

Si el producto final ha de ser un tubo, el extremo cerrado se corta y el tubo se lleva a una operación de acabado y calibrado.

Para cilindros o tubos largos de paredes delgadas, es necesario realizar operaciones de recalentamiento después de cada paso de estirado.

Para producir cilindros con extremos cerrados, como los empleados para almacenar gases a presión, el extremo abierto se trabaja con estampas para formarle un cuello que se reduce por estampado en caliente.

FIG. 35.- RECHAZADO EN CALIENTE.



FORMADO POR EXTRUSION..

En el proceso de extrusión, el metal confinado en una cámara de presión es forzado a través de una matriz o dado que determina la sección transversal del producto. Básicamente, el proceso de extrusión es el que se realiza al salir la pasta de un tubo dentrífico. Este proceso se ha empleado desde hace mucho tiempo, en la producción de ladrillos huecos, tubos de albañal, macarrones, etc.

Cualquier material plástico puede ser extruido en una forma de sección transversal uniforme por la acción de la presión. La extrusión puede hacerse en caliente o en frío, aunque en la mayoría de los metales se realiza en caliente, a fin de reducir las fuerzas requeridas, eliminar los efectos del trabajo en frío y reducir las propiedades direccionales.

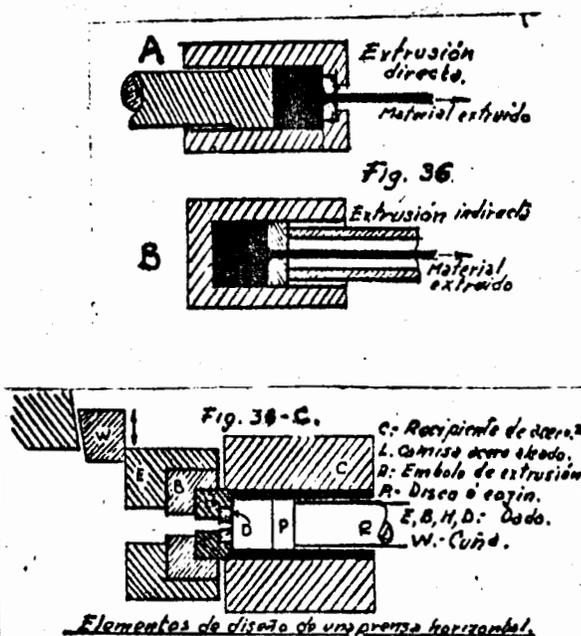
Los metales que más comúnmente se extruyen son el plomo, cobre, latón, bronce, aluminio, magnesio y sus aleaciones. Esto se debe a sus resistencias de fluencia y temperaturas de extrusión relativamente bajas.

El acero es difícil de extruir por su alta resistencia de fluencia y su tendencia a soldarse a las paredes de la cámara de la matriz en las condiciones de alta temperatura y presión requeridas. Sin embargo, en la actualidad se extruyen cantidades de acero, usando como lubricantes en los tochos, sales de fosfato o recubrimientos de fibra de vidrio que se funden durante la extrusión.

Se puede extruir casi cualquier sección de metales no ferrosos, no así en el caso de los aceros. Las extrusiones no ferrosas están muy ligeramente limitadas en tamaño, ya que existen prensas capaces de extruir piezas de cualquier forma que puedan ser inscritas en un círculo de 30". Las extrusiones en acero se limitan a piezas cuya forma pueda ser inscrita en un círculo de 5". Las tolerancias dimensionales obtenidas son del orden de $\pm 0.003''$ por pulgada. La longitud común de los productos obtenidos es de 20' a 24' (6 a 7.20 m.), aunque pueden obtenerse longitudes hasta de 40' (12 m.)

Hay 3 métodos básicos para obtener materiales extruidos que son:

Extrusión Directa, Extrusión Indirecta, usadas generalmente en caliente, Fig. 36, y el tercer método Extrusión por Impacto, que es normalmente realizada en frío y en materiales suaves.



La extrusión directa se realiza según el diagrama de la Fig. 36-A, colocando un tocho caliente y redondo en la cámara, el cual se comprime mediante un émbolo, forzando al metal a salir por la abertura de la matriz, hasta que solo queda un pequeño residuo que es retirado para colocar el material del nuevo ciclo.

La extrusión indirecta mostrada en la Fig. 36-B, difiere de la extrusión directa, en que la parte extruida sale a través del émbolo. En este procedimiento se requiere menor esfuerzo ya que no hay fricción entre el tocho de metal y las paredes del recipiente. La debilidad del ariete cuando se hace hueco y la imposibilidad de proporcionar un soporte adecuado a la parte extruida, constituyen la limitación del proceso.

La Fig. 36-C muestra los elementos que forman el dado y la cabeza de la prensa.

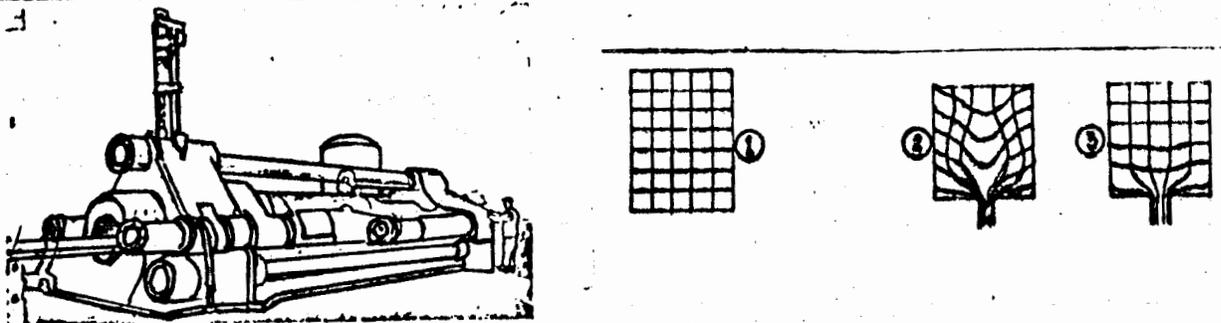
El dispositivo consiste esencialmente del recipiente C, que es una cubierta maciza de acero, provista de un revestimiento de aleación del mismo metal - (L); el émbolo de extrusión (R) que ejerce presión sobre un disco o cojín (P) de diámetro menor al del recipiente y el conjunto del dado (E, B, H y D), que se mantiene en estrecho contacto con el recipiente durante la extrusión, por medio de la cuña (W).

El conjunto del dado consta generalmente del dado de formado (D), contenido en un sujetador (H), que a su vez está soportado por una caja (B) ajustada a la cabeza del dado (E). El ajuste preciso entre el sujetador del dado y el recipiente se asegura mediante un asiento cónico.

Las partes que están en contacto con el metal caliente durante la extrusión son el cojín (P), el revestimiento (L) y el dado (D), por lo que se fabrican de aceros al tungsteno tratados térmicamente para que resistan las temperaturas elevadas y la abrasión.

En la Fig. 37 se presenta el dibujo de una prensa horizontal de extrusión, y además los esquemas que muestran un tocho sin deformar (1), el tocho deformado por extrusión directa (2) y el tocho deformado por extrusión indirecta (3)

FIG. 37.- PRENSA HORIZONTAL DE EXTRUSION.



Muchas prensas de extrusión son del tipo universal, que pueden adaptarse para operar por el método directo o indirecto. Los elementos de diseño de una prensa de este tipo están indicados en la Fig. 38. El dibujo superior muestra la prensa preparada para extrusión directa, en tanto que en el inferior la prensa está adaptada para el método indirecto. En este caso el sujetador del dado es substituido por un soporte (S) y el émbolo de extrusión por una placa de cierre (P), unida a la cabeza del émbolo principal.

En el recipiente se coloca un tocho que es empujado por la cabeza del émbolo de manera que es extruido a través del dado. El tocho y el recipiente se mueven juntos, no existiendo movimiento relativo entre ellos.

La ausencia de movimiento entre el tocho y el recipiente, resulta en menor turbulencia en aquella parte del tocho aun no estirada (Fig.37-3), comparada con la que prevalece en el método directo (Fig.37-2). Generalmente se considera que este factor conduce a una reducción en la incidencia del defecto de extrusión Fig.38-A.

FIG. 38.- PRENSA DE EXTRUSION TIPO UNIVERSAL.

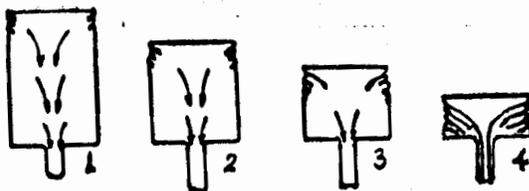
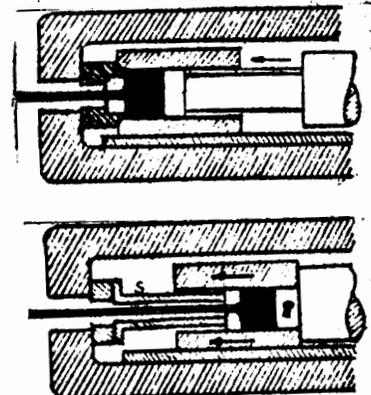


Fig. 38-A. Formación del defecto de extrusión.



El ciclo de operación de la prensa se ilustra en la Fig. 39. Un lingote caliente (B) se alimenta a la cuna (T) de donde es empujado al recipiente por el émbolo en movimiento que lleva en la punta el cojín (P) (Fig. 1). Al entrar en contacto el lingote con el dado, primero se recalca y luego es extruido por la acción de la presión del émbolo. (Fig. 2). La carrera de extrusión termina en la posición (3), quedando una parte del lingote (X) llamada descarte en el recipiente. El émbolo se detiene en un punto predeterminado por el tope (S)

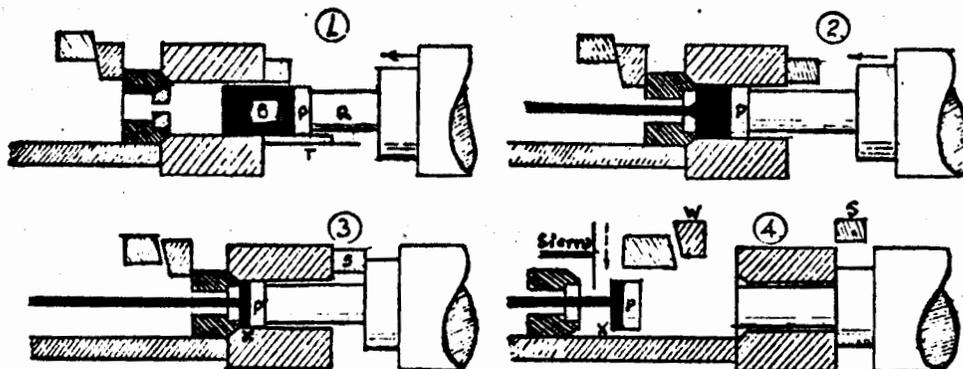


Fig. 39. Ciclo de extrusión usando una prensa horizontal.

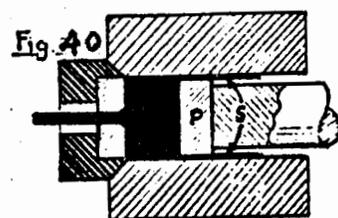
En la posición (4) la cuña (W) y el tope (S) se elevan para permitir que el émbolo empuje al descarte y al conjunto del dado, separándolos del recipiente. A continuación se corta el descarte unido al cojín mediante una sierra. El dado es liberado de la cola del producto extruido usando un mandril.

El conjunto del dado se coloca nuevamente en contacto con el recipiente - para iniciarse un nuevo ciclo.

Cuando se coloca el lingote caliente en el recipiente, la superficie externa se enfría con respecto al núcleo, debido al contacto con las paredes del recipiente, por lo tanto, el centro del lingote es extruido con mayor facilidad que la periferia, que se ha vuelto relativamente dura y por este motivo tiende a permanecer en el recipiente (fig. 38-A-1). Conforme procede la extrusión, la cubierta exterior comienza a fallar en forma de acordeón (Fig. 38-A-2), y finalmente es empujada con el chorro de metal extruido (Figs. 38-A-3 y 4), de manera que la varilla resultante presentará un estructura defectuosa en un tramo considerable de su longitud posterior. Este fenómeno conocido como defecto de extrusión, es el que obliga a detener la carrera de extrusión cuando aún permanece en el recipiente una parte del lingote original, pues en esa porción, llamada descarte se encuentra la mayor cantidad de la superficie exterior arrugada del lingote. Es común descartar de un 10 a un 15% del peso original.

Para disminuir el defecto de extrusión se acostumbra reducir el diámetro del cojín con respecto al diámetro del recipiente para que se forme una calavera o costra Fig. 40. que arrastre la cubierta exterior fría y oxidada del lingote y por lo tanto, no entre al volumen de extrusión.

Posiblemente la forma más efectiva para reducir el defecto de extrusión sea empleando el método de extrusión indirecta, ya que así se elimina el movimiento relativo entre el lingote y el recipiente.



Formación de una "calavera" S durante la extrusión.

Forrado de cables por extrusión

El recubrimiento de cables con forro de plomo como se ilustra en la Fig. 41 se realiza vaciando el plomo fundido en el interior de un cilindro colocado -- arriba de la matriz y se le permite solidificar sometido a presión ligera del émbolo, cuando se alcanza la temperatura de extrusión (260°C. aprox.), el émbolo impulsado por medios hidráulicos fuerza al plomo en 2 corrientes en torno del cable, las cuales -- sueldan juntas por debajo. El plomo es empujado a través de la matriz formando una cubierta uniforme que aprieta al cable lo suficiente para jalarlo entre el bloque de la matriz. Al final de la carrera se levanta el émbolo, se agrega más plomo y se repite el ciclo.

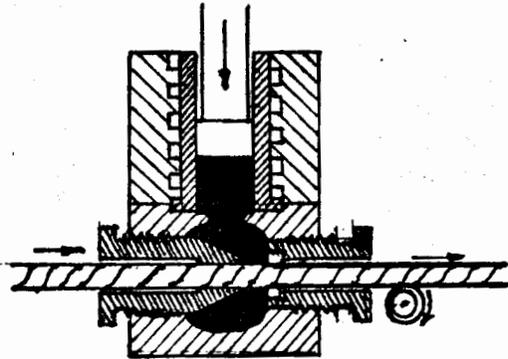
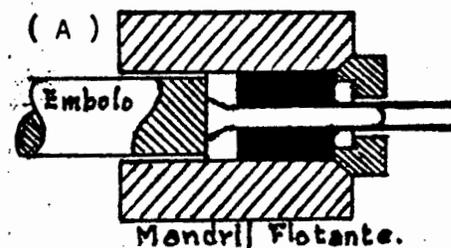
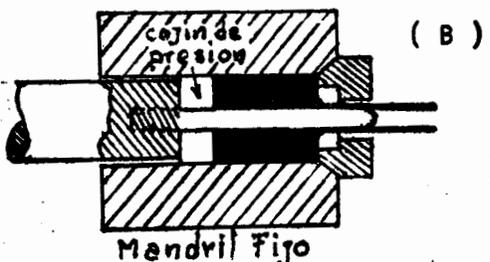


FIG. 41 CABLE FORRADO POR EXTRUSION.

FORMADO DE TUBOS POR EXTRUSION.

Pa extruir formas huecas, es necesario que un mandril de forma pase axialmente por el tocho, de manera que su punta se encuentre en la abertura del dado, para formar un espacio anular a través del cual fluya el metal. La Fig. 42-B muestra la forma en que puede lograrse ésto, usando un lingote hueco taladrado o bien vaciado. El mandril se fija a un extremo del émbolo y pasa por el barro no que tiene el cojín de presión. Cuando comienza la carrera de extrusión, la punta del mandril se mueve hacia la boca del dado antes de ejercer presión sobre el lingote o tocho.

FIG URA 42



Un método alternativo se muestra en la Fig. 42-A; en este caso el mandril es flotante obteniéndose una mejor concentricidad del tubo resultante, siempre que el tocho haya sido perforado con exactitud y su plasticidad sea uniforme, -- el mandril se centrará por sí mismo con precisión, si se deja flotar en esta forma.

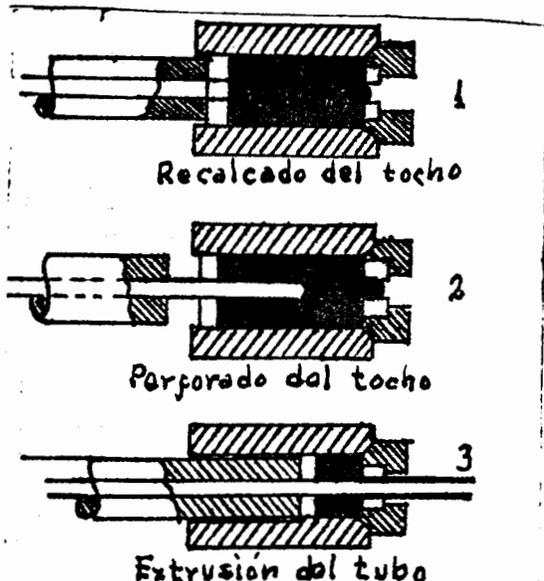
La producción de lingotes huecos, ya sea por vaciado o por taladrado, es -- relativamente costosa; además, durante el precalentamiento para la extrusión, -- el agujero interno se oxida, lo que puede conducir a la formación de defectos -- invisibles e inaccesibles en la superficie interna del tubo. Por lo tanto, muchas aleaciones se vacian en lingotes sólidos, que después de recalentarse, son perforados y extruidos en una sola operación, (Fig. 43).

En este proceso el diámetro del lingote es algo más pequeño que el del recipiente. En consecuencia, cuando el lingote se carga se irá al fondo del recipiente y los intentos para hacer una perforación concéntrica fallaran, de manera que para asegurar la concentricidad del tubo extruido, se recalca primero el lingote para que llene toda la cavidad del recipiente (Fig. 43-1)

El émbolo es retirado luego y el mandril se empuja hacia adelante de modo que agujere el lingote y avance hasta colocarse en la boca del dado. (Fig. 43-2)

FIG. 43.- EXTRUSION DE TUBOS PARTIENDO DE LINGOTES SOLIDOS.

Luego se aplica presión con el émbolo, de manera que se realice el extruido del tubo. (Fig. 43-3).



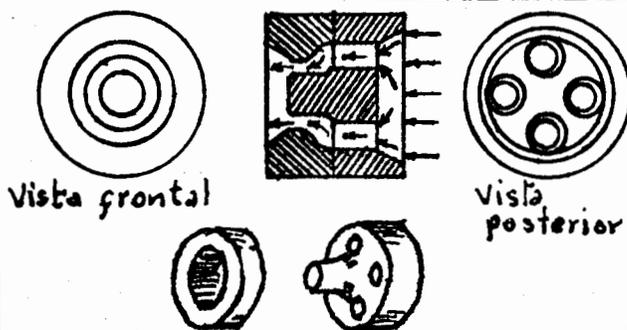
Los dibujos anteriores presentan el extruido de tubos por el método directo en prensas horizontales. Las prensas verticales que emplean el método indirecto, son particularmente útiles para la extrusión de tubos de alta calidad en diámetros y espesores pequeños, cuando se usan latones y otras aleaciones de cobre. Para esto usan un lingote perforado con precisión, combinado con un mandril flotante.

La necesidad de mantener un espesor uniforme de pared, hace difícil estirar tramos largos de tubo de aluminio de pequeño diámetro y pared delgada, ya que los altos esfuerzos producidos provocan la flexión de un mandril largo no soportado, con lo cual se produce excentricidad en el

tubo. Para evitar esta anomalía, se acostumbra estirar por presión tubos de pared gruesa en tramos cortos, que posteriormente se estiran en frío, o bien usar un dado de alimentación del tipo de agujeros múltiples.

FIG. 44 DADO ALIMENTADOR DE AGUJEROS MÚLTIPLES PARA EXTRUIR TUBOS.

El dado de alimentación con agujeros múltiples (Fig. 44), emplea un mandril con vástago corto que puede centrarse con precisión y perfilarse de manera que se obtenga la forma interior necesaria. Como se indica en la figura, el dado hace que el metal se divida primero en varios chorros (4 en este caso), que luego pasan a una cámara mezcladora donde se sueldan por presión antes de ser extruidos sobre el mandril corto, como sección tubular. El uso de este proceso queda restringido a aquellas aleaciones de aluminio que puedan soldarse por presión satisfactoriamente.



Las secciones huecas de perfil complicado como perfiles arquitectónicos, tubos para cambiador de calor con aletas internas y externas, usando aluminio puro o aleaciones de media y baja resistencia, pueden ser fabricadas satisfactoriamente por este método.

Extruyendo un lingote suficientemente grande, se puede producir un tubo de diámetro pequeño de aproximadamente 400 m. de longitud en una sola operación.

ALEACIONES ADECUADAS PARA EXTRUSION.

La facilidad con que puede efectuarse la extrusión de un metal o aleación, depende de 3 factores principales:

- 1.- Rango de temperatura sobre la cual es posible la extrusión.
- 2.- Rigidez del metal o aleación a la temperatura de extrusión.
- 3.- Acción abrasiva del metal o aleación en el dado y las otras herramientas de la prensa.

La gama de temperaturas a la cual puede extruirse un metal, se encuentra entre la temperatura a la que el metal se vuelve demasiado rígido para la extrusión, o alternativamente, comienza a endurecerse por el trabajo y como límite superior aquella temperatura que produce agrietamiento del metal al abandonar el dado.

Para metales que presentan una reducida gama de temperaturas de extrusión y además corresponden a un elevado rango de temperaturas, es importante que el trabajo se realice a la mayor velocidad posible para compensar los efectos del enfriamiento, y además para evitar que los dados y herramientas de la prensa, permanezcan demasiado tiempo expuestos a altas temperaturas, ya que arriba de 600 a 700°C. la dureza del acero de que están hechos, se reduce considerablemente produciéndose abrasiones serias.

La rigidez de la aleación a la temperatura de extrusión, es la que determina la capacidad de la prensa en función de la presión requerida. Aun cuando son poco usuales las presiones de más de 12 Tons/cm² en el émbolo, algunas veces se emplean hasta 16 Tons/cm² para metales y aleaciones de mayor dureza.

Entre las primeras aleaciones duras que fueron extruidas se encuentran los latones, conocidos como metal delta, que son latones con plomo con un contenido de cobre de 55-60%. Estos latones constituyen aun el grupo más adaptable de aleaciones disponibles para extrusión de una gran variedad de formas, desde tubería hasta rieles para cortinas.

Los latones α -70-30, presentan dificultades en la extrusión debido a sus rangos de temperaturas de extrusión tan críticos.

Los latones de composición $\alpha + \beta$, que contienen de 55-65% de cobre, son aleaciones excelentes para extrusión debido a su regresión a una estructura general, a la temperatura de extrusión.

Grandes cantidades de latón de corte libre que contienen 50-60% de cobre y 2.5 a 3.5% de plomo, se extruyen en forma de varillas de sección redonda y hexagonal, así como los latones para estampado en caliente, que contienen menos plomo.

El cobre puro, que es considerablemente más rígido que los latones, puede extruirse dentro de una amplia gama de temperaturas.

Otras aleaciones a base de cobre que pueden extruirse, son el bronce al aluminio, bronce al estaño, bronce fosforado, platas al níquel y cuproníquel.

Es difícil especificar la temperatura de extrusión para una aleación dada, ya que ésta varía en función de la velocidad de extrusión y la complejidad de la sección producida.

Para aleaciones de cobre, las temperaturas de extrusión varían desde --- 650°C. para los latones $\alpha + \beta$ hasta 1050°C. para cuproníquel 70-30.

Los grados comerciales de aluminio y algunas de las aleaciones de aluminio-manganeso más blandas, aluminio-silicio y aluminio-silicio-magnesio, se estiran por presión con facilidad a temperaturas entre 450-500°C.; pero muchas de las aleaciones de alta resistencia como el duraluminio, presentan dificultades que exigen un control estricto de la extrusión.

La formación de aceros por métodos de extrusión se inició industrialmente hasta 1937, cuando el proceso se utilizó para la manufactura de tubos sin costura. Puesto que son necesarias temperaturas de extrusión del orden de 1100 a 1250°C., que producen un elevado desgaste en herramientas y dados, el proceso se utilizó principalmente en la manufactura de tubos de acero inoxidable austenítico que son más costosos y además tienen la propiedad de producir pequeñas cantidades de óxido durante el calentamiento, lo cual se traduce en un menor desgaste de los dados. Sin embargo, en la actualidad, se producen cantidades considerables de tubos de acero al carbono y de baja aleación por este proceso.

Las prensas usadas son semejante en su diseño a las empleadas para metales y aleaciones no ferrosas. Una modificación adoptada es el uso de dados cónicos para disminuir la fricción y en consecuencia, la abrasión de las caras del dado.

También se ha dado atención a la lubricación del dado, mandril y recipiente, para reducir la tendencia del acero caliente a soldarse a estas partes.

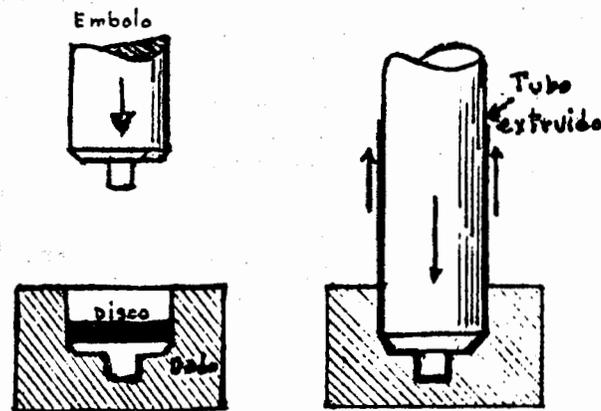
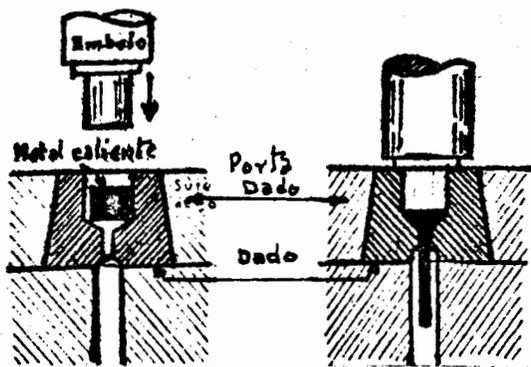
Posiblemente el avance más importante en la extrusión del acero, se logró por el uso del vidrio como lubricante. Antes de ser extruido el lingote calentado, se rola en un cojín de fibra de vidrio, haciendo lo mismo con la cara -- del dado y el mandril, si existe. El lingote se aísla así completamente, de -- las herramientas de la prensa por medio del vidrio, el cual fluye bajo la acción del calor y la presión y actúa como lubricante que protege las herramientas de la prensa de la abrasión excesiva.

EXTRUSION POR FORJA.

En la Fig. 45, se muestra un proceso de forja ligado al de extrusión, conocido como extrusión por forja, en el cual una masa de acero al cromo, resistente al calor, es precalentada a unos $1100^{\circ}\text{C}.$, para ser extruida a través de un dado. La masa de acero se extruye parcialmente a través del dado, por la aplicación de presión de un émbolo, formando así el vástago de la válvula; pero es retenido suficiente metal en el dado para formar la cabeza. Cuando se eleva el émbolo, la válvula se extrae del dado, mediante un expulsor colocado en la mitad inferior del sujetador del dado, con lo cual termina el ciclo.

FIG. 45.-EXTRUSION POR FORJA DE UNA VALVULA.

FIG. 46.-EXTRUSION DE TUBOS DESECHABLES POR IMPACTO.



EXTRUSION POR IMPACTO.

Este proceso tiene su principal aplicación en la fabricación de tubos desechables de plomo, estaño y aluminio, usados como recipientes para cremas de afeitar, pastas de dientes, medicinas, rollos fotográficos, etc.

Además de la manufactura de tubos desechables, se utiliza el aluminio para la producción de muchos artículos en la forma de cáscaras profundas extruidas por impacto. Estos artículos incluyen botes y cápsulas para alimentos y -- productos medicinales, corazas para componentes de radios y cajas para linternas eléctricas.

En la extrusión por impacto, generalmente se emplean prensas mecánicas sólidamente construidas. Los principios de disposición del dado y émbolo se ilustran en la Fig. 46.

En la cavidad del dado se coloca un pequeño disco de metal frío, y al descender el émbolo, empuja rápidamente al punzón hacia la cavidad y transmite -- una elevada presión al metal que inmediatamente llena ésta. Puesto que no hay medio de salida, el metal es forzado hacia arriba, a través de la abertura entre el punzón y el dado, formándose una pieza tubular. Al elevarse el émbolo, el tubo extruido se retira por un mecanismo automático de extracción. El espesor de la pared del tubo se controla por el claro entre el punzón y la cavidad del dado.

La punta roscada de un tubo desechable, generalmente se hace en un proceso posterior.

La extrusión por impacto en plomo y estaño se realiza en frío, pero los discos de aluminio suelen calentarse hasta unos 250°C. para ser formados. El zinc, aleado con 0.6% de cadmio y usado para extrusión por impacto de cubiertas de pilas secas, se calienta primero de 150 a 180°C, puesto que a esa temperatura el zinc es muy plástico.

PROCESO HOOKER.

Este proceso es muy parecido al de extrusión en caliente por el método directo. Sin embargo, emplea la extrusión por impacto bajo condiciones de trabajo en frío y sus productos incluyen pequeños cartuchos de latón, tubos de cobre para radiadores y cambiadores de calor y otros componentes tubulares cortos.

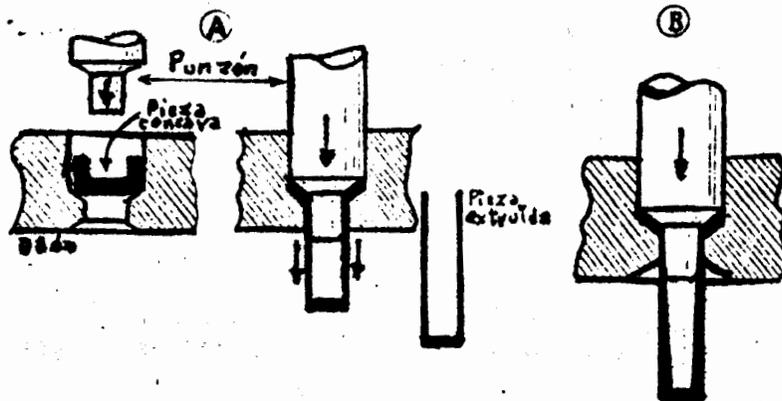
Aun cuando el estaño y el plomo pueden ser extruidos por el proceso Hooker, se utiliza éste con más frecuencia para la extrusión en frío del cobre y sus aleaciones, en particular cuando el componente resultante se requiere en la condición de endurecido por trabajo.

El proceso Hooker se realiza en prensas de manivela. La Fig. 47-A ilustra la forma típica del proceso. Algunas veces se utilizan discos planos en el proceso, pero generalmente se considera que las piezas concavas son más satisfactorias y más económicas, a pesar del costo adicional del formado de ellas.

La pieza se coloca en el dado y al descender el émbolo, se impulsa el metal hacia abajo entre el espacio del punzón y el dado, produciendo una extrusión tubular.

Si el cuerpo del punzón es ahusado, (Fig. 47-B) de manera que al descender a la abertura del dado disminuya la distancia anular entre punzón y dado, puede producirse un tubo con espesor de pared variable.

FIGURA 47.- PROCESO HOOKER.



B.- FORMADO DE METALES EN FRÍO.

El formado de metales en frío se realiza a temperaturas inferiores a la de recristalización. En la mayoría de los casos se realiza a la temperatura ambiente, aunque puede realizarse también a temperaturas poco elevadas, cuando esto proporciona aumento en la ductilidad, como en el caso del magnesio que es trabajado en frío a temperaturas de 300 a 400° F. Si la temperatura de la pieza durante el trabajo de formado no llega a la temperatura de recristalización, el trabajo se considera realizado en frío.

El trabajo en frío presenta las ventajas siguientes:

- 1.- Mejor control dimensional.
- 2.- Reproductibilidad e intercambiabilidad de piezas.
- 3.- Mejor acabado superficial.
- 4.- No se requiere calentamiento.
- 5.- Se mejoran las propiedades de resistencia.
- 6.- Pueden impartirse propiedades direccionales.

Desventajas:

- 1.- Se requieren mayores fuerzas para la deformación.
- 2.- Se necesitan equipos más potentes y pesados.
- 3.- Las superficies de los metales deben estar limpias y libres de escamas
- 4.- Se produce endurecimiento por deformación. (Acritud.)
- 5.- Se dispone de menor ductilidad.
- 6.- Pueden producirse propiedades direccionales perjudiciales.

En principio debe considerarse que el trabajo en frío y el trabajo en caliente se complementan. Sin embargo, debe reconocerse que el trabajo en frío es el que ha contribuido al desarrollo de la producción masiva

Los procesos de fabricación en frío son tan numerosos y variados que se han clasificado según el tipo de acción deformante, de la siguiente manera:

I.- DE FORMADO POR COMPRESION.

- | | | |
|----------------------|----------------|-------------------------|
| a) Laminado | e) Extrusión. | i) Martillado |
| b) Estampado | f) Remachado. | j) Bruñido. |
| c) Forjado en frío. | g) Enclavijado | k) Estampado en matriz. |
| d) Acabado a medida. | h) Acuñaado | l) Laminado de roscas. |

II.- DE FORMADO POR CURVADO.

- | | |
|--------------------------|----------------|
| a) En ángulo | d) Costura. |
| b) Con rodillos. | e) Rebordeado. |
| c) Modelado con rodillos | f) Enderezado. |

III.- DE FORMADO POR CIZALLADURA O CORTE.

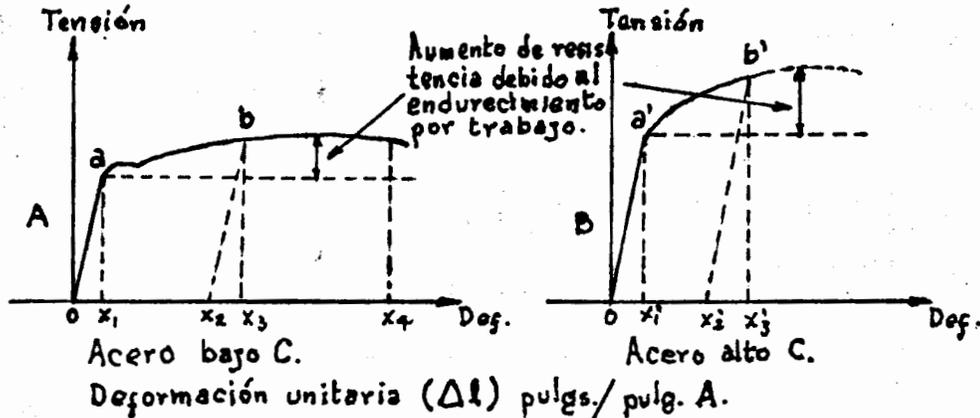
- | | |
|--|----------------------------|
| a) Corte en tiras (Cizallado) | e) Cepillado o refileado. |
| b) Recorte. | f) Trimming. |
| c) Perforado (Picado, perforación múltiple.) | g) Tronzado. |
| d) Muescado (calado) | h) Corte con saca bocados. |

IV.- DE FORMACION POR ESTIRADO.

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| a) Estirado de barras y tubos | d) Alto relieve. |
| b) Estirado de alambres (trefilado) | e) Moldeado por estirado. |
| c) Rechazado (repusado o entalla) | f) Estampado en casquete. |

Puesto que en el formado en frío se buscan deformaciones permanentes, todo el proceso de formado se realiza en la zona plástica del Diagrama Esfuerzo-Deformación. (Fig. 1)

FIG. 1.- DIAGRAMA ES FUERZO DE FORMACION.



Como es sabido, el punto a en cada diagrama corresponde al límite elástico, el cual deberá ser rebasado para lograr deformación permanente. Para lograr una deformación estable el alargamiento debe ser superior a α_1 , pero si se rebasa α_4 , el metal se romperá. Por lo tanto, la zona de deformación para el trabajo en frío será de 0 a x_4 . Los metales cuyo comportamiento sea semejante al del diagrama A, tendrán mayor ductilidad y por lo tanto podrán deformarse con mayor facilidad que los del tipo B, ya que estos endurecen más por el trabajo en frío.

Recuperación o vuelta elástica. - Es un fenómeno que siempre se presenta en las operaciones de trabajo en frío y se debe a que una parte de toda deformación impartida a cualquier metal, es elástica.

Si un metal es estirado hasta el punto x_1 , (Fig.1), al cesar la fuerza deformante, el metal recobrará su forma original, ya que toda la deformación es elástica, pero si el metal se deforma hasta x_3 , correspondiente al punto b del diagrama, la deformación total 0 - x_3 será parte plástica y parte elástica. -- Cuando se retira la carga, la reducción de tensión seguirá la línea bx_2 y la deformación residual será sólo OX_2 . La disminución en la deformación $x_3 - x_2$, es lo que se conoce como vuelta elástica.

En los trabajos de formado en frío se debe incrementar la deformación en una cantidad igual a la vuelta elástica para lograr la deformación deseada.

Preparación de los metales para el trabajo en frío.

Ya que las características principales del trabajo en frío son el buen acabado superficial y las dimensiones precisas, los materiales deben ser preparados previamente.

Para eliminar las escamas que suelen tener los metales por el trabajo en caliente, se sumerge el material en soluciones ácidas y luego se lavan y secan, esta operación se conoce como decapado.

Para obtener buenas tolerancias dimensionales, se debe partir de un material de espesor uniforme con una superficie pulida, por lo que en ocasiones es necesario dar un laminado suave a las planchas o láminas antes de realizar el trabajo en frío principal. Esta operación se conoce como calibrado.

Otra preparación previa que suele darse a los materiales es el recocido, éste se realiza cuando se requieren deformaciones intensas donde es conveniente disponer de toda la ductilidad del material. Este recocido puede darse después de que la pieza ha sido casi totalmente deformada en frío, de manera que la última operación de acabado se realice sin peligro de rotura.

Las barras y alambres estirados en frío, pasan generalmente por una operación previa de enderezado mediante rodillos (Fig.23). Las placas se enderezan por una operación conocida como nivelado por estirado. (Fig.23-A).

1.- FORMADO POR COMPRESION.

La mayoría de las operaciones de formado por compresión se pueden realizar tanto en caliente como en frío. La razón de las operaciones en frío es lograr mayor precisión dimensional y mejores acabados superficiales. Los equipos empleados son básicamente los mismos, solo que en ocasiones son más grandes y potentes.

a) Laminado en frío.

Se emplea para obtener placas, láminas, barras y varillas con superficies pulidas y dimensiones precisas.

Los laminadores más empleados son los de 4 rodillos (Cuarto), múltiples o en racimo y planetarios. (Figs. 4-d, 4-e y 4-f, pag. 68.)

El laminado en frío de planchas, láminas y flejes se clasifica en:

Laminado de superficie, un cuarto endurecido, semiduro y duro completo. En el laminado de superficie la reducción es de 1/2 a 1%, obteniéndose una superficie pulida y espesor uniforme, es adecuado para operaciones de trabajo en frío que requieran buena ductilidad.

Láminas y flejes un cuarto endurecidos, semiduros y duros llevan hasta 50% de reducción. Sus puntos de fluencia han sido aumentados y se han impartido propiedades direccionales definidas

El acero un cuarto endurecido puede ser doblado sobre sí mismo a través de la fibra sin romperse y el semiduro y duro pueden curvarse en ángulos de 90° y 45°, respectivamente, con un radio igual a su espesor.

b) Estampado.

Se emplea para reducir, rebajar o aguzar barras y tubos. El estampado en frío se realiza generalmente en una máquina de estampar giratoria, como la indicada en la Fig. 2.

A medida que el eje gira dentro de la caja, los bloques de soporte son movidos hacia adentro cuando pasan bajo los rodillos, apretando las matrices entre sí. El operador inserta la barra o el tubo entre las matrices y los empuja gradualmente hacia adentro hasta obtener el grado de estampado deseado

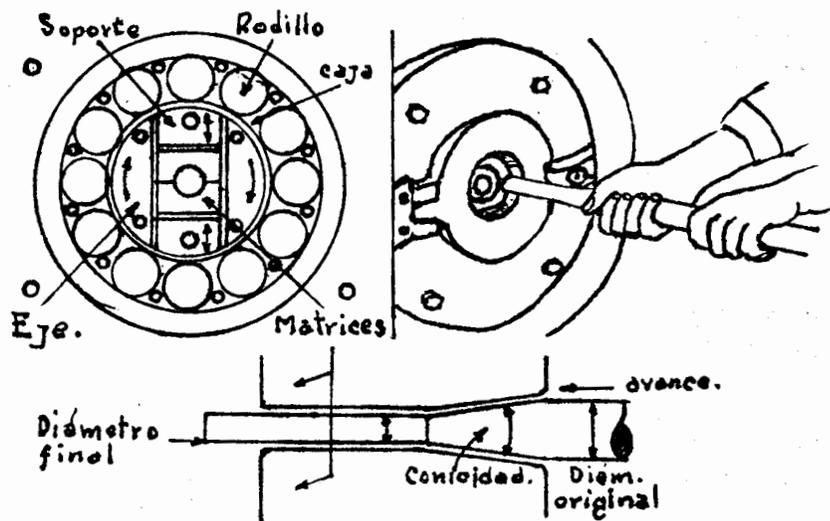
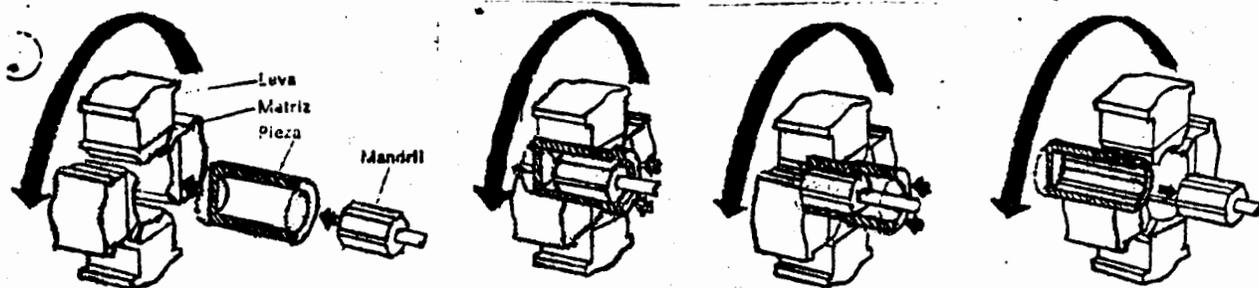


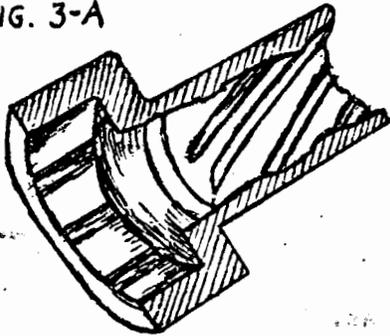
FIG. 2.- COMPONENTES Y MOVIMIENTOS BASICOS DE UNA MAQUINA DE ESTAMPADO.

Una modificación desarrollada últimamente en estampado giratorio es el proceso Intraform, Fig. 3, el cual usa un mandril interno que permite modelar con exactitud formas internas en pocos segundos y con excelentes acabados superficiales.

FIG. 3.- PROCESO INTRA FORM.



ETAPAS DEL PROCESO

PIEZA TERMINADA
FIG. 3-A

Las matrices giratorias hacen que la pieza y el mandril giren, pero a una velocidad algo menor que la de las matrices. Al mismo tiempo - la pieza de trabajo se avanza sobre el mandril y hacia las matrices, permitiendo así que piezas largas sean modeladas con mandriles cortos que son más baratos. La figura 3-A muestra una pieza formada por este procedimiento.

c) Forjado en frío.

El forjado en frío consiste en comprimir - el metal en la cavidad de una matriz o dado para darle la forma deseada. Una de las aplicaciones más usuales de este proceso es el formado de cabezas de tornillos, remaches y clavos

El proceso presenta dos variantes, la primera se presenta en la Fig. 4-A -- donde se corta el tramo de barra en el primer paso, luego se lleva a una segunda matriz donde se recalca y en la tercera se termina la cabeza. Cuando se completa el cabeceado, un perno expulsa la pieza terminada de la matriz que la sostiene. Si en cada estación se requiere más de un golpe el punzón gira en su posición entre golpe y golpe. El proceso se realiza generalmente en prensas de -- transferencia.

En la segunda variante la barra se hace avanzar hacia afuera de la mordaza, la longitud necesaria para formar la cabeza y una vez formada ésta, se corta a la medida necesaria. Este método se emplea en la fabricación de clavos, formándose la punta en la operación de corte.

La figura 4-B muestra los pasos para la fabricación en frío de un tornillo y la Fig. 4-C los correspondientes a la fabricación de la tuerca. En los tornillos que llevan rosca laminada, es necesario disminuir el diámetro del cuerpo del tornillo, en la parte que se va a rolar la rosca para evitar que el diámetro de la rosca sea mayor que el del cuerpo del tornillo. Esta operación se realiza colocando en una de las estaciones de la prensa de transferencia una matriz como la indicada en la Fig. 4-D.

