

sible; este tipo se emplea para el desbaste de lingotes de gran tamaño; para operaciones menores pueden utilizarse los laminadores "trio", es decir, un juego de tres cilindros, uno encima del otro, pasando el material primero por los dos inferiores y al regreso entre el cilindro medio y el superior. En otro tipo, llamado universal, además de los cilindros con eje horizontal, se incluyen a uno y otro lado, cilindros con eje vertical, que limitan el crecimiento lateral del material. Para formas sencillas, a menudo es suficiente con un solo laminador, pero las formas complicadas requieren la aplicación de dos ó más laminadores, a menudo con operaciones intermedias de recalentamiento, formando lo que se llama un tren de laminado. Si se llevan a cabo varias operaciones en dos ó tres laminadores, pasando y regresando el material varias veces por un mismo laminador con diferentes formas, el proceso se llama semi-contínuo y si se pasa una sola vez por cada molino, necesitándose gran número de éstos para terminar la operación, el proceso se llama contínuo. En los laminadores para lámina, se ha introducido una modificación que consiste en detener ó fijar la lámina en un rodillo y pasandola por laminadores a otro rodillo enrollador, de tal modo que además de la presión, se produzca un estiramiento, para producir un producto mas fino y de dureza mas uniforme.

b. Forjado.- Consiste en darle forma al metal presionandolo ó golpeandolo contra un molde apropiado, ya sea a mano, mediante un martillo pilón o prensas de forjado, se prefieren estas últimas, tanto por su economía y precisión, como por la más perfecta acción compresora; tiene muchas variantes, recibiendo nombres apropiados como: troquelado, matrizado, estampado, etc. Se desarrolla comunmente con el metal previamente calentado, teniendo efectos similares al laminado, aumentando la tenacidad, mejorando la naturaleza del material haciendolo más compacto y fibroso; en los hierros de pudelado, elimina las partículas de escoria aprisionadas. Por lo general, las piezas forjadas tienen una aplicación secundaria en construcción, empleandose sobre todo, para formar enlaces de barras especiales, articulaciones, flechas, piezas de unión, etc. (Tipos)

1o. Forjadura a mano o en Matriz abierta.- Se deriva del trabajo de herrería, se emplea para piezas en cantidad pequeña, de forma irregular o demasiado grandes para caber en matrices de impresión cerrada. Consiste en batir el metal entre un par de matrices planas o abiertas, con un martillo pilón de vapor ó pequeños martillos mecánicos, a veces en prensas, usando cuando sea necesario, herramientas manuales para dar algunos detalles de la forma final.

2o. Recalado.- Comprende el forjado en prensas horizontales de doble efecto, de piezas tales como: remaches, pernos, argollas, piezas en bruto para ruedas dentadas, piñones, etc. En esta operación, el metal en estado plástico, es forzado a tomar la forma de la cavidad de la matriz, por medio de presión. El molde está formado por dos matrices, una fija y otra móvil y como en el caso de la forjadura a martinete, se pueden necesitar varias operaciones o movimientos para el acabado de las piezas.

3o. Troquelado.- En este procedimiento, se da la forma al producto en barras, dejando caer varias veces un martillo ó martinete que puede pesar tanto como 2,500 Kgs, sobre el metal colocado sobre un dado con la forma del objeto; algunas veces, aparte del golpe del martillo, se aplica una presión de aire o de vapor, llaman-

doseles en este caso martinetes de caída controlada, porque el operario puede producir, según lo deseé, golpes suaves ó fuertes. Aunque esta operación se emplea para grandes piezas, también puede servir para piezas pequeñas que requieran exactitud. La deformación efectuada tiene efecto principalmente dentro de los cristales, produciendo en ellos un máximo de deformación y un mínimo de desplazamiento, es decir, que se efectúa el máximo efecto en el centro, tendiendo el metal a abombarse hacia los lados.

4o. Estampado o Matrizado.- Es la operación de forjado mediante prensas, generalmente mecánicas, a veces hidráulicas (pueden tener presión de aire o de vapor), aplicada a la obtención de piezas simétricas en gran cantidad, ya sea para automoviles, aviones, industria naval, etc; de aleaciones como: Bronces, Latones y Acero. y metales como: Aluminio, Zinc y Magnesio. Requiere el uso de una matriz especial que es sumamente costosa y el empleo de trozos de material libres de defectos, por que éstos se acentúan con la presión. Estos trozos se preparan mediante un forjado preliminar, para darle una forma aproximada al perfil final, facilitando así su entrada a la matriz. Para piezas complicadas de gran tamaño, es necesario hacer dos ó más estampados. El estampado inicial se efectúa a temperatura más alta y es seguido de un desbarbado o rebabeado, sobre todo tratandose de piezas con ángulos ó codos, por ejemplo cigüeñales. Se usa para acuñación y para acabar a medida muchas piezas forjadas a martinete y por recaladura. Estos tres últimos métodos comprenden la Forjadura en Matrices cerradas.

