



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

TES OEM
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES
ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL
ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CUADERNILLO DE APUNTES:
PROCESOS DE FABRICACIÓN

ELABORADO POR:
ING. MIRIAM MEDINA DELGADO

LOS REYES, LA PAZ, ESTADO DE MÉXICO FEBRERO 2010

ÍNDICE

Introducción

UNIDAD 1. Proceso de Obtención del Hierro y del Acero

1.1 Proceso Tecnológico de la obtención del hierro 1ª fusión	1
1.1.1 Metalurgia extractiva: producción del hierro y el acero	1
1.1.2 Fabricación del arrabio (hierro de primera fundición	1
1.1.3 Principales minerales extraídos del hierro	3
1.2 Funcionamiento y productos obtenidos	4
1.2.1 Lingotes y colada continua	4
1.2.2 Colada continua	4
1.2.3 Metalurgia de polvos	5
1.2.4 Producción y caracterización de polvos	6
1.2.5 Ventajas y limitaciones de la sinterización.....	7
1.2.5.1 Productos fabricados por sinterización.....	8
1.3 Afino del Acero	8
1.4 Procesos Tecnológicos para la obtención del acero BOF, Horno Eléctrico, Convertidores Bessemer, Thomas	9
1.4.1 Principales procesos de los hierros y aceros comerciales	9
1.4.1.1 Hornos Bessemer	9
1.4.1.2 Horno básico de oxígeno (BOF)	10
1.4.1.3 Horno de arco eléctrico	11
1.5 Clasificación y aplicación del acero	12
1.5.1 Metales de ferrosos	12
1.5.1.1 Tipos de acero	12
1.5.1.2 Elementos químicos que se encuentran en el acero	13
1.5.1.3 Formas de los metales	13
1.5.2 Metales de no ferrosos	14
1.5.3 Propiedades físicas de los metales	14
1.5.4 Clasificación de los aceros	19

UNIDAD 2. Tratamiento térmico del acero

2.1 Generalidades	21
2.2 Clasificación de los tratamientos térmicos	21
2.3 Sin cambios de composición	21
2.3.1 Recocido	21
2.3.2 Temple	22
2.3.2.1 Métodos de enfriamiento.....	22
2.3.2.2 Temperatura recomendada para el templeado	23
2.3.3 Revenido	24
2.3.3.1 Temperatura de revenido en la herramientas de acero al carbono	25
2.3.4 Normalizado.....	25
2.4 Con cambios de composición	25
2.4.1 Cementación	25
2.4.2 Cianuración.....	26
2.4.3 Nitruración.....	26

2.5 Tratamiento Termoquímicos	26
2.5.1 Gasificación	26
2.5.2 Pirolisis	27

UNIDAD 3. Procesos de cambio de forma

3.1 Fundición y colado (Al alto vacío, Centrifuga, Precisión)	28
3.1.1 Fundición centrifuga	28
3.1.1.1 Fundición centrifuga real	29
3.1.1.2 Fundición semicentrifuga	29
3.1.1.3 Centrifugado	29
3.2 Formado Mecánico (Prensado, Estirado, Cizallado, Doblado)..	30
3.2.1 Embutido profundo y prensado	30
3.2.2 Laminado	31
3.2.3 Forjado	31
3.2.4 Estirado	32
3.2.5 Extrusión	32
3.2.6 Estirado de alambre	33
3.2.7 Cizallado	34
3.2.8 Doblado y formado	35
3.3 Maquinado (tradicionales y automatizados	36
3.3.1 Maquinado tradicional	36
3.3.2 Taladro	36
3.3.2.1 Operaciones estándar	37
3.3.2.2 Accesorios para el taladro	39
3.4 Torneado	39
3.4.1 Clasificación de los tornos	40
3.4.2 Nomenclatura de las partes de un torno	40
3.4.3 Accesorios para el torno.	42
3.4.4 Cuchillas de corte	43
3.4.4.1 Tipos cuchillas para tornear	44
3.5 Fresado	45
3.5.1 Clasificación de las fresadoras	46
3.6 Maquinado automatizado	47
3.6.1 Centro de torneado C.N.C	47

UNIDAD 4. Procesos de Ensamble (No permanentes, Semipermanentes y Permanentes)

4.1 No permanentes	48
4.2 Semipermanentes..	48
4.3. Permanentes	48
4.3.1 Soldadura	48
4.3.1.1 Tipos de soldadura	49
4.3.1.2 La unión por soldadura	52
4.3.1.3 Uniones adhesivas	53
4.3.1.4 Uniones adhesivas	54
4.4 Ensamble mecánico	55
4.5 Diseño para ensamble automatizado	57
4.6 Dispositivos de montaje	58