La Fig. 4-E muestra el instrumental necesario para recalcar la parte central de una barra, empleando eyectores tanto en la matriz como en el punzón.

A través del uso de varios tipos de matrices cerradas, pueden hacerse piezas relativamente complejas con tolerancias estrechas, en una sola operación de forja en frío. La Fig. 4-F, indica como se forma el cuerpo de una bujía a partir de un trozo cilíndrico en un solo golpe de forja. El único desecho del proceso es un pequeño disco recortado en segunda operación para completar el agujero.

Este proceso es particularmente adecuado para metales dúctiles no ferrosos, aunque también puede usarse para muchas aplicaciones en aceros.

FIGURA 4.- PROCESOS DE FORJA EN FRIO.

Fig. 4-A. Cabeceado de un tornillo

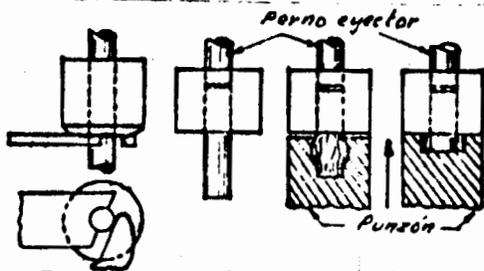
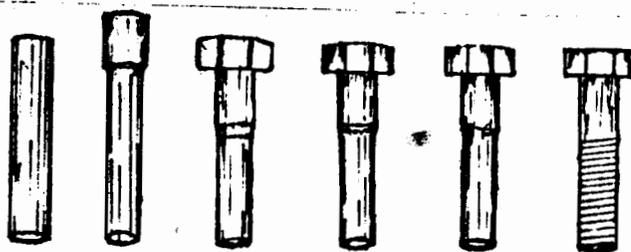


Fig. 4-B.-Pasos en la fabricación de tornillos.



Prensa horizontal de transferencia
Pasos de formado y perforado

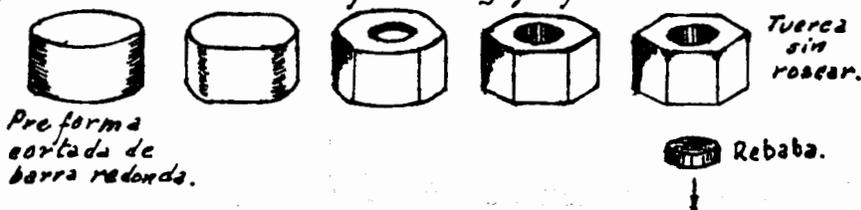


Fig. 4-C.-Pasos seguido en la fabricación de tuercas.

Fig. 4-D.-Extruido del cuerpo de un tornillo.

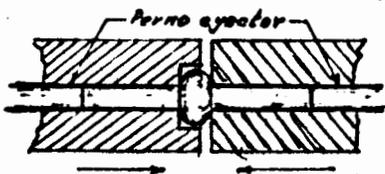
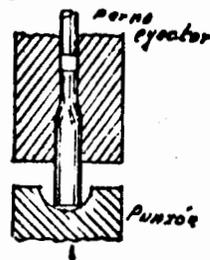


Fig. 4-E. Recalcado central de una barra

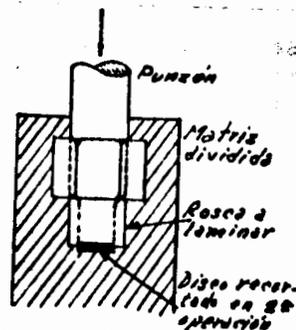


Fig. 4-F.-Fabricación por forja en frío de un cuerpo de bujía en un solo golpe.

d) Acabado a medida.

Es una operación por la cual se comprimen áreas localizadas de piezas forjadas o de fundición maleable, para obtener la dimensión deseada. Se realiza sólo una deformación limitada, apenas suficiente para lograr los fines buscados; el acabado a medida se realiza en prensas mecánicas por lo que pueden mantenerse tolerancias estrechas.

e) Extrusión en frío.

Este proceso es aplicable solo a metales suaves y ya fué descrito en la página 97 bajo el título de extrusión por impacto.

f) Remachado.

El Remachado es una operación que tiene por objeto unir permanentemente piezas metálicas mediante un remache o roblón, formando una segunda cabeza en el

extremo libre del remache como se indica en la Fig. 5. El punzón formador de la segunda cabeza, puede ser soportado y movido mediante una prensa mecánica o por medio de un martillo neumático portátil.

Cuando se emplea una prensa, el remachado se realiza en una sola carrera de la misma, teniendo el punzón, en algunos casos, un movimiento de giro.

Existen máquinas especiales de remachado usadas en la fabricación de aviones, que hacen el barreno para el remache, colocan el remache en posición y lo remachan en poco más de un segundo.

En el capítulo VI Unión de metales, se describen con amplitud los diferentes tipos de remaches y juntas remachadas.

Fig. 5.- OPERACION DE REMACHADO.

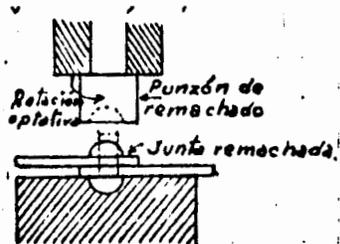
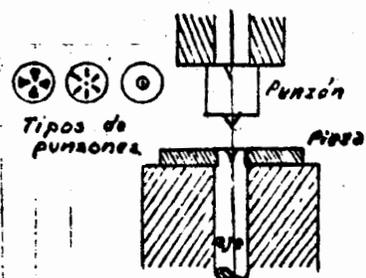


Fig. 6.- OPERACION DE ENCLAVIJADO.



g) Enclavijado

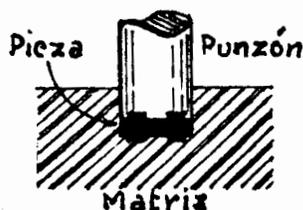
El enclavijado o clavijado, es una aplicación del trabajo en frío empleada para la unión de elementos de máquinas, por la simple acción de un punzón deformador movido por una prensa mecánica, como se indica en la Fig. 6. En la misma figura se muestran los diversos tipos de punzones que se suelen usar.

La operación se realiza en una sola carrera de la prensa, produciéndose -- una unión firme entre los 2 elementos a unir; la única objeción que pudiera tener el proceso es la marca que dejan los punzones.

h) Acuñado.

Es un proceso de formado en frío que se emplea principalmente para fabricar monedas o medallas. Se realiza en una prensa por el desplazamiento positivo de un punzón sobre un disco de metal confinado en una matriz. Fig. 7.

Fig. 7.- PROCESO DE ACUÑADO.



Las matrices y punzones deben tener acabados muy finos para obtener detalles y dimensiones -- precisas.

Debido al confinamiento del metal y al desplazamiento positivo del punzón, no hay posibilidad de que el excedente de metal salga de la matriz y como se requieren presiones muy altas -- (100 Tons/pulg²), son necesarias mediciones volumétricas muy precisas, para evitar la ruptura de las matrices o de las prensas.

i) Martillado.

Es un proceso de trabajo en frío en el cual la superficie de un metal es golpeada repetidamente por un punzón, o por una herramienta redonda. Los golpes deforman y tienden a alargar la superficie, lo que ocasiona que ésta quede sujeta a compresión. Este estado de fuerzas produce una condición favorable para resistir el agrietamiento debido a los esfuerzos repetidos de flexión, ya que la tensión de compresión es sustractiva de la tensión aplicada. Por esta razón, los árboles de levas, los cigueñales, los dientes de engranes, etc., -- son martillados frecuentemente.

En el caso de las soldaduras, el martillado es generalmente realizado con martillos manuales o neumáticos, con el propósito de evitar la distorsión o -- prevenir el agrietamiento por contracción.

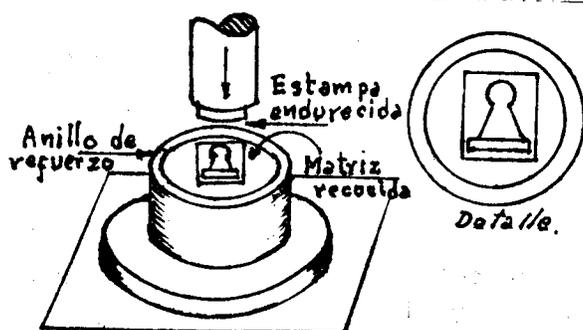
j) Bruñido.

Es un proceso en el cual las piezas de metal estampadas, son empujadas a través de una matriz ligeramente cónica, para que el roce contra las paredes -- de la matriz pula los bordes de las piezas de trabajo y elimine el borde áspero de las partes recortadas

k) Estampado en matriz.

El estampado en matriz es un proceso de trabajo en frío empleado para pro -- ducir cavidades en varios tipos de matrices, como las usadas en el moldeo de -- plásticos.

FIG. 8 ESTAMPADO EN MATRIZ.



Como se muestra en la Fig. 8, prime -- ro se fabrica una estampa de acero (gene -- ralmente en alto relieve) conteniendo el contorno de la parte que será moldeada -- en la matriz. Después de que se ha endu -- recido la estampa de acero, se coloca en una prensa hidráulica y se presiona lenta -- mente sobre la matriz recocida hasta que se produzca la impresión deseada.

El flujo de metal en la matriz pue -- de ser controlado y favorecido, sacando metal de las partes donde el flujo sea -- máximo.

La matriz recocida, generalmente -- circular, se refuerza durante el estam -- pado mediante un anillo de acero. Cuan --

do se completa el estampado la matriz se saca del anillo, se elimina el metal en exceso por maquinado y luego se trata térmicamente.

Una estampa se puede usar para producir varias cavidades en moldes, por lo que el estampado en matriz suele ser el método más económico para producir cavidades en dados y matrices. El proceso también se conoce como Hobbing o clavado.

l) Laminado de roscas.

El laminado ha llegado a ser el método más importante para la producción de piezas roscadas. El laminado de roscas es una operación de trabajo en frío en la cual se forma la rosca haciendo rodar la pieza entre matrices endurecidas, las cuales por presión forman la rosca. Dado que no hay arranque de viru -- ta ni remoción de metal, se requiere menos material.

La deformación en frío aumenta la resistencia y puede producir una super -- ficie con buen acabado y gran resistencia al desgaste.

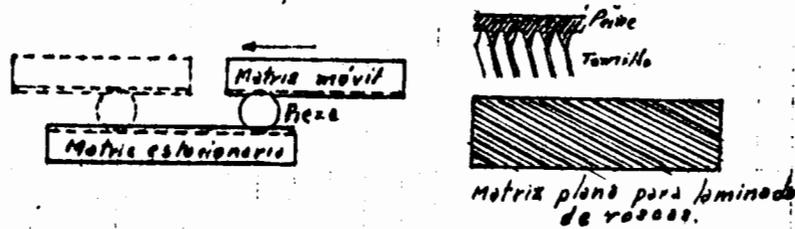
La mayoría de los pernos y tornillos comerciales (hasta 3/4" de diám.) se roscan por laminado en frío, solo las roscas muy grandes de laminan en calien -- te

El laminado de roscas es un proceso sencillo que usa dos métodos básicos:

El más sencillo emplea dos matrices planas (Peines), una fija y la otra móvil como se indica en la Fig. 9. La pieza se coloca en posición sobre la -- matriz estacionaria, el desplazamiento de la matriz móvil produce la rotación de la pieza entre ambas matrices y el metal de la pieza por la acción de la presión ejercida, forma los hilos de la rosca.

La pieza rueda moviéndose con su eje longitudinal perpendicular a la ma -- triz. Antes del final de la carrera de la matriz móvil, la pieza rueda fuera de la matriz fija con su rosca terminada.

FIG. 9 LAMINADO DE ROSCAS CON MATRICES PLANAS.



El segundo método para laminar roscas utiliza dos o tres matrices tipo - rodillo (Figs. 10 y 11).

En el método de tres rodillos, los rodillos se abren mientras se coloca en posición la pieza, luego se mueven hacia adentro mientras giran para formar la rosca, la pieza puede ser roscada sólo en una parte o en toda su longitud.

En el método de dos rodillos ilustrado en la Fig. 11 la pieza se sostiene en forma similar a la usada en las rectificadoras sin centros, siendo los rodillos roscadores excentricos. Para formar la rosca se requiere sólo una revolución de los rodillos.

Los dos métodos pueden realizarse en forma automática, la rapidez del proceso proporciona un método muy económico en la producción masiva de piezas roscadas. Otra ventaja del proceso es la de poder formar roscas completas hasta llegar a un reborde, tal como la cabeza de un tornillo.

A causa de la deformación en frío, las roscas laminadas son más fuertes - que las roscas cortadas con terraja o en torno.

Un gran número de piezas tubulares de pared delgada tienen roscas laminadas, como es el caso de los casquillos porta lámparas y los culotes de lámparas eléctricas incandescentes.

FIG. 10 LAMINADO DE ROSCAS CON 3 RODILLOS.

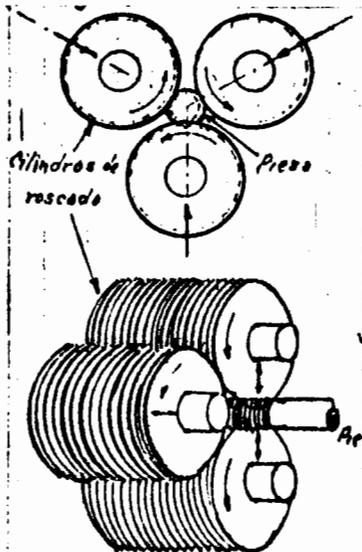
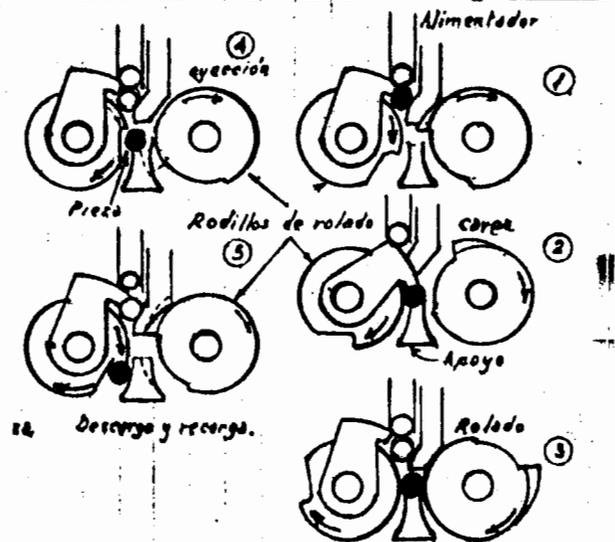


FIG. 11 LAMINADO AUTOMÁTICO DE ROSCAS CON DOS RODILLOS.



Laminado de roscas Interiores.

Se pueden hacer roscas interiores en agujeros de metales dúctiles tales como aluminio, cobre, bronce, aceros al plomo y algunos metales fundidos en coquilla, mediante el uso de machuelos sinestrías Fig. 12.

La deformación en frío que se indica en la Fig. 13, es esencialmente la misma que la producida en roscas exteriores

Dado que no hay desprendimiento de virutas, se adapta para el roscado de barrenos ciegos; sin embargo, para obtener la profundidad total de la rosca, debe ser perfectamente controlado el diámetro del barreno.

FIG. 12 MACHUELO SIN ESTRIAS PARA HACER CUERDAS INTERIORES.

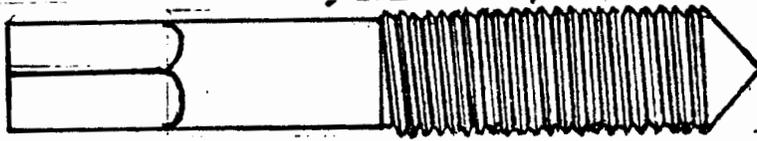


FIG. 13 ROSCADO DE UNA CUERDA INTERIOR EN UN BARRENO CIEGO.

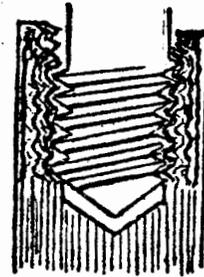
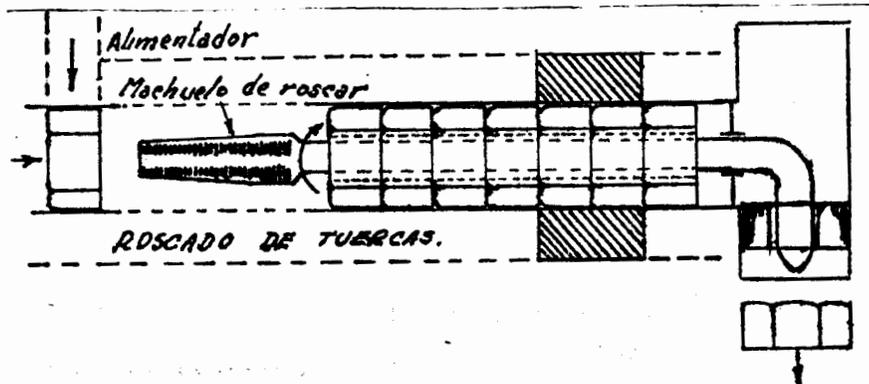


FIG. 13-A. DISPOSITIVO PARA EL ROSCADO DE TUERCAS.



La Fig. 13-A muestra un esquema de la máquina empleada para el roscado de tuercas formadas en frío. El roscado es un proceso de formado con arranque de viruta, que usa un macho de roscar con zanco curvo que permita la salida de las tuercas roscadas.

Las tuercas permanecen fijas en una canal hexagonal y el machuelo tiene un movimiento de rotación para cortar los filetes de la cuerda,

Al caer la tuerca del alimentador es empujada hacia la punta del machuelo por la acción de un resorte, y una vez que la toma el machuelo y se inicia el corte de la rosca, los mismos filetes de la cuerda la van empujando hacia la salida.

11.- DE FORMADO POR CURVADO (Doblado)

a) Doblado en ángulo.

El doblado en ángulo hasta 150°, en hojas de lámina con espesores no mayores de 1/16" (1.59 mm.), se puede realizar en dobladoras manuales como la mostrada en la Fig. 14.

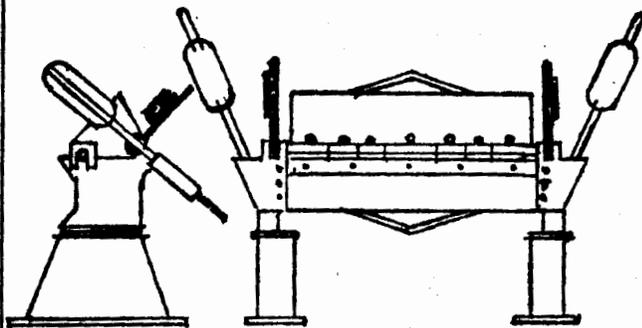


FIG. 14 DOBLADORA MANUAL.

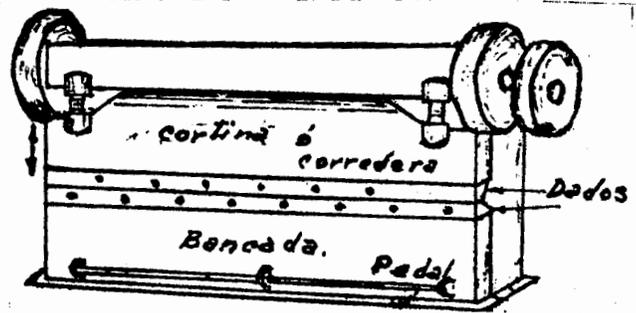


FIG. 15 DOBLADORA DE CORTINA.

Para espesores de lámina mayores se emplea normalmente la prensa de freno o prensa de cortina, cuyo esquema se muestra en la Fig. 15. Estas prensas son usadas para doblar placas pesadas o para dobleces complejos en láminas delgadas. Las prensas de cortina operadas mecánicamente, tienen una bancada larga y angosta y un golpe de la corredera lento y corto. La longitud de doblado suele ser de 3.5 mts. y colocando dos máquinas en paralelo se logran longitudes de 7.0 mts.

El metal es doblado entre dados intercambiables sujetos a la bancada y a la corredera; con la variedad de formas representadas en la Fig. 16.

En láminas de poco espesor pueden realizarse dobleces repetidos, moviendo la lámina entre golpes sucesivos de la prensa. La Fig. 17 muestra cómo se

modela progresivamente un borde cilíndrico en una prensa de cortina.

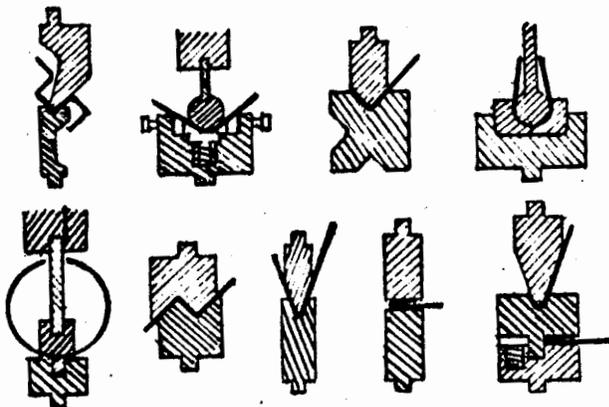


FIG. 16. DIVERSOS TIPOS DE DADOS EMPLEADOS EN PRENSAS DE CORTINA.

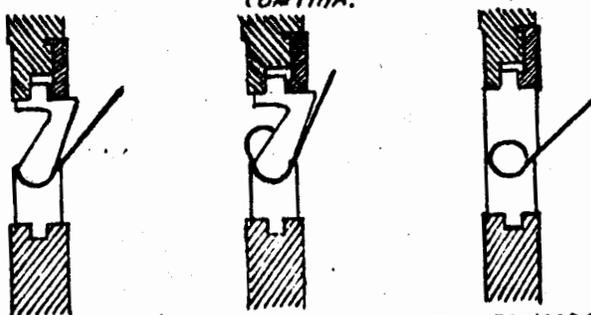


FIG. 17. SECUENCIA Y DADOS EMPLEADOS EN EL FORMADO DE UN BORDE CILINDRICO EN UNA PRENSA DE CORTINA.

Para obtener piezas satisfactoriamente dobladas deben tenerse en cuenta los factores siguientes:

El radio mínimo a que puede ser doblada la pieza sin agrietarse, esto depende de la ductilidad del material y de que dicho material haya sido trabajado en frío previamente, impartíendosele propiedades direccionales.

Dentro de lo posible, los ejes de doblado deberán ser normales a la dirección de la veta o fibra del metal. Si están involucrados dos ejes de doblado, se tratará de orientar el metal de modo que queden a 45° con la dirección de la fibra.

El segundo factor es relativo a la posición del eje neutro en la placa original plana y desarrollada. Cuando se produce la flexión, el metal que está del lado

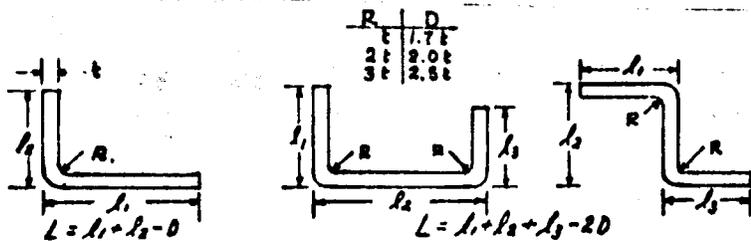


FIG. 18. METODO PARA DETERMINAR LA LONGITUD DE LA PLACA EN OPERACIONES DE DOBLADO.

1/3 a 1/2 del espesor de la placa, de la superficie interna del doblado, dependiendo del radio de curvatura.

El método ilustrado en la Fig. 18, da una solución satisfactoria para determinar la longitud original de la placa.

El tercer factor importante de diseño es la longitud del ala mínima que puede doblarse satisfactoriamente. En la mayoría de los casos el ala deberá ser mayor 1 y 1/2 veces el espesor del metal más el radio de curvatura.

b) Curvado con rodillos (Rolado)

Las placas y láminas gruesas se rolan en máquinas del tipo indicado en la Fig. 19. La máquina consta de tres rodillos dispuestos en forma de pirámide, siendo el rodillo superior ajustable para control del grado de curvatura.

Otro tipo de arreglo presenta dos de los rodillos colocados al frente y en un mismo plano vertical, que son los que retienen y mueven la placa y un tercer rodillo trasero y ajustable que controla la curvatura. En ambos tipos existe un mecanismo en el extremo del bastidor, que permite levantar el rodillo para extraer la pieza rolada.

La Fig. 19-A muestra una roladora para anillos muy pesados.

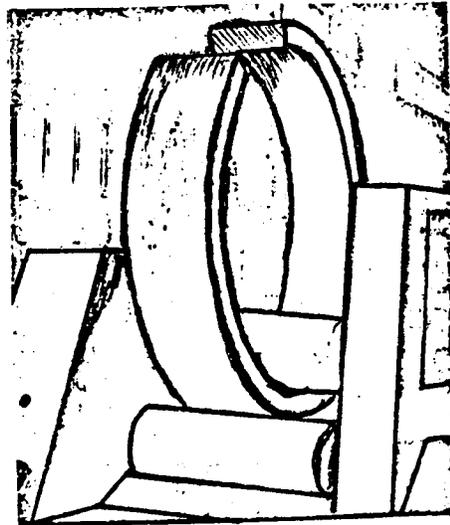
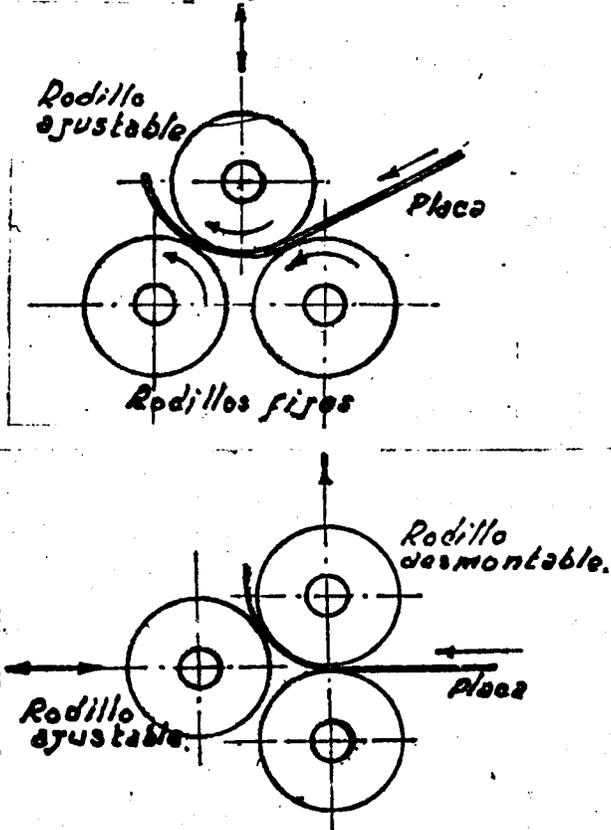


Fig. 19-A Doblado de un pesado anillo de acero en un conjunto de rodillos de doblado. El anillo tiene un espesor de 6 pulgadas, 16 pulgadas de ancho y 88, 3/4 pulgadas de diámetro externo.

FIG. 19.- ARREGLOS COMUNES EN ROLADORAS DE PLACAS.

Para el rolado de tubos es necesario rellenarlos para evitar que se chupen, usando arena, plomo, colofonia o un resorte helicoidal.

Cuando se emplea arena que es el material más económico, es necesario golpear el tubo para que la arena se compacte y no deje espacios huecos, además, se deben cerrar los extremos con sendos tapones de madera suficientemente largos para dar una mejor compactación. Si los tubos han de ser curvados en caliente, se debe cuidar que éstos se rellenen con arena seca, para evitar que el vapor de agua producido expulse los tapones.

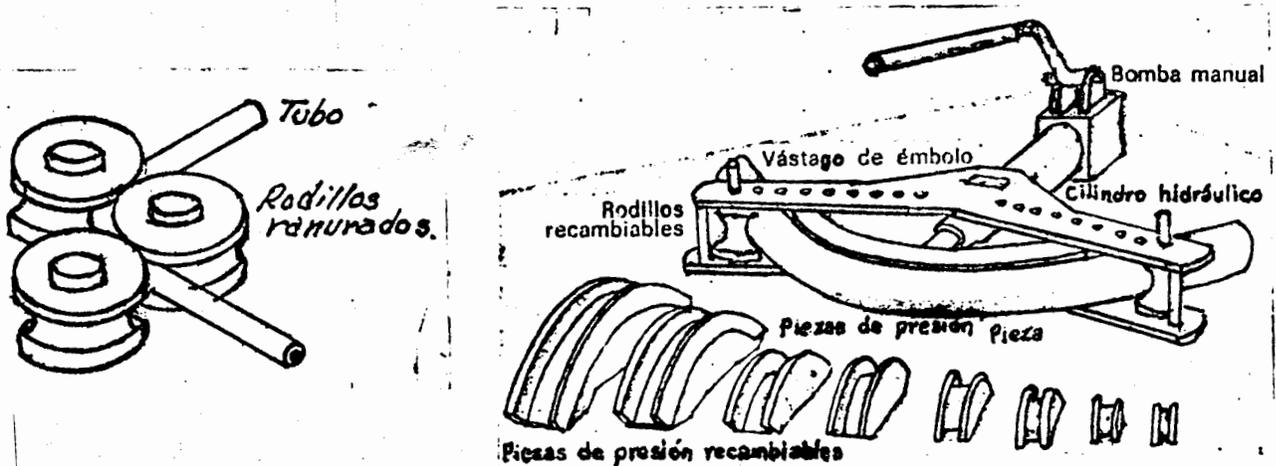
El sitio de la curvatura debe calentarse bien, calentando más la parte interior que la parte exterior de la curva. Con el objeto de obtener una dobladura más limpia, el tubo se calentará en pequeños tramos y se irá doblando con ayuda de una plantilla. El radio de curvatura no deberá ser menor del triple del diámetro del tubo y en el caso de grandes radios de curvatura puede prescindirse del relleno.

En el caso de tubos con costura, ésta debe coincidir con la zona de las fibras neutras para evitar que el tubo reviente por la costura.

Para evitar el relleno de los tubos durante el doblado, existen máquinas como las representadas en la Fig. 20, que evitan el rechupe de los tubos.

Los rodillos acanalados o las hormas intercambiables, producen dobleces limpios y mantienen constante la sección recta de los tubos.

FIG. 20.- DISPOSITIVOS PARA ROLADO DE TUBOS.



c) Modelado en frío con rodillos.

Este proceso se emplea para la fabricación de perfiles tubulares de lámina delgada con secciones complejas, usadas en la producción de ventanas y canales.

La Fig. 21 representa la secuencia del proceso de formado a partir de una cinta metálica, que pasa a través de una serie de parejas de rodillos.

Como puede verse en la Fig. 21-A, un amplio rango de formas pueden ser modeladas con el simple cambio de los rodillos. Estas máquinas son de alta productividad por lo que solo son económicas para producciones superiores a 3500 mts. diarios.

El cierre de los perfiles cerrados se realiza por soldadura de costura por resistencia o bien por engargolado Fig. 22.

FIG. 21.-REPRESENTACION DEL PROCESO DE MODELADO EN FRIJO CON RODILLOS.

FIG.21-A. PERFILES FORMADOS POR RODILLOS Y SECUENCIA DE FORMADO DE UN PERFIL.

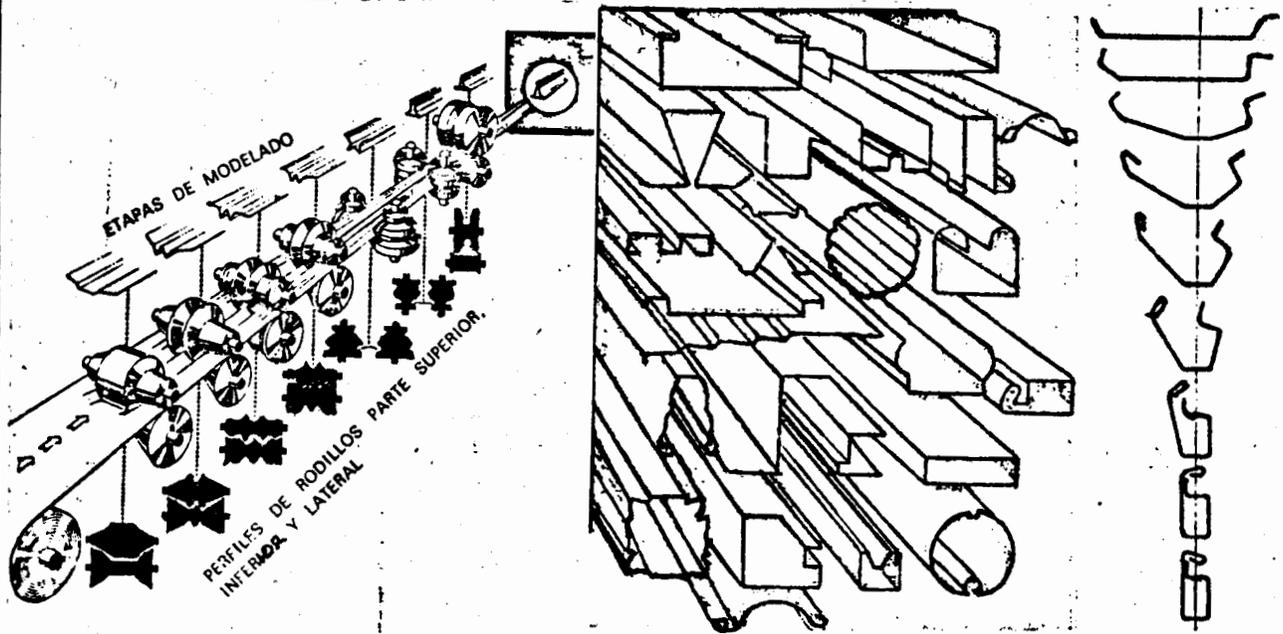
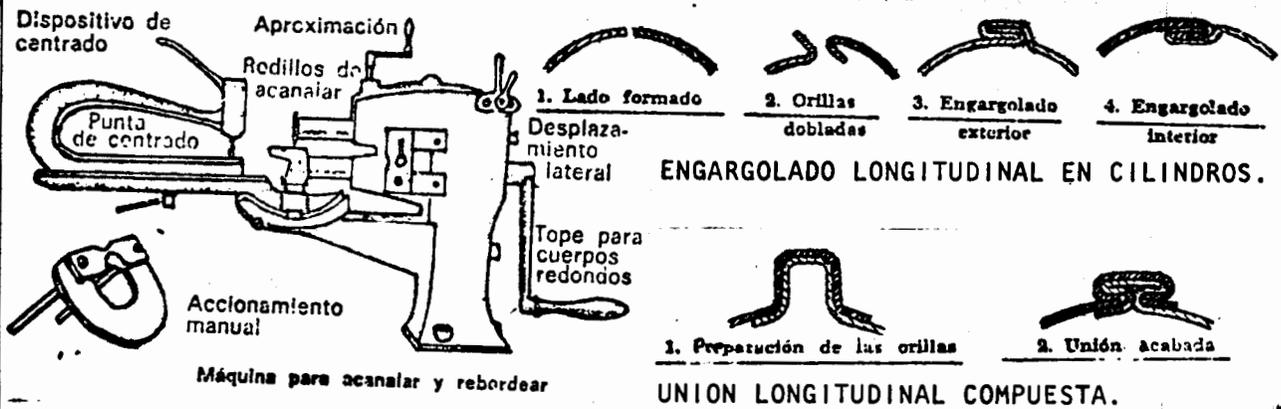


FIG. 22.- ENGARGOLADOS TÍPICOS USADOS EN LA FABRICACION DE RECIPIENTES DE LAMINA DELGADA.



UNION DOBLE PARA RECIPIENTES CON FONDO PLANO



UNION DOBLE PARA RECIPIENTES CON FONDO EN RINCON.

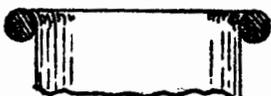
d) Costura. (Engargolado)

Las costuras en hojas de lámina delgada se emplean como elementos de -- unión o de cierre en la fabricación de envases, tambores y perfiles tubulares para cancelos.

La Fig. 22 muestra los tipos más comunes de costuras, los cuales son for- mados por una serie de pequeños rodillos, en máquinas manuales o automáticas.

e) Rebordeado. (Pestañado.)

El Rebordeado o pestañado se realiza generalmente en los extremos termi- nales de los envases de lámina delgada, con el fin de aumentar su resistencia y en ocasiones para formar un resalte que haga las veces de una asa, para faci- litar su manejo. Fig. 22-A.



Se realiza en la misma forma que las costuras y en algunas ocasiones se introduce un alambre en el reborde para darle mayor solidez.

f) Enderezado.

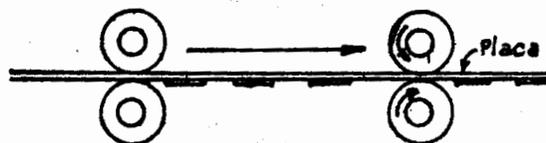
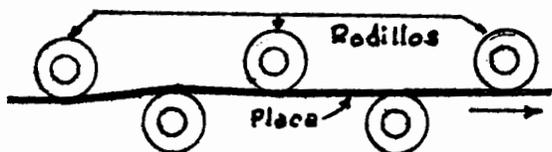
Es una operación contraria al curvado que frecuentemente se hace como -- preparación para alguna operación de trabajo en frío, asegurándose con ello la obtención de elementos planos o rectos.

El método más usual para enderezar varillas, alambres o placas, es el en- derezado con rodillos, como se muestra en la Fig. 23. Las placas o varillas, se pasan a través de una serie de rodillos con desviaciones decrecientes res- pecto a una línea recta. Estos rodillos doblan el metal hacia adelante y hacia atrás en todas direcciones, deformándolo más allá de su límite elástico, qui- tando toda tensión elástica previa, que es la causa de la distorsión.

Las placas de metal también pueden enderezarse por el proceso llamado de nivelado por estiramiento Fig. 23-A. Donde las placas son sujetadas mecáni- camente por sus extremos y estiradas levemente por encima del límite elástico, para eliminar alargamientos previos y producir así la planicidad necesaria.

FIG. 23 ENDEREZADO CON RODILLOS.

FIG. 23-A ENDEREZADO POR ESTIRAMIENTO.



III.- FORMADO POR CIZALLADURA O CORTE.

El cizallado es una forma de cortar barras, placas o láminas sin despren- dimiento de virutas. El metal es generalmente cortado entre dos hojas cizalla- doras llamadas cuchillas.

Dentro de la denominación de cizallado se consideran también las operacio- nes de recorte, perforado y muescado, realizadas mediante punzonez y matrices.

En la Fig. 24 se ilustran las etapas por las que pasa el corte con punzón y matriz y en la Fig. 25 se presenta el corte longitudinal con cuchillas en una cizalla de mesa.

La luz o claro entre el punzón y la matriz no mayor del 5 a 10% del espesor del metal.

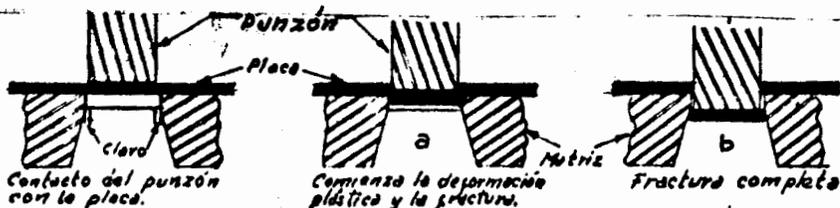


FIG. 24 MECANISMO DEL CIZALLADO CON PUNZÓN Y MATRIZ.

El mecanismo de cizallado de metales es el siguiente: Cuando la deformación localizada alcanza del 10 al 40% del espesor de la placa (dependiendo del tipo del metal), la tensión excede la resistencia al corte y el metal es cizallado a través del espesor restante. Estas dos etapas del proceso son claramente visibles en los bordes de las piezas cortadas.

Si los filos del punzón y la matriz son mantenidos en buenas condiciones y tienen el claro correcto, los bordes cizallados tienen un buen alisado y no requieren acabados posteriores.

La calidad de los bordes cizallados puede aumentarse considerablemente, si la pieza se sujeta firmemente contra la matriz mediante un pisador, si la luz entre el punzón y la matriz se reduce al mínimo y si se ejerce una contra presión hacia arriba sobre el material, para evitar el desgarramiento.

La observación de estas reglas hace que la cizalladura se produzca uniformemente alrededor de todo el borde, obteniéndose bordes pulidos que no requieren operaciones posteriores.

Para el corte de metales en línea recta, se emplean cizallas de mesa como la indicada en la Fig. 25.

Este tipo de máquinas tienen una cuchilla móvil que baja contra otra fija y hace el corte del metal. Se emplea una barra o un conjunto de pizones de sujeción, para presionar la placa contra la mesa durante el corte.

La cuchilla móvil tiene un ángulo de viaje de 10° aprox., a fin de que el corte se realice progresivamente de un extremo a otro. Esta acción reduce la fuerza requerida para el corte, aunque la energía total que se gasta es la misma.

FIG. 25.- CIZALLA DE MESA PARA CORTES RECTILINEOS.

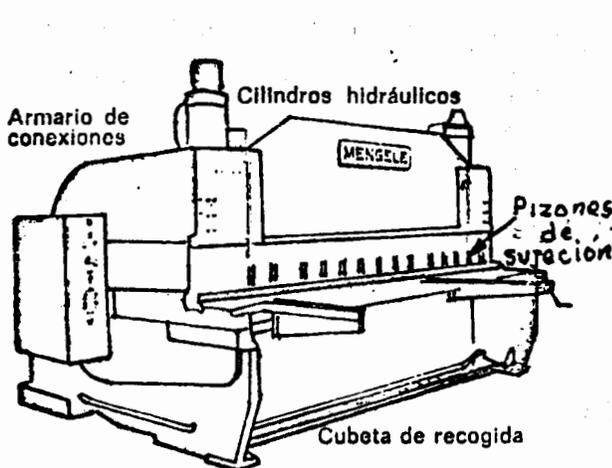
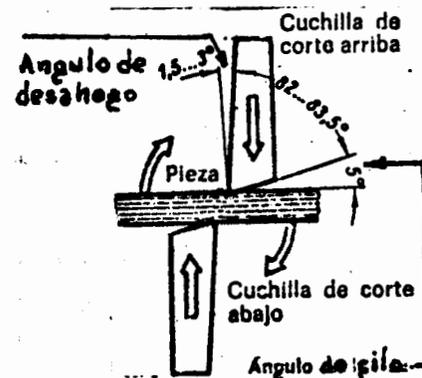
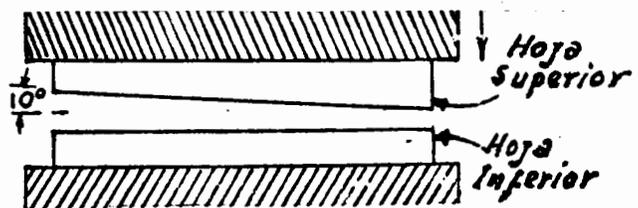


Fig. 25 Cizalla de mesa para chapas, provista de accionamiento hidráulico



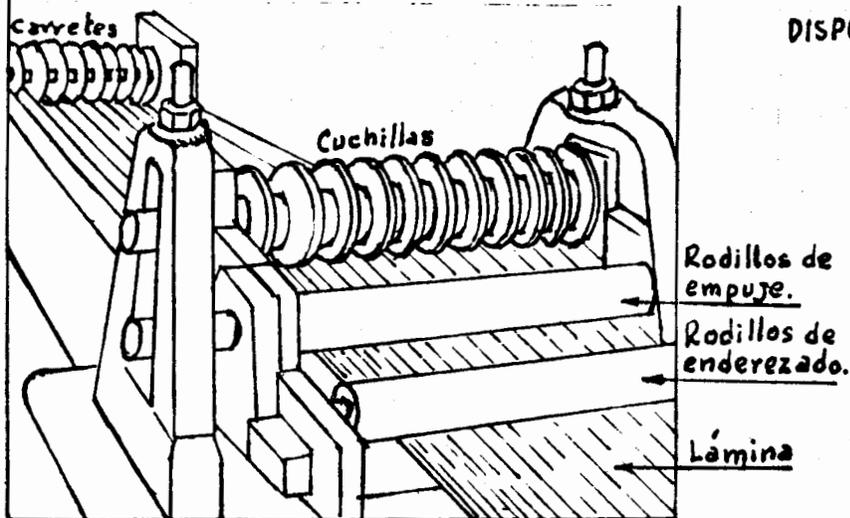
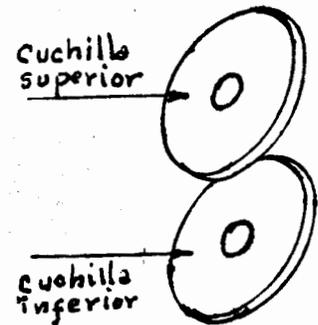
a) Corte de metal en tiras

Esta operación se realiza empleando cuchillas circulares montadas sobre mandriles, y convenientemente espaciadas para obtener el ancho necesario de las tiras de lámina. La Fig. 26 es un esquema de la máquina empleada.