c. Estirado.- Se usa principalmente para la fabricación de alambres y algunas varillas y tubos, para esto se parte de un rollo de alambón de 1/4" o 1/2", el cual se introduce en una solución de ácido sulfúrico (piclado) para eliminar el óxido, después se enjuaga y se introduce en agua de cal. La operación consiste en disminuir la sección, pasando el alambre en frío a través de orificios cada vez de menor diámetro y enrollandolo en rollos en frío.

d. Extrusión.- Consiste en aplicar suficiente presión a una varilla o cercha, para obligarla a pasar a través de un orificio o dado con la forma de pieza que se quiere obtener, se obtiene así una cinta o varilla de sección constante, la cual se corta a la longitud deseada. La Extrusión se hace siempre a elevadas temperaturas, aunque algunos metales, como los aceros de bajo carbón pueden trabajarse en frío. Se emplea para la producción de gran cantidad de formas de sección constante tanto si son sólidas como huecas pero de grosor uniforme, por ej: tubos, largueros para alas de aviones, etc.

Este proceso también tiene importancia para materiales no metálicos, como productos de arcilla y plásticos.

III. UNION DE PIEZAS METALICAS.- A. SOLDADURA.- Pueden considerarse dos tipos principales o procesos de soldadura: Soldadura por presión y Soldadura por fusión.

a. Soldadura por Presión.- Se lleva a cabo calentando las partes que se van a unir, a una temperatura elevada sin llegar a

fusión, limpiar las superficies con algún fundente para eliminar el óxido y golpearlas juntas hasta lograr unir las por difusión entre las redes cristalinas de los metales de una y otra parte. Esto se lleva a cabo generalmente en una fragua, se emplea para cadenas, argollas, etc., a veces se acompaña por un punto de soldadura. Este tipo es apropiado para unir metales que no vayan a resistir esfuerzos pesados.

b. Soldadura por Fusión.- Como su nombre lo indica, consiste en depositar metales fundidos en la unión que se vaya a hacer, de tal modo de fundir tanto el metal depositado, como los bordes de las piezas que se van a unir. La soldadura por fusión comprende muchas variantes, pero las principales son: (1) Método del arco eléctrico, (2) Método de la soldadura autógena, (3) Método del arco eléctrico e hidrógeno atómico, (4) Proceso de la Termita, (5) Por resistencia, y (6) Procesos Modernos.

1. Método del Arco Eléctrico.- Consiste en formar un arco entre un electrodo (una varilla con fundente) y el metal que se va a soldar, que actúa como terminal positiva, de tal modo que el calor producido produzca la fusión del electrodo. Las máquinas empleadas pueden funcionar con corriente directa que son las más comunes o con corriente alterna. Los electrodos son de un metal o aleación apropiada para cada tipo de metal que se va a unir, a veces se agrega a los fundentes óxido de calcio o de titanio para aumentar la producción de calor. Este tipo se emplea para estructuras, tuberías, reparación de vaciados de fierro y acero, etc. Modernamente se han desarrollado sistemas de soldadura al arco con electrodo metálico consumible protegido por gas inerte (MGI) y con electrodo no consumible de tungsteno con gas inerte (T. G. I.).

2. Método de Soldadura Autógena.- Consiste en fundir una varilla de un metal apropiado, mediante la aplicación de una flama de un combustible, que puede ser: Acetileno, Hidrógeno o Gas, mezclado con Oxígeno, en un aditamento especial llamado "soplete," el calor producido disminuye del acetileno al gas, empleándose este último solo para metales no ferrosos y para cortar, o sea cuando se requiere poca temperatura; en el 1er. caso, se llama soplete oxiacetilénico, y en el 2o. soplete oxhídrico. El proceso puede ser "a tope", caldeando las dos partes que se van a unir, hasta licuarlas, soldándose mutuamente; éste proceso se emplea para partes delgadas. En partes gruesas, las partes que se van a unir se achafalanan previamente en forma triangular, rellenas con el metal de una varilla, que se va presentando a medida que se calienta con el soplete.

3. Método del Hidrógeno Atómico.- Se llama así porque mediante el arco eléctrico se cambia el Hidrógeno a la forma atómica (viene en forma molecular), que al transformarse nuevamente en molecular produce un calor intenso, fundiéndose la varilla, con la ventaja de que ésta fusión se efectúa en atmósfera reductora de hidrógeno, protegiéndose el metal contra la oxidación y dando magníficas soldaduras.