UNIDAD 5. Otros procesos industriales plásticos, térmicos plásticos compuestos termofraguantes

5.1. Generalidades	60
5.1.1. Ventajas y limitaciones de los materiales plásticos.....	60
5.2. Tipos de plásticos	61
5.2.1 Termofraguantes	61
5.2.1.1 Fenólicas	61
5.2.1.2 Resinas amínicas	61
5.2.1.3 Resinas furánicas	62
5.2.2 Termoplásticos.....	62
5.2.2.1 Celulosas	62
5.2.2.2 Poliestirenos	62
5.2.2.3 Polietilenos.....	63
5.2.2.4 Polipropileno	63
5.3 Materias primas	63
5.4 Procesos especiales	64
5.4 Maquinado con chorro abrasivo.....	64
5.5 Maquinado con chorro de agua	64

Bibliografía

Anexos

Lista de Figuras

Lista de Tablas

Introducción

El estudio de los procesos de manufactura proporciona una base para los conocimientos avanzados de manufactura integrada por computadora. Es de suma importancia que los ingenieros industriales estén preparados para conocer las diferentes formas en que los materiales pueden procesarse así como las propiedades de cada uno de los mismos.

Los ingenieros industriales deben comprender las ventajas y limitaciones que ofrece el maquinado convencional contra el maquinado automatizado, con el objetivo que los ingenieros sean competitivos y productivos en la industria.

El cuadernillo de apuntes está apegado y desarrollado de acuerdo al temario de la materia de procesos de fabricación, desde el punto de vista teórico, sin embargo para el aspecto práctico, es necesario apoyarse en el manual de prácticas de procesos de manufactura, próximo a su publicación.

Se pretende que este material de apoyo sea de completa utilidad para el alumno, con el manual de prácticas de la misma materia y otras como son metrología, dibujo industrial, etc. y que sirvan de base para la materia de manufactura integrada por computadora, y así pasar el maquinado convencional al maquinado con las diferentes máquinas de control numérico computarizado con las que la institución cuenta.

UNIDAD 1.

Proceso de Obtención del Hierro y del Acero

OBJETIVO:

El estudiante conocerá el funcionamiento y las partes del equipo utilizado en la obtención del hierro de primera fusión y acero; su transformación durante el proceso y tipos de productos obtenidos, así como su aplicación.

1.1 Proceso Tecnológico de la obtención del hierro de 1ª fusión

1.1.1 Metalurgia extractiva: Producción del hierro y el acero

Hace muchísimos años, el hierro era un metal raro y precioso. En la actualidad, el acero, una forma purificada del mineral del hierro, se ha convertido en uno de los servidores más útiles de la humanidad. La naturaleza proporcionó las materias primas como son: mineral de hierro, el carbón mineral y la piedra caliza y el ingenio humano lo convirtió en un incontable número de productos.

El acero puede hacerse lo suficientemente duro como para cortar el vidrio, plegable como el que se encuentra en el sujetapapeles, flexible como el de los muelles, o lo bastante fuerte como para soportar un esfuerzo unitario de 3445 MPa. Puede estirarse para formar alambres de .02 mm de espesor o usarse para fabricar vigas gigantescas para construir edificios y puentes.

También es posible hacer que el acero sea resistente al calor, al frío, a la oxidación y a la acción de sustancias químicas.

1.1.2 Fabricación del arrabio (hierro de primera fundición)

El primer paso en la fabricación de cualquier hierro o acero es la producción del arrabio o hierro de primera fundición, en el alto horno. Con aproximadamente 40 m de altura, es un enorme cascarón de acero recubierto con ladrillo resistente al calor. Una vez encendido, el alto horno es de producción continua, hasta que necesite renovarse la capa de ladrillo, o hasta que disminuya la demanda de arrabio.

El mineral de hierro, el coque y la piedra caliza se miden con todo cuidado y se transportan hasta la parte superior del horno en una vagoneta de concha. Cada ingrediente se descarga por separado en el horno a través del sistema de campana, formando capas de coque, piedra caliza y mineral de hierro, en la parte superior del horno. Una corriente continua de aire caliente, que proviene de las estufas cuyas temperaturas son de 650°C pasa por el tubo atizador y las toberas para hacer que el coque arda vigorosamente.

La temperatura en el fondo del horno alcanza los 1650°C o más. El carbono del coque se combina con el oxígeno del aire para formar monóxido de carbono, con lo que se elimina el oxígeno que contiene el mineral de hierro y se libera el hierro metálico. Éste fundido, escurre por la carga y se recoge en el fondo del horno.

El intenso calor funde también la piedra caliza, la cual se combina con las impurezas del mineral y del coque para formar una nata llamada escoria. Ésta también se cuela hasta el fondo de la carga y flota sobre al arrabio fundido.