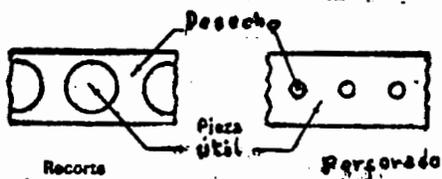
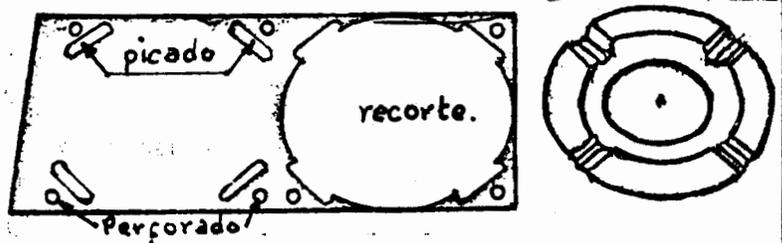
La máquina presenta un arreglo horizontal empezando por una pareja de rodillos que enderezan la lámina, y otra pareja que la empuja contra las cuchillas de corte. Una vez cortadas las tiras se enrollan en carretes colocados en el extremo posterior de la máquina.

Las aristas de la cuchilla superior se aparean con las de la cuchilla inferior, como se indica en la Fig. 26-B, y como la separación entre bordes cortantes es fija, el ancho de las tiras será constante y exacto.

FIG. 26.-CORTADORA DE TIRAS.

FIG. 26-B
DISPOSICION DE LAS CUCHILLAS
DE CORTE.b) y c).- Recorte y Perforado.

Son operaciones de cizalladura donde las herramientas cortantes son punzones y matrices. Las dos operaciones son básicamente iguales, su diferencia es solamente por definición como se muestra en la Fig. 27, ya que en la operación de recorte la pieza expulsada es la pieza útil, y en el perforado, por el contrario, la pieza expulsada es desecho y el material que queda en la prensa es la pieza útil. Las dos operaciones se realizan generalmente en prensas mecánicas

FIG. 27.-DIFERENCIA ENTRE
PERFORADO Y RECORTE.FIG. 28.-PASOS EN LA FABRICACION DE UN
CENICERO MOSTRANDO EL PERFORADO Y EL PI
CADO, EL RECORTE Y EL CENICERO TERMINADO.Picado.

Es una operación de perforado que toma la forma de ranuras en el metal - Fig. 28. El propósito del picado es permitir que el metal adyacente fluya fácilmente en las operaciones subsecuentes de estirado. En este caso el picado hace más fácil la formación de las canaletas del cenicero.

Perforación múltiple.

Es una operación por la cual se realiza el perforado de un gran número de agujeros muy poco espaciados entre sí.

d) MUESCADO.

Es esencialmente lo mismo que el perforado solo que el borde de la placa forma parte del coptorno de la pieza que se recorta. Se usa para hacer muescas a lo largo de los bordes de una lámina y estas pueden tener cualquier forma.

El calado es una variación del muescado que consiste en la superposición de una serie de ranuras, que se realizan con una máquina especial, conocida como máquina de niples o máquina mordisqueadora, en la cual el material se corta.

mediante cizallamientos cortos y rápidos en una maquina como la indicada en - la Fig. 29.

Las máquinas de calar pueden cortar espesores de placa hasta de $1/4''$ tanto en cortes exteriores como interiores. Para los interiores es necesario hacer una perforación previa. Ambos casos se presentan en la Fig. 29-B.

FIG. 29.- EJECUCION DE OPERACIONES DE CALADO

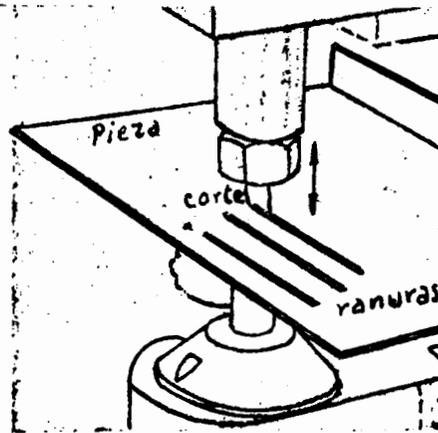
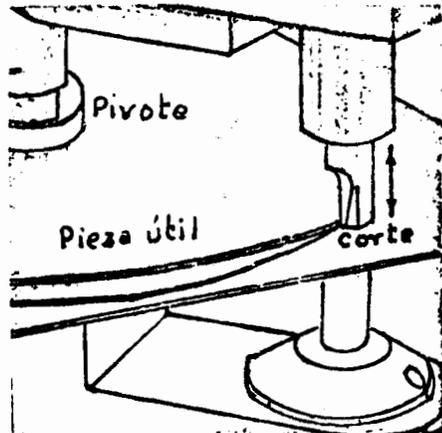
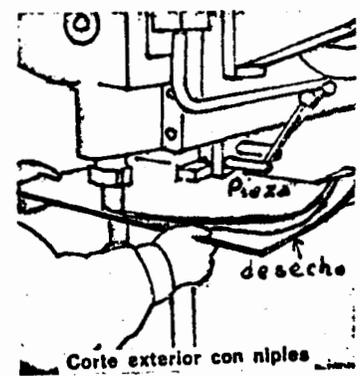


FIG.29-B.CALADO EXTERIOR Y CALADO INTERIOR.



e) Cepillado o Refilado.

Es una operación de acabado en donde se corta una pequeña cantidad de material de los bordes de una -- pieza recortada. Tiene por objeto obtener mayor precisión dimensional, pero también puede emplearse para lograr bordes escuadrados o bien pulidos.

Como solo se eliminan pequeñas cantidades de metal, los punzones y matrices tienen claros muy pequeños; los engranes para sumadoras y relojes despertadores, son refilados después del recorte con tolerancias de $0.001''$

f) Trimming. (Recorte)

Es la expresión que en Ingles se usa para denominar la operación realizada para eliminar el exceso de material que se acumula en los bordes de las piezas moldeadas por estampado o forja, en dados cerrados. Esta operación es una de - las que se realizan en la forja de una biela mostrada en la Fig. 13 de la Pagina 75.

g) Tronzado.

La operación de tronzado es aquella por medio de la cual se obtiene una - pieza de una tira de metal, por el corte con un punzón y una matriz a todo lo ancho de la tira. Frecuentemente un tronzado de forma irregular puede dar simultaneamente a la pieza de trabajo toda o parte de la forma deseada.

h) Corte con sacabocado.

Es una operación de corte o cizalladura que se emplea para el recorte de formas en materiales de baja resistencia como hule, fibra, cartón o tela.

La herramienta de corte se muestra en la Fig.- 30 y no es más que una herramienta manual que se golpea con un martillo o mazo para que se produzca el corte. Cuando se requiere un gran número de piezas, se puede accionar el sacabocado con algún tipo de prensa.

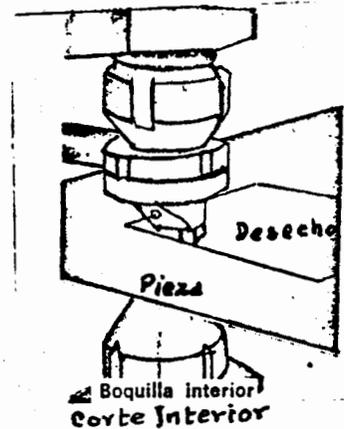


FIG.30.-CORTE CON SACABOCADO



Troqueles para recorte y perforado.

Los componentes básicos de un troquel de recorte y perforado son: Un punzón, una matriz y una placa protectora. (Fig. 31) El punzón generalmente está unido a la corredera o ariete de una prensa mecánica y es movido a través de la matriz en cada carrera de la prensa.

La cara del punzón puede ser normal al eje de movimiento o puede tener un pequeño ángulo de inclinación llamado cizalladura. La cizalladura reduce la máxima fuerza necesaria de corte, ya que no se corta toda la periferia del barreno al mismo tiempo. El ángulo de cizalladura tiene como límite el espesor de la placa y generalmente es menor. Media cizalladura reduce la fuerza alrededor de 25% y una cizalladura completa la reduce en 50%. Sin embargo, la energía total requerida es la misma.

La matriz está rigidamente unida a la bancada de la prensa sobre una placa de soporte.

La función de la placa protectora es evitar que el material se levante con el punzón cuando éste se mueve hacia arriba.

El punzón y la matriz deben estar perfectamente alineados para que la luz o claro entre ellos sea uniforme en toda la periferia. Es muy conveniente montar el punzón y la matriz en un dispositivo de sujeción llamado porta matriz o Die-set. (Fig. 32)

FIG. 31.- COMPONENTES BASICOS DE UN TROQUEL DE RECORTE Y PERFORADO.

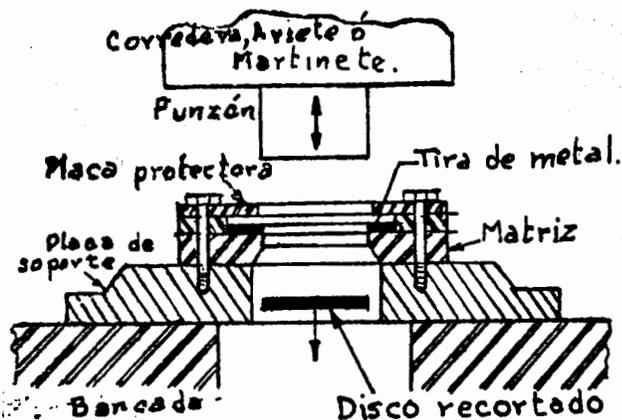
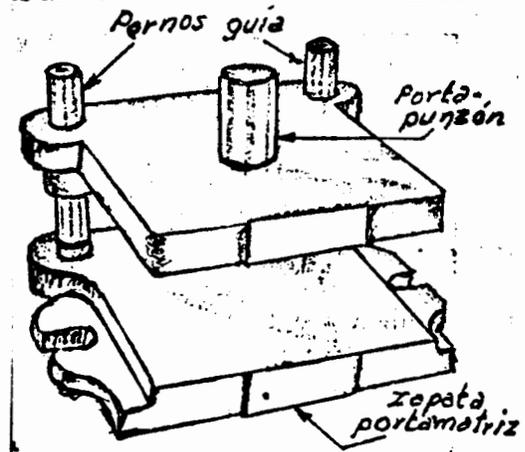


FIG. 32.- PORTA MATRIZ O DIE-SET.



El Die-set consta de un porta punzón y una zapata donde están montados el punzón y la matriz, perfectamente alineados y guiados por dos o más pernos guía. Una vez que punzón y matriz se ajustan al porta matriz, la unidad se coloca en la prensa sin tener que controlar la alineación. Esto reduce el tiempo requerido para colocar un trabajo en la prensa. Además, cuando el punzón y la matriz ya no se necesitan se pueden quitar y colocar otros en el aparato.

Los punzones y matrices se fabrican de acero indeformable para herramientas, para que puedan ser templadas después del mecanizado sin temor de que se deformen. La matriz tiene un claro angular a partir de aproximadamente un 1/8" para reducir la fricción entre la pieza y la matriz una vez que se ha realizado el corte. El borde de 1/8" provee la resistencia necesaria y metal suficiente para que la matriz pueda ser reafilada, esmerilando unas cuantas milésimas de su cara.

Las matrices pueden ser de una o de varias partes que son ajustadas juntas en una zapata de matriz, este procedimiento simplifica la fabricación de las --

matrices y facilita la reparación en caso de rotura, ya que debe reemplazarse solo la parte deteriorada.

En el tipo sencillo de disposición de punzón y matriz, mostrado en la Fig. 31, solo pueden realizarse perforado o recorte. Cuando se requieren ambas operaciones, las dos funciones pueden ser combinadas en dos tipos diferentes de matrices como se muestra en las Figs. 33 y 34. Su funcionamiento puede ser explicado con los pasos requeridos para formar una roldana plana por perforado y recorte.

El tipo más simple es el del troquel progresivo de la Fig. 33. Este tipo consta de dos o más conjuntos de punzón y matriz montados en tandem.

El material es colocado dentro de la primera matriz donde se perfora un agujero cuando la corredera da el primer golpe, al elevarse la corredera el material es empujado a la segunda matriz que es la de recorte. A medida que la corredera descende para su segundo golpe, el piloto, en la base del punzón de recorte, entra en el agujero que fué hecho en el golpe anterior, para asegurar un alineamiento exacto. Al seguir el descenso el punzón recorta de la cinta la roldana completa, y al mismo tiempo se hace el agujero central de la próxima arandela. Con cada golpe adicional de la prensa se completa otra pieza.

Las matrices o troqueles progresivos se usan para muchos tipos de operaciones entre las que figuran: el perforado, recorte, moldeado, picado, estirado, etc. La Fig. 28, pasos en la fabricación de un cenicero, es un ejemplo clásico del uso de este tipo de troqueles.

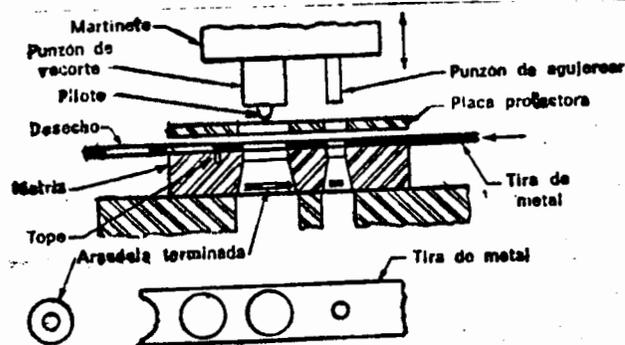


Fig. 33 Matriz de perforado y recorte progresivo en la fabricación de una simple arandela.

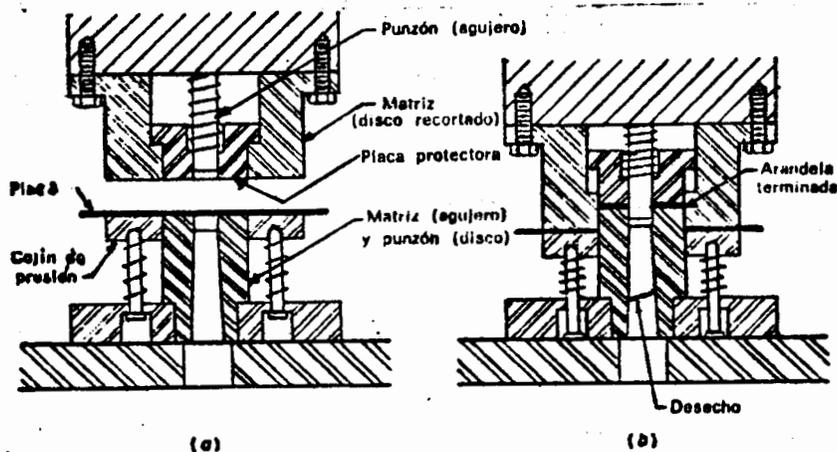


Fig. 34 Método de fabricación de una arandela simple en una matriz compuesta para perforado y recorte.

IV. FORMADO POR ESTIRADO.

El estirado en frío es el formado de piezas metálicas a partir de láminas, barras o placas en el cual se produce un flujo plástico a lo largo de un eje recto o curvo. Este proceso tiene una gran aplicación por la variedad de piezas producidas, ya que se fabrican desde pequeños envases, techos y salpicaderas de automovil, hasta barras, tubos y alambres de diferentes diámetros y calibres

El estirado en frío se realiza en la misma forma que el estirado en caliente, solo que el material se encuentra a la temperatura ambiente y por lo tanto su plasticidad será menor, por lo que es necesario desarrollar mayores fuerzas para obtener una deformación dada.

a) Estirado de barras y tubos.

El estirado de barras se emplea básicamente para la obtención de barras de sección circular, conocidas en el mercado con el nombre de acero Cold Rolled o acero para flechas. El acero Cold Rolled redondo, se fabrica desde $1/16''$ a $1''$ con incrementos de $1/16''$, de $1''$ a $5''$ con variaciones de $1/4''$ o $1/2''$ y en diámetros mayores con variaciones de $1/2''$ a $1''$.

En secciones cuadradas se obtienen desde $3/16''$ hasta $3''$ y en secciones rectangulares en una amplia gama de medidas. Las secciones hexagonales y octagonales solo se fabrican en determinados tipos de aceros.

Las secciones cuadradas y rectangulares se fabrican por laminado en frío.

El estirado de barras redondas se realiza en bancos de estirado como el mostrado en la Fig. 35, sistema que también se emplea para estirar tubos sin costura.

Procedimiento.- La barra se coloca en el banco y se hace pasar a través de la matriz reductora o dado (a), ya que la punta ha sido adelgazada previamente, el extremo delgado se sujeta mediante la tenaza, mordaza o perro (b), que está enganchado a la cadena (c) que realiza el estirado de la barra por la acción de las catarinas (d). Las barras son reducidas en su sección y alargadas y como el trabajo se realiza en frío, se produce un endurecimiento por deformación, por lo que se requiere un recocido si la reducción es mayor del 30 al 50%. Generalmente son necesarios varios pasos de estirado para obtener la medida necesaria.

FIG. 35.- BANCO DE ESTIRADO DE BARRAS.

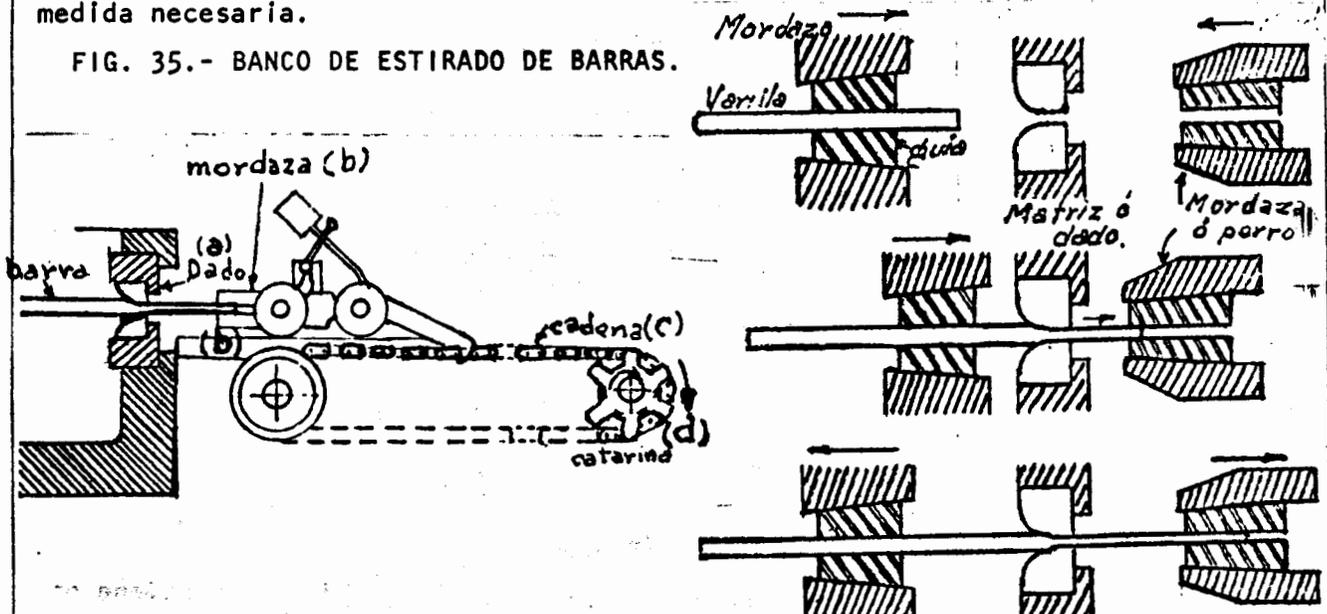


FIG. 35-A.- DISPOSITIVO PARA AGUZAR LA PUNTA DE LAS VARILLAS.

El aguzado de la punta de la varilla, para que puede pasar a través de la matriz, se efectúa mecánicamente en una máquina de estampado rotatorio como la de la Fig. 2 de la Pag. 101. El diámetro de la varilla se reduce en una longitud de 20 cms., aprox. en 3 mm.

Un método alternativo para sacar punta al extremo de una barra y que es particularmente útil para secciones más complicadas, es sumergir la longitud requerida para el agarre en ácido sulfúrico caliente al 50%. El ácido disuelve parte del metal reduciendo el espesor de la sección, de manera que el extremo de la varilla pueda pasar a través del dado a las quijadas del perro.

En la mayor parte de las máquinas modernas se incluye el equipo para el agarre de la varilla en el banco de estirado. La Fig. 35-A muestra la forma en que se realiza el aguzado.

Estirado de tubos.

El estirado de tubos en frío se aplica a los tubos sin costura para obtener mayor precisión en las dimensiones y mejor acabado superficial. Los tubos obtenidos por extrusión y estirado en caliente, suelen presentar cierto grado de excentricidad que se puede reducir por estirado en frío. Además, los tubos pueden ser demasiado blandos o no suficientemente rectos, defectos que se pueden corregir por el estirado en frío.

Aun cuando el estirado en frío se aplica con más frecuencia a tubos de pequeño diámetro, el proceso se puede usar para tubos hasta de 30 cms. de diámetro.

Como ya se menciona anteriormente, los tubos deben ser previamente decapados y secados, y a continuación lubricados. Para esto se sumergen en mezclas de aceite de palma y sebo, o bien se lubrican con aceite a presión.

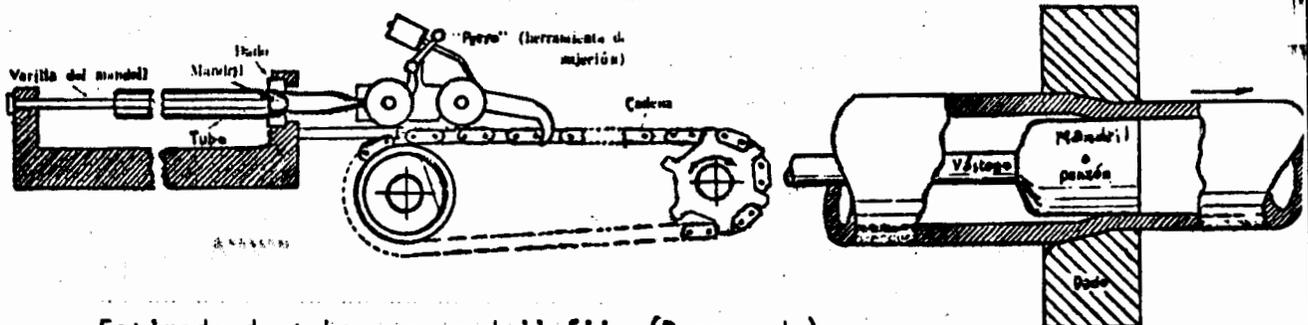
Los tubos de cobre y sus aleaciones, después de decapados y lavados, se sumergen con frecuencia en soluciones de jabón caliente, de manera que la capa de jabón que se seca sobre las superficies internas y externas del tubo, actúe como lubricante.

El estirado de tubos se realiza en un banco de estirado muy semejante al empleado para estirar barras, con la diferencia de que al pasar el tubo por el dado reductor, lleva en su interior un mandril de calibre como se indica en las figuras 36 y 36-A.

Los tubos cuyo espesor de pared es grande con relación a su diámetro, pueden estirarse sin mandril, obteniéndose reducciones hasta de 35% en tubos de acero. Este método se conoce como profundización. El proceso se usa también para tubos de pared relativamente delgada, siempre que la reducción sea pequeña y que las dimensiones internas del tubo sean de importancia secundaria.

FIG. 36 BANCO DE ESTIRADO EN FRIO PARA TUBOS.

FIG. 36-A. ESTIRADO DE TUBO CON MANDRIL FIJO. (Punzonado)



Estirado de tubo con mandril fijo. (Punzonado)

En este método el mandril o punzón es de corta longitud y se mantiene en posición en la boca del dado, por medio de un vástago unido a él y un soporte fijo en el extremo opuesto del banco. Fig. 36. El vástago es desmontable en el

extremo fijo, de manera que puede moverse hacia atrás y a un lado para que pueda insertarse sobre él la pared del tubo. El extremo del tubo previamente aguzado es empujado a través del dado y sujetado por la mordaza o perro, el extremo posterior del vástago se sujeta a su soporte y el tubo se estira a través del espacio anular formado por la abertura del dado y el mandril (Fig.36-A)

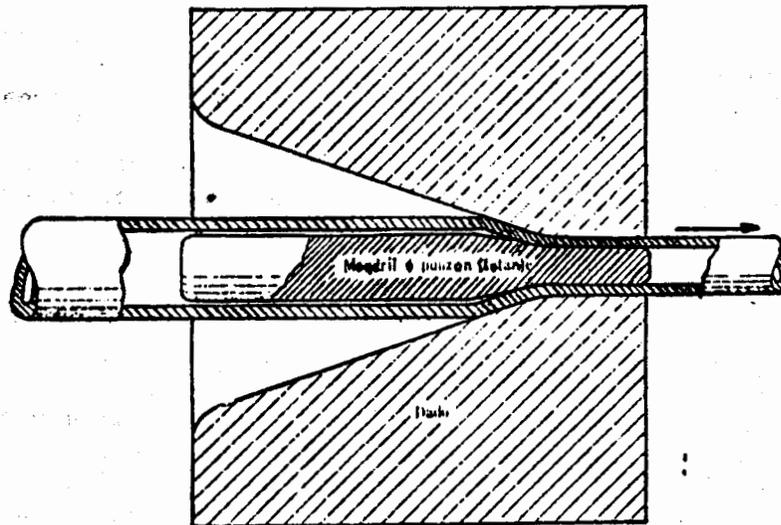
Este método se caracteriza por la precisión del diámetro interno y la uniformidad del espesor de la pared, pero tiene el inconveniente de que se producen grandes fuerzas de fricción entre las paredes del tubo, el dado y el mandril. Las fuerzas de fricción entre tubo y dado se disminuyen al aumentar el ángulo del dado, la fricción entre el mandril y la superficie interna del tubo se puede reducir al mínimo por el uso de lubricación eficiente, la cual puede efectuarse usando un vástago hueco por el cual es forzado el lubricante.

Solamente tubos de diámetro superior a 6 mm., son estirados por este método, ya que además de las resistencias de fricción excesivamente grandes que se producen, cuando se estira tubo de diámetros pequeños, se encuentran dificultades para fijar un mandril tan chico al vástago necesario.

Estirado con mandril flotante.

Según se menciono anteriormente, la producción de tubos de pequeño diámetro con el método del mandril fijo, presenta el problema del vástago, además, la longitud del tubo que se puede estirar, está limitada por la longitud del vástago del mandril, que puede ser alojado en el banco de estirado. Para evitar esa dificultad se puede emplear un mandril flotante como el indicado en la Fig. 36-B y entonces, no hay límite en cuanto a la longitud del tubo que puede estirarse.

FIG. 36-B.- ESTIRADO DE TUBO CON MANDRIL FLOTANTE.



El contorno del mandril flotante esta diseñado de tal manera que se ajusta a la posición correcta durante el estirado. Su diámetro máximo es mayor que el diámetro más pequeño del dado

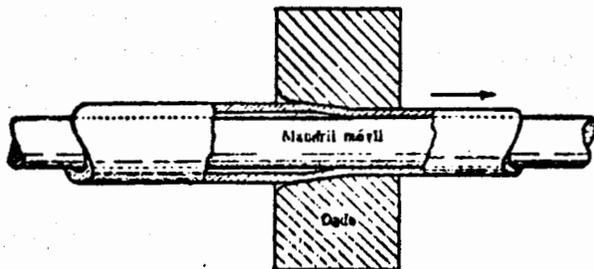
Este método se adapta especialmente a la manufactura de tubos de diámetro pequeño, en los cuales el espesor de pared es grande con relación al agujero, el tubo producido en esta forma, puede ser arrollado sobre un tambor, permitiendo así la fabricación de longitudes considerables.

Estirado con mandril móvil.

En este método el mandril es una varilla de acero tratada térmicamente, cuya longitud es igual a la del tubo acabado y cuyo diámetro es igual al del diámetro interior del tubo.

El mandril móvil se mueve a través del dado junto con el tubo como se indica en la Fig. 36-C. Una ventaja de este método es que hay poco movimiento relativo entre la superficie interna del tubo y el mandril, por lo cual hay pocas pérdidas por fricción, ya que los dos se mueven a través del dado casi a la misma velocidad. La pequeña diferencia de velocidades entre el tubo y el mandril tiene un efecto lubricante, ya que las paredes internas del tubo, al pasar por el dado, encuentran una superficie de mandril continuamente nueva.

FIG. 36-C.- ESTIRADO DE TUBO CON MANDRIL MOVIL.



Una de las desventajas del proceso es que el tubo estirado debe ser retirado del mandril y para efectuar esto, debe aumentarse ligeramente el diámetro del tubo, lo que se efectúa por alguna operación de estampado o de rolado. Esta última es la más común y se hace con rodillos tipo carrete que tienen una ligera conicidad, de manera que la operación de opresión y rotación combinadas, tienden a aumentar ligeramente el diámetro del tubo lo que facilita que se deslice del mandril.

El proceso del mandril móvil se usa principalmente para tubos de menos de 6 mm. de diámetro y también para tamaños mayores cuando la pared es tan delgada que se dañaría por fricción si se usara un mandril fijo. Sin embargo, los tubos de gran diámetro no se estiran con mandril móvil, debido a la dificultad para manejar los voluminosos vástagos necesarios y al alto costo para obtener adecuada dureza y rectitud.

La resistencia al impacto de tubos estirados por este método, es superior a los estirados por punzonado. La tubería de acero inoxidable de pequeño diámetro, usada para la manufactura de agujas hipodérmicas, es estirada por este método. En la operación final del proceso, el mandril está constituido por un alambre de acero duro, el tubo acabado se almacena con el alambre aún en posición, de manera que sirve como soporte para las paredes delgadas.

El tubo más pequeño de este tipo en producción normal, tiene un diámetro exterior de 0.4 mm. y un interior de 0.18 mm., aunque se han producido tubos con diámetro exterior hasta de 0.04 mm.

Estirado de alambres. (Trefilado)

En la manufactura de alambres se utiliza material laminado en caliente o extruido desde 9 mm. de diámetro hasta 25 mm.. Se fabrica en molinos llamados de Fermachine y se entrega a las plantas de estirado, arrollado y sin decapar.

El decapado se realiza sumergiendo los rollos en tanques que contienen soluciones ácidas progresivamente más fuertes. Las más comunes son de ácido sulfúrico caliente o ácido clorhídrico frío. También suelen usarse soluciones que contienen sulfato ferroso y ácido sulfúrico o bien cloruro ferroso y ácido clorhídrico.

Después de decapados, los rollos se lavan y mojados se dejan en reposo durante unos 20 minutos para que se forme una superficie de hidróxido de hierro (orín), que es suave y actúa como lubricante primario. Los rollos se sumergen luego en una emulsión de caliza y agua, secándose en un horno, de manera que la película de cal que queda sobre la superficie, actúe como base para el lubricante que es jabón seco generalmente. La operación subsecuente se llama estirado en seco, la superficie del alambre es opaca y de apariencia sucia por la cal y el jabón.

El estirado húmedo se usa cuando se requiere un acabado brillante. En ---

este proceso, el rollo decapado se sumerge en una solución inhibida de sulfato de cobre o estaño para darle una capa de adherencia firme de cobre o estaño. El alambre recubierto de metal, se prepara entonces para la operación de estirado en húmedo, sumerjiendo los carretes en un tanque de licor fermentado hecho de harina de centeno, levadura y agua. Un lubricante húmedo alternativo consiste en una emulsión de grasa y jabón en agua, con la adición de sustancias antiespumantes.

La cantidad de reducción de área por paso en el proceso húmedo es menor que en el proceso de estirado en seco. En el primero se logran reducciones de 10 a 20% por paso, en tanto que en el segundo son de 35 a 45%, sin embargo, - la cantidad total de reducción que puede efectuarse antes de que sea necesario el recocido, es mayor en el estirado húmedo.

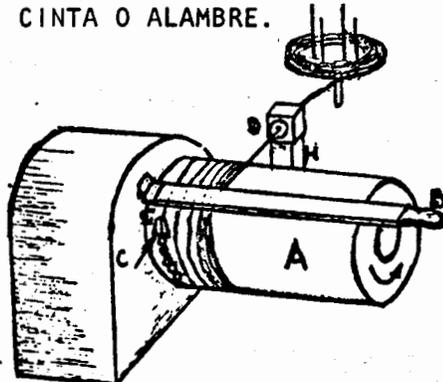
Las cifras anteriores se refieren al estirado de alambres de acero dulce, los aceros con contenido de carbono más alto, toleran una reducción mucho menor.

Las varillas de cobre laminadas en o extruídas, destinadas para estirar, generalmente se enfrían en agua cuando aun estan calientes para eliminar la mayor parte de las escamas de óxido, luego se sumergen ligeramente en ácido sulfúrico al 10% y se lavan completamente antes de estirarse. Puesto que el cobre es muy dúctil, todo lo que se requiere es un lubricante grasoso para ayudar al estirado.

Las varillas de latón para estirado se decapan en ácido sulfúrico al 10% o con una solución de ácido crómico y sulfúrico cuando se requiere un acabado particularmente brillante. Después de lavada la varilla puede lubricarse por inmersión en agua de jabón caliente o bien untando lubricante grasoso a la varilla antes de entrar al dado de estirado

Para estirar alambre de gran diámetro (6 a 12 mm.) y cinta de sección -- rectangular u otra sección, se usa un dispositivo como el de la Fig. 37.

FIG. 37.- BLOQUE TOROIDAL PARA ESTIRAR CINTA O ALAMBRE.



Al girar el tambor (A) el alambre es estirado a través del dado (D) arrollándose en el tambor, ya que la punta ha sido sujeta por el perro (C). Para evitar que el alambre se desarrolle del tambor se aplica el freno (B).

Este método se conoce como proceso del dado único.

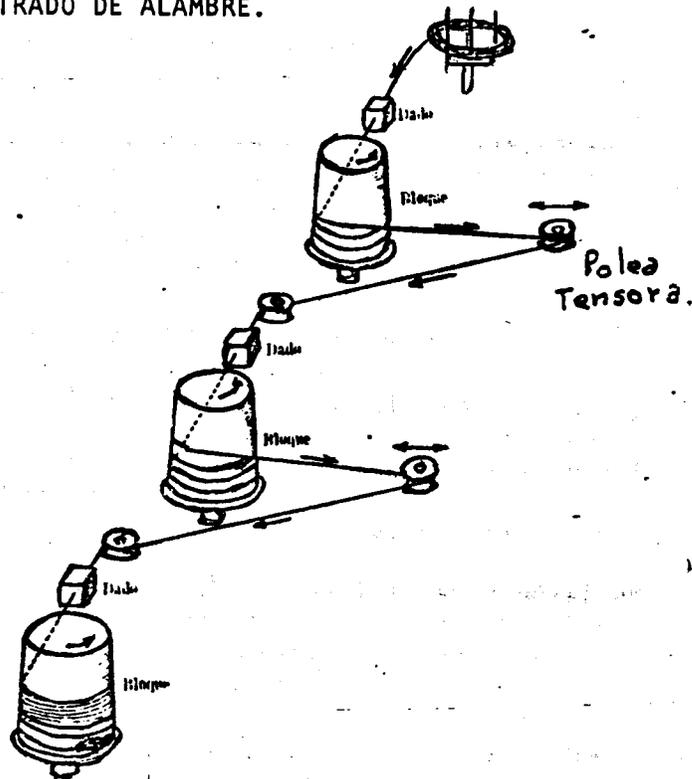
Para alambres más finos los tambores son más pequeños y generalmente giran en un eje vertical, montando la máquina completa sobre una estructura en forma de banco.

La cantidad de reducción que puede obtenerse en un solo paso a través de un dado, se encuentra limitada por la resistencia a la tensión del alambre estirado (Fuerza máxima de tensión = Área transversal del alambre de estirado por la resistencia de cedencia después del estirado). En consecuencia, para aprovechar la alta ductilidad sin romper el alambre y al mismo tiempo evitar el tener que montar la bobina de alambre en una nueva máquina para un paso -- posterior, se emplean máquinas trelladoras de dados múltiples (Fig. 38).

En estas máquinas, se coloca un tambor de guía al frente de cada dado. Al ser estirado el alambre a través del primer dado, se arrollan 2 ó 3 vueltas - sobre el primer tambor del cual se desarrolla automáticamente y pasa al siguiente dado. Obviamente, al aumentar la longitud del alambre cada vez que pasa por un dado, el tambor siguiente debe girar más rápido que el anterior. Puesto que es difícil controlar la velocidad de cada tambor con precisión para evitar que se acumule alambre suelto entre un tambor y el dado siguiente, se requiere ---

un dispositivo tensor que mantenga el alambre estirado. La Fig. 38 es una representación esquemática de una máquina de dados múltiples.

FIG. 38 ESQUEMA DE UNA MAQUINA DE DADOS MULTIPLES PARA ESTIRADO DE ALAMBRE.



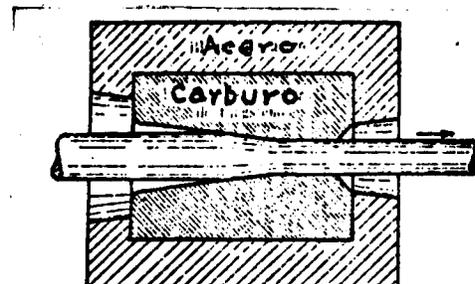
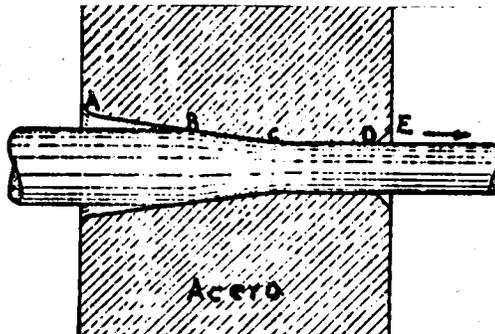
Dados o matrices de estirado.

La fuerza de tracción total necesaria para estirar el alambre a través de un dado, es la suma de las fuerzas necesarias para producir la deformación del metal, por compresión transversal y corte, y la fuerza requerida para vencer la fricción entre el alambre y la superficie del dado. En consecuencia, cualquier aumento de fricción disminuye la cantidad de reducción que puede darse al alambre en un solo paso, por lo que es importante que la fricción se reduzca al mínimo por lubricación eficiente y diseño correcto del dado.

Un dado para estirado de alambre consta de un agujero cónico, cuya superficie debe ser tersa, hecho con un material de alta resistencia al desgaste.

En la Fig. 39 se muestra el corte de un dado de estirado o dado de treflado, donde la entrada A-B en forma de campana nunca está en contacto con el trabajo, sino que sirve como depósito de lubricante que es arrastrado por el alambre. La porción cónica B-C es la superficie efectiva de trabajo, en la que se verifica la deformación plástica y por lo tanto es la parte que debe ser cuidadosamente diseñada y preparada.

FIG. 39.- DADO DE ACERO PARA ESTIRAR ALAMBRE FIG. 39-A DADO DE CARBURO DE TUNGSTENO.



El ángulo de conicidad es crítico y depende tanto del metal que se va a estirar, como del material de que esta hecho el dado. Su superficie debe pulirse, para reducir a un mínimo la fricción, de manera que la reducción requerida pueda obtenerse con la fuerza de tracción mínima posible.

La sección C-D es generalmente cilíndrica y debe tener una longitud adecuada, de manera que al irse desgastando la zona de trabajo B-C, se pueda mover C hacia D sin que se pierda el calibrado necesario. La parte D-E avellanada tiene por objeto dar refuerzo a la sección de trabajo del dado y evitar que la orilla circular de éste sea rota o desprendida.

Los dados pueden construirse de una amplia variedad de materiales, desde hierro vaciado y templado, aceros de alto carbono, aceros aleados y carburo de tungsteno.

Los dados de aceros al carbono y aceros aleados tienen la ventaja de que pueden forjarse, de manera que cuando piercen sus medidas pueden martillarse y luego escariarse a las dimensiones correctas. Los dados de hierro templado generalmente se limitan en su aplicación a la producción de materiales de baja calidad.

El material más empleado, debido a la larga vida que ofrece su superficie dura, es el carburo de tungsteno. Este material es caro y además frágil, por lo que solo la parte de trabajo del dado se hace de dicho material, sujetándose en un bloque de acero dulce como muestra la Fig. 39-A.

Además de una larga duración entre operaciones de reajuste, se consume menos potencia cuando se usan dados de carburo de tungsteno, debido a la menor fricción, también se obtienen mejores superficies de acabado.

El costo inicial de un dado de carburo es muy superior a los de acero y no pueden cerrarse por martillado cuando se desgastan, lo que se hace cuando se descalibran es abrirlos a la medida del paso anterior.

Patentado del alambre de acero.

Como es sabido, la magnitud de la reducción que se le puede dar a un alambre en un solo paso, está regida por la relación entre la resistencia a la tensión y la ductilidad. Los aceros de alto carbono en la condición de laminado en caliente, no poseen suficiente ductilidad para ser estirados en alambres de pequeño diámetro y si se estiran resultan demasiado frágiles. Por consiguiente, se usa con frecuencia un proceso de tratamiento térmico llamado Patentado, tanto antes del estirado como para tratamiento final. El objeto del patentado es aumentar la resistencia de cedencia del alambre de acero de alto carbono y, al mismo tiempo, retener suficiente ductilidad para permitir una reducción considerable. El patentado es esencialmente un proceso de templado austenítico de alta temperatura, en el cual el alambre se calienta más allá de su temperatura crítica superior y luego se enfría rápidamente en un baño de plomo.

En el proceso de patentado de doble baño de plomo, el alambre pasa continuamente a través de un baño de plomo que se mantiene arriba de la temperatura crítica superior del alambre, y luego, a través de un segundo baño de plomo más frío. Este método de enfriamiento temple efectivamente el alambre para darle una estructura bainítica tenaz.

Los alambres para pianos, guitarras y otros instrumentos musicales (Conocidos como alambres para cuerdas de piano), contienen de 0.75 a 0.85% de carbono, y una combinación de patentado y estirado produce en ellos una resistencia a la tensión superior a 10 tons/cm².

También se patenta alambre que contiene de 0.20 a 0.90% de carbono, para la manufactura de cables de acero. Este proceso también se usa en la fabricación de alambres para resortes.

c) Rechazo, Repusado o Entallado.

Es una operación de trabajo en frío en la cual un disco giratorio de ----

lámina de metal es estirado sobre una forma macho aplicando presión localizada en la parte exterior del disco, por medio de una herramienta de madera o metal de bordes redondeados, o por medio de rodillos. El proceso básico se ilustra en la Fig. 40

FIG. 40.-RECHAZADO EN FRIO

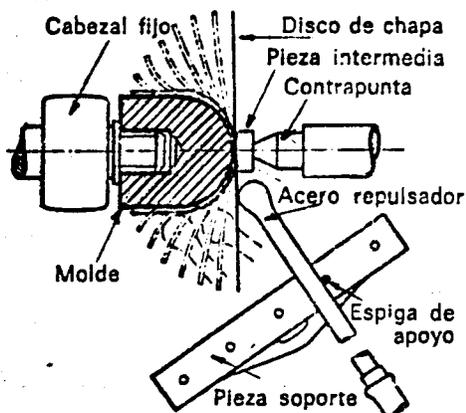
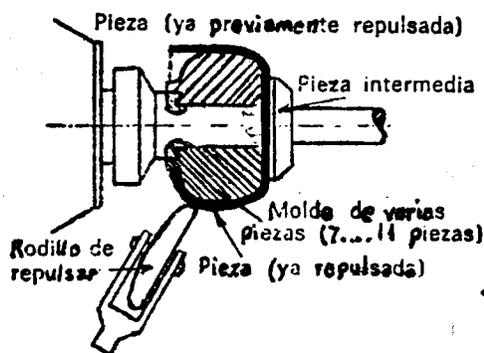


FIG.40-A.RECHAZADO CON CURVAS CONCAVAS



Para rechazar una pieza, la horma o mandril se une al cabezal de un torno de rechazar parecido al torno para madera. El disco metálico se sujeta contra el mandril con una polea unida al contrapunto. Cuando el con junto gira, el -- operador, ayudado por la herramienta manual, entalla el material sobre la superficie de la horma como se indica en la Fig. 40. Generalmente se produce un adelgazamiento del material por la acción del entallado.

Los mandriles y hormas se fabrican generalmente de madera dura, aunque -- pueden hacerse metálicos cuando van a producirse un gran número de piezas

El rechazo es adecuado para formas que puedan ser retiradas directamente de un mandril de una sola pieza. Sin embargo, pueden hacerse piezas con curvas cóncavas, usando mandriles seccionados que se desarmen para poder extraer la pieza, como el ilustrado en la Fig. 40-A.

Este proceso es aplicable para la fabricación de un número reducido de -- piezas, ya que las herramientas para un proceso de embutido resultarían muy ca -- ras. Además, hay muchos tipos de piezas con formas reentrantes que solo son -- realizables por este método.

El rechazo se puede combinar con operaciones de prensado que den una -- preforma que facilite el formado de la pieza. Como es necesario usar una lubri -- cación adecuada durante el proceso, para trabajos pequeños se utiliza cera de abejas, sebo o una mezcla de aceite y óxido de plomo, para trabajos más grandes, normalmente se usa jabón.

Las velocidades de rechazo varían según el tipo de material usado, su -- diámetro y su espesor. Así, para una pieza de lámina de cobre de unos 25 mm de diámetro en lámina delgada, se trabaja a unas 2500 r.p.m., en tanto que en un disco de latón de 1.80 m. de diámetro y 5 mm. de espesor se trabaja a solo -- 250 r.p.m..