4. Método de la Termita.- (vease aluminotermia).

5. Soldadura por Resistencia.- Se le llama también de alta frecuencia, porque se usa corriente de 450,000 ciclos por segundo, la cual penetra en el área que se va a soldar unas pocas centésimas de milímetro, produciendo, por la resistencia del metal, temperatura su-

ficiente para soldar. Se emplea para tubos, caños, tubos en espiral y otras piezas de forma irregular, para espesores de 0.1 a 16 mm.; puede usarse con gas inerte para soldar titanio y zirconio, tiene la ventaja de que se pueden soldar juntos metales distintos.

6. Procesos Modernos.- Soldadura por Fricción.- Consiste en transformar en energía térmica la energía mecánica de dos objetos que giran en contacto recíproco, de tal modo que el calor obtenido por el roce, une por fusión ambos objetos. Se emplea para unión de tubos, manteniendo uno fijo mientras se hace girar el otro a 12,000 r.p.m. por unos 20 seg., deteniendo la rotación y aplicando una presión de 560 Kgs/cm<sup>2</sup>. Con éste proceso pueden soldarse metales diferentes, materiales plásticos y cerámicos de todos tipos y combinaciones de distintos materiales, en unos cuantos segundos.

b. Soldadura por arco de plasma.- En este tipo que es un proceso en desarrollo de la Linde, se generan temperaturas hasta de 8,000°C o más, convirtiendo en calor la energía eléctrica mediante un arco con electrodo de tungsteno que forma gas-ionizado usando Argón, el cual al contraerse genera gran cantidad de calor; a éste gas se le llama "plasma". Se emplea para revestir piezas con metales duros de alto punto de fusión, para rociar materiales refractarios, y para el corte a gran velocidad, de planchas de varios metales.

c. Soldadura Ultrasónica.- También se llama soldadura en frío, consiste en transformar la energía eléctrica de alta frecuencia en fuerza acústica, por medio de un convertidor de láminas de Níquel; la energía vibratoria clásica producida, se emplea para soldar por puntos a costura en forma semejante a la soldadura por resistencia, pero sin producirse calor lográndose mayor tenacidad y resistencia. Su uso se limita a los metales de unión difícil por medios ordinarios.

B. Unión con Remaches y Pernos.- Los remaches o roblones pueden ser de cabeza hemisférica u ordinarios y de cabeza perdida, plana u ovalada; para su aplicación se calientan al rojo en un hornito de gas y se ponen en obra remachando sobre la caña saliente introducida con unas tenazas en el agujero. Los pernos de unión constan de un tornillo con la cabeza fija, una arandela o guasa y una tuerca, no son muy efectivos, porque con las vibraciones pueden aflojarse.

IV. METALURGIA EN POLVO.- Es un proceso relativamente moderno que ha adquirido gran importancia. Consiste en producir objetos por el prensado de polvos metálicos, con posterior calentamiento, a temperatura variable según la composición del polvo y las propiedades deseadas. Los polvos pueden ser de metales (generalmente de alto punto de fusión) o de compuestos metálicos, pudiendo usarse mezclas y también incluir polvos de no metales.

Producción de los polvos.- Por descomposición de carburos metálicos gaseosos u otros gases; por electrólisis, con formación de depósitos gruesos, esponjosos o pulverulentos; por reducción de óxidos metálicos con hidrógeno u otros gases reductores; por pulverización mecánica; por atomización del metal fundido, etc.

La mayor parte son producidos por los tres primeros métodos.

Procesos.- Los polvos se mezclan en tambores giratorios o molinos de bolas, para uniformar el tamaño y el mezclado de los diferentes componentes. El polvo así obtenido se somete en moldes a la acción de una presión de 15 Tons/cm<sup>2</sup>, generalmente a la temperatura ordinaria y solo algunas veces a elevada temperatura. Las piezas obtenidas se someten a un tratamiento térmico de "Sintetización" en hornos con atmósfera controlada o al vacío, con el objeto de difundir un componente en otro, de disminuir las impurezas y de la eliminación o absorción de gases. Si se quieren hacer piezas porosas se incorporan en la Mezcla sales o metales volátiles que desaparecen en éste último paso.

Propiedades.- Las piezas obtenidas son mucho más duras que las obtenidas por cualquier otro procedimiento, presentando sin embargo mayor ligereza, debido a la porosidad que presentan; ésta es la causa también de que la resistencia sea menor que la de piezas vaciadas o forjadas de la misma aleación, a pesar de lo cual, son de gran importancia en aplicaciones especiales. Se pueden obtener materiales poco porosos, semiporosos o porosos. Las piezas porosas, después de la sintetización, se introducen en aceite, pudiendo absorber hasta un 35% de su volumen y sirven para piezas que requieran lubricación.