Cada cuatro o cinco horas se sangra el horno y el hierro fundido, hasta 315 ton. Fluye hacia una vagoneta para el metal fundido o de botella y se lleva a los

hornos de aceración. A veces el arrabio se moldea directamente en lingotes cortos que se utilizan en las fundiciones para hacer piezas de hierro fundido.

La escoria se extrae a intervalos más frecuentes y se vierte en una vagoneta para escoria o cazo de colada y finalmente se utiliza para fabricar aislamiento de lana mineral, bloques para construcción y otros productos.

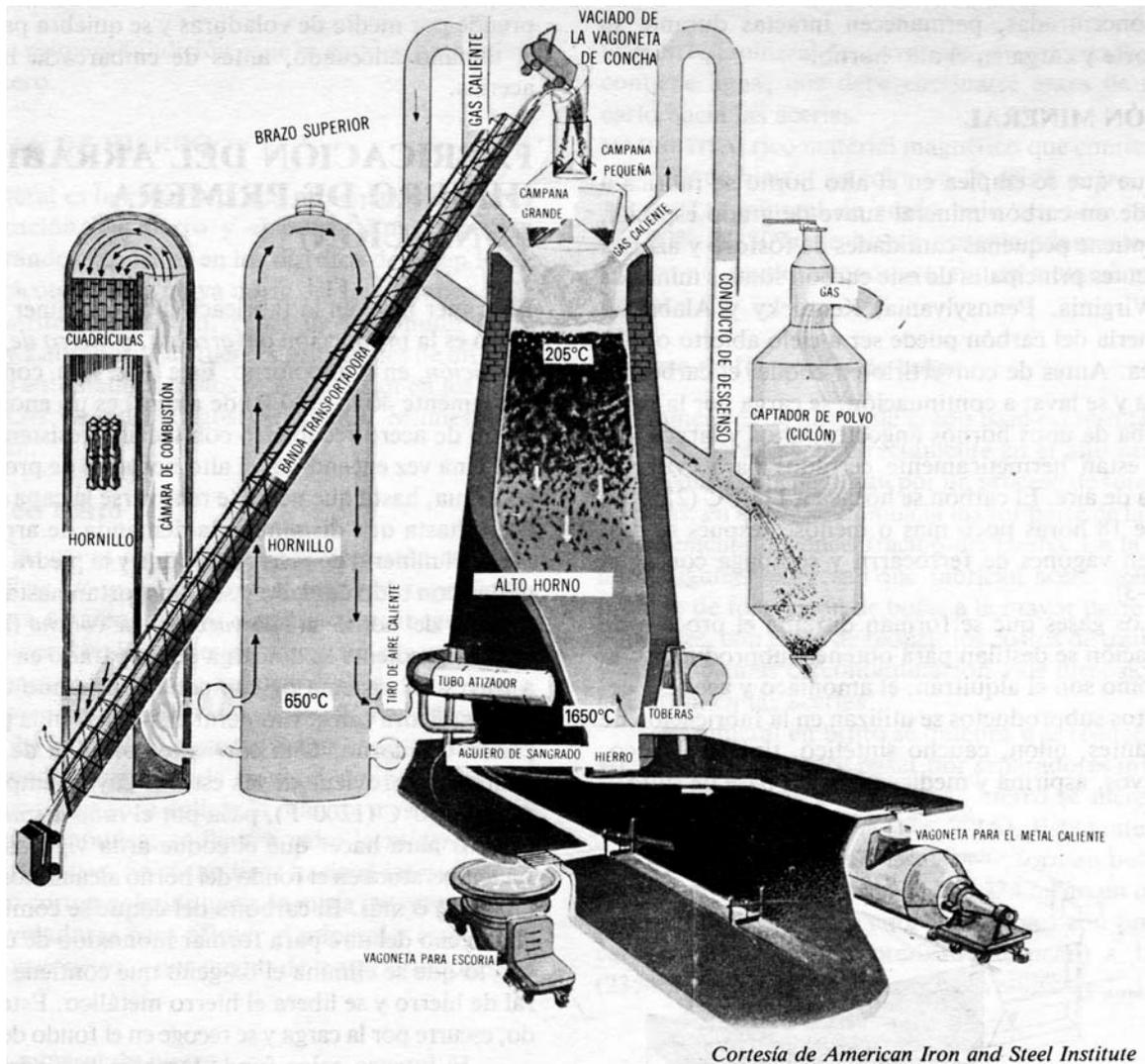


Figura 1. Vista esquemática de un Alto horno

El diagrama general de la fusión primaria del hierro integra a la mayoría de las actividades que se desarrollan en el proceso productivo. No se debe olvidar que los diagramas de flujo son una de las herramientas más utilizadas por los ingenieros industriales y que de manera automática los deben utilizar o elaborar.