Para lograr las ventajas económicas del rechazo, no depender de la des -- treza del operario y poder rechazar metales de mayor espesor, se han desarrolla -- do máquinas que emplean en lugar de herramientas manuales, la acción de rodillos de acero controlados mecánicamente.

Modelado por cizalladura.

Es una variante reciente del proceso de rechazo, que se usa para produ -- cir formas cónicas, hemisféricas y cilíndricas y algunas variables de ellas.

En la Fig. 41 y 41-A se muestran los esquemas de la obtención de piezas cónicas o cilíndricas.

FIG. 41.-PROCESO BASICO DE MODELADO POR CIZALLADURA.

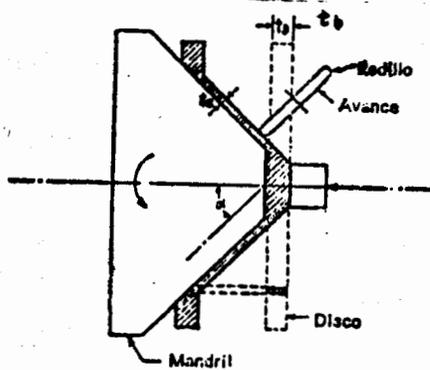
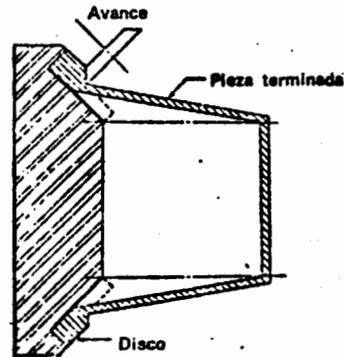


FIG. 41-A.-PROCESO INVERSO DE MODELADO POR CIZALLADURA.



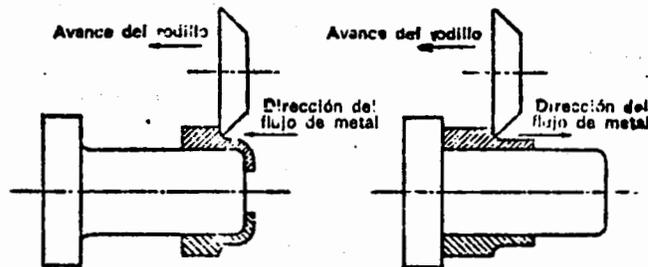
Para piezas cónicas la relación entre el espesor de las paredes de la pieza terminada y el disco original es $t_c = t_b \text{ sen } \alpha$. Si α es menor de 30° , puede ser necesario completar el formado en dos etapas con un recocido entre ellas.

Las reducciones en el espesor de paredes son generalmente de 5 a 1, que corresponden a un 80% de reducción.

Las formas cónicas generalmente son modeladas por cizalladura y por el método directo (Fig. 41), sin embargo, también pueden realizarse por el proceso inverso ilustrado en la Fig. 41-A.

El modelado por cizalladura de cilindros puede realizarse por el proceso directo o inverso (Fig. 41-B). El proceso inverso tiene la ventaja de que un cilindro puede ser modelado aun siendo más largo que el mandril.

FIG. 41-B.- MODELADO DE UN CILINDRO POR EL PROCESO DIRECTO (izquierda) Y POR EL PROCESO INVERSO (derecha)



d) Alto relieve.

Es un proceso por medio del cual se producen inscripciones u otros diseños realzados, sobre láminas delgadas de metal. El formado es superficial ya que la profundidad del estampado es sólo de 1 a 3 veces el espesor del metal.

La Fig. 42 muestra el esquema del proceso

Rebordeado.

Es un proceso de formado por estirado (Fig. 43) que se emplea para proveer una sección más gruesa para taladros en láminas o placas delgadas, para proporcionar una mayor longitud de roscado. La altura H de la sección rebordeada, generalmente no excede del 20% del diámetro del orificio terminado

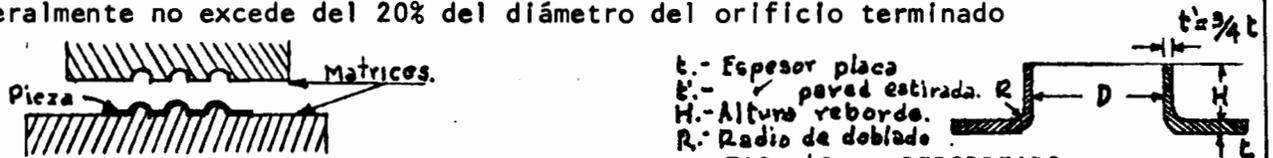


FIG. 42 FORMADO EN ALTO RELIEVE

FIG. 43.- REBORDEADO.

e) Formado por estiramiento.

Los principios de formado por estiramiento se ilustran en las figuras -- 44 y 44-A. El proceso fué desarrollado en la industria aeronáutica para la obtención de pequeñas cantidades de piezas, ya que el dispositivo de estirado sólo requiere un punzón o macho para el formado.

La hoja de metal se sujeta por medio de 2 mordazas que estiran el material y lo envuelven alrededor del bloque de formado a medida que éste se levanta (Fig. 44). El formado también puede lograrse por una acción envolvente como se indica en la Fig. 44-A.



FIG. 44.-FORMADO POR ESTIRAMIENTO.

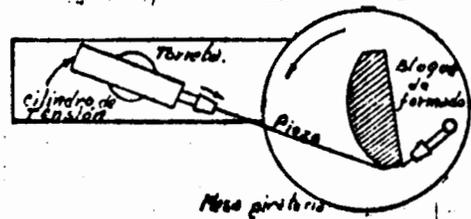


FIG. 44-A.-FORMADO POR ACCION ENVOLVENTE.

Debido a que los bloques de modelado u hormas estan casi siempre sujetos a esfuerzos de compresión principalmente, se pueden construir con madera dura terciada, con una aleación económica conocida como kirksite o bien con resinas epóxicas.

El proceso es muy empleado en la fabricación de frentes de autobuses, cubiertas protectoras de máquinas, puntas de alas de avión, etc.

Los materiales más comunmente empleados son el aluminio y el acero inoxidable. En las máquinas que se han mencionado se desarrollan cargas de estiramiento de 300 a 400 tons. Para presiones bajas se aplica un aceite lubricante a la horma de estirado, pero para altas presiones debe emplearse grasa de alta presión.

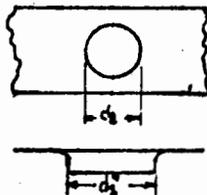
f) Estampado en casquete.

Es un proceso destinado al estirado de recipientes cilíndricos o rectangulares, o a las variantes de dichas formas. Este proceso también se conoce como estampado en cartucho debido a que fué desarrollado para la fabricación de estuches o cascos de artillería y para cartuchos de armas de fuego.

Existen dos tipos básicos de estampado como se muestra en la Fig. 45, ambos implican curvado multiaxial y flujo del metal, resultando condiciones complejas de presión

En el modelado por estiramiento hay un adelgazamiento del metal debido al estiramiento circunferencial que debe ocurrir para que el diámetro d_2 aumente hasta d_2' . En el modelado por contracción por el contrario el metal tiende a engrosarse, y hay una compresión circunferencial resultante de la disminución del diámetro d_1 a d_1' durante el formado.

FIG. 45 DOS TIPOS BASICOS DE ESTAMPADO EN CASQUETE.



Debido a que el material es generalmente delgado, la compresión circunferencial se traduce en una tendencia del material a arrugarse. Esto crea el problema de prever el pandeo del metal hacia adentro para compensar el estiramiento longitudinal de las paredes de la pieza.

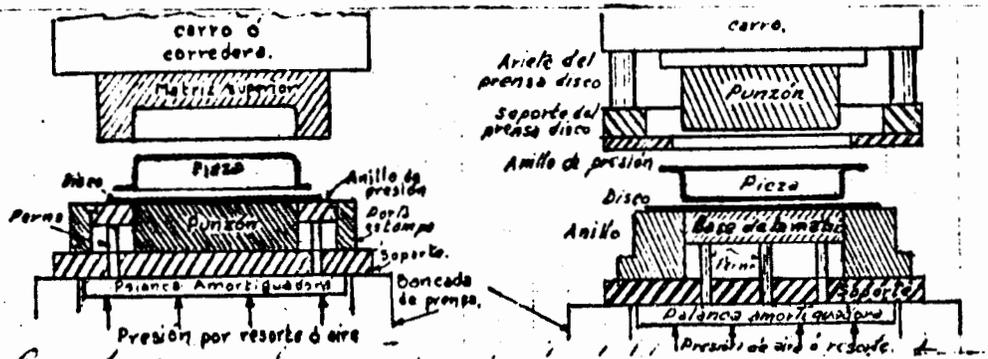
El estirado en casquete o cápsula, se divide en : Estampado superficial y estampado profundo.

En el superficial la profundidad del estirado es menor que el diámetro o dimensión mínima del disco, mientras que en el profundo es mayor que el diámetro. Para evitar que el metal se arrugue se controla por un anillo de presión.

En prensas de acción simple como se muestra en la Fig. 46, donde hay un solo movimiento del carro, se usa la presión de un resorte o con aire para controlar el flujo del metal entre la matriz superior y el anillo de presión.

FIG. 46.- ESTIRADO EN PRENSA DE ACCION SIMPLE.

FIG. 47.- ESTIRADO EN PRENSA DE DOBLE ACCION.



Quando se emplea una prensa de doble acción que tiene dos o más martinetes independientes como se muestra en la Fig. 47, la fuerza aplicada al anillo de presión puede ser controlada independientemente de la posición del carro principal. Esto permite variar la presión según las necesidades durante la operación de estirado. Por esta razón, las prensas de doble acción se emplean para piezas complejas y las de acción simple para piezas sencillas.

Las matrices para estirado en casquete son de acero y por lo tanto muy caras, ya que deben estar muy bien pulidas. Es práctica común emplear algún tipo de lubricante para reducir la fricción entre los metales y las matrices.

MODELADO EN GOMA.

Debido al elevado costo de las matrices de acero para operaciones de corte y estirado en prensa, que las hace antieconómicas para pequeños lotes, se han desarrollado procesos que usan hule o presión hidráulica como medio para lograr la deformación y eliminar la matriz hembra que generalmente es la más costosa.

El método se basa en la propiedad que tiene el hule, que cuando está totalmente encerrado actúa como un fluido que transmite fuerzas en todas direcciones.

El proceso se realiza colocando discos de lámina sobre los bloques de formado, hechos generalmente de madera prensada. Cuando la corredera de la prensa baja, el cojín de goma contenido en el martinete es confinado y transmite la fuerza al metal, obligándolo a tomar la forma del bloque. Cuando se modelan secciones reentrantes como en la Fig. 48, debe ser posible deslizar la pieza a lo largo de los bloques de modelar.

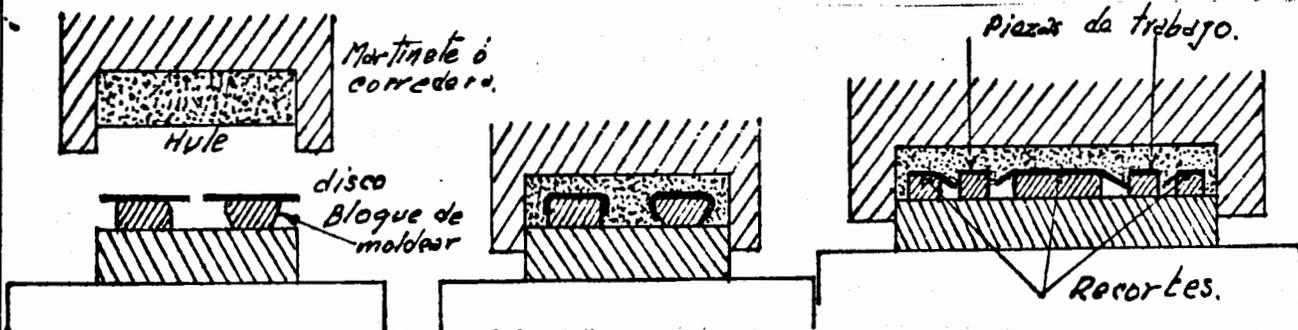
Este proceso se conoce como modelado de GUERIN y es usado para aluminio hasta de 1/8" de espesor y de 1/16" en acero inoxidable. También puede ser modelado el magnesio si el metal es calentado y se usan bloques de modelar calientes.

El proceso Guerin se emplea principalmente para curvado simple y estampa superficial, pero también puede emplearse para la perforación y recorte de láminas delgadas de aluminio como se ilustra en la Fig. 49.

El miembro inferior es un patrón de acero templado, (Plantilla de corte) con la forma que se desea en la pieza de trabajo. Bloques de soporte de bordes redondeados están a corta distancia de la plantilla de corte para soportar el esqueleto de desperdicios y permitir al metal doblarse hacia afuera de los bordes recortados.

FIG. 48.- PROCESO GUERIN "DOBLADO"

FIG. 49.- PROCESO GUERIN "RECORTE"



El proceso MARFORM ilustrado en la Fig. 50, permite la realización de estampados más profundos que los realizados por el método Guerin. Un anillo de soporte con resortes o con presión de fluidos, provee la presión necesaria para controlar el flujo del metal entre la placa de soporte del disco y el cojín de goma, para evita el arrugado.

El proceso, esencialmente, substituye con la goma a la matriz hembra en el estirado de acción simple. Una variante del proceso Marform se ilustra en la Fig. 51- y se conoce como Hidroformado.

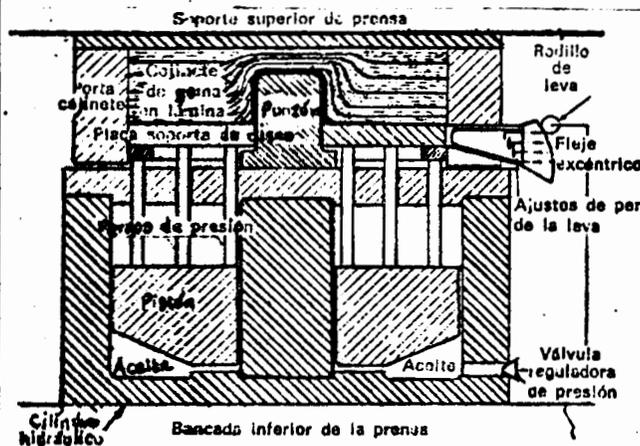
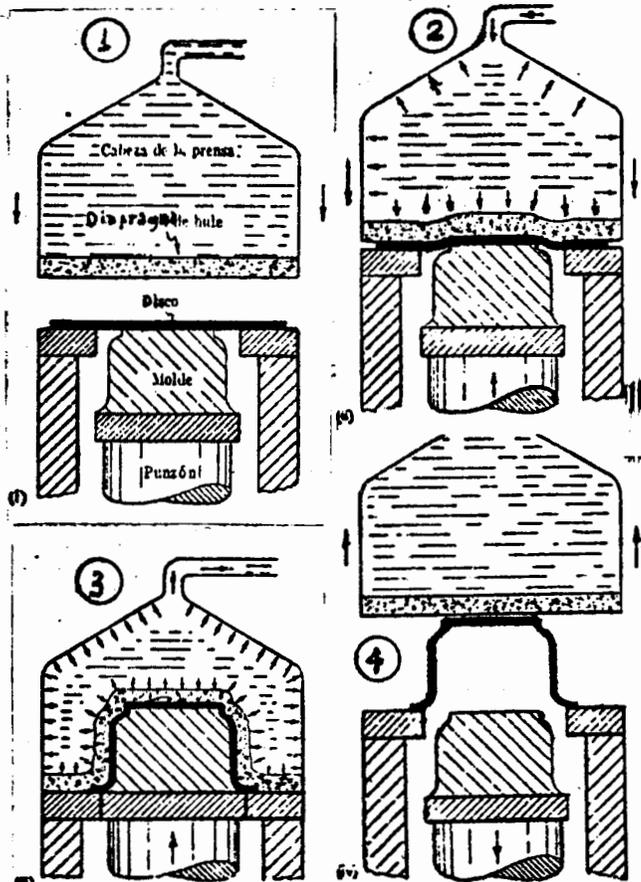


FIG. 50.- PROCESO MARFORM.



Pieza Terminada.

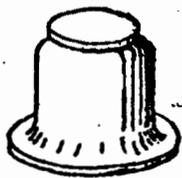


FIG. 51.- HIDROFORMADO.

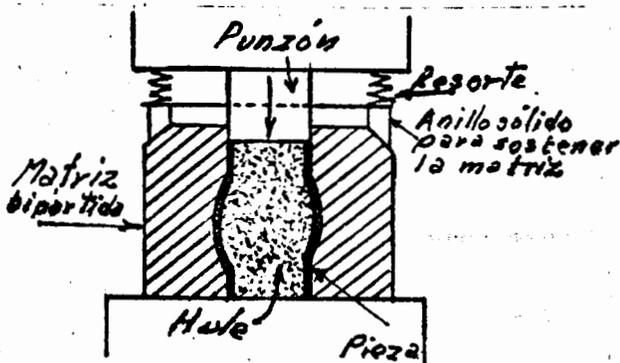


FIG. 52 ABULTADO POR MEDIO DE HULE.

ESTAMPADO CON MARTINETE.

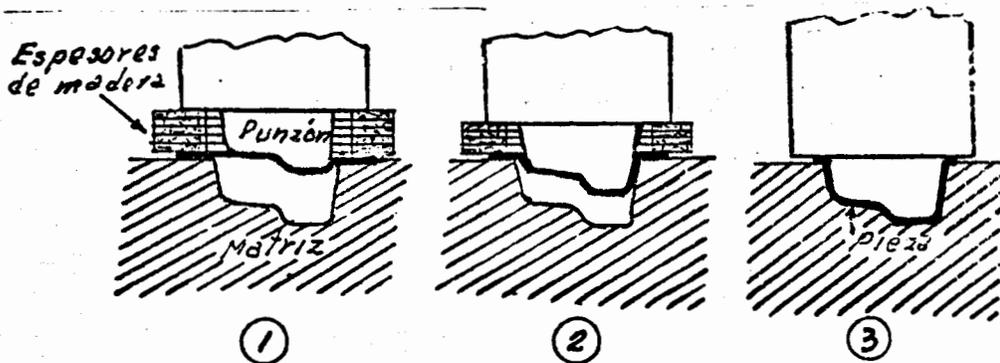
Este método es adaptable para la producción de pequeñas cantidades de piezas de aluminio y acero inoxidable en lámina delgada. El proceso es económico porque pueden emplearse matrices de kirksite evitando el gasto de matrices de acero que son muy costosas. Se usan normalmente dos sistemas, en ambos se emplea un martinete de soga, controlado por una soga que corre sobre un eje giratorio. En el primer sistema las piezas se cierran parcialmente en el golpe inicial, las arrugas que se forman son estiradas a mano con un mazo y los golpes posteriores del martinete complementan el estampado.

En el segundo sistema ilustrado en la Fig. 53, se coloca una pila de madera de triplay de $1/4''$, sobre la lámina. Estos espesores evitan que el martinete descienda totalmente y además actúan como anillo de presión para prevenir el arrugado.

Después de cada golpe del martinete se van retirando uno a uno los espesores hasta obtener la profundidad total del estampado.

Aunque el método de estampado con martinete es algo más imperfecto que -- con matrices de acero, es frecuentemente el único método económico para pequeñas cantidades de piezas.

FIG. 53.- ESTAMPADO PROFUNDO CON MARTINETE.



FORMADO DE METALES POR ALTA ENERGIA.

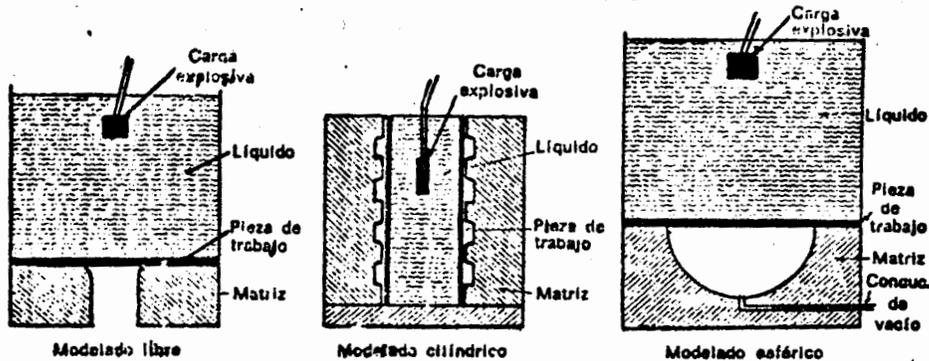
Este proceso se conoce como formado por explosivos y aprovecha el fenómeno metalúrgico que presentan muchos metales de deformarse fácilmente cuando se les aplican cargas de tipo ultrarápido. La rápida liberación de alta energía se obtiene mediante explosivos (dinamita o pólvora negra) o por gases a presión.

Las presiones generadas son muy grandes y además extremadamente rápidas, - con lo que se consigue modelar materiales de muy alta resistencia tales como el titanio, acero inoxidable, el hastelloy y el Rene 41, que con métodos ordinarios

son muy duros de modelar, requiriendo presiones excesivas e instrumentos caros. El modelado explosivo tiene la ventaja de eliminar el regreso elástico. La eliminación aparente del retorno elástico puede asociarse a dos factores: a) A las altas tensiones de compresión establecidas en el metal y b) A la posibilidad de que las matrices se deformen elásticamente por las elevadas presiones y las piezas sean sobre modeladas dando la impresión de no tener recobre elástico.

La Fig. 54, muestra 3 procedimientos usados convenientemente para formado por alta energía empleando explosivos

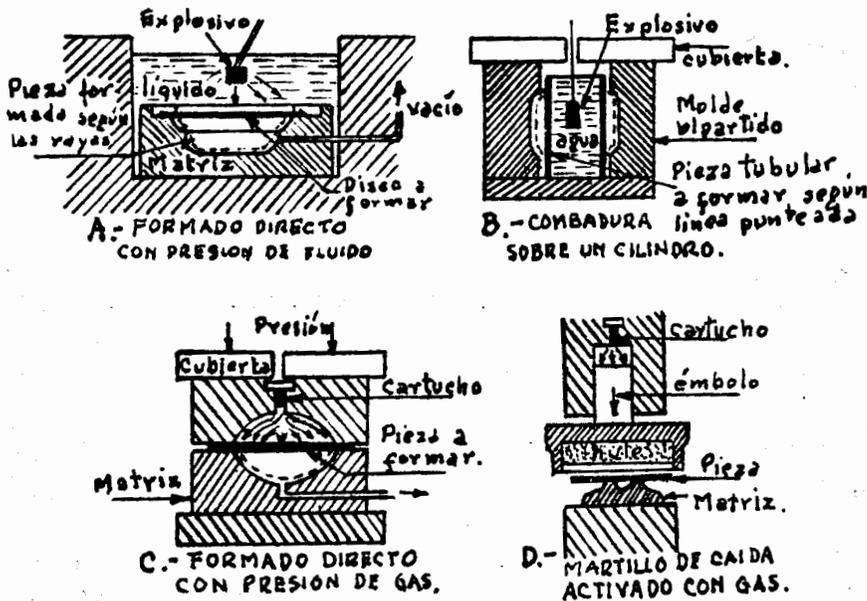
FIG. 54.- FORMADO POR ALTA ENERGIA MEDIANTE EXPLOSIVOS.



Con este método de modelado sólo se requiere una matriz hembra hecha de materiales relativamente económicos como son la madera, plásticos, concreto o kirksite. El explosivo se coloca a unos 6 pies aprox. de la pieza y se sumerge en el agua. Al detonar la carga explosiva las ondas producidas en el seno del agua producen la deformación de la pieza.

Otro método para obtener rápida liberación de energía es por medio del arco eléctrico, conocido como Formado electrohidráulico. El equipo empleado para este proceso es similar al A o B de la Fig. 55, pero la presión se obtiene de la separación entre electrodos en lugar de la carga explosiva

FIG. 55.-METODOS USADOS EN EL FORMADO CON ENERGIA A GRAN VELOCIDAD.



En el formado electrohidráulico, primero se carga un banco de condensadores con un alto voltaje y luego se descarga a través del espacio entre dos --- electrodos en un medio líquido conveniente (generalmente no conductor). Esto genera una onda de choque que viaja radialmente a partir del arco eléctrico, suministrando la fuerza necesaria para la deformación de la pieza.

Este proceso es seguro de operar, tiene bajo costo de estampas y equipos y los valores de la energía se pueden controlar estrechamente.

FORMADO MAGNETICO.

Es otro de los métodos de formado por alta energía en el cual se aprovecha la energía eléctrica almacenada por el campo magnético creado por bobinas dispuestas según la Fig. 56. En dicha figura también se ilustra el diagrama simple del circuito para formado electromagnético. El voltaje E es suministrado por una fuente de alto voltaje a un banco de condensadores conectados en paralelo. La cantidad de energía almacenada se puede variar ya sea agregando condensadores al banco o aumentando el voltaje. Esto último está limitado por la capacidad aislante del dieléctrico de las bobinas.

La operación de carga es muy rápida y cuando se completa, un interruptor de alto voltaje dispara la energía eléctrica almacenada a través de las bobinas estableciendo un campo magnético brusco de alta intensidad. Este campo induce una corriente en el interior de la pieza que se trabaja, que es conductora y está colocada en o cerca de la bobina, resultando en una fuerza que actúa sobre la pieza. Esta fuerza cuando excede el límite elástico del material que se va a formar, produce deformaciones permanentes.

El proceso es aplicable para la fabricación de piezas pequeñas que sean conductoras con espesores aprox. de 3mm.

FIG. 56.- DIFERENTES APLICACIONES DEL FORMADO MAGNETICO.

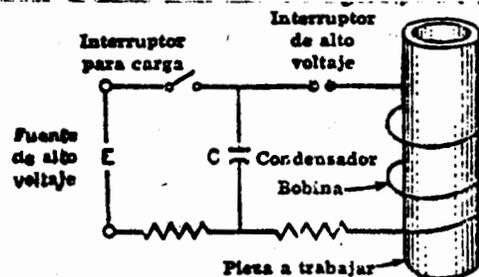
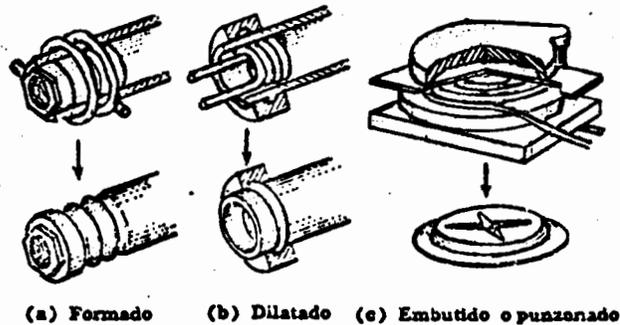
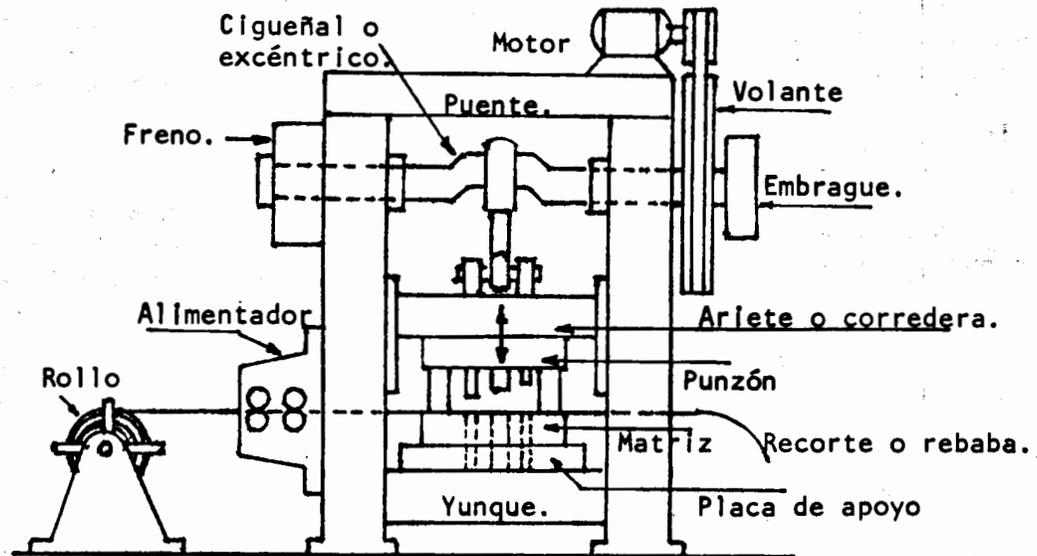


Diagrama esquemático de un circuito de formado electromagnético

PRENSAS.



Las Prensas son máquinas destinadas a la fabricación de piezas metálicas a partir de cintas o láminas delgadas de metal.

La mayor parte de los procesos realizados mediante prensas se efectúan en frío.

Las prensas se clasifican según el método de aplicación de potencia al martinete en:

Prensas Mecánicas.

De manivela simple
De manivela doble.
De excéntrica
De leva.
De charnela.
De palanca acodada.
De tornillo
De cremallera y piñón.

Prensas Hidráulicas.

De carro único.
De carro múltiple

La Fig. 57 muestra los esquemas de los principales sistemas de accionamiento de las prensas

Las prensas de manivela simple son las más usadas por su simplicidad, se emplean para operaciones de perforado y recorte y de estirado simple.

Las prensas de doble manivela están provistas de un sistema para mover los soportes de discos o las matrices de acción múltiple.

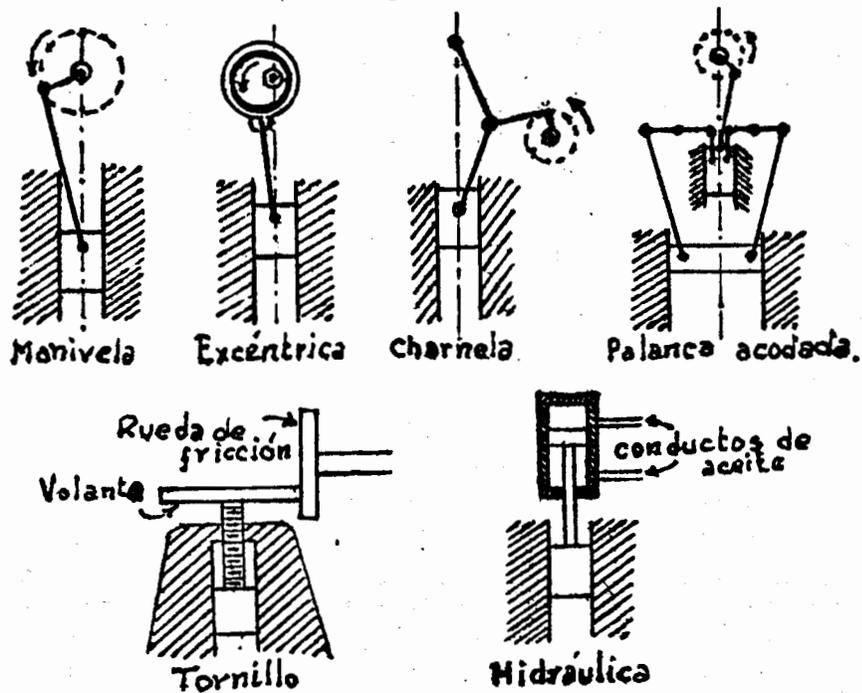
Las prensas de excéntrica son adecuadas para un sólo martinete de carrera corta.

Las prensas de leva están provistas de un tiempo de reposo en la parte inferior de la carrera, por lo que son usadas para accionar los anillos de sostén del disco en las prensas de estampado.

Las de conducción por charnela son usadas donde se requieren grandes adelantos mecánicos junto a una acción rápida, como sucede en el acuñado, cortado o en el modelado Guerin.

Los mecanismos de palanca acodada se usan principalmente en prensas de estirado para accionar el soporte de discos.

FIG. 57.- PRINCIPALES SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO DE LAS PENSAS



Las prensas hidráulicas se producen en varios tipos y tamaños. Debido a que pueden proveerse de casi ilimitada capacidad, las prensas más grandes son de este tipo

El uso de varios cilindros hidráulicos permite la aplicación de fuerzas en varios puntos del martinete, y proveen de la fuerza y ritmo necesario al soporte de discos. Las prensas hidráulicas de alta velocidad pueden dar más de 600 golpes por minuto

Las prensas también se clasifican de acuerdo al tipo de bastidor empleado, tal clasificación es importante debido a que indica algunas de las limitaciones del tamaño y tipo de trabajo que puede realizarse en ellas

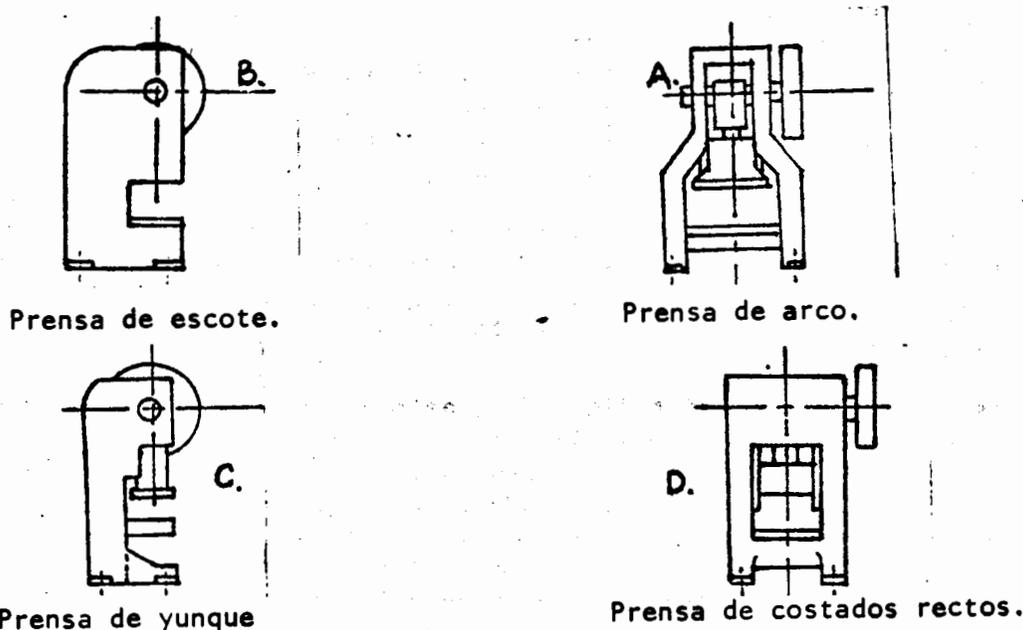


FIG. 58.- TIPOS DE BASTIDORES MAS USADO EN LAS PENSAS.

- | | |
|---|---|
| A) Prensas de bastidor de arco. | { De Percusión.
De biela o de excéntrico |
| B) Prensas de bastidor espaciado o de escote. | { De pié { Verical o
De banco. { Inclinable
Inclinable
De fondo abierto
De cuerno o yunque
De torre. |
| C) Prensas de Costados rectos. | { Muchos tipos pero todas
de costados rectos. |

La Fig. 58 presenta los esquemas de los principales tipos de bastidores -- usados en las prensas.

En las prensas con bastidor de arco Fig. 58-A, el arco es simple y fuerte por lo que se usan para recortes pesados y otras operaciones que requieran gran fuerza. Este tipo de bastidor rara vez es usado en prensas modernas, con excepción de las accionadas por tornillo empleadas para acuñado y que se conocen como prensas de percusión.

Las prensas de bastidor con espaciado o de escote, tienen el bastidor en forma de C como se ve en la Fig. 58-B. Este diseño proporciona un buen espacio para las matrices y permite que una gran cantidad de material sea alimentado. -- Tales prensas se fabrican en tamaños que van de 1 a 110 Tons. El tipo más común es la de tipo inclinable que facilita la salida del material por la parte posterior.

Las prensas de banco generalmente son inclinables y de pequeño tamaño (1 a 8 Tons.), fabricadas para ser montadas sobre un banco.

Las prensas de fondo abierto generalmente no son inclinables.

Las prensas con bastidor tipo cuerno son prensas verticales de fondo abierto que tienen un eje cilíndrico pesado conocido como cuerno o yunque en lugar de la bancada usual. Este arreglo permite trabajar piezas curvadas o cilíndricas en operaciones de costura, punzonado, remachado, etc, como muestra la Fig. 58-C. En algunas prensas se dispone tanto de la bancada como del cuerno, siendo este último móvil hacia un lado cuando no se necesita.

Las prensas de torre utilizan una modificación del bastidor abierto y contienen una torre superior y una inferior, diseñadas para alojar punzones y matrices de diferentes medidas. Las dos torres están articuladas entre sí y cuando trabajan, se les asegura firmemente en posición de alineamiento exacto.

La prensa está equipada con una mesa al frente que dispone de una corredera transversal, que permite colocar con precisión la lámina bajo la estación de punzonar. Cuando se requiere cierto número de partes idénticas, se prepara una plantilla fija y si la plantilla se sigue con un trazador móvil, todos los agujeros quedarán localizados con precisión.

Los diseños recientes de prensas de torre, son controlados mediante cinta y no requieren de plantilla.

Las prensas de lados rectos Fig. 58-D, generalmente son prensas de gran capacidad donde es necesario aumentar la resistencia y rigidez de la estructura.

Las prensas de este tipo se hacen con varios dispositivos para suministrarles potencia y diferentes métodos de operación. A las más pequeñas se les acciona mediante un cigueñal simple o un excéntrico, pero a medida que el tamaño del trabajo aumenta, se hacen necesarios muñones adicionales para distribuir la carga uniformemente sobre la corredera. Las prensas de doble acción usadas en operaciones de embutido tienen una corredera exterior que precede al punzón y sujeta a la lámina antes de la operación de embutido.

La corredera exterior es movida usualmente por un mecanismo especial de - barras o levas, mientras que la corredera interior que lleva el punzón es movida por el cigueñal.

SELECCION DE UNA PRENSA.

La selección de una prensa mecánica, hidráulica, de cigueñal, de excéntrica o de palanca acodada, depende del tipo de trabajo a realizar. El tamaño y forma de bastidor dependerá del espacio necesario para la matriz o del tamaño de la - pieza de trabajo.

El tonelaje requerido para el perforado y recorte de una pieza se calcula, en función de la longitud total de corte y del esfuerzo cortante del metal empleado, según las formulas siguientes:

(Sistema Ingles.)

$$P = L t S$$

Donde P = Presión total en Lbs.

L = Longitud total de perforado y recorte en pulgs.

t = Espesor del metal en Pulgs.

S = Esfuerzo cortante del metal en psi.

(Sistema métrico.)

$$P = L t S$$

P esta en Kilonewtons (KN) o en Meganewtons (MN)

L y t esta en metros.

S esta en Newtons/m². (N/m²) o en Pascales (Pa.)

Ejemplo.- Se necesita hacer un rectángulo de 8"(203 mm.) X 12"(304 mm.) en una placa de acero de bajo carbono de 1/4"(6.35 mm.) de espesor. Calcular el tonelaje de la prensa.

Esf. Cort. Ac. bajo C.	48,000 psi.	331 MPa.
Ac. Inox.	60,000 "	414 "
Aluminio.	8,000 a 14,000 psi.	76 "

$$P = LtS = 2(8+12)(1/4)(48000) = 480000 \text{ Lbs.} \quad P = \frac{2(203+305)}{1000} \times \frac{6.35}{1000} \times 331 \text{ MPa.}$$

1 Ton(2000 lbs) = 8.896 KN(Fuerza)

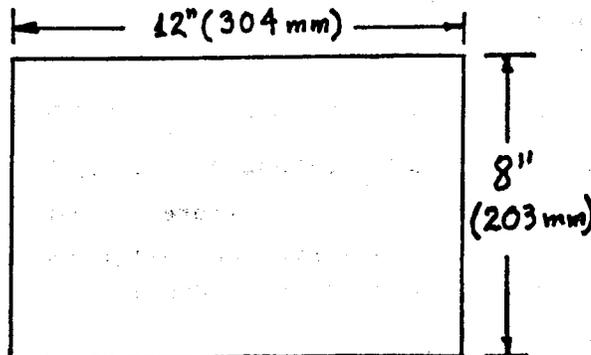
1 Ton(2000 lbs) = 0.907 t (tons metric.)

1000 psi. = 6.9 MN/m² = 6.9 MPa.

$$= 1.016 \times 0.00635 \times 331 = 2.14 \text{ MN}$$

Tonelaje = 480000/2000 = 240 Tons.

Conversión 240 Ton X 8.896 = 2135 KN
= 2.135 MN.



Capítulo VI. UNIÓN DE METALES.

La necesidad de unir o ensamblar partes metálicas, a fin de obtener conjuntos o dispositivos que integren maquinaria o equipos de uso en los diferentes procesos industriales, ha dado lugar al desarrollo de una gran variedad de métodos de unión.

Las uniones o ensambles pueden ser permanentes o desmontables. Las primeras una vez realizadas no pueden ser separadas a menos que se destruya el elemento de unión y en ocasiones las partes unidas, en tanto que las segundas se pueden desarmar en cualquier momento.

Las juntas permanentes se realizan por cualquiera de los métodos siguientes:

- a) Uniones soldadas
- b) Uniones remachadas
- c) Uniones con adhesivos.

Las juntas desarmables se realizan mediante tornillos, tuercas, chavetas, cuñas, arandelas etc.

a) Uniones soldadas:

Unión mediante falsa soldadura. Con este nombre se conocen las soldaduras hechas con aleaciones de plomo y estaño y con aleaciones de cobre. Este tipo de uniones se realizan mediante aleaciones cuyo punto de fusión es inferior al de los metales por unir. Durante la operación fluye la soldadura fundida entre las piezas calientes a unir que se conservan en estado sólido. La resistencia de la unión será la de los metales o aleaciones empleadas como soldadura.

Las condiciones que se exigen a una unión por falsa soldadura dependen de la aplicación que vaya a tener la pieza soldada. Puede pedirse estanqueidad en el caso de recipientes (botes y latas de conservas). Resistencia al choque, compresión y tracción (uniones de tubos, insertos de carburo en herramientas de corte). Resistencia al calor (calderas y placas de corte). Estabilidad contra la humedad y acciones químicas con vistas a la duración (recipientes de líquidos). Igualdad de color con las piezas a unir (objetos de tipo decorativo). Rapidez y facilidad de ejecución con vistas al precio. Conductividad eléctrica (en conductores de aparatos eléctricos).

Procesos al realizar una falsa soldadura.

Entre el metal líquido y la superficie de los metales sólidos se producen, en condiciones favorables, aleaciones. Si la soldadura y los metales a unir tienden a alearse, basta que uno de los metales sea líquido (Fig. 1). La resistencia de la capa de la junta aleada es más elevada que la de la soldadura (metal de aporte). Las uniones con pequeño espesor de soldadura, tienen mayor resistencia. Cuando el espesor de la soldadura es pequeño y las condiciones de soldado son favorables, se alea todo el metal de la falsa soldadura con el material de las piezas unidas. El pequeño espesor de la rendija entre las piezas (0.03 - 0.2 mm) favorece el flujo de la soldadura por capilaridad Figs. 2 y 3.

Condiciones para lograr una buena soldadura.

Las partes a soldar tienen que estar libres de suciedad y de capas de óxido.

Durante la operación de soldado hay que evitar la formación de una nueva capa de óxido, lo cual se consigue empleando fundentes o gases protectores.

La capa de soldadura debe ser tan delgada como sea posible. La pieza y la soldadura deben de tener en la zona a soldar la temperatura de trabajo, entendiéndose por tal la temperatura más baja de la superficie de la pieza a la cual la soldadura moja, fluye y se alea (Fig. 4).

El proceso de soldadura se realiza en 3 etapas:

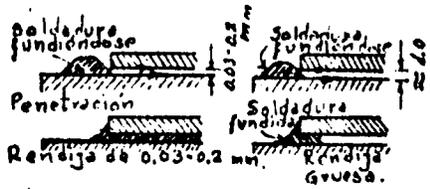
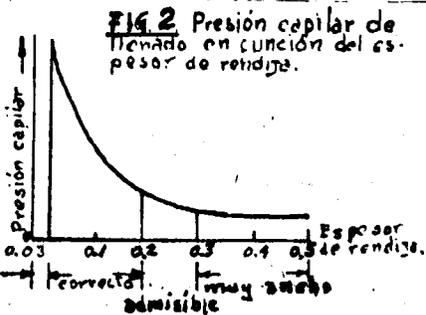


FIG. 3 Acción capilar de la rendija

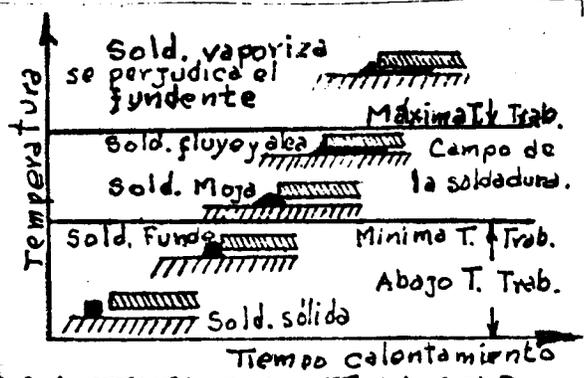
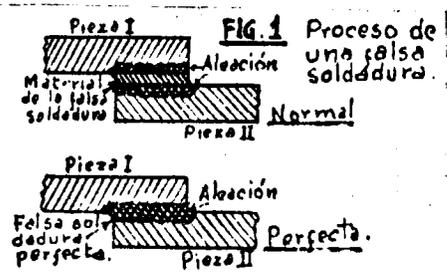


FIG. 4 TEMPS. DURANTE LA SOLD.