Las piezas pueden obtenerse con dimensiones muy precisas, con una exactitud de 0.12 mm. A pesar de tener manipulación costosa (preparación de los polvos, dados, etc), la duración de las operaciones y el número de éstas, es menor que para los procesos ordinarios, requieren maquinaria menos complicada, dando piezas más baratas, sobre todo tratándose de piezas pequeñas (la economía aumenta conforme disminuye el tamaño de la pieza).

Usos.- Para herramientas de corte resistentes al desgaste, de metales de alto punto de fusión (tungsteno, molibdeno, tántalo) o de sus carburos, solos o en matriz de Cobalto o Níquel; para cojinetes, chumaceras, etc, de metales porosos conteniendo o no grafito. Para piezas de lubricación de bronce, porosas o semi-porosas; por su economía, para piezas pequeñas, tales como magnetos, contactos, partes de radio, abanicos, etc. En la obtención de formas compactas y en la producción de piezas de repuesto para maquinaria. Modernamente se emplea para la obtención de Pseudo-aleaciones, también se está empleando ya para la obtención de lámina de cobre en forma industrial.

V. OPERACIONES COMPLEMENTARIAS O DE ACABADO.- Principalmente las piezas vaciadas, pero también las soldadas, se someten a procesos de acabado. En el caso de las primeras, una vez que se han sacado del molde, se sacuden en aparatos especiales cuando son pequeñas o se les tumba la tierra adherida mediante cinceles accionados por pistolas de aire. Las piezas ya limpias se someten a operaciones de desbarbado o rebabeado, quitándoles las partes salientes ó rebabas y las coladas, si son grandes, con mazo y si son pequeñas, con las mismas pistolas antes mencionadas. A veces se cortan en cortadoras de disco y tratándose de piezas de acero, con soplete o con Arco. Las piezas chicas una vez rebabeadas se someten a un tamboreado con trozos de acero Níquel o Acero endurecido para pulirlas o se limpian con arena ó municiones a presión, para acabar de quitar toda la arena residual.

## C A P I T U L O V

### METALES NO FERROSOS Y SUS ALEACIONES.

GENERALIDADES.- No todos los metales son de importancia industrial sino solamente unos 30 (son 70 los conocidos) y de estos pueden considerarse tres clases: Metales de importancia primaria, Metales de importancia secundaria y Metales para aleaciones. Entre los primeros se encuentran: el Hierro, Cobre, Zinc, Plomo, Estaño, Aluminio, Magnesio y Níquel. Entre los segundos están el Bismuto, Antimonio, Cadmio, Titanio, Berilio y Tántalo y entre los elementos para aleaciones: Cromo, Cobalto, Vanadio, Tungsteno, Molibdeno y Zirconio. En la última década ha aumentado notablemente la importancia del Tántalo, Titanio, Zirconio y últimamente del Berilio. Este último en la fabricación de aviones supersónicos, aparatos espaciales, cohetes y reactores nucleares.

DEFINICION Y PROPIEDADES.- Los metales, como ya se dijo anteriormente (véase Pág. 9, Cap. II), son elementos de carácter electropositivo que se depositan en el electrodo negativo en la Electrólisis. Tienen tendencia a reaccionar con elementos negativos formando sales (Cloruros, sulfuros, carbonatos, etc.) y con el oxígeno formando óxidos comunmente básicos, que reaccionan con el agua dando bases, por lo que es raro encontrarlos en la naturaleza al estado libre (Metales Nativos), hallándose en forma de dichos compuestos. Aparte de las propiedades mencionadas, poseen color característico, obscuro al estado de fin a división y variable al estado coloidal. Su tenacidad es generalmente mayor que la de los no metales. Tienen dureza, densidad y punto de fusión variables, pero generalmente elevados.

Para su estudio los metales se consideran divididos en dos tipos: I.- Metales no ferrosos, II.- Metales ferrosos (Cap. VI). Los metales no-ferrosos cambian sus propiedades con el trabajo mecánico, siendo menos afectados por los tratamientos térmicos que los ferrosos. Algunos son más resistentes que éstos a la corrosión, porque los óxidos formados inicialmente forman una cubierta protectora, por esto los sustituyen en lugares en donde pueden ser afectados rápidamente por la corrosión y en donde se requiera ligereza buena conductividad eléctrica o térmica, mejor apariencia, etc. Tienen una resistencia y un módulo de elasticidad menores que los ferrosos.

C U A D R O II

Metal	Simb.	Densidad grs/cm <sup>3</sup>	P. Fus. °C	Metal	Simb.	Densidad grs/cm <sup>3</sup>	P Fus. °C
Aluminio	Al	2.76	660	Magnesio	Mg	1.75	650
Antimonio	Sb	6.76	630	Manganeso	Mn	7.43	1245
Berilio	Be	1.82	1,280	Molibdeno	Mo	10.20	2625
Bismuto	Bi	9.82	271	Níquel	Ni	8.90	1455