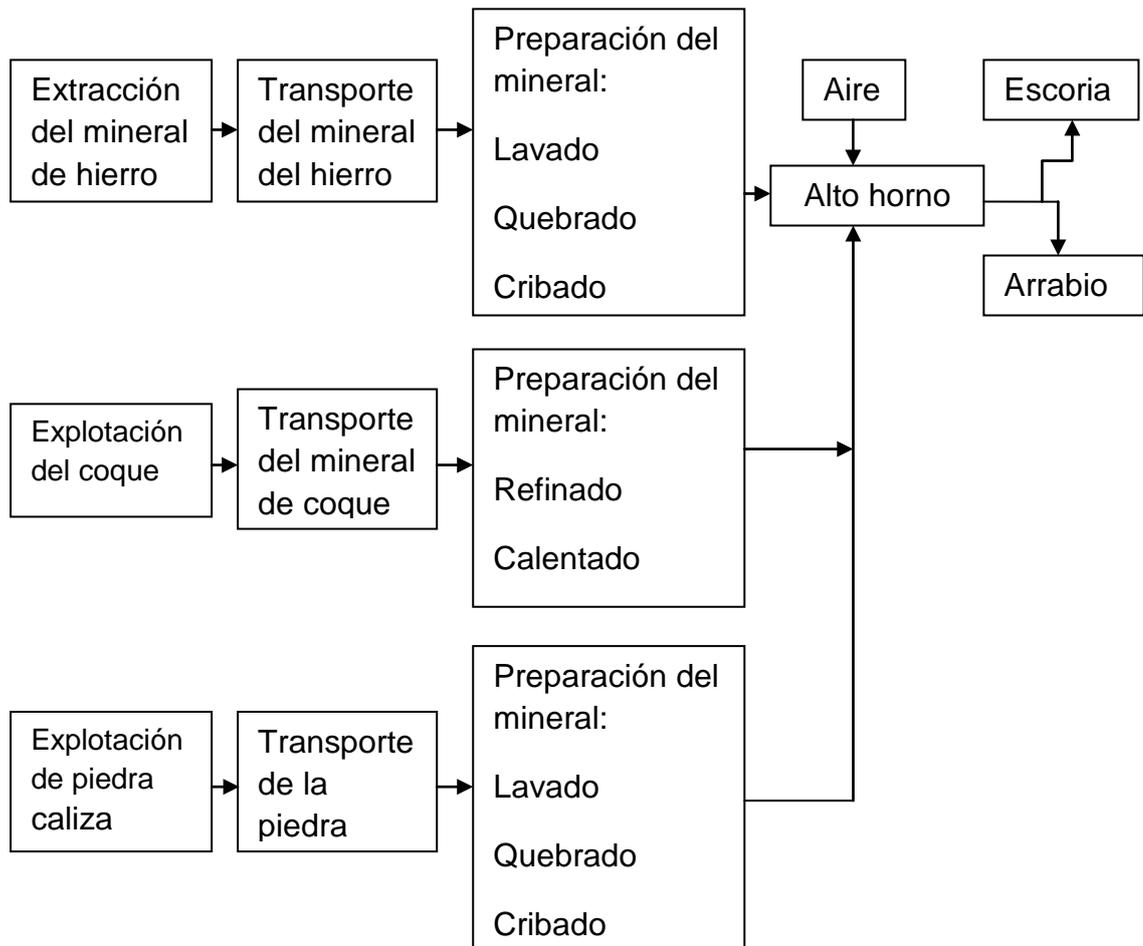


Figura 2. Producción del hierro y el acero.

1.1.3 Principales minerales extraídos del hierro

- **Hematita** (mena roja) 70% de hierro
- **Magnetita** (mena negra) 72.4% de hierro
- **Siderita** (mena café pobre) 48.3% de hierro
- **Limonita** (mena café) 60-65% de hierro

Para la producción de hierro y acero son necesarios cuatro elementos fundamentales:

- 1. Mineral de hierro**
- 2. Coque**
- 3. Piedra caliza**
- 4. Aire**

Los tres primeros se extraen de minas y son transportados y preparados antes de que se introduzcan al sistema en el que se producirá el arrabio.

El arrabio es un hierro de poca calidad, su contenido de carbón no está controlado y la cantidad de azufre rebasa los mínimos permitidos en los hierros comerciales.

Sin embargo es el producto de un proceso conocido como la fusión primaria del hierro y del cual todos los hierros y aceros comerciales proceden.