Mojado (humectación). Después de haber alcanzado la temperatura de trabajo y de haber actuado el fundente, éste es empujado por el metal fundido y comienza a mojar la superficie de la pieza (se establece contacto íntimo entre soldadura y pieza).

Flujo. El metal de soldadura en estado líquido expulsa al fundente de la rendija que forman las piezas a soldar y la llena.

Aleación. El metal que fluye penetra en las zonas marginales de las piezas a soldar a lo largo de los límites de los granos y se alea con ellos. La profundidad de penetración es pequeña. Por encima de la temperatura de trabajo máxima se vaporizan componentes de aleación del metal de soldadura, (Fig. 4), se forma además en la pieza grano basto y baja la eficiencia del fundente y la resistencia de la parte soldada.

Las soldaduras falsas pueden ser: **Blandas** y **Fuertes** o **duras**. Entre las primeras, las temperaturas de trabajo son inferiores a 450°C, los metales generalmente usados son el plomo y el estaño. Estas uniones se pueden doblar fácilmente, la desventaja que tienen es su baja resistencia. Si el estaño excede del 50% la soldadura se denomina estaño-plomo y si el plomo está en proporción mayor del 50% se llama plomo-estaño. La Fig. 5 muestra las propiedades de esta aleación.

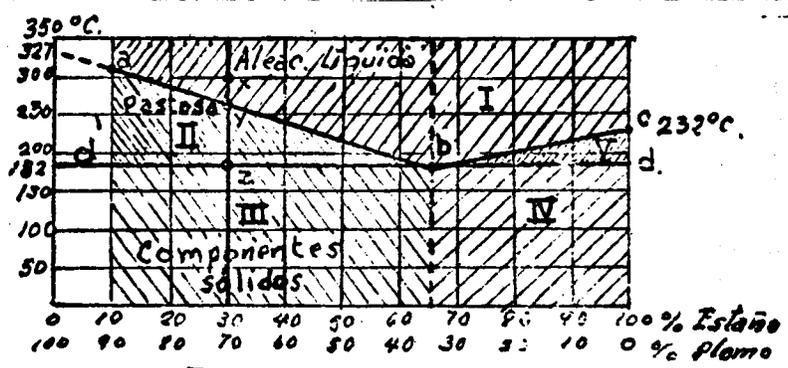


FIG. 5. DIAGRAMA DE ESTADO ESTAÑO-PLOMO.

El plomo puro funde a 327°C y el estaño a 232°C y pasan directamente del estado sólido al estado líquido. La aleación de 65% de estaño y 38% de plomo funde exactamente a 182°C y se denomina metal de infiltración, en estos 3 casos no existe el estado pastoso. El mayor contenido de estaño en una soldadura le da mayor dureza y resistencia.

Las soldaduras blandas se clasifican en 3 grupos:

Grupo A.- Soldaduras plomo-estaño y estaño-plomo con diferentes contenidos de Antimonio.- (PbSn 20 Sb) 20% Sn, hasta 1.2 Sb y el resto Pb. Se emplean para estañados y trabajos en lámparas.

Grupo B.- Soldaduras estaño-plomo con adición de cobre y plata. (Sn 60 Pb Cu) 60% Sn, hasta 0.3% Cu y el resto Pb. Se emplea en la construcción de aparatos eléctricos.

Grupo C.- Soldaduras especiales para soldar tubos de cobre (CdZnAg10) 22% Zn, 10% Ag y el resto Cd.

La soldadura empleada para latas de productos alimenticios, no deben contener más del 10% Pb, por ser éste venenoso.

Las soldaduras blandas se suministran en forma de lingotes, cintas, láminas o barra, en forma de alambre macizo o hueco con alma de fundente y en forma de polvo.

Existen soldaduras blandas especiales que contienen Cadmio o Bismuto cuyos puntos de fusión varían de 60 - 160°C.

Los fundentes empleados en las soldaduras blandas son el agua acidulada que se prepara disolviendo en agua Cloruro de Zinc, o bien con ácido clorhídrico rebajado con recortes de Zn (tener cuidado porque se forman gases detonantes). Se emplea para soldar acero, latón, estaño y cobre.

Grasa y aceite para soldar. Se emplea en trabajos en hoja de lata Colofonia (exenta de ácido). Se emplea en soldaduras al plomo ácido clorhídrico diluido. Para soldaduras en Zn o en láminas galvanizadas. El equipo para aplicar soldaduras blandas comprende cautines de cobre, cautines eléctricos, sopletes de gasolina y sopletes de acetileno.

Soldaduras fuertes o duras.

Las temperaturas de trabajo de estas soldaduras están por arriba de los 450°C y se emplean cuando se requiere una unión resistente o cuando los metales a unir no se prestan para usar soldaduras blandas (metales preciosos). La costura de soldadura fuerte debe poderse doblar o curvar y ser maleable y en ocasiones tener el mismo color de las partes a unir.

Los metales empleados para soldaduras fuertes se clasifican según su composición, su aplicación y su temperatura de trabajo.

MATERIALES DE SOLDADURA DE COBRE.

Contienen generalmente cobre o sus aleaciones y se emplean para soldar piezas de materiales ferrosos, de cobre o de níquel. Las adiciones de Zn, Sn y P determinan las temperaturas de trabajo de las soldaduras, las cuales varían de 710 a 1100 °C. Se suministran en forma de alambres, barras, láminas o en forma granular.

Tipo SCu.- Cobre 99.9% exento de oxígeno, con temperatura de trabajo de 1100 °C. Se emplea para soldar placas de carburo de tungsteno sobre los mangos de herramientas de corte.

Tipo Ms60 Cobre 60 %, hasta 1.3 % de otros componentes de aleación (Si, Sn, Mn, Fe.), el resto Zn. Temperatura de trabajo 900 °C. Se emplea para soldar aceros y aleaciones de Cu y de Ni.

MATERIALES PARA SOLDADURA QUE CONTIENEN POR LO MENOS 20 % DE PLATA.

En estos materiales el contenido de cadmio abate la temperatura de trabajo. Si contiene níquel y manganeso se mejora la humectación o caldeo.

Tipo Ag40Cd.- Plata 40 %, Cd 20 %, Cu 19 % y Zn el resto. Temperatura de trabajo 610 °C. Se emplea para soldar acero, fundición maleable y cobre.

Tipo Ag27 Plata 27 %, Cobre 38 %, Mn 9.5 %, Ni 5.5 %, Zn el resto. Temperatura de trabajo 840 °C. Se emplea para soldar materiales de Tungsteno y Mo.

FUNDENTES.

Tienen por objeto eliminar la capa de óxido que se forma en el metal a temperaturas elevadas y evitar la formación de una nueva capa de óxido.

Los materiales más usados son:

Borax crudo (Polvo blanco, evita el oxígeno parcialmente a causa del contenido de H₂O).

Borax calcinado. (No contiene H₂O), elimina el O₂ de la zona de soldadura

Borax en polvo. (Mezcla de borax calcinado, sal común y carbonato potásico), es higroscópico. Guardarlo en recipientes herméticos.

Los equipos empleados para las soldaduras fuertes pueden ser desde un mechero de gas, un soplete oxiacetilénico, un horno de gas, horno eléctrico o máquinas eléctricas especiales.

UNIONES MEDIANTE SOLDADURA POR FUSION O SOLDADURA POR PRESION.

Las uniones soldadas tienen por objeto unir 2 ó más piezas mediante temperatura o presión y con la adición de material de aporte o sin él.

Para obtener soldaduras satisfactorias es necesario contar con:

- a) Una fuente adecuada de calor y/o presión.
- b) Medios de protección o limpieza del metal.

Los métodos de soldadura desarrollados hasta la fecha son muy numerosos, por lo que aquí sólo trataremos los que tienen mayor aplicación industrial.

- | | |
|-------------------------------------|---|
| I.- Soldadura por forja | <ol style="list-style-type: none">a) Soldadura en matriz.b) Soldadura con rodillos.c) Soldadura fría. |
| II.- Soldadura con gas. | <ol style="list-style-type: none">a) Soldadura con Hidrógeno.b) Soldadura con Acetileno.c) Soldadura con propanod) Soldadura con gas a presión. |
| III .-Soldadura por arco eléctrico. | <ol style="list-style-type: none">a) Con electrodo de carbónb) Con electrodo de metal desnudoc) Con electrodo de metal recubierto o protegidod) Con electrodo de Tungsteno y gas inerte (TIG)e) Con electrodo de metal y gas inerte (MIG)f) Con Hidrógeno atómicog) De Arco Sumergidoh) De Flujo Magnéticoi) Con Cinta Impregnadaj) Con Pernok) De punto de arco de Tungsteno y protección con gas. |

IV.-Soldadura por resistencia.

- a) Por puntos.
- b) De costura.
- c) De salientes o de proyección.
- d) Por chispas.
- e) Por recalcado.
- f) Por percusión.

I.- La soldadura por forja se realiza calentando las partes a unir a una temperatura superior a la de recristalización y después aplicando una elevada presión para que se suelden.

Basándose en este principio se ha desarrollado la soldadura en matriz, más conocida como soldadura a tope, empleada en la fabricación de tubos con costura a partir de cintas calientes. Aquí la matriz corresponde a la campana soldadora de la Fig. 24 del capítulo V. (Pág. 84).

La soldadura con rodillos es otra aplicación de la soldadura por forja, empleada en la fabricación de tubos con costura realizándose soldaduras a tope o por traslape como se indica en las figuras 27 y 25 del capítulo V. (Pág. 84).

La soldadura con rodillos se emplea para tubos de gran diámetro en tanto que la soldadura en matriz se aplica a tubos pequeños.

Una modificación de la soldadura con rodillos se aplica en la fabricación de evaporadores para refrigerador. La Fig. 6 muestra la secuencia del proceso.

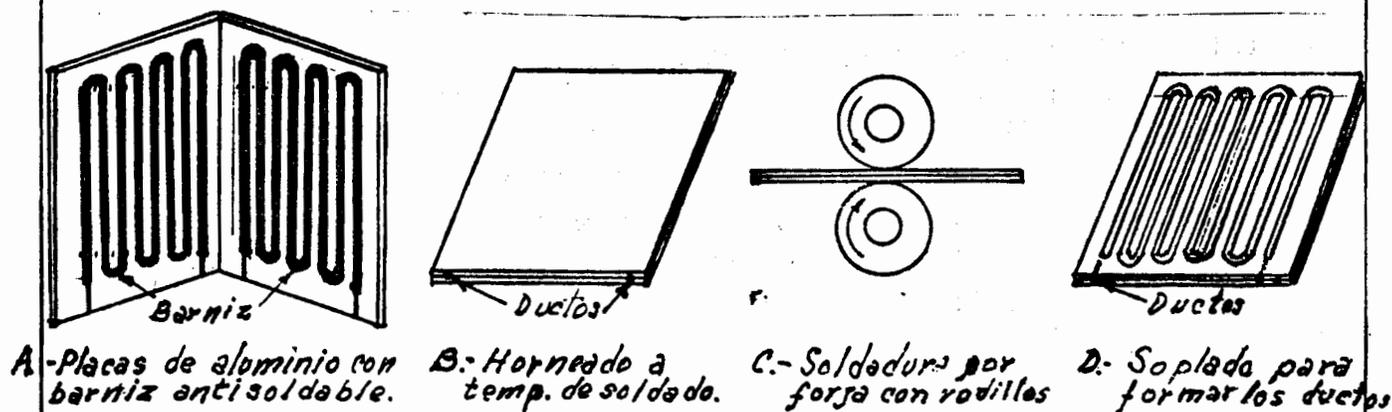


FIG. 6.- SOLDADURA CON RODILLOS APLICADA A LA FABRICACION DE EVAPORADORES PARA REFRIGERADOR.

Se toma un par de placas de aluminio de 1/16" Aprox, que se pintan con un barniz especial antisoldable como se indica en (A). Enseguida se unen las dos placas y se introducen a un horno donde se calientan a una temperatura superior a la de recristalización (B), después se pasan por un laminador duo (C) donde se realiza la soldadura por forja de las partes de las placas que no fueron cubiertas por el barniz y finalmente se inyecta aire a presión por los pequeños ductos existentes en las placas y las partes que no están soldadas se abomban formando así los canales del evaporador.

Soldadura Fría

Es una forma especial de soldadura por percusión en la cual no se emplea calor externo y se realiza en un solo golpe de martillo en la forma de una única aplicación de presión. En este proceso la coalescencia o unión se logra por una rápida aplicación de presión.

Para producir una soldadura fría, las superficies a ensamblar se limpian generalmente con cepillos de alambre y se ponen en contacto sometiendo a presiones

localizadas que producen deformaciones del orden de 30-50%. Sin duda, algún calentamiento se produce debido al severo trabajo en frío del metal, pero es la presión alta y localizada la que produce la unión.

La Fig. 7 presenta algunas de las piezas unidas por soldadura fría, que son generalmente empalmes o uniones de zapatas eléctricas.



FIG. 7.- TIPOS DE PIEZAS UNIDAS POR SOLDADURA FRÍA.

FAQ. DE INGENIERIA BIBLIOTECA

II.- SOLDADURA CON GAS.

La soldadura con gas abarca todos los procesos donde se usan gases combinados para obtener una fuente de calor. Los más usados son el acetileno, el gas natural o gas L.P. y el hidrógeno, combinados con oxígeno. La soldadura oxihidrógeno fué el primer proceso que se desarrollo comercialmente. La máxima temperatura obtenida en este proceso es de 1680°C.

El gas natural o gas licuado de petroleo (Gas L.P.) se usan eventualmente como substitutos del acetileno.

La combinación principal y cuyo uso está más generalizado es la de acetileno y oxígeno conocida como soldadura oxiacetilénica o soldadura autógena.

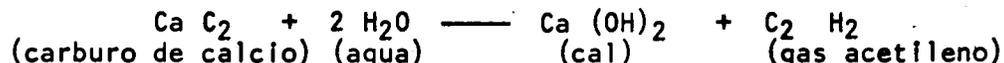
La soldadura oxiacetilénica se produce por el calentamiento con una llama, obtenida de la combustión de oxígeno y acetileno que alcanza una temperatura de 3480°C, puede usarse material de aporte (soldadura) o no. En la mayoría de los casos, la junta se calienta hasta un estado de fusión y por regla general, no se usa presión.

El oxígeno se produce por electrólisis y por la licuación del aire. La electrólisis descompone el agua en hidrógeno y oxígeno, haciendo pasar por ella una corriente eléctrica.

La mayor parte del oxígeno comercial se obtiene por la licuación del aire, separando el oxígeno del nitrógeno.

Se almacena en cilindros de acero como el mostrado en la Fig. 3 a una presión de 140 kgs/cm².

El acetileno (C₂ H₂) se obtiene vertiendo piedras de carburo de calcio en agua. Las burbujas de gas suben a través del agua y el carburo de calcio se convierte en cal apagada. La reacción tiene lugar en un generador de acetileno y es la siguiente:



El gas acetileno no puede almacenarse con seguridad a presiones muy superiores a 1 kg/cm², por lo cual se hace necesario almacenarlo con acetona que lo torna estable a presiones elevadas.

Los cilindros para acetileno se rellenan con un material poroso saturado con acetona, en los cuales puede comprimirse el gas sin peligro hasta unos 18 kgs/cm². En la Fig. 8 se muestra un tanque de acetileno de Aprox. 10 m³ de gas a 18 kgs/cm².

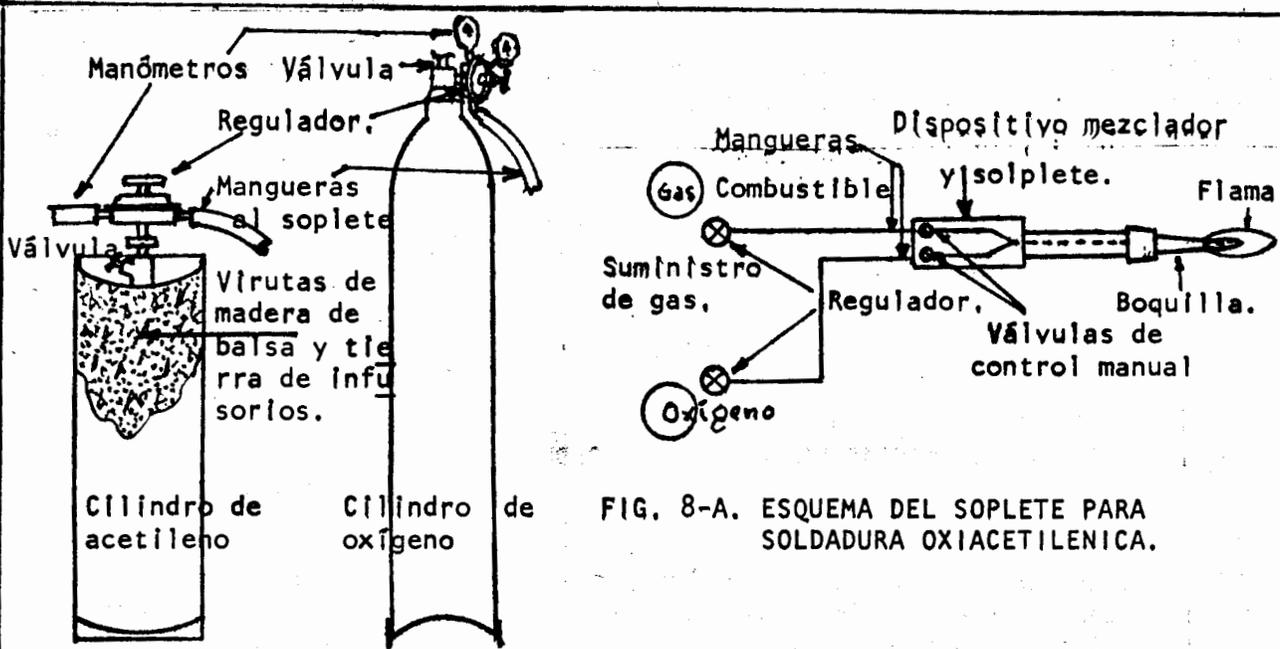


FIG. 8-A. ESQUEMA DEL SOPLETE PARA SOLDADURA OXIACETILENICA.

FIG.8.-TANQUES PARA SOLDADURA OXIACETILENICA

En la Fig. 8-A se muestra un diagrama esquemático de un soplete para soldar y sus dispositivos para el suministro de gas. La presión del gas se controla en los tanques por medio de válvulas reductoras conocidas como reguladores y el ajuste final se hace manualmente en el soplete. La regulación de la proporción de los 2 gases es de suma importancia, ya que determina que la flama sea reductora, neutra u oxidante.

La llama reductora o carburante contiene exceso de acetileno, se usa para soldar metal monel, níquel, algunos aceros aleados y muchos de los metales no ferrosos, además para la aplicación de stellite.

La llama neutra es la que tiene mayor aplicación en procesos de soldadura y corte y se obtiene con una proporción de 1 a 1 de acetileno y oxígeno, lográndose temperaturas de 3310 a 3480°C.

La llama oxidante contiene exceso de oxígeno y se emplea en la soldadura de latón y bronce, siendo indeseable en otras aplicaciones.

Soldadura con gas a presión.- (soldadura en fase sólida)

En la soldadura de gas a presión, las áreas que se van a soldar se calientan con llama oxiacetilénica a temperaturas de 1200°C Aprox. y después se aplica una elevada presión (280 kgs/cm²) como se indica en la Fig. 9.

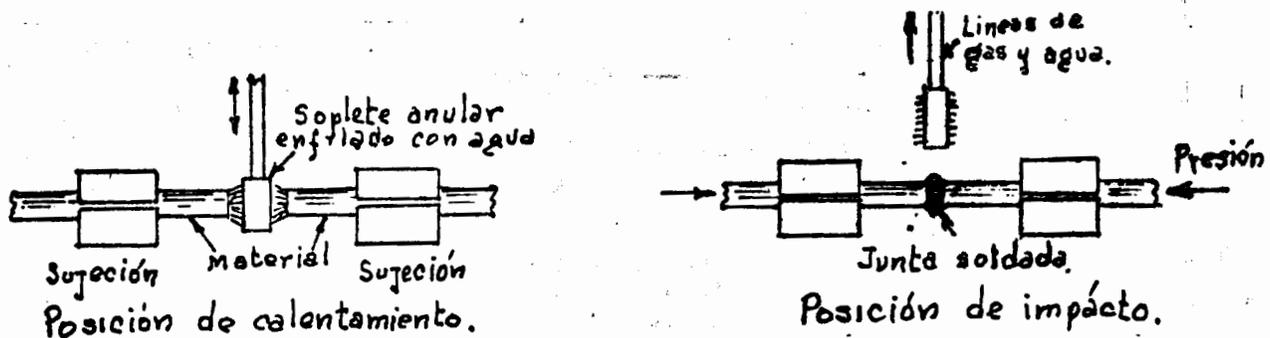


FIG. 9.- ESQUEMA DE UNA SOLDADURA A PRESION CON GAS.

III.- SOLDADURA DE ARCO.

En estos procesos de soldadura la fuente de calor es un arco eléctrico mantenido entre la pieza y un electrodo o entre dos electrodos. El circuito básico para soldadura de arco se indica en la Fig. 10. Inicialmente la mayoría de las soldaduras por arco eléctrico se hicieron con corriente continua. Actualmente tiene mayor aplicación el uso de corriente alterna.

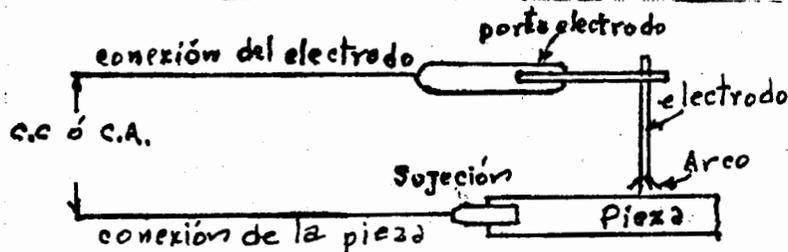


FIG. 10.- CIRCUITO BASICO DE LA SOLDADURA DE ARCO.

Si cuando se usa corriente continua, se conecta la pieza al polo positivo y el electrodo al negativo, se dice que la polaridad es directa, en caso contrario es inversa.

Cuando se utilizan electrodos sin protección se libera una mayor cantidad de calor en el ánodo. La polaridad directa provee entonces mayor calor a la superficie de la pieza, la cual tiene una mayor capacidad calorífica que el electrodo. Sin embargo, ciertos electrodos protegidos cambian las condiciones térmicas y se usan con polaridad inversa.

La soldadura por arco eléctrico puede realizarse con electrodos de carbón y material de aporte, con electrodo metálico consumible sin protección y con electrodo metálico consumible con protección. Este último proceso es el que tiene la mayor aplicación por las facilidades y ventajas que ofrece. (Se conoce genéricamente como soldadura eléctrica).

Los electrodos protegidos o revestidos, consisten en alambres metálicos de 1/16" a 3/8" de diámetro, sobre los que se coloca a presión un revestimiento que contiene componentes químicos que proporcionan ciertas características convenientes al proceso de soldadura. Estos revestimientos pueden tener todas o algunas de las características siguientes:

1. Proveer una atmósfera protectora.
2. Estabilizar el arco.
3. Actuar como fundente para remover impurezas del metal base.
4. Proveer una escoria protectora para acumular impurezas, prevenir oxidación y retardar el enfriamiento del metal soldado.
5. Reducir la salpicadura de la soldadura de metal e incrementar la eficiencia de depósito.
6. Agregar elementos de aleación.
7. Afectar la penetración del arco.
8. Afectar la forma de la moldura de la soldadura.

Los electrodos con revestimiento se clasifican sobre la base de la resistencia a la tracción del metal de soldadura depositado, la posición de soldadura en la cual pueden ser usados, el tipo de corriente y polaridad y el tipo de cobertura; se usa un sistema de cuatro o cinco dígitos para designarlos como se indica en la tabla de la Fig. 11.

Como un ejemplo, el tipo #-7016 es un electrodo de baja aleación de acero que proveerá un depósito con una resistencia mínima a la tracción de 70000 lbs/in² sin

tratamiento para liberar tensiones; puede usarse en todas las posiciones con corriente alterna o con polaridad invertida en corriente continua y tiene un recubrimiento de bajo hidrógeno.

FIG. 11.- SISTEMA DE DESIGNACION DE ELECTRODOS PARA SOLDADURA DE ARCO.

E 7 0 1 6		E = Electrodo		
E (X) X X ₁ X ₂ X ₃		6-7		
Mínimo de resistencia a la tracción en 1,000 Lbs. de metal soldado depositado sin tratamiento para liberar tensiones.	Posición de la soldadura.	Corriente	Polaridad	Revestimiento.
			1.- Todas.	CA o CC.
45	2.- Plana y horizontal			Celulosa
60	3.- Solo plana			Titanio
70				Ca (Bajo H ₂)
80				5 ó 6
90				Polvo de Fe.
100				
120				

En general, los recubrimientos de celulosa contienen cerca de 50% de SiO₂, - 10% de TiO₂, pequeñas cantidades de FeO, MgO, Na₂O y cerca de 30% de materia volátil.

Las coberturas de Titanio contienen cerca de 30% de SiO₂, 50% de TiO₂, pequeñas cantidades de FeO, MgO, Na₂O y Al₂O₃ y cerca de 5% de materia volátil.

Las coberturas de bajo H₂ contienen cerca de 28% de TiO₂ más ZrO₂, y 25% de CaO más MgO. Estos eliminan el hidrógeno disuelto en el metal depositado y así previenen el microagrietamiento. Para ser efectivos deben ser horneados poco antes de usarse para asegurarse la remoción de toda la humedad del recubrimiento.

Para su rápida identificación, los electrodos se pintan de colores según un código establecido por (NEMA)

Cuando se funde el recubrimiento se producen gases que forman una atmósfera protectora que evita la contaminación del metal caliente y fundido. Los constituyentes fundidos se combinan con las impurezas del metal y las atrapan en la escoria. Esta capa de escoria protege al metal de la oxidación y retarda la velocidad de enfriamiento. La Fig. 12, muestra el efecto del recubrimiento.



FIG. 12.- ESQUEMA DE LA SOLDADURA DE ARCO.

Empleando electrodos con recubrimiento se ha desarrollado un sistema de soldadura por arco conocida como de CONTACTO O ARRASTRE. Este tipo de electrodo tiene un recubrimiento especial que funde más despacio que el metal de aporte, y así automáticamente mantiene la longitud del arco apropiada.

Las fuentes de energía para soldadura de arco pueden ser: Tipo motor-generador de C.C. El motor puede ser eléctrico de c.a. o bien motor de gasolina o Diesel. El otro tipo está formado por un transformador y un rectificador.

El tercer tipo son las máquinas de C.A.

Los principales requisitos para las fuentes de energía para soldadura son: Que proporcionen grandes valores de corriente y que ésta no cambie si la tensión del circuito varia dentro de un rango considerable.

Las máquinas de C.C. se fabrican en capacidades hasta de 1000 Amps., con voltaje a circuito abierto de 40 a 95 Volts. Una máquina de 200 Amps., tiene una variación de corriente de trabajo de 40 a 250 Amps., según las normas (NEMA) (National Electric Manufacturers Association.)

Durante la operación de la soldadora, el voltaje del arco es de 18 a 40 V.

Cuando se emplea polaridad directa, el electrodo es la terminal negativa y en la polaridad inversa el electrodo es la terminal positiva.

Las máquinas de C.A. consisten principalmente en transformadores estáticos que son piezas simples de los equipos y que no tienen partes móviles. Su eficiencia es alta, sus pérdidas en vacío son insignificantes y su mantenimiento y costo inicial es económico. Las soldadoras de este tipo se construyen en 6 capacidades especificadas por NEMA y se clasifican como: de 150, 200, 300, 500, 750 y 1000 Amps.

Para soldadura manual que requiera 200 A. o más, se prefiere el equipo de c.a. El hecho de que haya menor proyección magnética del arco o "soplo del arco" con el equipo de c.a. que con el de c.c., es importante en la soldadura de placas gruesas o soldadura de filetes. La mayor parte de los metales no ferrosos y muchas de las aleaciones, no pueden soldarse con equipos de c.a. debido a que los electrodos no han sido aún desarrollados especialmente para este objeto.

La velocidad y facilidad de soldadura con equipos de c.a. y c.c. es comparativamente la misma; sin embargo, para placas gruesas donde se emplean varillas de diámetro grande los equipos de c.a. son más rápidos. Las máquinas c.c. tienen la ventaja de que pueden usarse con todos los tipos de electrodos de carbón o de metal puesto que la polaridad se puede cambiar para ajustarla al electrodo. Con la soldadura de c.a. la corriente está invirtiendo su dirección cada medio ciclo, por lo que deben seleccionarse electrodos que trabajen bien con ambas polaridades.

Las soldaduras de c.a. trabajan voltajes ligeramente mayores, lo que aumenta el peligro de descargas sobre el soldador. A pesar de estas limitaciones, existe una demanda creciente por este tipo de máquinas.

d). Soldadura de arco de tungsteno con gas. (TIG)

Este proceso también conocido como soldadura TIG. (gas Inerte tungsteno) fué desarrollado originalmente para soldaduras de magnesio y emplea un electrodo de tungsteno en un soporte especial, como se indica en la Fig. 13, a través del cual se provee un gas a baja presión para crear una atmósfera protectora.

En la mayoría de los casos se usan gases inertes como Argón o Helio y en las soldaduras de aceros se pueden substituir por CO₂.

Debido a que el electrodo de tungsteno no se consume, la longitud del arco permanece constante. Para iniciar y mantener el arco, generalmente se superpone una corriente de alta tensión y alta frecuencia sobre la corriente normal de trabajo, continúa o alterna.

En el proceso con electrodo no consumible, cualquier metal de aporte adicional necesario se provee por una varilla separada que sirve de relleno, como en las soldaduras por gas. Para muchas aplicaciones donde hay ajuste perfecto entre las partes a soldar no se requiere material de aporte.

Debido a que no se usa en el proceso ningún tipo de fundente, las soldaduras resultantes son muy limpias y con operadores especializados, las soldaduras son escasamente visibles.

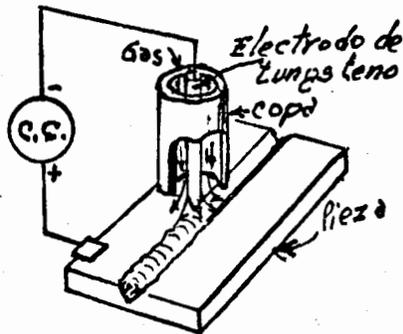


FIG. 13.- SOLDADURA DE ARCO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO Y GAS INERTE. (TIG.)

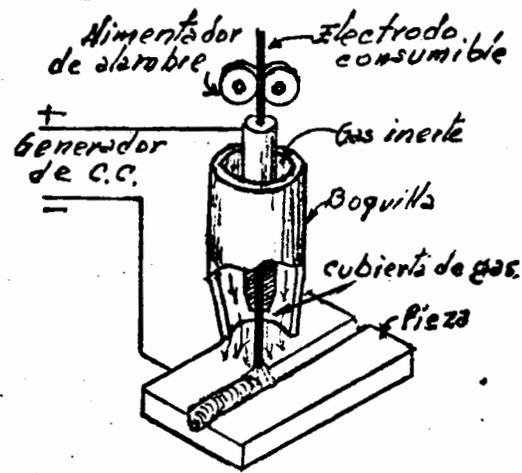


FIG. 14.- SOLDADURA DE ARCO CON ELECTRODO METALICO Y GAS INERTE. (MIG)

e) Soldadura de arco de metal con gas. (MIG)

En este proceso el electrodo es consumible y se conoce como soldadura MIG (Gas inerte metal) o soldadura de electrodo de metal consumible protegida con gas. Se emplean el CO_2 , Argón o Helio como gases protectores, una pistola de soldar y un mecanismo de alimentación para el electrodo. Fig. 14.

El electrodo se proporciona en forma de alambre arrollado lo cual elimina la necesidad del cambio de varilla, con lo cual se logra un incremento considerable en la velocidad de soldadura. Además no se forman rebabas que tengan que ser removidas después de la soldadura. El electrodo es generalmente de la misma composición de las piezas a soldar.

Con gases como el argón o helio se puede soldar casi cualquier metal. Debido al alto costo de los gases inertes, el proceso es más caro que el de soldadura de arco con electrodo revestido. Por lo tanto se usa fundamentalmente para soldar aluminio, magnesio o aleaciones de acero inoxidable, donde se requiere una atmósfera totalmente inerte y muy buenos acabados.

Para aceros comunes al carbón se usa CO_2 como gas protector.

f) Soldadura con hidrógeno atómico.

La soldadura con hidrógeno atómico se realiza con un soplete especial, como el indicado en la Fig. 15, en el cual se mantiene un arco de c.a. entre dos electrodos de tungsteno. El gas hidrógeno se alimenta a través de los soportes del electrodo y por lo tanto es disociado en el arco. Cuando el hidrógeno disociado se pone en contacto con la base de metal, se combina, dejando importantes cantidades de calor. La combinación del calor del arco con el calor de el hidrógeno, produce una temperatura mayor que la que se logra en fuentes de soldadura de arco comunes. El gas hidrógeno provee una atmósfera reductora alrededor de la soldadura, protegiéndola del oxígeno y el nitrógeno del aire.

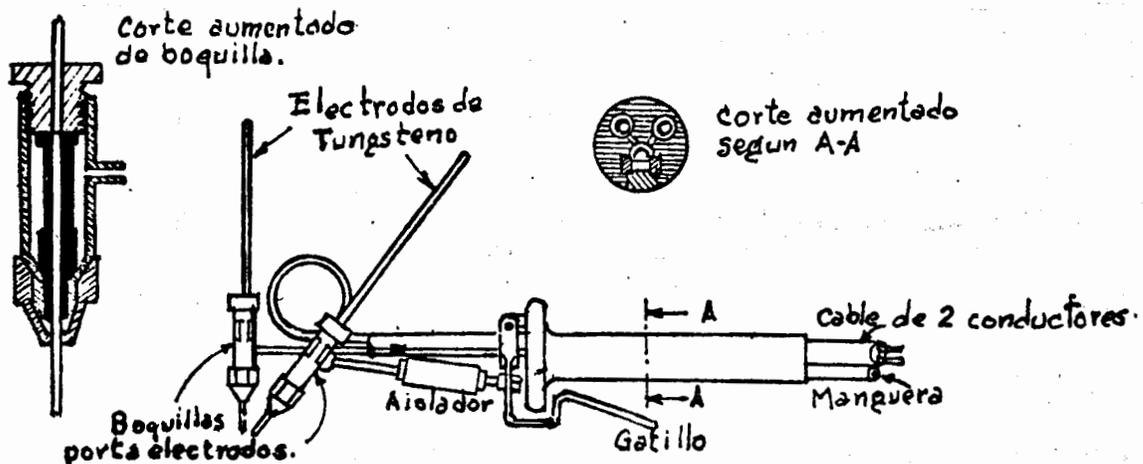


FIG. 15.- SOPLETE PARA SOLDADURA DE ARCO CON HIDROGENO ATOMICO.

Este tipo de soldadura es particularmente apropiado para soldaduras de calidad en aceros de alta aleación, donde interesa conservar la composición tanto de la soldadura como del metal base.

También se emplea para unir metales muy delgados debido a que el arco está contenido en el soplete y el calor de trabajo puede controlarse rápidamente. La soldadura con gas inerte ha venido desplazando a la de hidrógeno atómico en gran extensión.

g) Soldadura de arco sumergido.

La soldadura de arco sumergido recibe este nombre, en virtud de que el arco eléctrico es mantenido bajo un fundente granular. En la Fig. 16 se ilustra el proceso.

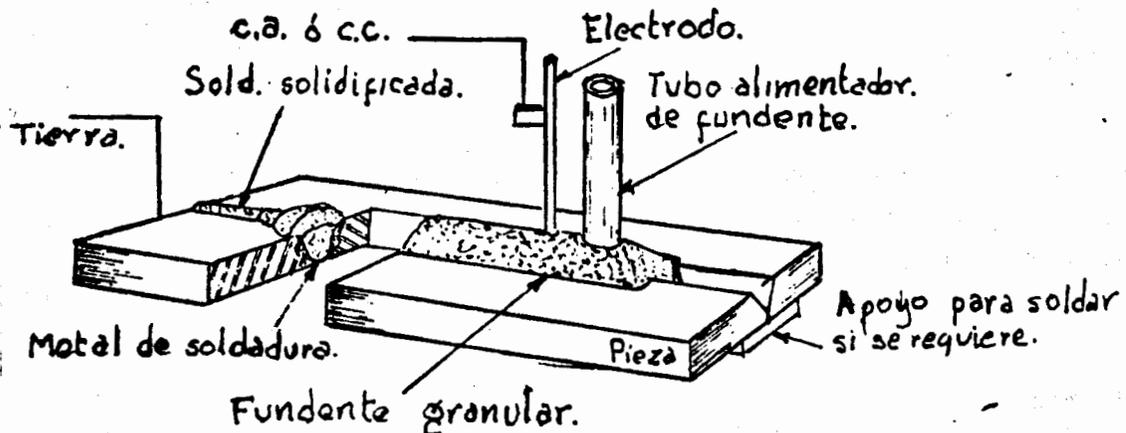


FIG. 16.- PROCESO PARA LA SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO.

Se puede usar como fuente de potencia c.a. o c.c. El fundente se coloca justo delante del electrodo, éste en forma de alambre arrollado y revestido con cobre para asegurar el contacto eléctrico. El arco está completamente sumergido en el fundente de manera que se proteja la soldadura, por lo que se obtienen soldaduras de alta calidad.

Estos equipos cuentan con un cabezal soldador que se desplaza a lo largo de la pieza o viceversa, automáticamente. Una porción del fundente se funde y solidifica en un revestimiento vidrioso que cubre la soldadura. El fundente solidificado se rompe desprendiéndose de la soldadura en el enfriamiento. El fundente sobrante, no fundido, se recupera con una aspiradora.

Con este sistema se logran grandes velocidades de soldado en placas gruesas. Son comunes velocidades de 30"/min en placas de acero de 1" de espesor o 12"/min en placas de 1 1/2". Como el metal se deposita en menos pasos que en la soldadura de arco manual, hay menos posibilidades de que quede incluida escoria o espacios vacíos, por lo que se logran uniones de alta calidad.

Si bien los cabezales de soldadura con un sólo electrodo son los más usados, se emplean actualmente en producción máquinas que utilizan tres electrodos, operando con corriente alterna trifásica.

El proceso de arco sumergido se usa ampliamente para grandes volúmenes de soldadura como en la construcción de barcos o en la manufactura de tubos de acero de grandes diámetros y en la construcción de tanques.

Otra modificación del proceso es el método de arco sumergido manual que consiste en un embudo o cañón que contiene el fundente, movido y sostenido, manualmente. El electrodo de alambre del cañón-embudo, ^{avanza} de modo que se mantenga la longitud adecuada del arco. Es muy útil para soldaduras cortas o no alineadas, cuando el tiempo requerido para organizar el equipo automático no se justifique por lo pequeño del trabajo.

h) Soldadura de flujo magnético.

Es una modificación reciente de la soldadura de arco sumergido que utiliza un fundente que se magnetiza por el campo magnético que rodea el electrodo de alambre originado por la corriente que fluye a través de él. El electrodo de alambre pasa a través de una tolva llena de fundente. El fundente magnetizado se adhiere al alambre y es transportado a la zona del arco y provee la protección necesaria.

El control de la cantidad de fundente abastecido a la zona de soldadura es más precisa que en la soldadura de arco sumergido, y no hay virtualmente fundente sin usar que tenga que recogerse al terminar la soldadura. La calidad de las soldaduras son equivalentes a las de arco sumergido.

i) Soldadura con cinta impregnada.

Es un sistema que se aplica en máquinas automáticas de soldadura, en el cual se emplea un electrodo desnudo alrededor del cual se arrolla la cinta impregnada con sustancias químicas que proveen gases protectores, fundentes, etc.

j) Soldadura con perno.

Es un proceso de soldadura de arco donde la coalescencia es producida estableciendo un arco entre el perno de metal y la pieza, hasta que se alcanza la temperatura necesaria y luego presionando el perno contra la pieza con una fuerza capaz de realizar la unión. El proceso se realiza generalmente sin protección, (aunque se puede usar), empleando una pistola especial y un equipo auxiliar que controla el arco, su duración y la aplicación de la presión.

Se usa corriente continua.

La base del perno se ahueca y el hueco se rellena con fundente de soldar, un casquillo de cerámica se coloca en el extremo del perno antes de que sea ubicado en la pistola de soldar. Este casquillo es una parte importante del proceso, debido a que concentra el calor del arco, protege el metal de la atmósfera y confina el metal fundido al área de fusión y lo moldea alrededor de la base del perno. Al terminarse la soldadura el casquillo se rompe para separarlo del perno. En la Fig. 17 se muestran algunos de los principales tipos de pernos, la preparación del perno, el casquillo protector y la forma en que queda soldado el perno.

En cada operación el operador coloca el perno y el casquillo en el mandril de la pistola, coloca la pistola en posición sobre la pieza y aprieta el gatillo, el resto del ciclo es automático empleando menos de un segundo. Este proceso tiene

gran aplicación en la colocación de anclas sin necesidad de hacer barrenos previos

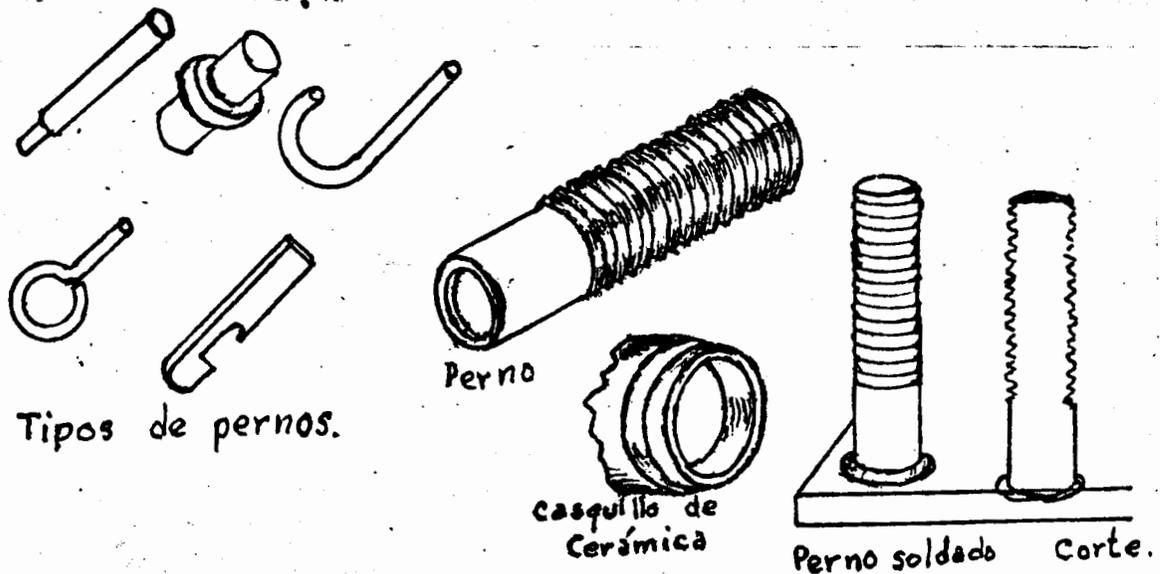


FIG. 17.- SOLDADO DE PERNOS MEDIANTE SOLDADURA DE ARCO.

K) Soldadura eléctrica de punto con arco de tungsteno y protección de gas.

Por este método se pueden establecer puntos soldados entre dos piezas metálicas sin tener acceso a ambos lados de la unión. La Fig. 18 muestra un esquema del proceso.

En este proceso se usa una pistola de arco de tungsteno modificada, con ventilación con gas inerte, y una tobera que presiona contra una de las piezas a unir.

El calor necesario se obtiene del arco entre el electrodo de tungsteno y la superficie de la pieza. Un gas inerte, generalmente helio o argón fluye a través de la tobera y provee una atmósfera protectora.

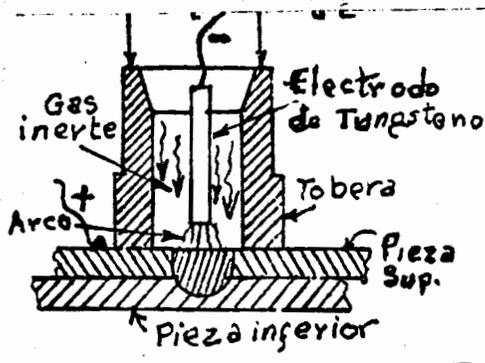


FIG. 18. ESQUEMA DE LA SOLDADURA DE PUNTO POR ARCO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO Y GAS INERTE

Uniones Soldadas.

Los tipos principales de uniones que se usan en la mayor parte de los procesos de soldadura representados en la Fig. 13-A son: a tope, de traslape, de orilla de esquina, de tapón o de espiga y en T. Algunos de estos tipos, tales como la soldadura a tope, pueden subdividirse, ya que varían en su forma según el espesor del material. Las uniones para soldadura por forja difieren en la forma de preparación y no se parecen a las mostradas en la Fig. 18-A. Las uniones a tope y de traslape son los tipos más usados en soldaduras por resistencia. Las soldaduras por gas y de arco eléctrico producen los mismos tipos de uniones.

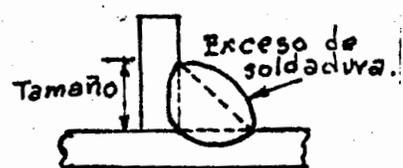
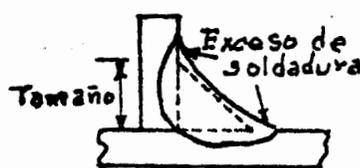
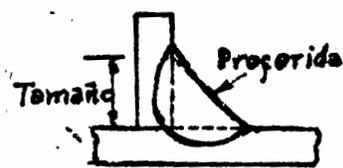
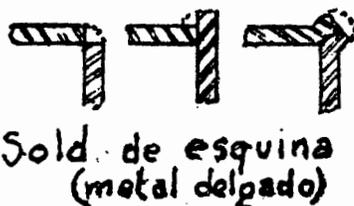
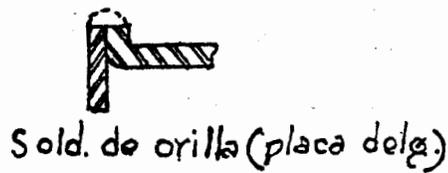
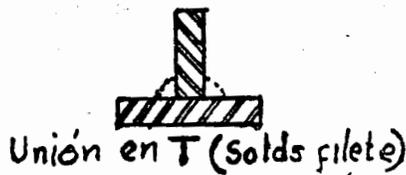
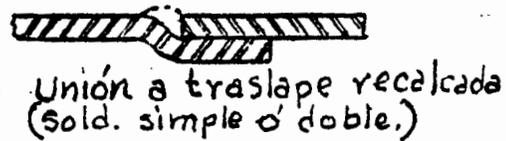
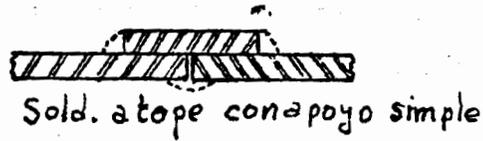
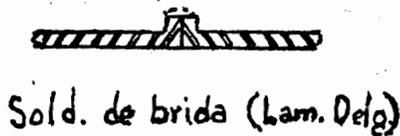
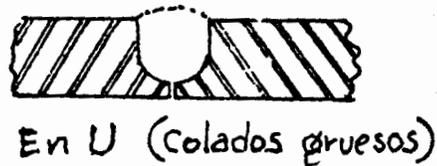
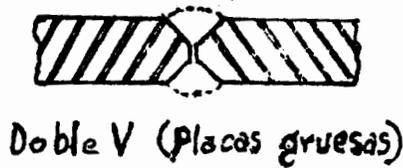
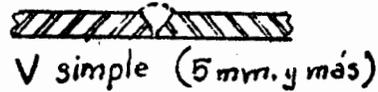


FIG. 18-A. DIFERENTES TIPO DE UNIONES SOLDADAS.

IV.- SOLDADURA POR RESISTENCIA.

En los procesos de soldadura por resistencia (o de corto circuito) la coalescencia es producida por el calor obtenido de la resistencia de la pieza y del contacto entre las piezas a unir, el paso de la corriente eléctrica y la aplicación de presión. Debido a que todas las formas de soldadura por resistencia utilizan presión, es posible obtener la coalescencia a temperaturas más bajas que las usadas en soldadura de arco o gas. En consecuencia, todos los procesos de soldadura por resistencia, con excepción de la soldadura por percusión, que puede hacerse por arco o por resistencia, no hay fusión del metal cuando se hace correctamente. Además, el uso de la presión produce una acción de forjado, mejorando la estructura del grano. En virtud de que la temperatura requerida puede obtenerse en una fracción de segundo, las soldaduras por resistencia pueden hacerse muy rápida y económicamente, por lo que tienen amplia aplicación en la producción masiva.

El calor para la soldadura por resistencia se obtiene por el paso de la corriente eléctrica a través de la pieza a soldar, en la mayoría de los trabajos se usa c.a., por lo tanto la pieza constituye una parte del circuito eléctrico según se muestra en la Fig. 19.

El calor generado en la soldadura puede ser expresado por la relación $H=RI^2T$ donde H es el calor generado, R la resistencia del circuito, I la intensidad de corriente y T el tiempo o duración de la corriente.

La resistencia total del circuito está formada de tres partes; a) la resistencia de las piezas de trabajo, b) la resistencia de contacto entre los electrodos y el trabajo y c) la resistencia entre las superficies de empalme de las piezas. Para que el máximo de temperatura se produzca en el punto de soldadura, es conveniente mantener a y b tan bajas como sea posible con respecto a c.

Para mantener baja la temperatura los electrodos son enfriados con agua. Cuando se soldan materiales de diferente espesor o conductividad, pueden llevarse simultáneamente a la temperatura de soldadura, usando un electrodo de mayor conductividad sobre el material más delgado y de mayor resistencia que el que se pone en contacto con el material más grueso, de menor resistencia. La Fig. 19-A muestra la distribución de temperaturas.

El control de la presión en este proceso es muy importante, debido a que afecta la resistencia de contacto, permite soldar a temperaturas más bajas y produce la acción de forjado.

Si la presión es muy baja, se aumenta la resistencia de contacto y provoca la quemadura de las superficies y la picadura de los electrodos. Si fuera muy alta, se ocasiona que el metal fundido salte de las superficies de unión o que la pieza se marque con los electrodos. La práctica recomendada es aplicar presión moderada antes y durante el paso de corriente para asegurar una buena resistencia de contacto y luego aumentar considerablemente la presión para completar la coalescencia y forjar la soldadura.

En las máquinas pequeñas de pedal el control de presión se hace mediante resortes, en tanto que en las grandes máquinas de producción se usan sistemas de presión dual accionados por cilindros neumáticos o hidráulicos regulados automáticamente.

En la soldadura por resistencia se cuida de mantener la presión y las condiciones de la superficie uniformes para regular la temperatura de soldadura, controlando la magnitud y duración de la corriente de soldadura. Debido a que el control de corriente es muy importante ya que se manejan grandes valores de corriente, un control adecuado requiere de equipos bastante complejos.

a) Soldadura por puntos.

La soldadura por puntos es el tipo más simple y más usado de las soldaduras por resistencia. Se usan electrodos de cobre con puntas de área reducida, lo que resulta en soldaduras generalmente redondas con diámetros que van de 1/16" a 1/2".

La Fig. 20 muestra una disposición típica entre los electrodos enfriados por agua y la pieza para soldadura por puntos.

El ciclo de soldadura se inicia cuando los electrodos ejerciendo presión, se ponen en contacto con el metal antes de aplicar la corriente y por un periodo conocido como tiempo de presión. Ahora se hace circular una corriente a través de los electrodos con lo que el metal en contacto con ellos eleva rápidamente su temperatura, los electrodos presionan a las láminas y juntas se completa la soldadura, este período es de 3 a 30 ciclos y se conoce como tiempo de soldadura. En seguida y con la presión aún aplicada, se desconecta la corriente por un período que se llama tiempo de sujeción durante el cual el metal recupera su resistencia mecánica al enfriarse. Finalmente se quita la presión y la pieza se retira de la máquina o se mueve para soldar otro punto; este es el tiempo de salida. Todos los tiempos se miden en función de ciclos de corriente y generalmente varían de 3 a 60 (1 ciclo = $\frac{1}{60}$ seg.).

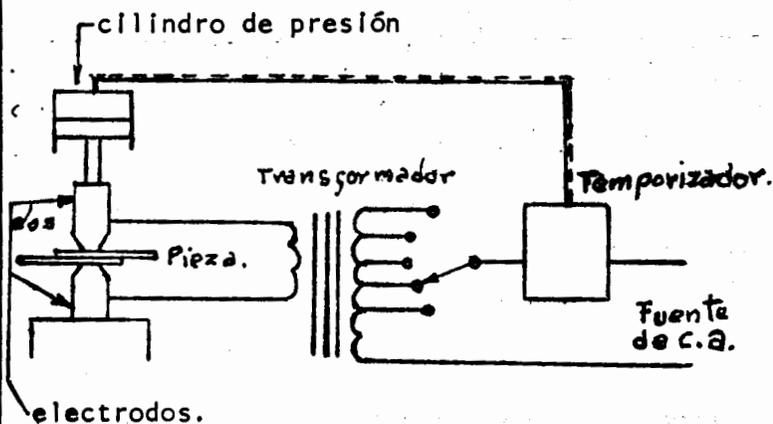


FIG. 19.- CIRCUITO BASICO DE LA SOLDADURA POR RESISTENCIA.

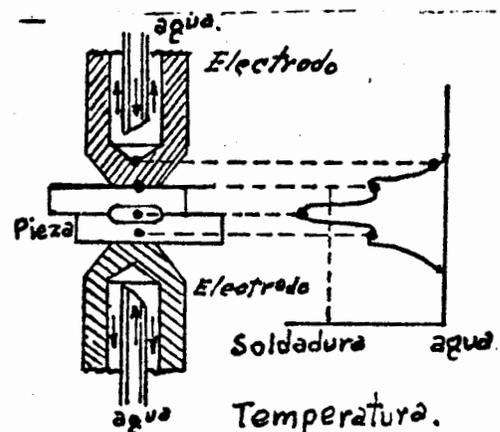


FIG. 19-A DISTRIBUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS DURANTE EL SOLDADO.

Las máquinas de soldadura por puntos se fabrican en 3 tipos generales: máquinas de brazo oscilante, de presión y portátiles.

En la Fig. 21 se muestran esquemas de los tres tipos.

En el tipo de brazo oscilante ilustrado en la Fig. 21-A, el electrodo inferior es estático, siendo el superior el móvil. El movimiento del brazo oscilante se realiza alrededor de un pivote y puede ser controlado por un pedal con resorte por un cilindro neumático o por un motor eléctrico.

Las máquinas operadas por pedal se emplean para trabajos de pequeño volumen o livianos, mientras que las máquinas con cilindro neumático se usan para producción en serie.

Se dispone de máquinas de brazo oscilante con alturas de garganta de 12" a 68" y potencia de transformador de 10 - 50 KVA.

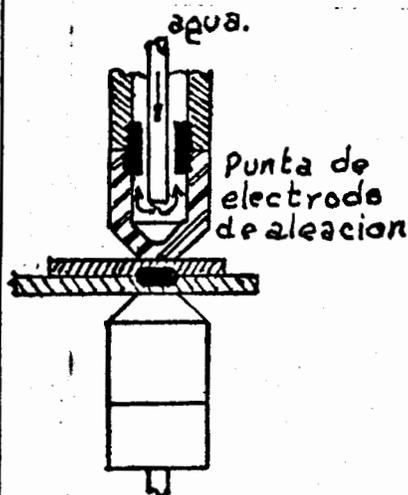


FIG. 20.-DISPOSICION DE LOS ELECTRODOS Y DE LAS PIEZAS EN LA SOLDADURA POR PUNTOS.

FIGURA 21.

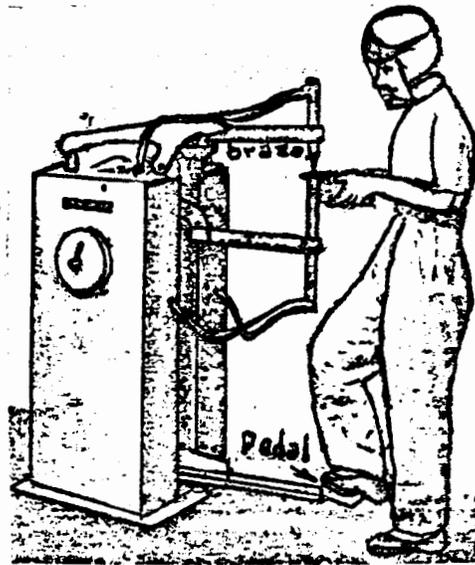


FIG. 21-A. SOLDADORA DE BRAZO OSCILANTE.

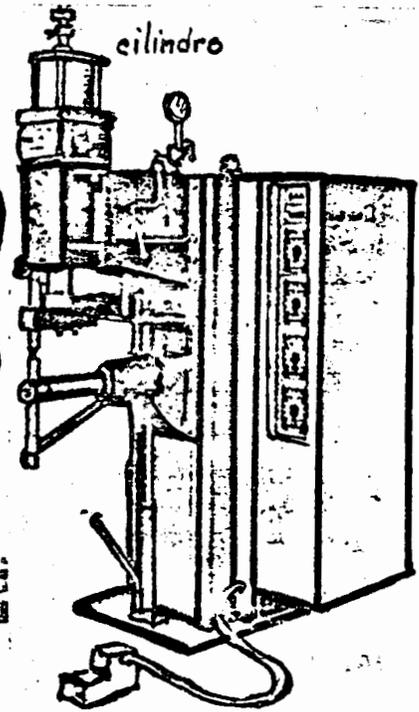


FIG. 21-B. SOLDADORA DE PRESION

En las soldadoras por puntos de tipo de presión, el movimiento del electrodo superior es comandado mediante un cilindro neumático o hidráulico, el esquema de la Fig. 21-B corresponde a este tipo de máquinas, las cuales se emplean para trabajos pesados o de alta producción.

Las máquinas del tipo de presión se fabrican en una gran variedad de tamaños, con capacidades hasta de 500 KVA, siendo común una altura de garganta de 60". Existen soldadoras de punto tipo prensas especiales que realizan varias soldaduras en una sola operación. En las plantas automotrices que emplean este tipo de soldadura con gran intensidad, se tienen dispositivos de sujeción acoplados a equipos de soldadura por puntos, capaces de realizar hasta 200 puntos de soldadura en Aprox. 6 segundos.

Las máquinas portátiles tienen su aplicación cuando las piezas a soldar son demasiado grandes para ser llevadas a las máquinas estacionarias. Las máquinas portátiles reciben el nombre genérico de pistolas y se construyen en una amplia variedad de diseños según la ubicación de las soldaduras. La Fig. 21-C muestra algunos esquemas de ellas.

Las pistolas se conectan a la fuente de alimentación y a la unidad de control mediante cables eléctricos flexibles y mangueras de agua para enfriamiento. Este tipo de equipos es ampliamente usado en la producción en masa de autos, vagones ferroviarios, aviones, etc., donde se unen láminas o placas relativamente delgadas, velocidades de producción de hasta 300 soldaduras por minuto son comunes con estos equipos.

El límite práctico del espesor que puede ser soldado por puntos por el proceso común es de Aprox. 1/8" si cada pieza tiene el mismo espesor. Piezas delgadas pueden ser soldadas a placas con espesores mayores de 1/8". Se han logrado soldar placas de acero de 1/2" de espesor satisfactoriamente, substituyéndose así a las juntas remachadas.

El número de materiales y combinaciones que pueden ser soldadas por puntos es muy grande, casi todos los metales dúctiles y aleaciones pueden ser soldados por puntos, la tabla VI-1 muestra los materiales que pueden ser soldados por puntos.

b) Soldadura de costura.

La soldadura de costura consiste en una serie de soldaduras de punto -- sobre puestas, que de este modo forman una soldadura continua. La Fig. 22 presen ta el esquema del proceso.

Los electrodos para la soldadura de costura son generalmente dos discos que giran. Cuando el material pasa entre los electrodos se conecta y desconecta la corriente de soldadura, de modo que forme soldaduras elípticas individuales - que se sobreponen

La duración de las soldaduras y el movimiento de la pieza deben ajustar se de manera que las piezas no se calienten demasiado. Con frecuencia se usa enfriamiento exterior para evitar recalentamientos.

Pueden usarse formas especiales de electrodos recortados como los que - se muestran en la Fig. 22-A, para poder hacer soldaduras de costura en una gran variedad de productos.

La soldadura de costura se usa fundamentalmente para la producción de - tanques herméticos para líquidos o recipientes de presión tales como tanques de gasolina, silenciadores de automóvil, etc.

En la Fig. 23 se muestran algunas variantes de la soldadura de costura.

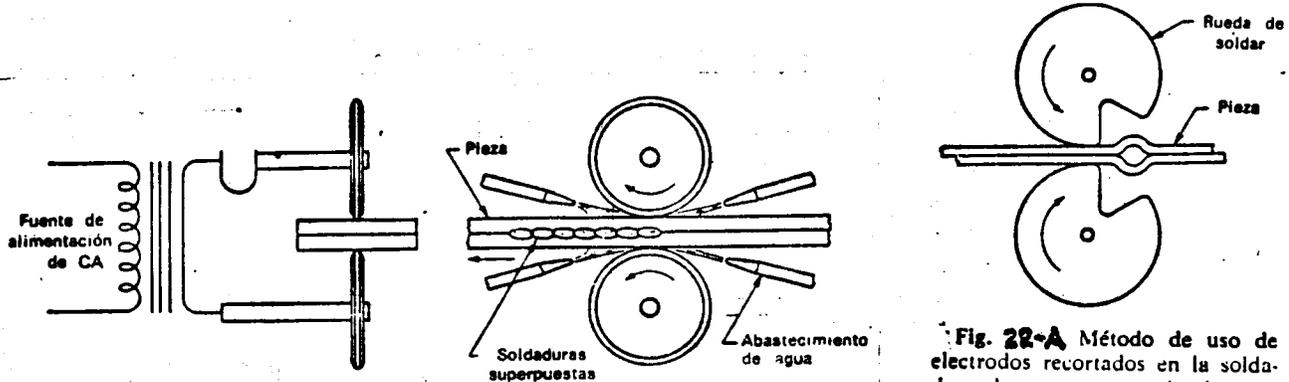


Fig. 22-A Método de uso de electrodos recortados en la soldadura de costura para dar lugar a seccionar irregularidades de la pieza.

FIG. 22.- REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LA SOLDADURA DE COSTURA.

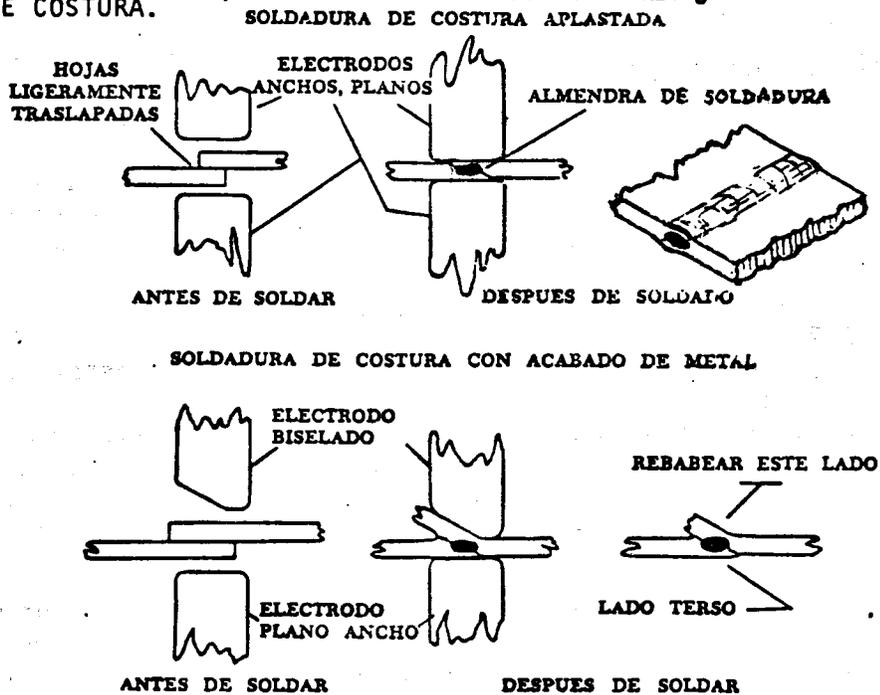


FIG. 23.- TIPOS DE SOLDAURA DE COSTURA.

c) Soldadura de proyección o de salientes.

La soldadura de proyección o de salientes es similar a la soldadura por puntos, el esquema del proceso se ilustra en la Fig. 24. Las soldaduras de proyección se producen en puntos localizados en las piezas de trabajo, mantenidas bajo presión entre electrodos adecuados. Las láminas metálicas que se van a soldar pasan primero por una prensa punzonadora que efectúa pequeños resaltes o botones en el metal, cuyos diámetros en la cara son iguales al espesor de la lámina y que se elevan sobre la superficie alrededor del 60% del espesor de la lámina. Tales resaltes o surcos se hacen en las zonas donde se desea soldar.

Este proceso se usa también para soldar alambres cruzados y para partes en que los surcos se producen por mecanizado. Una de las ventajas de esta forma de soldadura es que se efectúan simultáneamente un gran número de soldaduras.

El límite para el número de soldaduras, es la capacidad que tenga la prensa para distribuir uniformemente la corriente y la presión sobre las piezas.

Los resultados son generalmente uniformes y la apariencia de la soldadura es mejor que la de la soldadura por puntos. La vida de los electrodos es larga, puesto que solo se usan superficies planas y se requiere poco mantenimiento.

La secuencia de las operaciones es idéntica a la de la soldadura por puntos, la corriente es ligeramente menor pero debido a que se hacen soldaduras múltiples, debe disponerse de mayor capacidad de corriente y de presión. Sólo se recomiendan máquinas del tipo de prensa para este proceso. Es posible soldar todos los metales por este método tan fácilmente como por otros procesos de soldadura por resistencia.

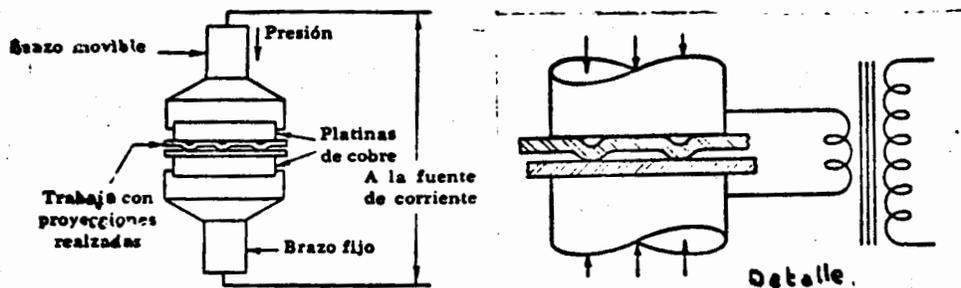


FIG. 24.- SOLDADURA POR PROYECCION.

d) Soldadura por chispas.

La soldadura por chispas es un proceso de soldadura por resistencia donde la coalescencia se produce simultáneamente sobre el área total de las superficies adyacentes, por el calor obtenido de la resistencia al flujo de la corriente eléctrica entre las dos superficies y se completa substancialmente por la aplicación de presión después del calentamiento. La secuencia del proceso requiere de 6 pasos básicos:

- 1.- Sujetar la pieza a la máquina
- 2.- Aplicar la tensión de soldadura.
- 3.- Poner las partes en contacto suave para establecer un flujo de corriente y producir el chisporroteo.
- 4.- Recalcar por la aplicación de alta presión cuando el chisporroteo ha logrado que las partes alcancen la temperatura de plasticidad.
- 5.- Desconectar la corriente de soldadura.
- 6.- Sacar la pieza.

En la Fig. 25 se muestra el esquema del proceso.

El soldar piezas grandes por este método puede ser más complejo que el descrito en los 6 pasos, teniéndose que agregar pasos de precalentamiento y postcalentamiento, sin embargo, pueden obtenerse buenas soldaduras y un alto ritmo de producción.

Este tipo de soldadura se usa fundamentalmente en la producción en serie de piezas tubulares, ventanas metálicas y tubería.

Si bien, es necesario eliminar las rebabas resultantes, no se requiere ninguna preparación previa.

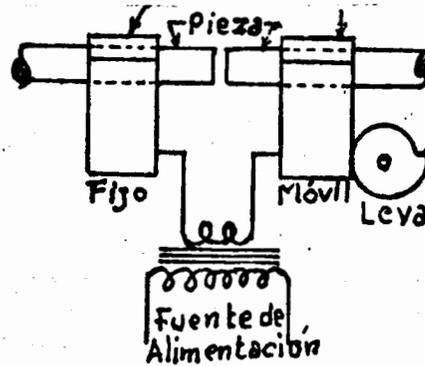


FIG. 25.- PRINCIPIO DE LA SOLDADURA POR CHISPAS.

e) Soldadura por recalcado.

Es uno de los procesos de soldadura por resistencia más antiguos, difiere de la soldadura por chispas en que la presión se aplica continuamente después de que se aplica la corriente de soldadura, y por lo tanto el calentamiento proviene sólo del efecto de resistencia y no se producen chispas. Como resultado hay un menor recalcado del metal, la soldadura se produce a menor temperatura y las superficies adyacentes del metal deben estar limpias y adecuadamente preparadas para obtener un calentamiento uniforme y lograr así soldaduras fuertes.

La soldadura por recalcado se usa principalmente en la fabricación de ductos y tubos, empleando el dispositivo ilustrado en la Fig. 26.

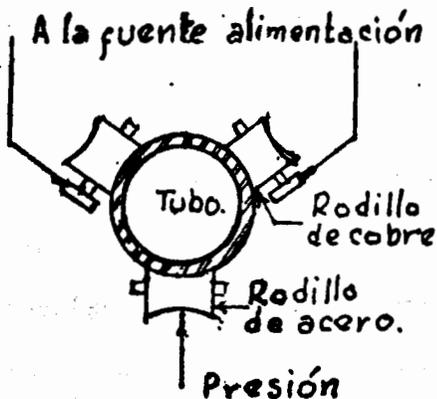


FIG. 26.- SOLDADO DE TUBOS POR RECALCADO.

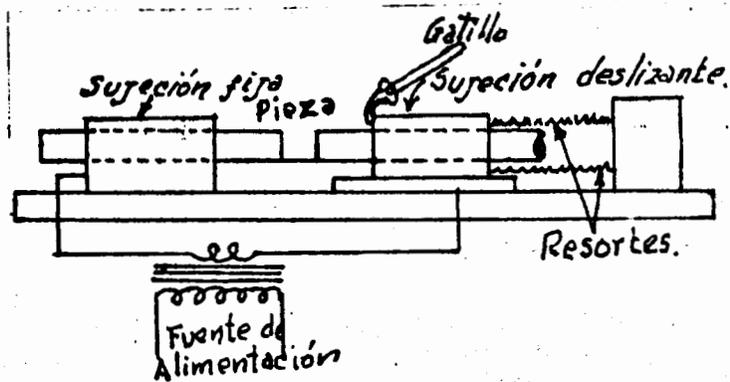


FIG. 27.- ESQUEMA DEL PROCESO DE SOLDADURA POR PERCUSIÓN.

f) Soldadura por percusión.

El principio de la soldadura por percusión se ilustra en la Fig. 27. Las partes a soldar se sujetan en la máquina y se mantienen separadas, contra pesados resortes de compresión por un mecanismo de gatillo. Un potencial de alta tensión se aplica sobre las piezas por medio de un capacitor. Cuando se acciona el gatillo, las partes chocan rápidamente con gran fuerza.

Al disminuir la distancia entre las piezas a $1/32''$ o $1/2''$ se produce la descarga del capacitor estableciéndose un arco eléctrico. Debido a que las partes chocan rápidamente, el arco que se establece se extingue, disipando de 200 a 300 Kw. en menos de 0.001 segs.

El arco es suficiente para calentar las superficies de las piezas a ---

la temperatura de soldadura, y la fuerza de percusión ejercida sobre las piezas completa la unión. Dado que la duración del arco es tan corta, la fusión queda confinada a las superficies que se sueldan, penetrando en la pieza sólo algunas milésimas de pulgada.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS SOLDADURAS POR RESISTENCIA.

Los distintos procesos de soldadura por resistencia presentan una cantidad de ventajas distintivas que los hacen particularmente adecuados para la producción en masa.

- 1.- La soldadura es muy rápida.
- 2.- El equipo es semi-automático.
- 3.- Es económico en los materiales ya que no requiere material de aporte.
- 4.- No se requieren operadores especializados.
- 5.- Metales diferentes pueden unirse fácilmente.
- 6.- Se logran soldaduras confiables y reproducibles.

Las desventajas principales son:

- 1.- Alto costo inicial del equipo.
- 2.- Limitaciones en cuanto al tipo de uniones que pueden hacerse.
- 3.- Generalmente se requiere personal especializado para el mantenimiento del equipo de control.
- 4.- Para algunos materiales se requiere una especial preparación previa.

Estas limitaciones se reducen cuando se trata de grandes volúmenes de producción.

UNIONES REMACHADAS.

Las uniones o juntas remachadas son uniones permanentes realizadas mediante remaches o roblones que se emplean en construcciones de acero, en la fabricación de vehículos de transporte, ascensores y grúas donde se requieren uniones fuertes. También se emplean en la fabricación de recipientes para gases y líquidos que requieren uniones estancas. En la fabricación de calderas de vapor y recipientes a presión donde la resistencia y estanqueidad son indispensables.

Es importante hacer notar, que dado el acelerado desarrollo de los procesos de soldadura, están siendo desplazadas las juntas remachadas por uniones soldadas, básicamente por la economía de materiales y la velocidad de producción.

- El remache una vez remachado consta de la cabeza de asiento (cabeza del remache), el vástago y la cabeza de cierre, Fig. 1.

La cabeza de cierre se obtiene mediante recalco en frío o en caliente, de la parte que sobresale del vástago, Fig. 1-A

Tanto las formas como las medidas de los remaches están normalizadas. Se distinguen como formas fundamentales los remaches de cabeza redonda y los avellanados, con diámetros de 1 a 9 mm. para piezas pequeñas y de 10 a 36 mm. para construcciones de acero. Además hay remaches especiales para la construcción de calderas y construcciones navales.

El vástago del remache es ligeramente cónico con el objeto de que pueda introducirse fácilmente en el agujero. La medida nominal se localiza cerca de la cabeza de asiento.

La forma de la cabeza se elige de acuerdo con la aplicación de la junta remachada. La cabeza de cierre se hace por recalco del exceso del vástago Fig. 1, y su forma se elegirá de acuerdo a la aplicación de la junta Fig. 1-A.

Fundamentalmente el remache y la pieza tienen que ser, dentro de lo posible del mismo material para evitar la corrosión de contacto.

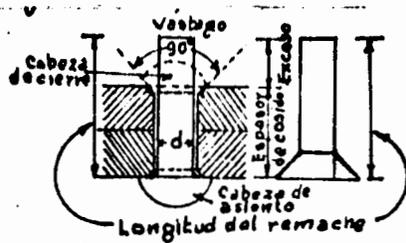


FIG. 1.-NOMECLATURA DEL REMACHE.

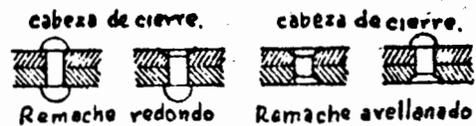


FIG. 1-A.- CABEZAS DE CIERRE.

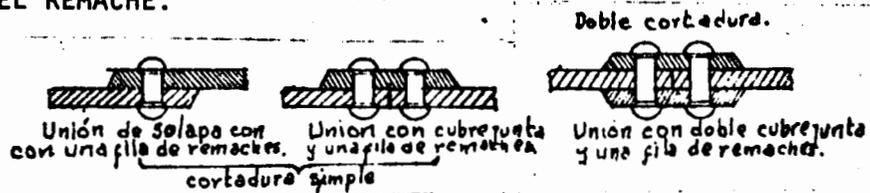


FIG. 1-B.- UNIONES REMACHADAS.

La Fig. 1-B, muestra los principales tipos de juntas remachadas en las cuales el remache, básicamente está sometido a fuerzas de corte, las uniones de doble cortadura soportan el doble de carga que las de simple cortadura. La separación entre remache y remache o entre el remache y el borde de la placa, recibe el nombre de Gramil y debe ser cuando menos igual al espesor de la placa.

El remachado puede realizarse a mano o con máquina, empleándose martillos neumáticos, máquinas eléctricas o prensas.

Remaches Especiales.

Los remaches especiales se fabrican de materiales altamente plásticos y sus formas obedecen a un sin número de aplicaciones específicas. La Fig. 2 representa algunos de los tipos más empleados.

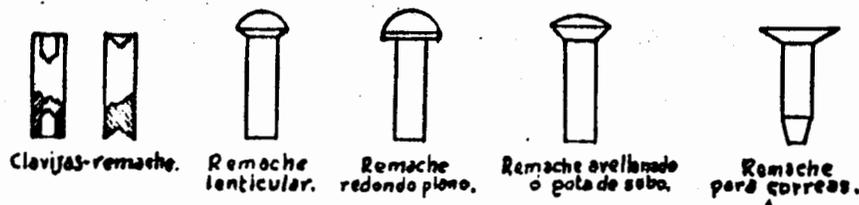


FIG. 2.- REMACHES PARA FINES ESPECIALES.

Las clavijas-remache son piezas cilíndricas de acero cuyas superficies frontales están provistas de un ahondamiento cónico o un corto taladro ($d = 0.6$ a 0.8 X diám. clavija). Como las superficies frontales sólo se deforman ligeramente para que no salgan del agujero, sólo aceptan cargas a esfuerzo cortante.

Los remaches lenticulares (abombados), tienen la cabeza especialmente baja pero muy ancha, se usan en trabajos en lámina delgada para construcciones ligeras, se fabrican en diámetros de 1 a 8 mm.

Los remaches para correas, se hacen de cobre o aluminio, a causa de la elasticidad del cuero, tienen una gran cabeza avellanada con $D = 2.8 d$, poca altura de cabeza y ángulo de avellanado de 140° .

Para la unión de láminas delgadas o de placas de material plástico, así como para sitios remachados en que sólo se puede trabajar por un lado, se han ----

desarrollado formas especiales de remaches como los mostrados en la Fig. 3

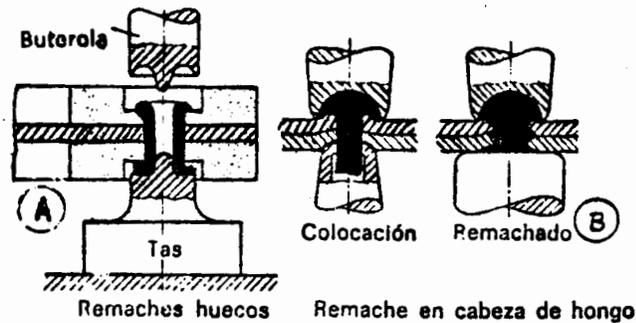


FIG. 3.- FORMAS ESPECIALES DE REMACHES.

Remaches Huecos.

Son vainas cilíndricas que se obtienen por estirado o por arrollamiento de lámina de embutición profunda. Tienen un extremo liso y el otro se rebordea al remacharlo con un útil adecuado, Fig. 3-A.

Los remaches con cabeza tipo de hongo, Fig. 3-B se emplean para láminas delgadas que no pueden avellanarse mediante arranque de viruta.

El remachado ciego se emplea cuando el sitio del remache solo es accesible por un lado, como en el caso de tubos o piezas huecas cerradas. La Fig. 4, muestra las distintas clases de remaches destinados a esta aplicación. Están conformados generalmente a modo de remaches para ser mandrilados, constan del auténtico remache y del mandril (clavo del remache.), cuya cabeza es cónica, esférica o lisa. Con una pinza especial se tira del mandril o clavo del remache cuya cabeza ensancha a modo de cabeza de cierre, el extremo del remache que sobresale por de bajo. Una acanaladura del mandril hace de "punto obligado de rotura".

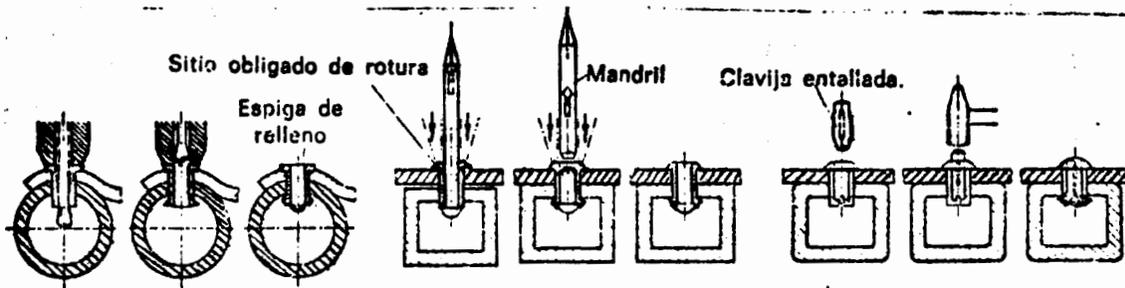


FIG. 4.- REMACHADO CIEGO.

UNIONES MEDIANTE ADHESIVOS.

Este tipo de uniones conocidas genéricamente como uniones pegadas, se pueden realizar casi en todas las piezas metálicas y no metálicas. Los principales pegamentos empleados se fabrican a partir de materiales sintéticos endurecibles y son: resina fenólica, resina epóxica, resina poliéster, el poliéster-epóxido-resina y la resina de poliuretano. Las principales clases de pegamento son a base de resinas epóxicas y poliuretanos; con ellas se obtienen las uniones más resistentes. Para disminuir la fragilidad se agregan a las resinas sintéticas, materiales termoplásticos.

El endurecimiento se realiza mediante calentamiento, mediante mezcla con un endurecedor o catalizador, o también mediante mezcla con un acelerador y además aportación de calor.

El proceso comprende: Desengrasado de las superficies a pegar, preparación del pegamento (en algunos casos mezcla), aplicación del pegamento (por capas), -acoplamiento de las piezas y endurecimiento del pegamento.

Las capas de grasa, aceite, suciedad y óxido, disminuyen la adherencia del pegamento sobre la superficie metálica, por lo que deben ser previamente eliminados. Los pegamentos a base de resinas fenólicas son más sensibles a la grasa y aceite que los de resinas epóxicas

A veces se da aspereza a las superficies por pegar mediante arenado, sin embargo, en los pegamentos de gran resistencia es suficiente con la aspereza obtenida por el decapado realizado para eliminar las capas de óxido.

En superficies lisas se adhieren muy bien las resinas epóxicas, las de poliéster sólo moderadamente y las fenólicas no se adhieren en absoluto.

En los pegamentos en caliente, las piezas a unir se calienta a unos 140°C ., se esparce sobre la superficie el pegamento pulverizado y empieza a fundirse, a continuación se coloca una pieza sobre la otra y se eleva la temperatura hasta unos 200°C .; manteniéndose la temperatura se puede disminuir el tiempo de endurecimiento de la resina de unas 10 horas a solo 30 minutos.

Los pegamentos en frío son predominantemente líquidos o pastosos. Inmediatamente antes del uso se mezclan con el endurecedor generalmente líquido.

El proceso de endurecimiento se inicia inmediatamente; por esta razón la mezcla aplicada tiene que ser trabajada a temperatura ambiente, dentro del intervalo de una hora. El endurecimiento completo de la resina-pegamento dura algunas horas, sin embargo, algunos de los pegamentos en frío alcanzan al cabo de 1 o 2 horas el 75% de su resistencia final. Los pegamentos rápidos tienen sólo de 20 a 30 minutos para ser preparados, pues pasado este tiempo endurecen.

Para que la unión pegada resulte buena, la superficie de pegamento no deberá ser demasiado pequeña y la capa no deberá ser muy gruesa. Las uniones mediante pegamento son resistentes al aceite, bencina y agua, además resisten la acción de los ácidos y bases diluídas, son estables a temperaturas entre -25°C y 100°C .

La resistencia de la unión no depende sólo de la magnitud de la superficie pegada, de la preparación de las superficies y del espesor de la capa, sino también del modo de ser solicitada la unión. La mayor resistencia se tiene cuando la unión trabaja al esfuerzo cortante, Fig. 5.

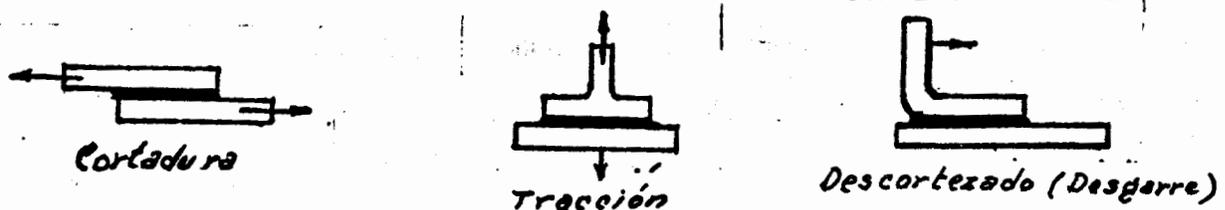


FIG. 5.- CLASES DE SOLICITACION DE LA CAPA DE PEGAMENTO.

La capa de pegamento actúa normalmente como aislante eléctrico. Existen pegamentos con acción aislante disminuida que contienen polvos metálicos hasta en un 80%, conocidos como metal líquido o acero plástico.

UNIONES PRENSADAS O FORZADAS.

Este tipo de uniones se realizan aprovechando las propiedades de contracción o dilatación de los metales al disminuir o elevar su temperatura. Dado que generalmente se realizan con la idea de no desmontarlas nunca, es la razón por la cual se consideran dentro del grupo de uniones permanentes.

En este tipo de uniones existe siempre antes del acoplamiento de las piezas una sobre medida. De la magnitud de esa sobre medida depende la fuerza adherente

En este tipo de uniones se distinguen dos formas de ajuste, el ajuste prensado longitudinal y el ajuste prensado transversal. En la Fig. 6 se presentan ambos casos.

El ajuste prensado longitudinal (Fig. 6-A) se forma en piezas redondas mediante la compresión en frío entre árbol y taladro en dirección axial, es decir a lo largo de las generatrices rectilíneas.

El ajuste prensado transversal se tiene cuando se introduce el árbol en el agujero sin ejercer esfuerzo. La fuerza de adherencia se obtiene en este caso ya sea por encogimiento de la pieza exterior calentada antes de proceder al acoplamiento (ajuste por contracción), o bien por la dilatación de la pieza interior en friada previamente a su introducción en el agujero (ajuste por dilatación) Fig. 6-B. En el caso de gran sobre medida, puede calentarse la pieza exterior y enfriar la interior.

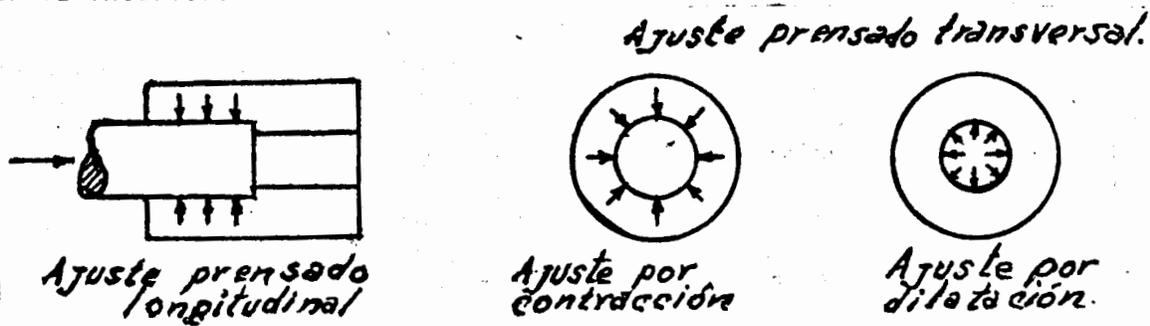


FIG. 6.- UNIONES PRENSADAS O FORZADAS

UNIONES MEDIANTE TORNILLOS

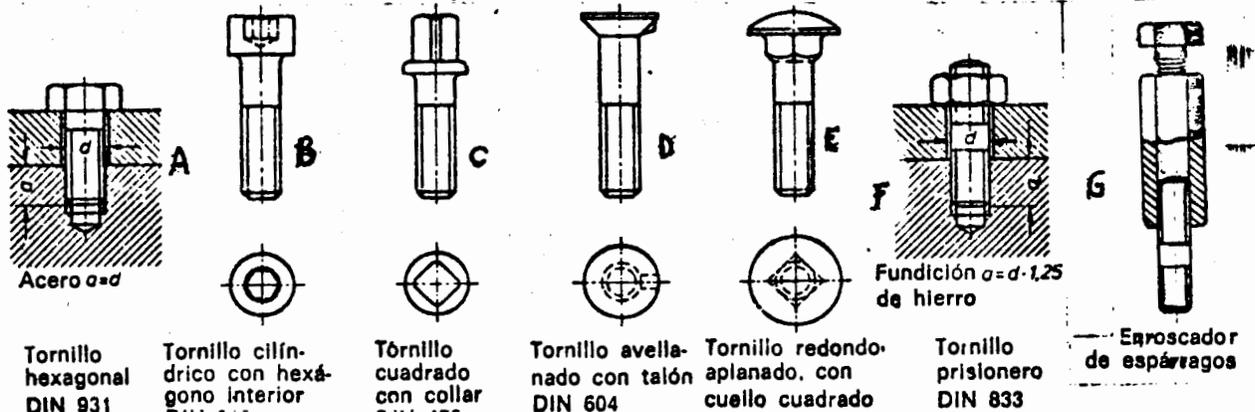
El atornillado es el procedimiento más empleado en la construcción de máquinas para obtener uniones que puedan soltarse o desmontarse. Para esto pueden estar dotadas las piezas de sendos agujeros pasantes y unirse mediante tornillos y tuercas, o puede también una de las partes a unir llevar rosca interior en la cual se enrosca el tornillo.