A la caliza, el coque y el mineral de hierro se les prepara antes de introducirse al alto horno para que tengan la calidad, el tamaño y la temperatura adecuada, esto se logra por medio del lavado, triturado y cribado de los tres materiales.

1.2 Funcionamiento y productos obtenidos

1.2.1 Lingotes y colada continua:

Para fabricar los diferentes objetos útiles en la industria metal metálica, es necesario que el hierro se presente en barras, láminas, alambres, placas, tubos o perfiles estructurales, los que se obtienen de los procesos de rolado.

El proceso de rolado consiste en pasar a un material por unos rodillos con una forma determinada, para que al aplicar presión el material metálico adquiera la forma que se necesita. El material metálico que se alimenta a los rodillos debe tener una forma determinada, esta forma se obtiene al colar en moldes el metal fundido que será procesado, a estos productos se les llama lingotes o lupias y pueden ser secciones rectangulares, cuadradas o redondas. Los lingotes (cilindros con un extremo menor que el otro) o lupias (lingotes de gran tamaño con secciones rectangulares) pueden tener desde 25 Kg. hasta varias toneladas, todo dependerá de para qué se van a utilizar y con qué tipo de rodillos se van a procesar.

1.2.2 Colada continua

Cuando se requiere un material de sección constante y en grandes cantidades se puede utilizar el método de la colada continua, el cual consiste en colocar un molde con la forma que se requiere debajo de un crisol, el que con una válvula puede ir dosificando material fundido al molde. Por gravedad el material fundido pasa por el molde, el que está enfriado por un sistema de agua, al pasar el material fundido por el molde frío se convierte en pastoso y adquiere la forma del molde. Posteriormente el material es conformado con una serie de rodillos

que al mismo tiempo lo arrastran hacia la parte exterior del sistema. Una vez conformado el material con la forma necesaria y con la longitud adecuada el material se corta y almacena. Por este medio se pueden fabricar perfiles, varillas y barras de diferentes secciones y láminas o placas de varios calibres y longitudes. La colada continua es un proceso muy eficaz y efectivo para la fabricación de varios tipos de materiales de uso comercial.

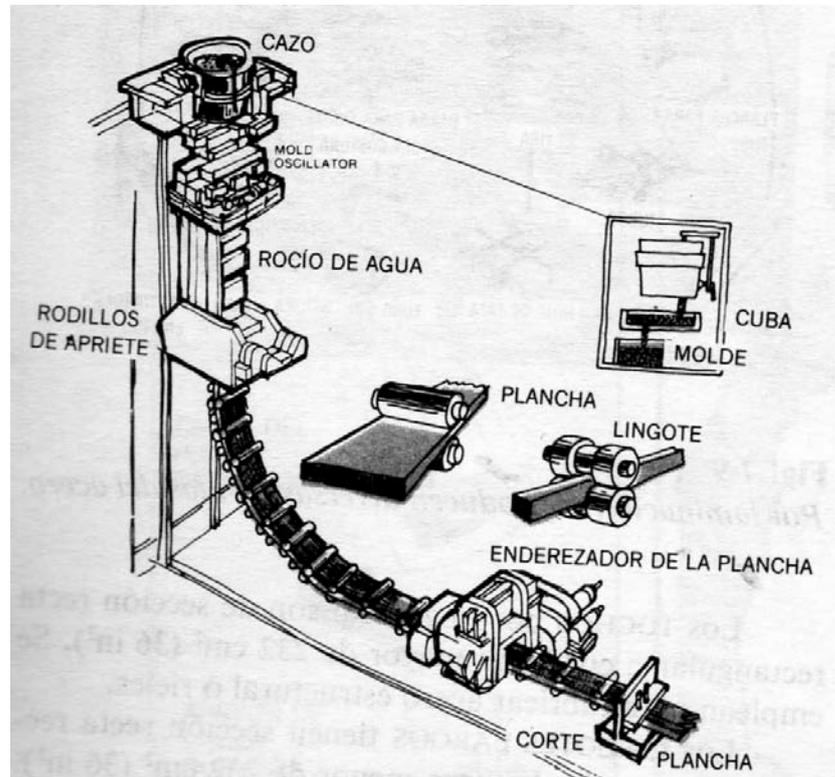


Figura 3. Proceso de fundición continua.

1.2.3 Metalurgia de polvos:

Se define como el arte de elaborar productos comerciales a partir de polvos metálicos.