Clases de tornillos.-Existe una enorme variedad de tornillos atendiendo a su aplicación específica, resistencia, tipo de rosca, etc., que se irán detallando durante el desarrollo del presente tema.

En cuanto a la forma de fabricación de los tornillos se distinguen básicamente dos métodos: Tornillos maquinados y tornillos forjados.

Los primeros se fabrican en tornos automáticos o máquinas especiales a partir de barras redondas o hexagonales y los segundos por forja en frío o en caliente dependiendo de su tamaño. En el capítulo V Figs. 4, 9, 10, 11 y 13 de las páginas 103, 106 y 107 se presentan los pasos necesarios para la fabricación y rosca de tuercas y tornillos.

FIG. 7.- CLASES DE TORNILLOS.



- Tornillo hexagonal
DIN 931
- Tornillo cilíndrico con hexágono interior
- Tornillo cuadrado con collar
- Tornillo avellanado con talón
DIN 604
- Tornillo redondo aplanado, con cuello cuadrado
- Tornillo prisionero
DIN 833
- Espárrago de espárragos

La Fig. 7 presenta los principales tipos de tornillos y a continuación se dará una somera descripción de cada tipo y algunas de sus aplicaciones.

Tornillos hexagonales.- Se emplean con tuerca en el caso de agujeros pasantes, o sin tuerca cuando la rosca hembra está tallada en una de las piezas que se trata de unir. (Fig. 7-A.).

Los tornillos cilíndricos con hexágono interior (Tornillos Allen), son apropiados para uniones en que la cabeza debe ir embutida o que por su colocación no puede usarse llave de boca (española o estriada). Fig. 7-B.

En los tornillos de cabeza cuadrada es más difícil que salte la llave que en los hexagonales. Los tornillos cuadrados largos y contuerca se les llama tornillos para andamiajes (Fig. 7-C).

Los tornillos avellanados con nervio prisionero, también conocidos como tornillos para arado, tienen la ventaja de que el nervio evita que se dé vuelta el tornillo al apretarlo. (Fig. 7-D)

Los tornillos redondos planos (Fig. 7-E) conocidos como tornillos para cerrajería, se emplean como tornillos pasantes para madera, el cuadro que llevan bajo la cabeza evita que al apretar la tuerca gire también el tornillo.

Los espárragos o prisioneros, (Fig. 7-F) se emplean en lugar de los tornillos con cabeza, cuando las uniones han de soltarse frecuentemente, con lo que queda la rosca protegida en la pieza, ya que en el extremo que se enrosca queda la rosca hembra. La longitud de la parte que se atornilla depende del material de la pieza en que se atornilla. Para el acero es igual al diámetro del tornillo, para fundiciones de hierro es de $1.25 d$ y para metales ligeros es igual al doble del diámetro.

El enroscamiento se realiza con un instrumento adecuado (Fig. 7-G) o bien por medio de dos tuercas apretadas fuertemente una contra la otra. Cuando se atornillan espárragos grandes bien ajustados (motores de combustión interna), hay que prever que pueda salir el aire del agujero de la rosca, para lo cual se dispone en la rosca una pequeña estría longitudinal.

Tornillos ajustados. - Se emplean cuando el vástago del tornillo debe ajustar exactamente en el agujero para evitar el corrimiento de las piezas a unir, este tipo de unión absorbe grandes esfuerzos cortantes. (Fig. 8). El vástago es algo más grueso que el diámetro exterior de la rosca, se confecciona según el campo de tolerancia K6. Los agujeros de las piezas a unir son escariados según el campo de tolerancia H7.

Los tornillos extensibles o de dilatación. (Fig. 8-A), se emplean para sujetar las bases de las bielas o las uniones de bridas de alta presión, sujetas a grandes oscilaciones de temperatura.

Si se usan tornillos normales fallarán al cabo de algún tiempo por fatiga, en tanto que los tornillos de dilatación son notablemente más resistentes. El diámetro de su vástago es del 90% del diámetro del núcleo de rosca, excepto en los puntos donde se apoyan en las paredes del barreno.

El vástago reducido del tornillo recibe tensiones de tracción que sobrecargarían los filetes de la rosca. Los tornillos de dilatación se pretensan con una llave que mide la presión de apriete llamada Torquímetro, a un valor que esté dentro del límite elástico. La fuerza que actúa sobre el tornillo se llama Fuerza tensora previa, la cual provoca un alargamiento del tornillo y una compresión de las piezas atornilladas. Fig. 8-B

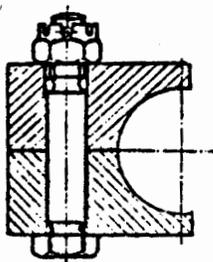


FIG. 8 TORNILLO AJUSTADO.

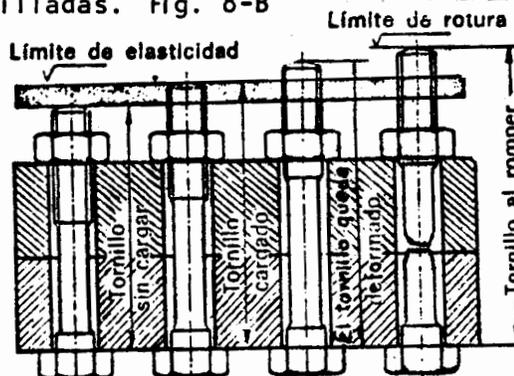


FIG. 8-A CARGA DE TORNILLOS DE DILATACION.

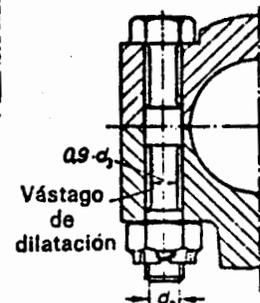


FIG. 8-B TORNILLO DE DILATACION.

TORNILLOS DE CABEZA RANURADA.- Se aprietan mediante un destornillador, para no deteriorar la ranura del tornillo, el destornillador deberá tener la anchura y espesor correctos, debe ser plano y no se afilará en forma de cuña. (Fig. 9)

Los tornillos con cabeza ranurada en cruz, Fig. 9-a, permiten ser apretados de modo seguro y fuerte con un destornillador de cruz. (Los tornillos con ranura en cruz se conocen como de cabeza Phillips.). Los tornillos con ranura sencilla o en cruz pueden tener la rosca hasta la cabeza (Forma A) o bien estar dotados de un vástago (Forma B)

ESPIGAS ROSCADAS.- Son tornillos sin cabeza y roscados en toda su longitud, también conocidos como opresores, que tienen en un extremo una ranura sencilla o entrada hexagonal (Allen) para atornillarse, el otro extremo termina en punta, en espiga o en forma de filo anular, este extremo está generalmente templado. Fig.9-b)

TORNILLOS PARA MADERA.-Conocidos como tira fondos, (Fig. 9-c) se fabrican -- con cabeza ranurada cuando son pequeños y con cabeza cuadrada o hexagonal cuando son grandes.

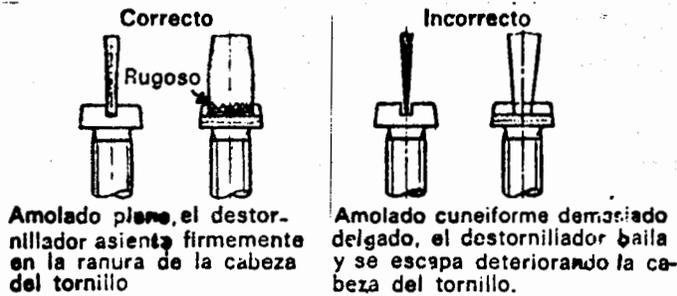


Fig. 9-a Destornillador

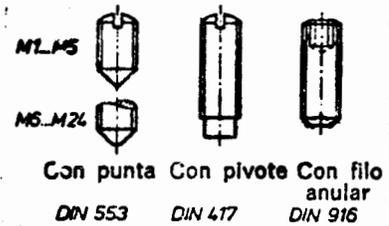


Fig. 9-b Espigas roscadas

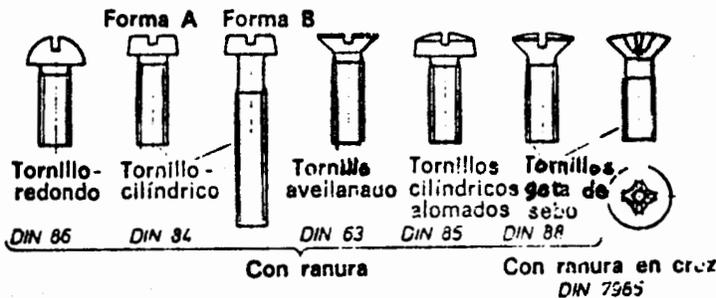


Fig. 9-a Tornillos de cabeza ranurada

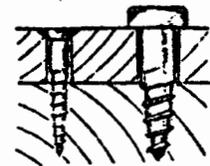


Fig. 9-c Tornillos para madera (tira fondos)

TORNILLOS DE AUTO-ROSCADO O DE CORTE. Fig. 10). Estan endurecidos por cementación; tallan por sí mismos la rosca hembra al atornillarse en el agujero del núcleo. Para facilitar la iniciación del tallado van provistos de una entrada y ranuras para la salida de la viruta. Estos tornillos se fabrican para toda clase de materiales hasta una resistencia de 60 kg/mm². Antes de atornillarse deben sumergirse en aceite.

TORNILLOS PARA LAMINA (Pijas).- Se emplean para la unión de láminas hasta de dos mm. de espesor. Tienen una rosca semejante a la de los tornillos para madera. Estos tornillos forman la rosca hembra al ser atornillados. El agujero en la lámina debe ser igual al del núcleo de la rosca del tornillo. Se fabrican con cabeza ranurada sencilla o en cruz y con cabez hexagonal.

Cuando se unen piezas de metal ligero, material sintético, madera, etc., - las roscas interiores se rompen con facilidad, por lo que se hace necesario el uso de Bujes roscados, (Fig. 10-b), los cuales tallan o recalcan la rosca hembra por sí mismos al atornillarse. Este sistema es de gran utilidad en reparaciones.

PERNOS DE ANCLAJE.- Los pernos de anclaje sirven para fijar las máquinas a sus bases de sustentación, son generalmente de las formas mostradas en la - Fig. 10-c.

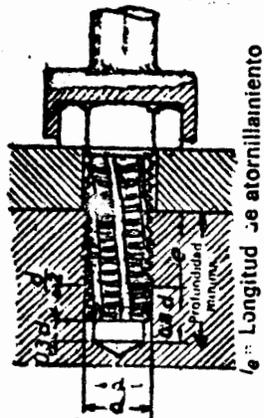


FIG. 10.- TORNILLO AUTOROSCADO.

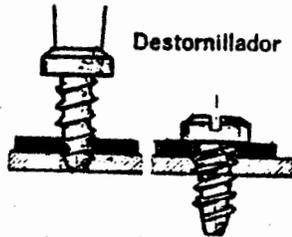


FIG. 10-a.-TORNILLOS PARA CHAPA. (Pijas.)

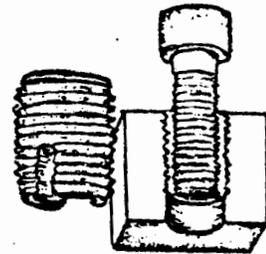


FIG. 10-b.-B.W.E. O CASQUILLO ROSCADO.

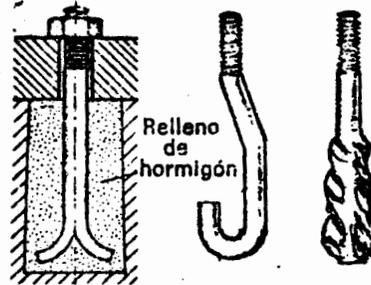


FIG. 10-c.- PERNOS DE ANCLAJE.

TUERCAS.-

Las tuercas, elementos complementarios de las uniones atornilladas se fabrican en una gran variedad de formas atendiendo a su aplicación. En la (Fig. 11) se presentan los tipos más comúnmente empleados.

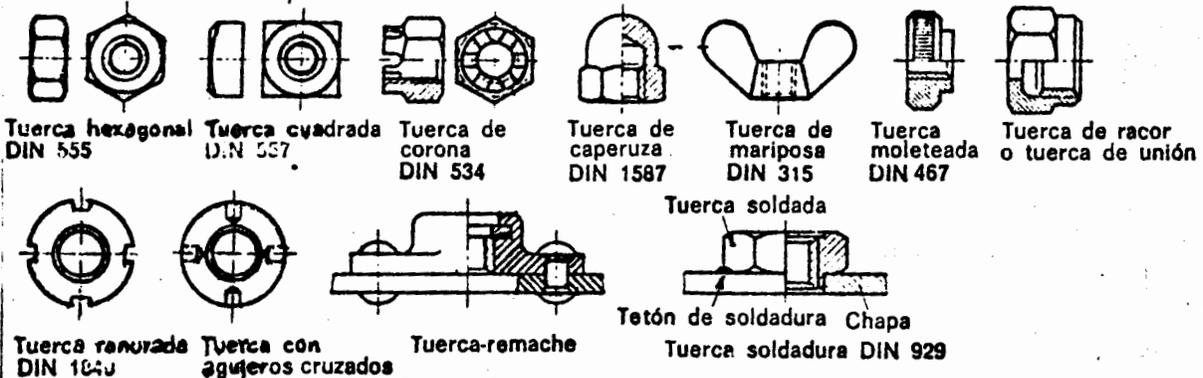


FIG. 11.- TIPOS DE TUERCAS.

Las tuercas hexagonales tienen una altura de $0.8d$ o de $0.5d$.

Las tuercas cuadradas se hacen con las mismas dimensiones que las hexagonales.

Las tuercas de corona o almenadas tienen 6 o 10 ranuras, se emplean cuando han de ser aseguradas con pasadores de aletas (chavetas.)

Las tuercas de caperuza o de sombrerete, protegen el extremo del tornillo - contra deterioros y dan un aspecto decorativo.

Las tuercas de mariposa y las tuercas moleteadas, tienen un diseño que permite el apriete manual sin ninguna llave auxiliar.

Las tuercas de racor o tuercas de unión se emplean frecuentemente para uniones roscadas de tubos que no pueden realizarse mediante manguitos.

Las tuercas ranuradas y las provistas de agujeros dispuestos en cruz, se utilizan básicamente para dar y ajustar el juego axial en árboles y soportes.

Las tuercas-remache se utilizan en chapas a las que se remacha la tuerca. En la unión atornillada de láminas son con frecuencia más convenientes que las tuercas comunes.

Las tuercas de soldadura, se emplean principalmente en uniones de lámina - delgada. Las tuercas se sueldan al material de base con máquinas eléctricas de soldar.

Los tornillos y tuercas se fabrican, partiendo de barras redondas o hexagonales, con resistencias de 30 a 40 kp/mm^2 , para los normales y de 100 a 120 kp/mm^2 , para los de alta resistencia.

DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD PARA LOS TORNILLOS.

Los dispositivos de seguridad se emplean en uniones atornilladas donde es imperativo evitar que la junta se afloje, por los peligros que pudiera representar. La Fig. 12, muestra los sistemas de seguridad que tienen mayor aplicación.

La representación gráfica de los dispositivos de seguridad muestran por sí mismos su forma de actuar.

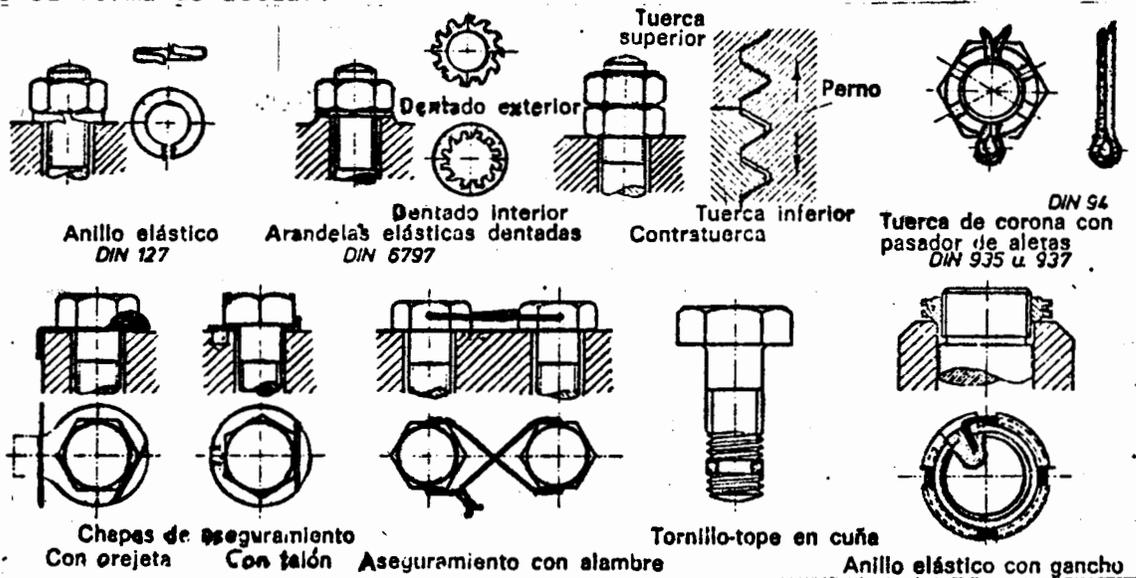


FIG. 12.- DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

En uniones de poca importancia y débil sollicitación es común asegurarlas mediante golpes de granete o punto.

También suelen usarse aseguramientos líquidos que endurecen al cabo de corto tiempo. Se usan generalmente en aparatos delicados, para evitar el aflojamiento de la unión por personal incompetente o no autorizado.

Las arandelas o roldanas mejoran el asiento de la tuerca y disminuyen el peligro de desgaste de la pieza al apretar y aflojar.

La falta de paralelismo entre las superficies de asiento se compensa mediante arandelas en cuña o esféricas, (Fig. 12-a). Esto es frecuentemente necesario en perfiles laminados y piezas de fundición, ahorrándose con ello la a veces costosa operación de rebajar las piezas para conseguir superficies de apoyo.

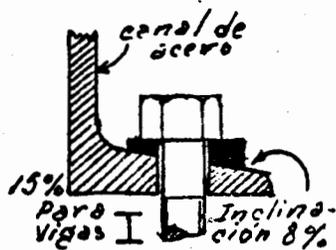


FIG. 12-a.- ARANDELA OBLICUA DE APOYO.

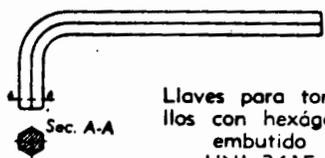
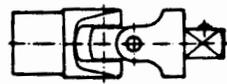
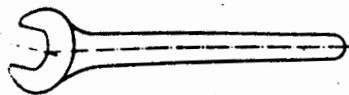
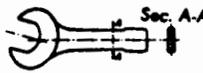
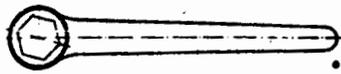
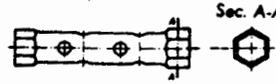
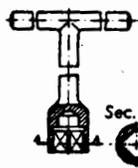
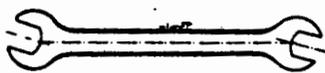
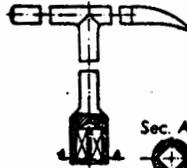
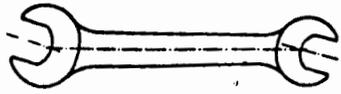
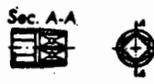
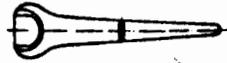
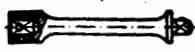
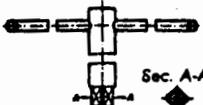
LLAVES PARA TORNILLOS Y TUERCAS.

El apretado de tornillos y tuercas tiene que ser realizado con ciertas precauciones. Para atornillar tapas y bridas, hay que apretar los tornillos o tuercas en cruz y en varias pasadas. La longitud de palanca de cada llave está calculada de tal forma que -----

produzca un apriete normal y no se presente ninguna sobre carga en el tornillo. Si se alarga la llave mediante un tubo, el tornillo resultará cargado en exceso y frecuentemente se inutilizará por rotura.

Deben emplearse únicamente llaves que ajusten bien, empleando llaves que no ajusten se estropean las cabezas de los tornillos o las tuercas; además, pueden producirse accidentes por resbalamiento de las llaves.

FIG. 13.- TABLA INDICADORA DE LOS TIPOS DE LLAVEROS DE MANIOBRA

 <p>Llaves sencillas, serie ligera UNI 303</p>	 <p>Llaves para tornillos con hexágono embutido UNI 2415</p>	 <p>Alargamiento por unión cordan para llaves de dola UNI 3124</p>
 <p>Llaves sencillas, serie normal UNI 304</p>	 <p>Llaves para tornillos con cuadrado embutido UNI 2416</p>	 <p>Llaves de dola con mango acodado UNI 3126</p>
 <p>Llaves sencillas, serie reforzada UNI 305</p>	 <p>Llaves de tubo, sencillas UNI 3116 Ídem, tipo ligero UNI 3117</p>	 <p>Llaves de dola con travesaño, hexagonales UNI 3127</p>
 <p>Llaves sencillas con trinquete, serie normal UNI 306</p>	 <p>Llaves de tubo, dobles UNI 3118 Ídem, tipo ligera UNI 3119</p>	 <p>Llaves de dola con travesaño, cuadradas UNI 3128</p>
 <p>Llaves dobles, serie ligera UNI 308</p>	 <p>Llaves de tubo, tipo acodado UNI 3121</p>	 <p>Llaves de dola, cuadradas UNI 3131</p>
 <p>Llaves dobles, serie ligera supletoria UNI 309. Ídem, serie normal UNI 310</p>	 <p>Llaves de dola, sencillas, hexagonales UNI 3122</p>	 <p>Llaves de garra UNI 3132</p>
 <p>Llaves especiales para pernos de bridas para tuberías UNI 2213</p>	 <p>Alargamientos para llaves de dola UNI 3123</p>	 <p>Llaves de macho con travesaño, cuadradas UNI 3133</p>

Existen llaves ajustables llamadas llaves inglesas y pericos que pueden emplearse para cualquier medida. Cuando se requieren aprietes muy precisos se emplean llaves con momento de giro llamadas torquímetros o llaves dinamométricas.

CALIDAD DE LOS TORNILLOS.

Dado el elevado número de aplicaciones de los tornillos, estos se fabrican de una gran variedad de materiales, sin embargo, los que tienen un uso más intenso son los de acero.

Entre los aceros que más comúnmente se usan para pernos y tornillos figuran los AISI 1013, 1018, 1038, 1041, 1054, 1340, 4037, 4140, 4150, 50B40, 8635, 3735, 4340, Etc. Sin embargo, el proceso particular de cada fabricante se puede adaptar más fácilmente a un acero que a otro.

TABLA VI-2.- RESISTENCIAS MÍNIMAS DE PERNOS Y TORNILLOS
(Especificaciones normalizadas seleccionadas)

GRADO	Tamaños incluidos.		Sp ₂		Su ₂		Sy ₂	
	mm.	Pulg.	Kg/cm ²	ksi	Kg/cm ²	ksi	Kg/cm ²	ksi
SAE Grado 2	6.35-19.05	1/4-3/4	3867	55	4851	69		
	22.22-25.40	7/8-1	3656	52	4500	64		
	28.57-38.10	1.25-1.5	1968	28	3867	55		
SAE Grado 5 ASTM A 325	6.35-19.05	1/4-3/4	5976	85	8437	120	6187	88
	22.22-25.40	7/8-1	5484	78	8085	115	5694	81
	28.57-38.10	1.25-1.5	5202	74	7381	105	5413	77
ASTM 354 BB	6.35-63.50	1/4-2.5	5624	80	7381	105	5835	83
	63.50-101.60	2.5-4.0	5273	75	7030	100	5483	78
BC	6.35-63.50	1/4-2.5	7381	105	8788	125	7662	109
	63.50-101.60	2.5-4.0	6679	95	8085	115	6960	99
BD	6.35-38.10	1/4-1.5	8437	120	10546	150	8788	125

El cálculo de los pernos suele hacerse basándose en una carga de prueba o esfuerzo de prueba (Sp). En general, una carga de prueba es la acordada por el comprador y el fabricante para que se cumplan los requisitos necesarios.

Para pernos y tornillos el Esfuerzo de Prueba Sp en las especificaciones SAE suele ser aproximadamente el correspondiente a un 96% de la resistencia de fluencia (Sy), con un 0.2% de deformación permanente. (Su= Última resistencia.)

Las especificaciones ASTM y SAE se pueden satisfacer con muchos aceros -- normalizados; por ejemplo, el SAE 1041 QT (templado y recocido) puede fácilmente llenar las exigencias del SAE grado 5.

UNIONES CON CLAVIJAS O PASADORES.

Son uniones de tipo desmontable que según su uso pueden ser: Clavijas de ajuste, clavijas de sujeción y clavijas de seguridad por rotura. La Fig. 14 - muestra los tres tipos.

Las clavijas de ajuste tienen la misión de llevar exactamente a su posición las piezas a unir, facilitan el montaje y evitan desplazamientos laterales. En caso de uniones atornilladas fijan la exacta situación de las piezas y las aseguran en caso de golpes o choques. (Fig. 14-a)

Las clavijas de sujeción constituyen en muchas uniones el único medio de sujeción, se emplean para transmitir pequeñas cargas, son más baratas que los tornillos y forman por lo general uniones permanentes. También se usan como seguros que evitan la desunión de las piezas, en la fabricación de coches se substituyen por el pasador de aletas (chaveta). (Fig. 14-b)

Las clavijas de seguridad por rotura evitan sobrecargas en las piezas delicadas o de alto valor, fallando por cizalladura al producirse la sobrecarga, con lo cual la unión resulta interrumpida. Después de eliminar la causa de la sobrecarga se coloca una nueva clavija. (Fig. 14-c).

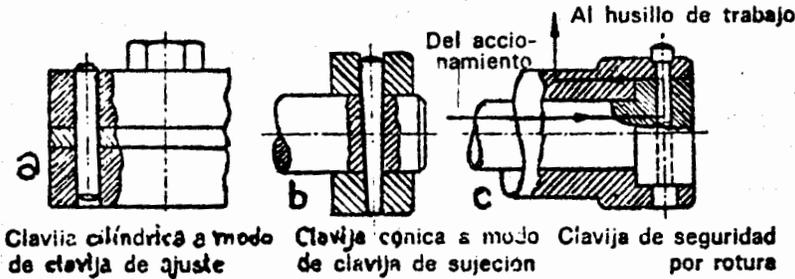


FIG. 14.- UNIONES CON CLAVIJAS.

Las clavijas atendiendo a su forma se clasifican en : Clavijas cilíndricas, cónicas, entalladas y manguitos de sujeción. La elección del tipo de clavija a usar depende en primer lugar de su aplicación y del costo de fabricación.

En la (Fig. 15.) se muestran los tipos de clavijas y algunas de sus aplicaciones.

FIG. 15.- TIPOS DE CLAVIJAS Y SUS APLICACIONES.

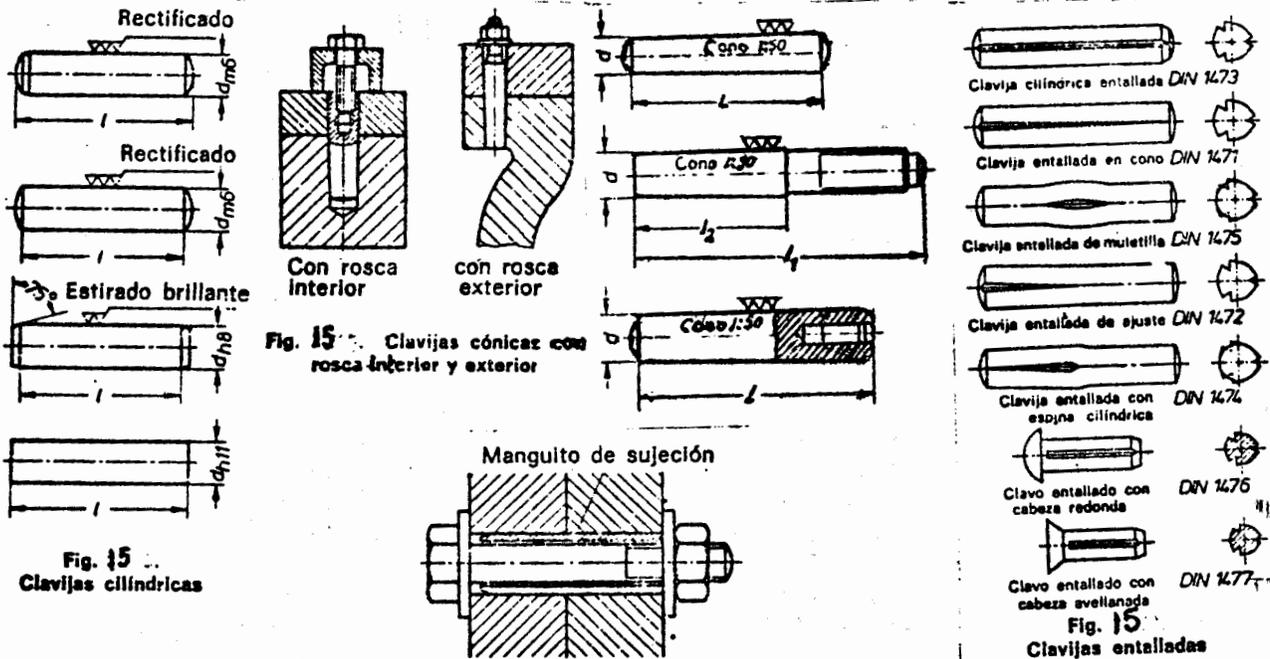


Fig. 15 Clavijas cónicas con rosca interior y exterior

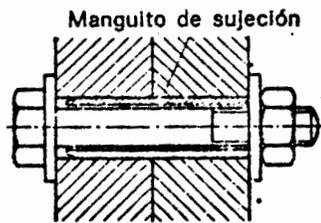


Fig. 15 Manguito de sujeción

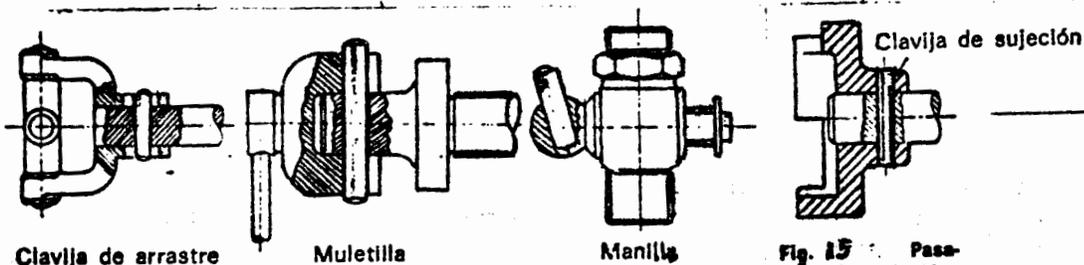


Fig. 15 Ejemplos de aplicación para espigas y clavijas entalladas

Fig. 15 Pasador de sujeción

CHAVETAS Y UNIONES MEDIANTE LENGÜETAS (Cuñas.)

Las Chavetas y las lengüetas (Fig. 16) se emplean para unir árboles, flechas o ejes, a cubos o mamelones de poleas o ruedas dentadas. Tienen la misión de evitar la rotación del mamelón sobre el eje y además evitar el desplazamiento axial. Las chavetas y cuñas ajustadas se fabrican generalmente de acero 1018.

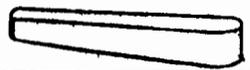
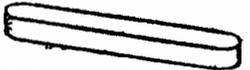
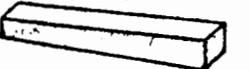
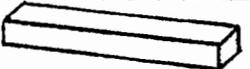
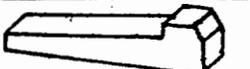
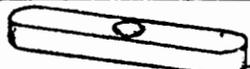
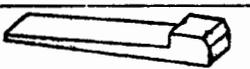
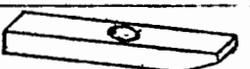
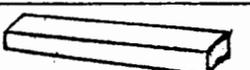
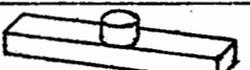
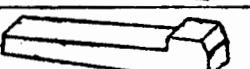
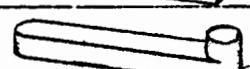
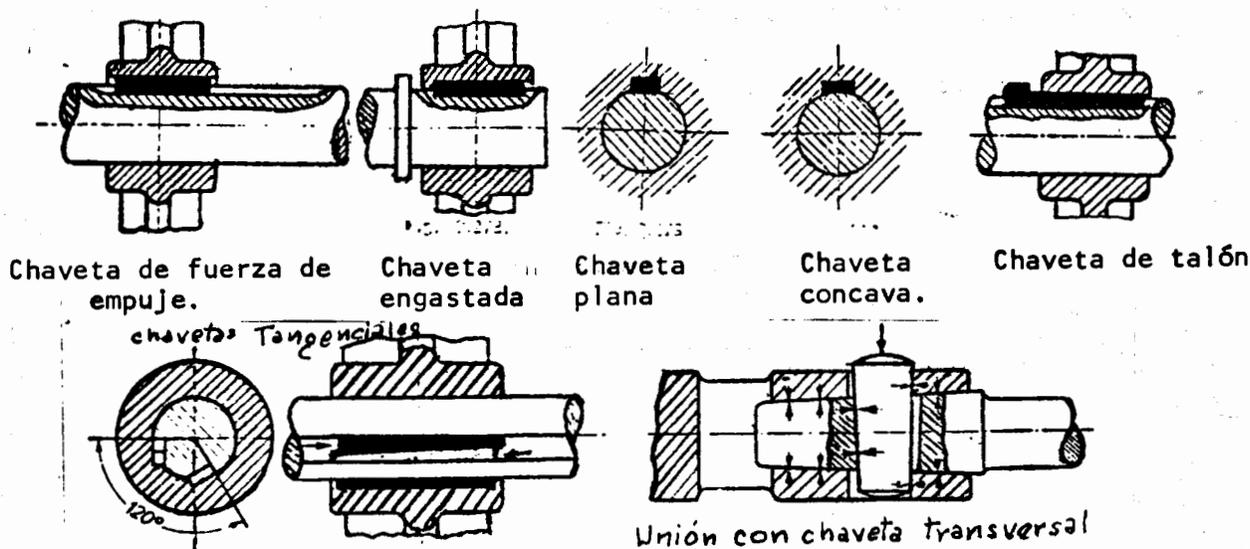
Chavetas. Uniones de tensión con cono 1:100			Lengüetas Uniones de arrastre sin cono		
	Chaveta engastada	DIN 6886 Forma A		Lengüeta de ajuste de caras frontales redondas	DIN 6885 Forma 4
	Chaveta de empuje de fuerza	DIN 6886 Forma B		Lengüeta de ajuste de caras frontales rectas	DIN 6885 Forma 3
	Chaveta de talón	DIN 6887		Chaveta de ajuste de frontales redondeados para tornillo de fijación	DIN 6885 Forma 1
	Chaveta plana	DIN 6883		Chavetas de ajuste de frontales redondeados para 2 tornillos de fijación y 1 de despegue	DIN 6885 Forma 5
	Chaveta plana de talón	DIN 6884		Chaveta de ajuste de frontales rectos con bisel para 1 tornillo de fijación	DIN 6885 Forma 6
	Chaveta cóncava	DIN 6881		Lengüeta con muñón o gorrón central	
	Chaveta cóncava de talón	DIN 6889		Lengüeta con muñón o gorrón lateral	
	Chavetas tangenciales	Para chaveteros de chavetas tangenciales según D 268		Lengüeta de disco (Woodruff)	DIN 6888

FIG. 16.- DIFERENTES TIPOS DE CHAVETAS Y LENGÜETAS.

Algunas de las principales aplicaciones de uniones mediante chavetas se presentan en la (Fig. 17). Las chavetas normalizadas tienen una conicidad de $1 : 100$, la cual produce entre las piezas que une, un esfuerzo de compresión en dirección radial que es lo que realiza la unión.

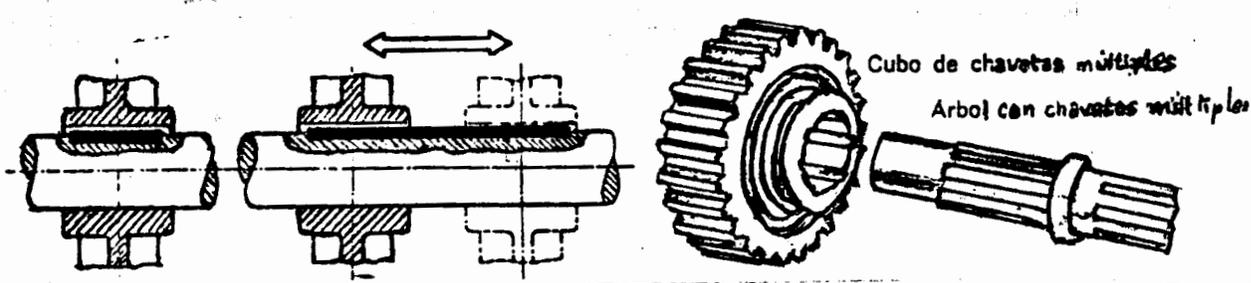
En el caso de uniones que requieren movimientos perfectamente circulares y además grandes velocidades, no es recomendable el uso de chavetas de talón, ya que pueden producir desequilibrio o golpeteo.

FIGURA 17.-

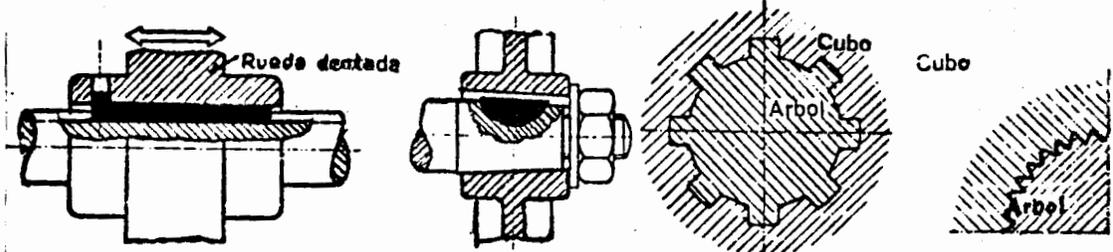


Las lenguetas no producen ninguna fuerza de compresión por no ejercer acción de cuña, se trata de una simple unión de arrastre. El aseguramiento contra el desplazamiento longitudinal entre cubo y eje, se realiza mediante tornillos, anillos de ajuste, clavijas o discos de enchufe. La (Fig.18) muestra algunas de las aplicaciones de lenguetas de ajuste, deslizantes, de disco, y algunos tipos de uniones por chavetas múltiples o dentado por entalladura.

FIG URA 18.-



Lengüeta de ajuste Lengüeta deslizante Unión mediante árbol de chavetas múltiples.



Lengüeta de muñón o de gorrón. Lengüeta de disco Sec.transversal de un árbol y su cubo de chavetas múltiples. Dentado por entalladura.

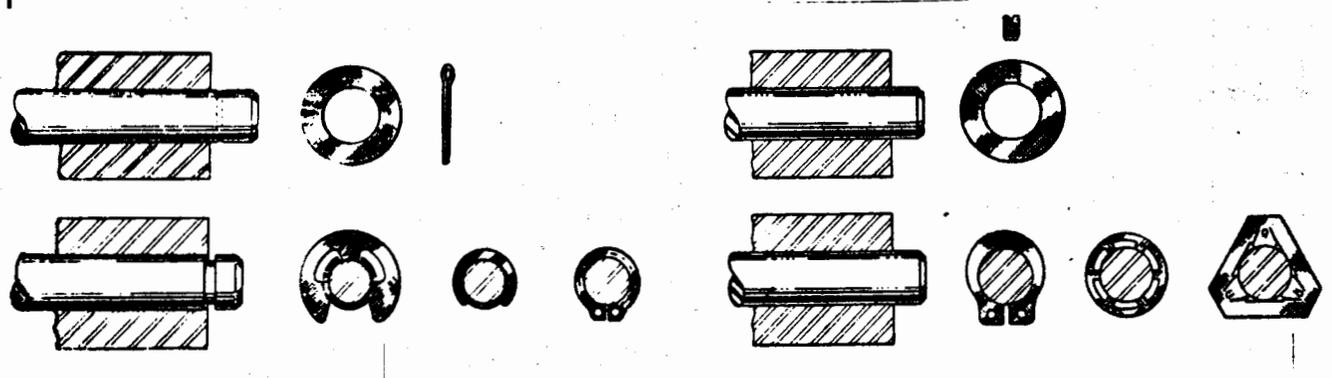
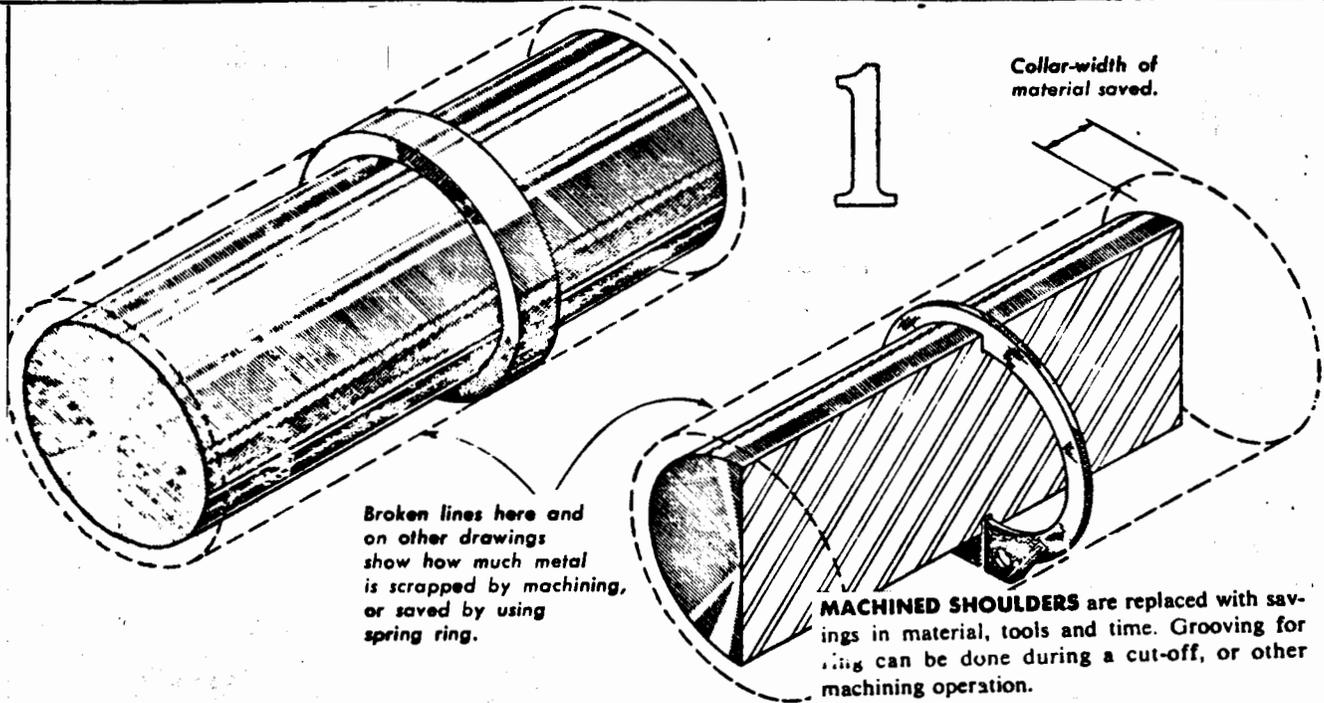
Existe un tipo de elementos de unión conocidos como retenes de anillo que se emplean con gran éxito en la industria automotriz, aeronáutica y electrónica, por su economía y facilidad de instalación. La (Fig. 19) se presenta la tabla con los principales tipos de retenes de anillo y los rangos de medidas en que se fabrican.

Las paginas 173 y 174 corresponden a 8 tipos de uniones donde se destaca la bondad de los retenes de anillo comparados con los sistemas tradicionales.

FIG. 19.- TABLA VI-3. RETENES DE ANILLO.