En este proceso no siempre se utiliza el calor, pero cuando se utiliza este debe mantenerse debajo de la temperatura de fusión de los metales a trabajar. Cuando se aplica calor en el proceso subsecuente de la metalurgia de los polvos se le conoce como sinterizado, este proceso genera la unión de partículas finas con lo que se mejora la resistencia de los productos y otras de sus propiedades. Las piezas metálicas producto de los procesos de la metalurgia de los polvos son producto de la mezcla de diversos polvos de metales que se complementan en sus características. Así se pueden obtener metales con cobalto, tungsteno o grafito según para qué va a ser utilizado el material que se fabrica.

El metal en forma de polvo es más caro que en forma sólida y el proceso es sólo recomendable para la producción en masa de los productos, en general el costo de producción de piezas producto de polvo metálico es más alto que el de la fundición, sin embargo es justificable y rentable por las propiedades excepcionales que se obtienen con este procedimiento. Existen productos que no pueden ser fabricados y otros no compiten por las tolerancias que se logran con este método de fabricación.

El proceso de manera general consiste en:

1. Producción de polvo de los metales que serán utilizados en la pieza
2. Mezclado de los metales participantes
3. Conformado de las piezas por medio de prensas
4. Sinterizado de las piezas
5. Tratamientos térmicos

1.2.4 Producción y caracterización de polvos

El tamaño, forma y distribución de los polvos afectan las características de las piezas a producir, por lo que se debe tener especial cuidado en la forma en la que se producen los polvos. Las principales características de los polvos a considerar son:

1. Forma
2. Finura
3. Distribución
4. Capacidad para fluir
5. Propiedades químicas
6. Compresibilidad
7. Densidad
8. Propiedades de sinterización.

Forma

La forma del polvo depende de la manera en la que se produjo el polvo, esta puede ser esférica, quebrada, dendrítica. Plana o angular.

Finura

La finura se refiere al tamaño de la partícula, se mide por medio de mallas normalizadas, las que consisten en Cribas normalizadas, las que se encuentran entre las 36 y 850 micras.

Distribución de los tamaños de partículas

Se refiere a las cantidades de los tamaños de las partículas que participan en la composición de una pieza de polvo, esta distribución de tamaños tiene gran influencia en la fluidez y densidad de las partículas y en la porosidad final del producto.

Fluidez

Es la propiedad que le permite fluir fácilmente de una parte a otra o a la cavidad del molde. Se mide por una tasa de flujo a través de un orificio normalizado.

Propiedades químicas

Son características de reacción ante diferentes elementos. También se relacionan con la pureza del polvo utilizado.

Compresibilidad

Es la relación que existe entre el volumen inicial del polvo utilizado y el volumen final de la pieza comprimida. Esta propiedad varía considerablemente en función del tamaño de las partículas de polvo y afecta directamente a resistencia de las piezas.

Densidad aparente

Se expresa en kilogramos por metro cúbico. Esta debe ser constante siempre, para que la pieza tenga en todas sus partes la misma cantidad de polvo.

1.2.5 Ventajas y limitaciones de la sinterización

La sinterización es la unión de las partículas por medio del calor. Dependerá del tipo de polvo que se esté utilizando, por lo que existen tantas temperaturas de sinterización como materiales utilizados.

Ventajas

- La producción de carburos sinterizados, cojinetes porosos y bimetálicos de capas moldeadas, sólo se puede producir por medio de este proceso.
- Porosidad controlada.
- Tolerancias reducidas y acabado superficial de alta calidad.
- Por la calidad y pureza de los polvos producidos, se pueden obtener también piezas de alta pureza.
- No hay pérdidas de material
- No se requieren operarios con alta capacitación.

Limitaciones

1. Los polvos son caros y difíciles de almacenar.
2. El costo del equipo para la producción de los polvos es alto.
3. Algunos productos pueden fabricarse por otros procedimientos más económicos.
4. Es difícil hacer productos con diseños complicados.
5. Existen algunas dificultades térmicas en el proceso de sinterizado, especialmente con los materiales de bajo punto de fusión.
6. Algunos polvos de granos finos presentan riesgo de explosión, como aluminio, magnesio, zirconio y titanio.

1.2.5.1 Productos fabricados por sinterización

- Filtros metálicos
- Carburos cementados
- Engranajes y rotores para bombas
- Escobillas para motores
- Cojinetes porosos
- Magnetos
- Contactos eléctricos

1.3 Afino del Acero

En los procesos de fabricación del acero, ¿se obtiene en la colada la calidad, pureza y composiciones deseadas?. La respuesta a esta pregunta, en general, es no.

Cualquiera que sea el proceso de obtención del acero, siempre trae consigo la presencia de impurezas, gases, incrustaciones y segregaciones que hacen necesario la implementación de procesos de refinación posterior, comúnmente conocidos como “afino” del acero.

Aunque casi todo el hierro y acero que se fabrica en todo el mundo se obtienen a partir de arrabio producido en altos hornos, hay otros métodos de refinado del hierro que se han practicado de forma limitada. Uno de ellos es el denominado método directo para fabricar hierro y acero a partir del mineral, sin producir arrabio. En este proceso se mezclan mineral de hierro y coque en un horno de calcinación rotatorio y se calientan a una temperatura de unos 950 °C. El coque caliente desprende monóxido de carbono, igual que en un alto horno, y reduce los óxidos del mineral a hierro metálico. Sin embargo, no tienen lugar las reacciones secundarias que ocurren en un alto horno, y el horno de calcinación produce la llamada esponja de hierro, de mucha mayor pureza que el arrabio. También puede producirse hierro prácticamente puro mediante electrólisis, haciendo pasar una corriente eléctrica a través de una disolución de cloruro de hierro. Ni el proceso directo ni el electrolítico tienen importancia comercial significativa.

Finalmente, las técnicas y procedimientos de refinación del acero, no se encuentran fácilmente en la literatura técnica, por cuanto constituyen secretos industriales, que son la base de la competitividad.

Los modernos métodos de producción del acero utilizan el arrabio como materia prima. El afino se efectúa por los siguientes métodos: convertidor (hogar abierto), proceso de inyección por oxígeno (soplado) y con horno eléctrico.

En el primer método el afino del arrabio se efectúa dentro de un gran recipiente revestido de una materia refractaria y con el fondo perforado. La colada a una temperatura de 1300 °C se agrega al convertidor que se mantiene en posición horizontal que evita que el líquido alcance los orificios. El convertidor se

endereza y comienza el soplado de aire una vez terminada la carga. Con esto se logra una temperatura de 1600°C. El proceso con el convertidor es muy rápido y dura alrededor de 20 minutos.

Una desventaja de este método es que no permite un control muy exacto del producto. Aquí se emplean tres tipos de procesos: hierro fundido-chatarra, hierro fundido-mineral y sólo con hierro fundido.

El método de soplado consiste en introducir un tubo al recipiente justo en la superficie del arrabio, insuflando oxígeno a gran presión, que permite una reducción rápida de los componentes lográndose así un afino en un corto tiempo y con buenos resultados de calidad del acero.

Recientemente ha alcanzado gran difusión el proceso de horno eléctrico, ya sea de arco o de inducción. Con este proceso se obtienen productos de alta calidad.

El horno eléctrico está constituido por un horno recubierto de una bóveda, es con frecuencia basculante para facilitar el vaciado y la colada. Se emplean hornos de, arco independientes, hornos de arco directo con solera conductora o sin ella, hornos de resistencia, hornos de inducción. Los hornos eléctricos alcanzan fácilmente las 80 toneladas de arrabio y algunos las 200 toneladas, y permiten la utilización de acero homogéneo y bien desoxidado. Otra ventaja que presentan es la de fácil control de temperatura; así mismo alcanzan rápidamente temperaturas elevadas.

También existe otro proceso para el afino que es el Dúplex, consistente en un primer afinado en el convertidor y luego se completa en el horno eléctrico.

1.4 Procesos Tecnológicos para la obtención del acero BOF, Horno Eléctrico, Convertidores Bessemer, Thomas.

Una vez obtenido el arrabio o el hierro esponja (es de mayor pureza que el arrabio, producido en horno de calcinación y un alto horno) es necesario refinar al hierro para que se transforme en material útil para diferentes objetos o artefactos, o sea en hierro o acero comercial.

1.4.1 Principales procesos de los hierros y aceros comerciales.

1.4.1.1 Hornos Bessemer

Es un horno en forma de pera que está forrado con refractario de línea ácida o básica. El convertidor se carga con chatarra fría y se le vacía arrabio derretido, posteriormente se le inyecta aire a alta presión con lo que se eleva la temperatura por arriba del punto de fusión del hierro, haciendo que este hierva. Con lo anterior las impurezas son eliminadas y se obtiene acero de alta calidad. Este horno ha sido substituido por el BOF.