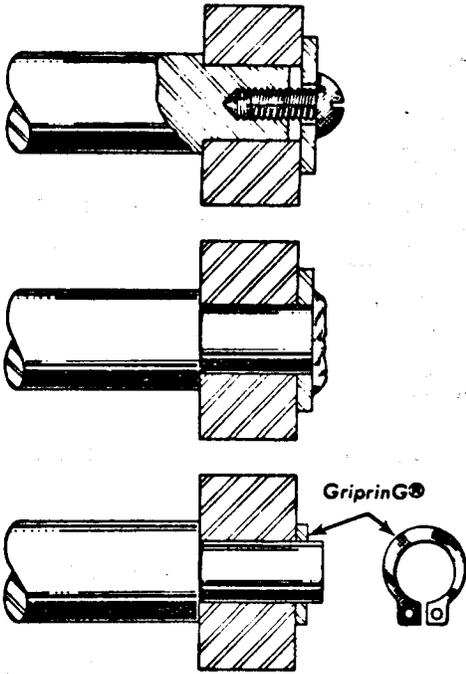
 INTERNAL	BASIC N5000 For housings and bores	 EXTERNAL	BOWED 5101 For shafts and pins	 EXTERNAL	REINFORCED 5115 For shafts and pins	 EXTERNAL	TRIANGULAR NUT 5300 For threaded parts
	Size Range .250—10.0 in. 6.4—254.0 mm.		Size Range .188—1.750 in. 4.8—44.4mm.		Size Range .094—1.0 in.		Size Range 6-32 and 8-32 10-24 and 10-32 1/4-20 and 1/4-28
 INTERNAL	BOWED N5001 For housings and bores	 EXTERNAL	BEVELED 5102 For shafts and pins	 EXTERNAL	BOWED E-RING 5131 For shafts and pins	 EXTERNAL	KLIPRING 5304 For shafts and pins
	Size Range .250—1.750 in. 6.4—44.4 mm.		Size Range 1.0—10.0 in. 25.4—254.0 mm.		Size Range .110—1.375 in. 2.8—34.9 mm.		Size Range .156—1.000 in. 4.0—24.5 mm.
 INTERNAL	BEVELED N5002 For housings and bores	 EXTERNAL	CRESCENT® 5103 For shafts and pins	 EXTERNAL	E-RING 5133 For shafts and pins	 EXTERNAL	TRIANGULAR 5305 For shafts and pins
	Size Range 1.0—10.0 in. 25.4—254.0 mm.		Size Range .125—2.0 in. 3.2—50.8 mm.		Size Range .040—1.375 in. 1.0—34.9 mm.		Size Range .062—.438 in.

 INTERNAL	CIRCULAR 5005 For housings and bores	 EXTERNAL	CIRCULAR 5105 For shafts and pins	 EXTERNAL	PRONG-LOCK® 5139 For shafts and pins	 EXTERNAL	GRIPRING® 5555 For shafts and pins
	Size Range .312—2.0 in.		Size Range .094—1.0 in.		Size Range .092—.438 in.		Size Range .079—.750 in. 2.0—19.0 mm.
 INTERNAL	INVERTED 5008 For housings and bores	 EXTERNAL	INTERLOCKING 5107 For shafts and pins	 EXTERNAL	REINFORCED E-RING 5144 For shafts and pins	 EXTERNAL	HIGH-STRENGTH 5560 For shafts and pins
	Size Range .750—4.0 in. 19.0—101.6 mm.		Size Range .469—3.375 in. 11.9—85.7 mm.		Size Range .094—.562 in. 2.4—14.3 mm.		Size Range .101—.328 in.
 EXTERNAL	BASIC 5100 For shafts and pins	 EXTERNAL	INVERTED 5108 For shafts and pins	 EXTERNAL	HEAVY-DUTY 5160 For shafts and pins	 EXTERNAL	PERMANENT SHOULDER 5590 For shafts and pins
	Size Range .125—10.0 in. 3.2—254.0 mm.		Size Range .500—4.0 in. 12.7—101.6 mm.		Size Range .394—2.0 in. 10.0—50.8 mm.		Size Range .250—.750 6.4—19.0 mm.

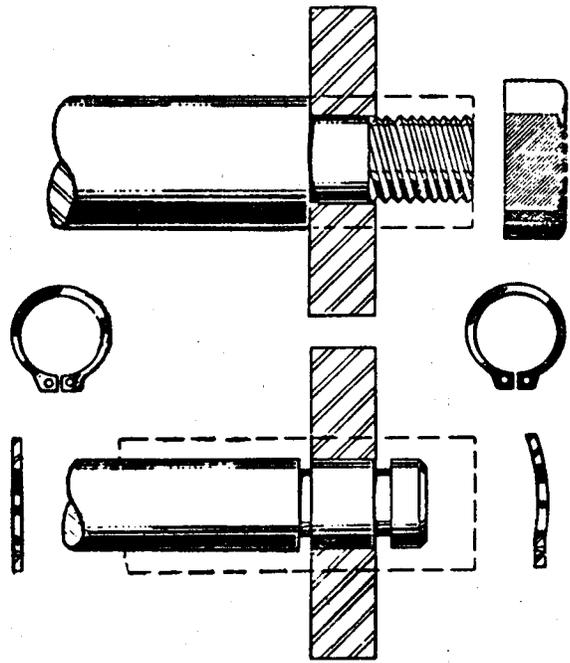


2 **RINGS THAT CAN REPLACE** cotter pin and washer are economical since only one part is required and pin-spreading operation is not needed thus cutting time and costs.

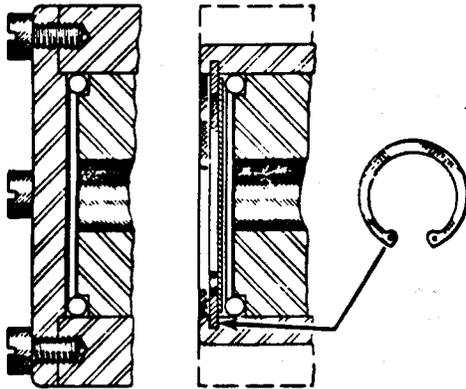
3 **WHEN COLLAR AND SETSCREW** are substituted by ring, risk of screw vibrating loose is avoided. Also, no damage to shaft by screw point occurs — a frequent cause of trouble.



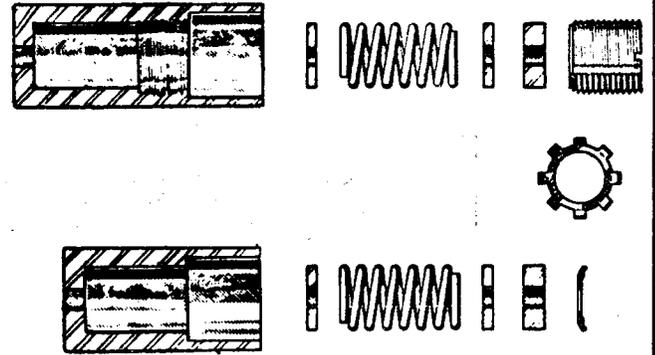
4 **RETAIN COMPONENTS** on diecastings with a simple-to-use GriprinG. Slipped over the end of the shaft, the ring exerts a frictional hold against axial displacement of the shaft.



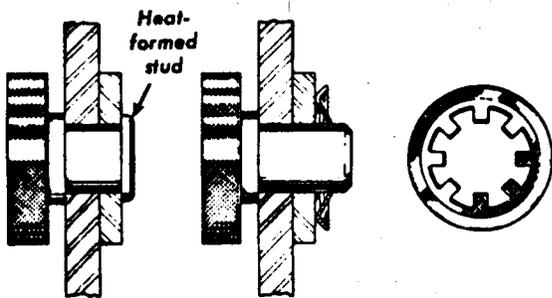
5 **SHOULDER AND NUT** are replaced by two retaining rings. A flat ring replaces the shoulder, while a bowed ring holds the component on shaft for resilient end-play take-up.



6 **COVER-PLATE ASSEMBLY** has been re-designed (right drawing) to avoid use of screws and machined cover-plate. Much thinner wall can be used — no drilling or tapping.



7 **THREADED INTERNAL FASTENERS** are costly because of expensive internal threading operation. Simplify by substituting a self-locking retaining ring — see lower drawing.



8 **HEAT-FORMED STUD** provides a shoulder against retained parts but must be scrapped if the parts must be disassembled for service. Self-locking ring can be easily removed.

CAPITULO VI.

ELECTROFORMADO Y RECUBRIMIENTOS METALICOS.

El electroformado es un proceso empleado para el formado de metales, en el cual las partes se producen mediante depósitos electrolíticos del metal sobre un molde o matriz conductora y removible. El molde establece el tamaño y tersura superficial del producto terminado.

El metal se suministra al molde conductor desde una solución electrolítica en la cual actúa como ánodo una barra de metal puro. El proceso difiere de la galvanoplastia en que se produce una cubierta sólida que se separa posteriormente de la forma sobre la cual fué depositada.

El electroformado es particularmente adecuado para fabricar piezas de paredes muy delgadas que requieran extrema precisión, para acabado de superficies interiores y para formas internas muy complicadas que no se pueden realizar mediante corazones o con máquinas herramientas.

Descripción del proceso.- El primer paso comprende la fabricación de una imagen negativa de la pieza, la cual se conoce como matriz, molde o modelo, que podrá ser permanente o desechable. Se utilizan moldes permanentes si hay suficiente ahusamiento para extraer la parte formada sin dañarla. Por ejemplo tapas de pluma fuente, campanas para trompeta, guías para ondas con transición de áreas circular a rectangular, etc. Dichos moldes se mecanizan en metal y son económicos para producir un gran número de piezas.

Cuando no es posible usar moldes permanentes, se utilizan los desechables, que pueden ser químicamente solubles o tener un bajo punto de fusión.

Los principales materiales empleados para los moldes son el aluminio, aleaciones de zinc y los plásticos. Los materiales de bajo punto de fusión son la cera y aleaciones de plomo-estaño-bismuto.

Tanto los moldes fusibles como los solubles se emplean para la obtención de formas internas complejas, que son difíciles o imposibles de obtener por otros procesos.

Dado que algunos materiales empleados para los modelos, no son conductores, deben recubrirse con una película metálica. Esto se puede hacer en varias formas ya sea por aplicación con brocha de pinturas metálicas, por atomizado o por reducción química. Los moldes de cera se pueden recubrir con grafito. La conductividad de la película no deberá ser muy baja, siendo muy importantes los buenos contactos eléctricos.

Una vez preparados los moldes se colocan en el cátodo de la cuba electrolítica y se inicia la deposición del metal del ánodo. La (Fig. 1) es una representación esquemática del proceso.

Después de que ha transcurrido suficiente tiempo para obtener el espesor requerido, se retira la pieza del baño, se enjuaga y se le quita del molde.

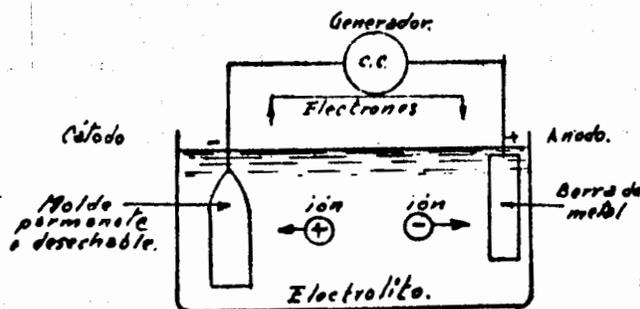


FIG. 1.- ESQUEMA DE UNA CUBA ELECTROLITICA.

Materiales usados.- Todos los metales empleados en depósitos electrolíticos se pueden usar en electroformado. Los principales son: cobre, níquel, hierro, plata, zinc, plomo, estaño, cadmio, oro aluminio y otros más. El cobre, níquel, hierro y plata, se usan ampliamente por su buena reproducción, resistentes a la corrosión, buena conductividad eléctrica, buen aspecto superficial y resistencia adecuada.

En todos los productos electroformados es común una estructura dendrítica alineada normalmente con la forma conductora de la superficie. A pesar de que las propiedades físicas dependen de las características de metal usado, influyen a la velocidad de depósito, la temperatura de depósito y otras variantes del baño.

Algunas ventajas del electroformado.-

- 1.- Se puede mantener extrema precisión de las dimensiones.
- 2.- Se logran acabados superficiales de 8 rcm o menores.
- 3.- Se pueden hacer partes de espesores muy delgados.
- 4.- Se obtienen metales de extrema pureza.
- 5.- Se pueden producir superficies internas o externas de formas intrincadas, difíciles de obtener por otros procesos.
- 6.- Es posible el recubrimiento de partes, para darles propiedades físicas o metalúrgicas especiales.

Limitaciones del electroformado.-

- 1.- La velocidad de producción es muy baja.
- 2.- El costo es elevado.
- 3.- El proceso se limita a piezas relativamente delgadas, rara vez exceden de 0.375 cms.
- 4.- La selección de materiales es limitada.
- 5.- Los huecos son difíciles de formar, debiendo ser poco profundos y evitar los ángulos agudos internos.

Las partes que se producen actualmente por este procedimiento son: las guías de ondas para radar, levas espirales, tubos intercambiadores de calor, tapas de plumas fuente, campanas metálicas, pantallas metálicas, metales revestidos, forros de cojinete, boquillas de venturi, campanas para instrumentos, etc.

RECUBRIMIENTOS METALICOS.

Se realizan generalmente para mejorar la apariencia y el valor de venta del artículo, aunque también es importante darles una resistencia permanente a las influencias destructivas debidas al desgaste, a la descomposición electrolítica y al contacto con la intemperie o a la atmósfera corrosiva.

Antes que los metales pueden ser recubiertos, es necesario preparar la superficie convenientemente para una buena adhesión.

Los métodos básicos empleados son: mecánicos, como el arenado o tambor de frotación; químicos, como los agentes alcalinos, ácidos u orgánicas y también la limpieza electrolítica.

En general, el proceso de recubrimiento es la aplicación de un espesor finito de algún material sobre el metal, o bien la transformación de su superficie, por medios químicos o eléctricos para lograr un óxido del metal original.

Galvanoplastia.- La Galvanoplastia ha sido el medio usual para aplicar a los metales capas decorativas y protectoras, para la resistencia al desgaste y la abrasión, el metal más usado es el cromo, cuyas capas son rara vez inferiores a 0.05 mm. de espesor.

El proceso electrolítico consiste en hacer pasar una corriente eléctrica del ánodo al cátodo a través de una solución de cromo convenientemente preparada, en presencia de un catalizador.

Se utiliza como electrolito una solución de ácido crómico saturado. Las superficies deberán ser pulidas y limpiadas antes de introducir las a la cuba electrolítica. Como la velocidad de deposición es pequeña, las piezas permanecen en los estanques varias horas para su recubrimiento.

Entre los recubrimientos decorativos, los más empleados son el dorado y el plateado que tienen como metal base el latón.

Dentro de los recubrimientos de tipo industrial los procesos más empleados son: el galvanizado, estañado, cadmizado, fosfatado, pavonado, anodizado y calorizado.

Galvanizado.- Es un recubrimiento a base de zinc que se aplica a los aceros bajo carbono para protegerlos de los agentes atmosféricos.

El galvanizado se puede realizar por varios métodos, el más común es por inmersión en baños de zinc a temperaturas de Aprox. 460° C. Para quitar el exceso de zinc se emplean rodillos, agitadores y escobas de metal. Para conseguir el efecto estrellado se agregan pequeñas cantidades de Sn y Al.

Para el galvanizado de láminas y alambres se emplean procesos continuos y automáticos.

También se pueden aplicar capas de zinc por atomizado del zinc fundido sobre el acero.

Existe un proceso llamado sherardizado que se realiza frotando las piezas de acero con polvos de zinc a elevadas temperaturas. El método galvanoplástico también es aplicable.

Estañado.- Es el recubrimiento con estaño de láminas delgadas conocidas como hoja de lata destinada a la fabricación de envases para productos alimenticios. La fabricación de botes estañados, utiliza aprox. el 90% del estaño producido. Aún cuando en la actualidad muchos recubrimientos de estaño se aplican por electro estañado que es un proceso galvanoplástico, el método de inmersión en estaño fundido, se usa todavía en forma considerable. El proceso de inmersión se realiza a temperaturas de aprox. 315°C.

En la mayoría de los casos el espesor de la capa es de 0.0025 mm. en tanto que en el electro estañado la capa es de 0.00075 mm. La porosidad es mayor en los recubrimientos electrolíticos, por lo que en los recipientes para alimentos es necesario aplicarles una capa selladora de laca.

Fosfatado.- Este proceso también conocido como parkerizado o bonderizado tiene por objeto formar una capa delgada de fosfato sobre el acero, que actuará como base o fondo para esmaltes y pinturas. En el proceso Parker, se sumerge el acero durante unos 45 min. en una solución caliente (88°C), de fosfato dihidrogenado de manganeso.

El pavonado es un proceso en el cual se sumerge el acero o el hierro en un baño fundido (316°C) de nitrato de potasio (salitre) durante 1 hora 15 min. El pavonado también se consigue enfriando las piezas a elevadas temperaturas en aceite.

Anodizado.- Es un proceso de oxidación desarrollado para tratar el aluminio. Se emplea un electrolito de ácido sulfúrico, oxálico o crómico, teniendo la pieza a anodizar, como ánodo. Ya que el recubrimiento se produce enteramente por oxidación y no por galvanoplastia, dicha capa oxidada es algo permanente e integral con el metal base original. Aún cuando la capa es dura, también es porosa, lo cual facilita la aplicación de recubrimientos orgánicos y tintes con fines decorativos. El magnesio también responde al proceso.

Calorizado.- Es un proceso diseñado para proteger el acero de la oxidación a altas temperaturas. Para ésto se difunde aluminio en la superficie metálica a altas temperaturas, formándose una película protectora de óxido de aluminio que evita la oxidación del metal recubierto.

Este proceso se emplea para tratar partes de hornos, equipos de refinerías de petróleo, secadores y hornos de secado.

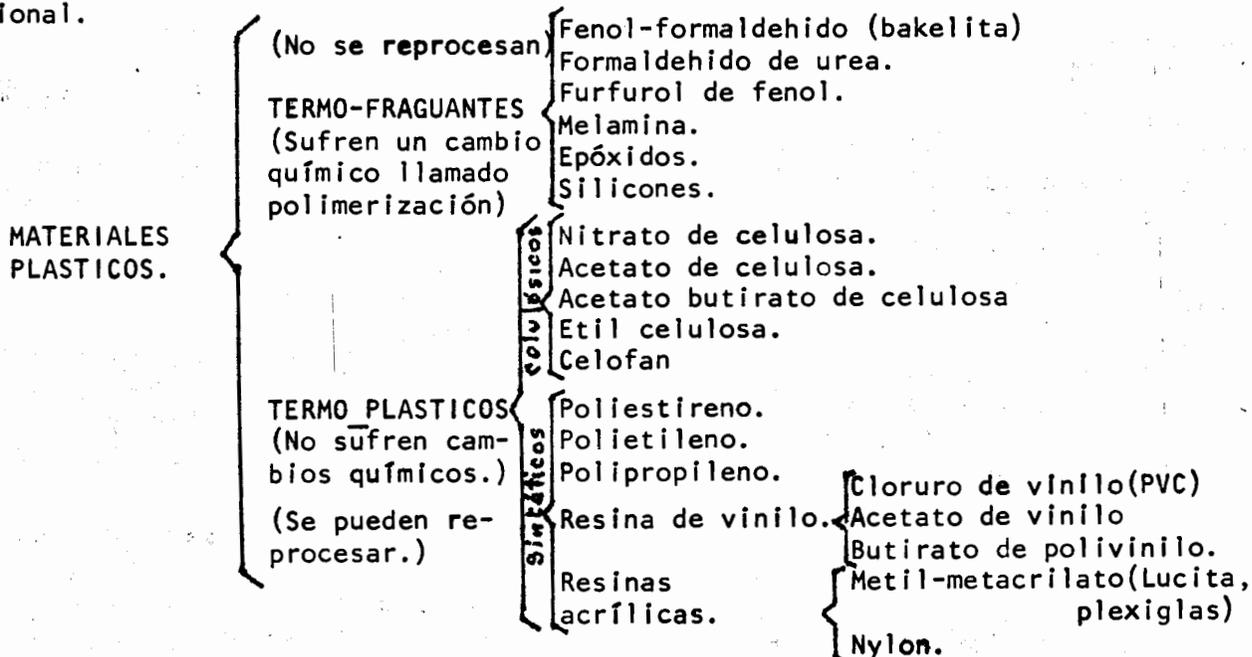
CAP. VIII.- PLASTICOS.

Con el nombre de Plásticos se conoce a materiales orgánicos sintéticos que se vuelven plásticos, por la aplicación de calor y capaces de formarse por presión. Substituyen a materiales como el vidrio, madera y metales, pudiéndose emplear también como materiales de revestimiento y como filamentos para tejidos.

Los productos hechos de plástico se pueden fabricar rápidamente con tolerancias exactas y excelentes acabados superficiales.

Frecuentemente substituyen a los metales cuando las características esenciales son la ligereza de peso, la resistencia a la corrosión y la resistencia dieléctrica. Se pueden hacer transparentes o de colores.

Las limitaciones principales de estos materiales son: Su poca fuerza, baja resistencia al calor y algunas veces su elevado costo y poca estabilidad dimensional.



La mayoría de los plásticos son sustancias orgánicas que generalmente con tienen: Carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. (CHON.)

Los materiales plásticos rara vez se emplean solos; por lo general se mez clan con otros materiales para mejorar sus propiedades. Estos agregados se con cen como: Cargas, Agentes colorantes, Agentes plastificantes y Lubricantes.

Cargas.

Se agregan con el fin de au mentar la resistencia y disminuir el costo, ade más controlan la con tracción y mejoran la faci lidad de modeo; las más usuales = son las siguientes:

- 1.- Polvo de madera.- Uso general, bajo costo, buena resistencia y buena -
moldeabilidad.
- 2.- Fibras textiles.- Mejora resistencia al impacto, buena moldeabilidad.
- 3.- Fibra macerada.- Alta resistencia al impacto, moldeabilidad limitada.
- 4.- Fibra de vidrio.- Alta resistencia, estabilidad dimensional, traslúci-
da.
- 5.- Fibra de asbesto.- Resistencia a la temperatura, estabilidad dimensio-
nal.
- 6.- Mica.- Excelentes propiedades dieléctricas y baja absorción de humedad.

Agentes colorantes.-

Se usan tintes o pigmentos para dar coloraciones opacas o traslúcidas.

Agentes plastificantes.-

Se agregan en pequeñas cantidades a fin de controlar el flujo del plásti-
co durante el moldeo. La cantidad agregada depende de la complejidad del moldeo.
Siempre se tratará de usar la mínima cantidad ya que afecta la estabilidad del
producto (Pérdida por envejecimiento.)

Lubricantes.

También se agregan en pequeñas cantidades para mejorar la moldeabilidad y
facilitar la extracción de las piezas del molde. Se usan como lubricantes la -
cera, estearato de litio y a veces jabón; se restringe su uso pues afecta ad--
versamente las propiedades.

METODOS DE FORMADO.

Los plásticos son los únicos materiales que pueden transformarse mediante
una sola operación, de materia prima a productos terminados.

Las diferencias de comportamiento entre los numerosos tipos de plásticos
existentes, ha dado lugar al desarrollo de los variados métodos de proceso, en
tre los cuales los más importantes son los siguientes:

- 1.- Moldeo por compresión.
- 2.- Moldeo por transferencia.
- 3.- Moldeo por inyección.
- 4.- Moldeo por extrusión.
- 5.- Moldeo por colado.
- 6.- Moldeo por laminado.
- 7.- Moldeo por soplado o formado al vacío.

1.- MOLDEO POR COMPRESION.- (plásticos termo-fraguantes.)

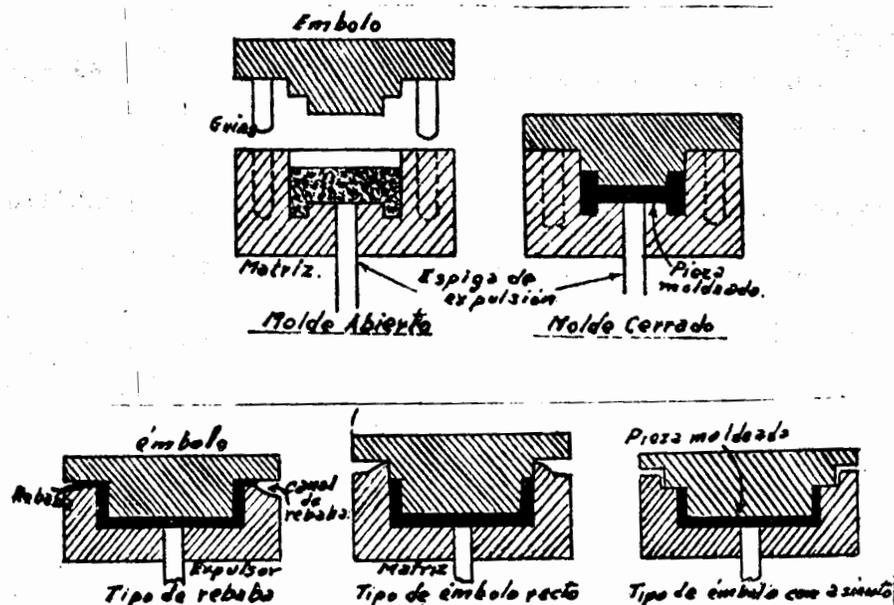
El material se coloca en un molde metálico caliente (Fig. 1), y al cerrar
el molde se aplica presión con lo cual el material ya suavizado fluye y se con-
forma al molde. El material puede usarse granulado o bien preformado en table-
tas o pastillas. Las presiones requeridas son de 7 a 560 kgs/cm², dependiendo
del material y del tamaño de la pieza.

El rango de temperaturas es de 120 a 200°C. El calor es muy importante en las resinas termofraguantes puesto que es necesario primero para plastificarlas y luego para polimerizarlas o endurecerlas (curado.)

El calentamiento uniforme del granulado es deseable pero no muy fácil de lograr, por la mala conductividad térmica del material.

Los dados para moldeo por compresión se fabrican con tres tipos de cierre que son: El de rebaba, el de émbolo recto y el de émbolo con asiento (Fig. 1.)

FIG. 1.- DADOS PARA MOLDEO POR COMPRESION.



Las máquinas empleadas en el proceso son generalmente prensas hidráulicas que varían desde la operada a mano, hasta la totalmente automática.

La función de la prensa es la de aplicar la presión necesaria y al mismo tiempo el calor suficiente para plastificar y curar los materiales termofraguantes. El calor se puede suministrar mediante vapor, líquidos calientes, resistencias eléctricas o rayos infrarojos.

Los materiales más empleados en este proceso son el fenol-formaldehído (baquelita), con el que se fabrican gabinetes de radios, mangos para plancha, aspas de ventilador etc. La melamina para vajillas, hojas de formica y telefonos entre otras.

2.- MOLDEO POR TRANSFERENCIA. (plásticos termofraguantes.)

El método de moldeo por transferencia se realiza colocando el granulado o las preformas en una cámara de presión que esta sobre el molde, como se ilustra en la (Fig. 2.). Luego se plastifica el material por calor y presión y se inyecta a las cavidades del molde como líquido caliente donde el material cura y se endurece.

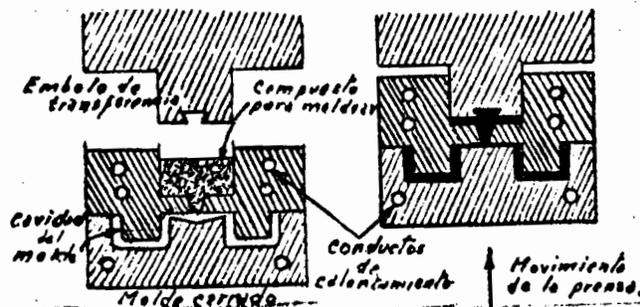


FIG. 2.- MOLDEO POR TRANSFERENCIA.

Este proceso es especialmente aplicable para la fabricación de piezas que requieran pequeños insertos metálicos, ya que el material plástico caliente entra al molde en forma gradual y sin gran presión. Así mismo, es aplicable a piezas complicadas y a aquellas que tienen grandes variaciones en el espesor de su sección. El proceso difiere del moldeo por inyección de materiales termoplásticos en que el molde se mantiene caliente en todo tiempo y las piezas se extraen sin ser enfriadas.

3.- MOLDEO POR INYECCION. (Materiales termoplásticos.)

Las máquinas de moldeo por inyección se definen por la presión en toneladas, con la cual son aseguradas las matrices así como por la cantidad de material inyectado por ciclo. La mayoría de las máquinas de éste tipo, tienen una capacidad de sujeción de los moldes que varía de 20 a 1135 Tons. y la capacidad de moldeo por inyección es de 28 gs. a 8.5 kgs.

Las máquinas de inyección se construyen en tres tipos principales de arreglos: Máquinas horizontales, máquinas horizontales con la unidad de calentamiento e inyección en posición vertical y máquinas totalmente verticales.

Las máquinas más usuales tienen capacidades de 55 a 225 gs.; sin embargo, son preferidas las de capacidades de 225 a 450 gs. para ser usadas en la fabricación de piezas pequeñas en moldes de cavidades múltiples.

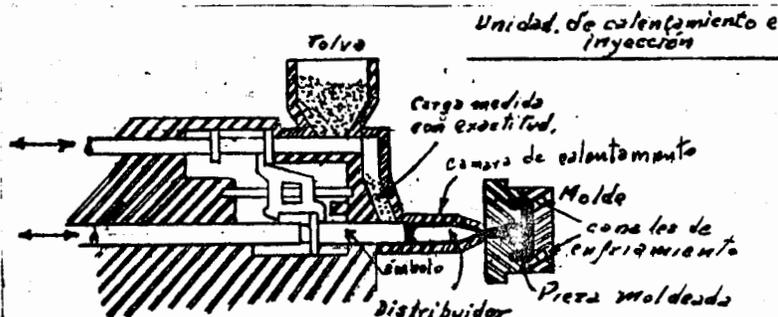
Descripción del proceso. - El material se alimenta por gravedad desde una tolva (Fig. 3.), pasando por un aparato medidor de volumen a una cámara cilíndrica de calentamiento, (225-260°C.), en donde se plastifica e inyecta al molde cerrado bajo considerable presión (hasta 200 kg/cm.) donde el producto acabado se endurece por efecto del enfriamiento producido por el agua que circula por conductos existentes en los moldes.

La construcción cilíndrica de las cámaras de calentamiento y el distribuidor en forma de torpedo, forman una capa de material suficientemente delgada de manera de asegurar el calentamiento rápido y uniforme.

Una vez que se retira el émbolo de inyección se abre el molde y el producto es expulsado. Las coladas y ramificaciones son separadas de las piezas y colocadas en depósitos para posteriormente reprocesarse.

La velocidad de producción puede ser de 2 a 6 ciclos por minuto. Las inserciones de metal, tales como cojinetes, contactos o tornillos, se pueden aplicar en el molde y vaciarse íntegramente con el producto.

FIG. 3.- MOLDEO POR INYECCION.



4.- MOLDEO POR EXTRUSION.

Este proceso de formado es casi exclusivo de los materiales termoplásticos, tales como resinas de vinilo, poliestireno, polietileno, polipropileno, nylon, etc. Los materiales termofraguantes no se adaptan muy bien a este proceso debido a la rapidez con que endurecen; sin embargo, llega a emplearse reducidamente en la fabricación de tubos de pared gruesa.

El material granulado se coloca en la tolva de la máquina (Fig. 4.) de donde pasa directamente a la cámara de calentamiento para ser transformado en una masa viscosa y densa, forma en la cual es forzado a fluir a través de la matriz de extrusión que optura la cámara. La matriz o dado de extrusión, tiene una perforación con el perfil de la forma que se desea obtener.

El alimentador del material plastificado es del tipo de tornillo sin fin, como se muestra en la Fig. 4.

Al abandonar la matriz, el material ya sale formado e inmediatamente es enfriado por aire, agua o por contacto con una superficie fría, que suele ser una banda transportadora donde se enfría y endurece gradualmente.

Por este método se pueden fabricar tubos (poliducto), barras de diferentes secciones, (redonda cuadrada, rectangular, hexagonal, etc.) revestir conductores eléctricos con dos capas de material plástico de diferentes características.

FIG. 4.- MOLDEO POR EXTRUSION.

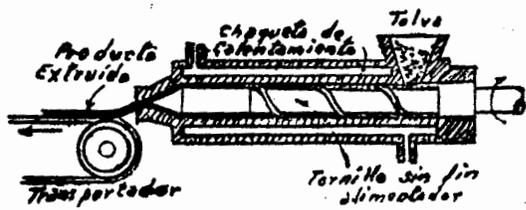
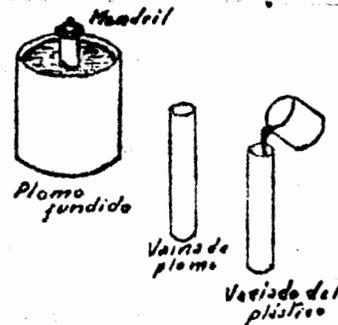


FIG. 5.- MOLDEO POR VACIADO.



5.- MOLDEO POR VACIADO O COLADO.

La secuencia del proceso se presenta en la Fig. 5 y son los materiales termofraguantes los que más se emplean, dentro de las cuales figuran los fenoles, poliésteres, epóxidos y resinas acrílicas. Las resinas acrílicas en particular tienen gran aplicación en la fabricación de lentes ópticos por su excelente transparencia.

Los plásticos se vacían cuando el número de piezas a fabricar no amerita la construcción de matrices que siempre son de elevado costo.

El proceso consiste en vaciar el material termofraguante en estado líquido, al que se le ha agregado previamente cierta cantidad de endurecedor, en un molde que puede ser de yeso, vidrio, madera o metal. Es frecuente usar moldes de plomo como el que se indica en la Fig. 5, los cuales se forman sumergiendo un mandril de acero en un baño de plomo fundido de manera que se forme una cáscara en torno de él y que después que solidifique se desprenda, formando así la cavidad del molde. Se pueden introducir corazones de plomo, yeso o hule si la pieza lo amerita.

Por este método se pueden fabricar varillas cortas, tubos y perfiles que deban tener procesos de maquinado posteriores. Las superficies maquinadas se presentan blancas y opacas pero pueden hacerse transparentes por cualquier sistema de pulido.

Otra aplicación del proceso de vaciado es la fabricación de artículos de bisutería, así como de perillas y cajas de relojes e instrumentos; también se fabrican piezas de plástico reforzado con fibra de vidrio.

6.- MOLDEO POR LAMINADO.

Este proceso también es conocido con el nombre de formado de películas y hojas y agrupa tres métodos diferentes que son:

a) Formado de películas por satinado

b) Formado de hojas y películas por extrusión.

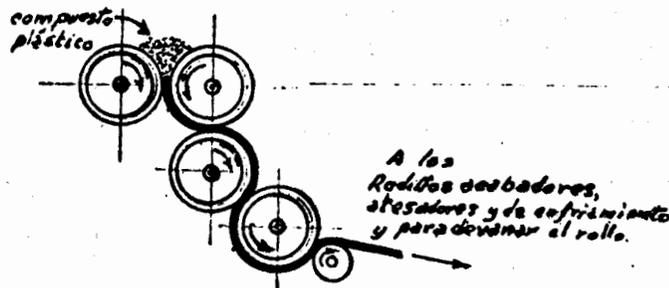
c) Plásticos laminados.

a) La mayoría de las hojas delgadas se hacen por satinado o extrusión. El satinado consiste en hacer pasar entre parejas de rodillos, hojas delgadas de materiales termoplásticos. (Fig. 6.)

El material compuesto por resina plastificante, relleno y pigmentos colorantes es precalentado antes de alimentarlo al satinador. El espesor de la hoja producida depende de la separación de los rodillos laminadores, así como de la velocidad de los rodillos acabadores que estiran el plástico para calibrarlo. Antes de que la película sea devanada pasa por unos rodillos enfriados por agua.

Este es el método principal para fabricar películas y hojas de vinilo, polietileno, acetato de celulosa, así como azulejos de vinilo.

FIG. 6.- FORMADO DE PELICULAS POR SATINADO.



b) Para fabricar hojas de polipropileno, polietileno o poliestireno se emplea un proceso de extrusión como el indicado en la (Fig. 7.)

Una vez que ha sido compuesto el material, se coloca en la tolva alimentadora, se calienta abajo de 316°C . y se forza dentro de la matriz por medio del alimentador de tornillo, a presiones de 140 a 280 kgs/cm².

El espesor de la lámina se controla por medio de la combinación de la barra estranguladora y la abertura de la matriz. Después de extraída la lámina, pasa por una pareja de rodillos cromados, enfriados por aceite o agua, antes de cortarse a la medida. Se recomienda el enfriamiento con aceite ya que la temperatura debe mantenerse a 120°C . aprox., para la correcta curación.

La mayoría del material en hojas hecho en esta forma es de menos de 25 mm. (1") de espesor, calibrándose a espesores menores por laminado.

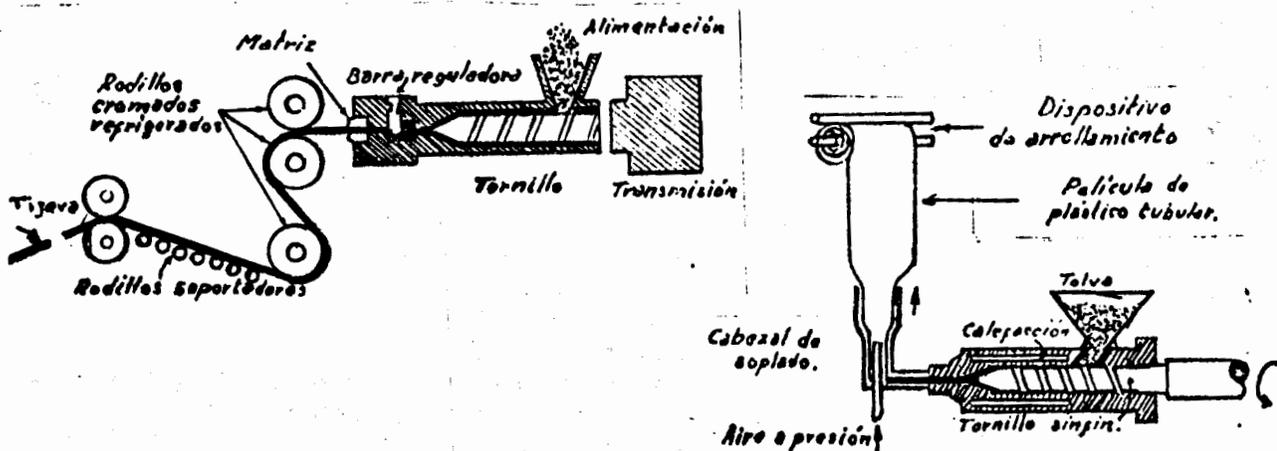


FIG. 7.- EXTRUSION DE HOJAS Y PELICULAS DELGADAS

FIG. 7-A. EXTRUSION DE PELICULA TUBULAR

c) Plásticos laminados.

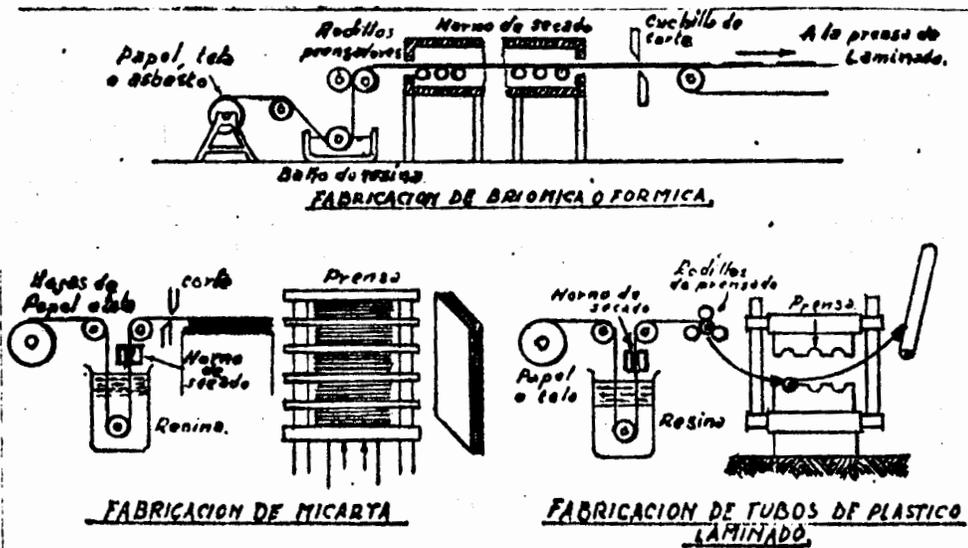
Se fabrican a partir de hojas de papel, tela, asbesto, madera o materiales similares, los cuales primero se impregnan con resina y luego se procesan bajo presión y calor para formar materiales comerciales. Estos son duros y fuertes, resistentes al impacto y no son afectados por el calor y la humedad. Además, tienen propiedades apropiadas a numerosas aplicaciones eléctricas.

El producto final puede estar formado de una sola hoja o de cientos de ellas, dependiendo del espesor y propiedades deseadas. También se pueden obtener varillas, tubos y perfiles especiales. El material obtenido es maquinable, por lo que pueden hacerse manijas, engranes, cojinetes, etc.

En la fabricación de productos laminados, la resina se disuelve con algún solvente para convertirla en barniz líquido. Los rollos de papel o tela pasan por un baño de impregnación como se ve en la Fig. 8., después del baño pasa por los rodillos, luego al horno de secado y finalmente son cortadas a medida.

Para hacer placas gruesas se colocan grupos de láminas entre dos placas metálicas pulidas y se comprimen en una prensa hidráulica. Bajo la acción del calor y la presión se obtienen placas rígidas y duras con características diversas. Para fabricar piezas tubulares, se devanan a máquina tiras de material ya preparado alrededor de un mandril de acero y se curan colocándolos en un horno de aire caliente circulante o se someten a presión y calor en un molde tubular.

FIG. 8.- DISTINTOS METODOS DE FABRICACION DE PLASTICOS LAMINADOS.



7.- Soplado o formado al vacío.

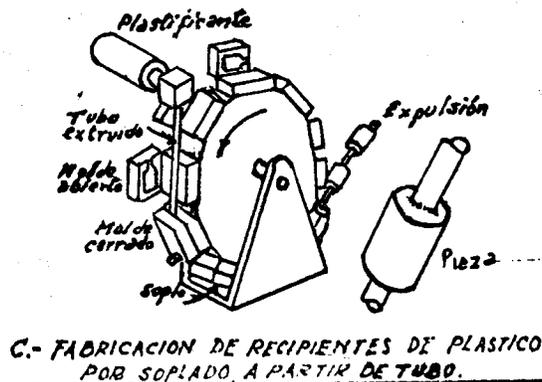
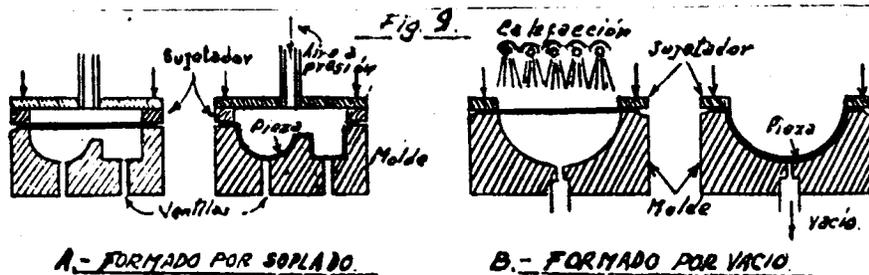
Muchos materiales plásticos se pueden formar como piezas huecas por presión de aire o por vacío parcial, calentando las hojas o láminas de plástico hasta llevarlas a una condición suave y plegable como se indica en la (Fig. 9)

Para obtener piezas formadas por este método, se colocan las láminas de plástico sobre la superficie de la cavidad del molde (Fig.9), y se sujetan mediante un anillo o marco y se calientan por medio de resistencias, vapor de agua o rayos infrarrojos, a continuación se sopla aire a presión sobre la superficie de la hoja a formar, de manera que la presión del soplo produzca el entallado del material a la cavidad del molde.

Cuando en lugar de aire a presión se emplea un vacío parcial, el conformado del material se logra por la presión atmosférica. En ambos casos el material debe ser precalentado. Por este proceso se fabrican botellas y recipientes de materiales tales como el polietileno, nitrato de celulosa y acrílicos.

En la fabricación de botellas y recipientes, el proceso se inicia a partir de un tubo de material termoplástico que se extruye desde un plastificador hacia el interior de un molde abierto. Cada extremo del tubo es fuertemente sujetado - al cerrar las dos mitades del molde, como se indica en la (Fig. 9). A continuación y mediante un tubo colocado en el centro y en la parte superior del molde, se sopla aire a presión para que las paredes del tubo de plástico se entallen a las paredes del molde.

FIG. 9.- FORMADO POR PRESION DE AIRE O POR VACIO.



C.- FABRICACION DE RECIPIENTES DE PLASTICO POR SOPLADO A PARTIR DE TUBO.

MOLDES PARA FORMADO DE PLASTICOS.

Los moldes para los procesos de compresión e inyección se fabrican de aceros aleados y se tratan térmicamente, son similares a las matrices para fundición a presión. Los dados para inyección y compresión deben tener ahusamientos y biselados para facilitar la salida del producto. Las superficies de los moldes deben tener muy buenos acabados para que las piezas tengan superficies brillantes, con malos acabados se obtienen superficies opacas.

Las tolerancias por contracción varían de 0.003 a 0.009 cms/cm., según el tipo de material y el proceso empleado.

En los procesos de laminado y satinado se emplean rodillos con las superficies de trabajo cromadas.

En los procesos de formado por soplo de aire o vacío, se pueden emplear moldes metálicos, de madera, de yeso o de resinas epóxicas.