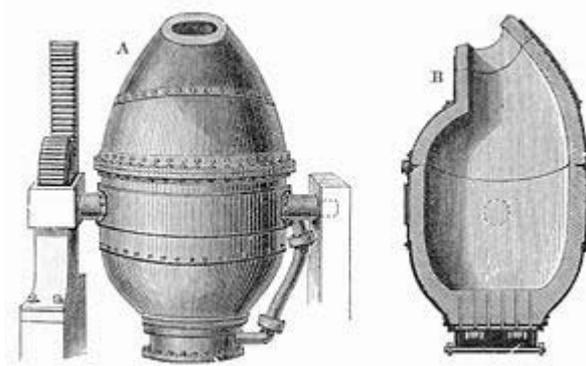


Figura 4. Horno Bessemer

1.4.1.2 Horno básico de oxígeno (BOF)

Es un horno muy parecido al Bessemer con la gran diferencia de que a este horno en lugar de inyectar aire a presión se le inyecta oxígeno a presión, con lo que se eleva mucho más la temperatura que en el Bessemer y en un tiempo muy reducido. El nombre del horno se debe a que tiene un recubrimiento de refractario de la línea básica y a la inyección del oxígeno. La carga del horno está constituida por 75% de arrabio procedente del alto horno y el resto es chatarra y cal. La temperatura de operación del horno es superior a los 1650°C y es considerado como el sistema más eficiente para la producción de acero de alta calidad. Este horno fue inventado por Sir Henry Bessemer a mediados de 1800, sólo que como en esa época la producción del oxígeno era cara se inició con la inyección de aire, con lo que surgió el convertidor Bessemer.

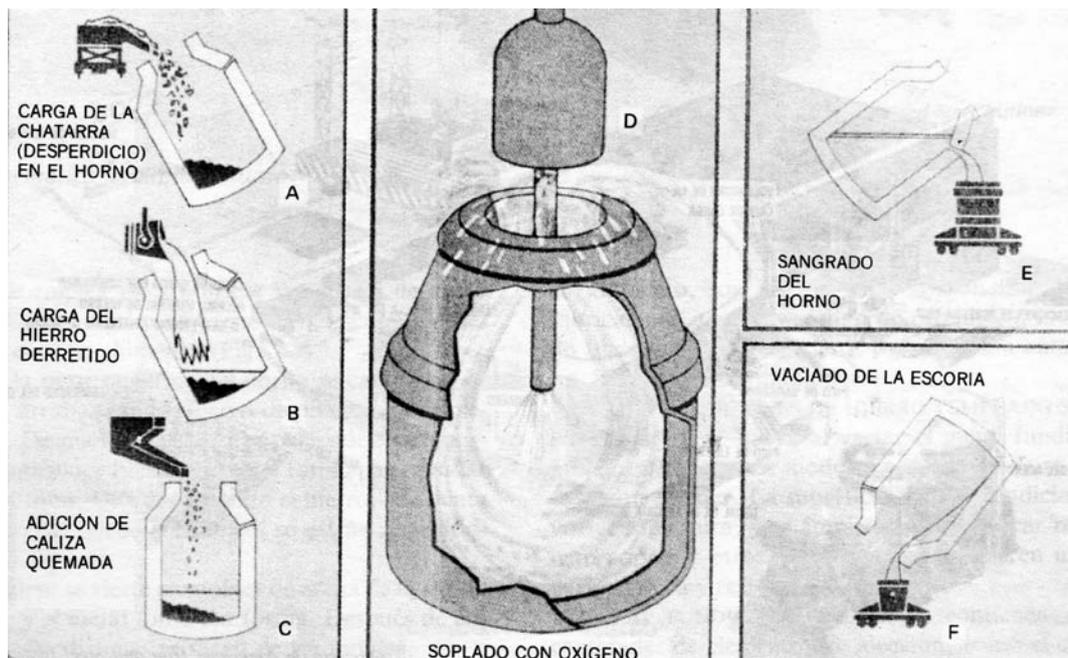


Figura 5. Funcionamiento del horno básico de oxígeno

1.4.1.3 Horno de arco eléctrico

Por lo regular son hornos que sólo se cargan con chatarra de acero de alta calidad. Son utilizados para la fusión de aceros para herramientas, de alta calidad, de resistencia a la temperatura o inoxidable. Considerando que estos hornos son para la producción de aceros de alta calidad siempre están recubiertos con ladrillos de la línea básica.

Existen hornos de arco eléctrico que pueden contener hasta 270 toneladas de material fundido. Para fundir 115 toneladas se requieren aproximadamente tres horas y 50,000 kwh de potencia. También en estos hornos se inyecta oxígeno puro por medio de una lanza. Los hornos de arco eléctrico funcionan con tres electrodos de grafito los que pueden llegar a tener 760mm de diámetro y longitud de hasta 12m. La mayoría de los hornos operan a 40v y la corriente eléctrica es de 12,000 A. Estos equipos tienen un crisol o cuerpo de placa de acero forrado con refractario y su bóveda es de refractario también sostenida por un cincho de acero, por lo regular enfriado con agua. Para la carga del horno los electrodos y la bóveda se mueven dejando descubierto al crisol, en el que se deposita la carga por medio de una grúa viajera.

Estos equipos son los más utilizados en industrias de tamaño mediano y pequeño, en donde la producción del acero es para un fin determinado, como varilla corrugada, aleaciones especiales, etc.

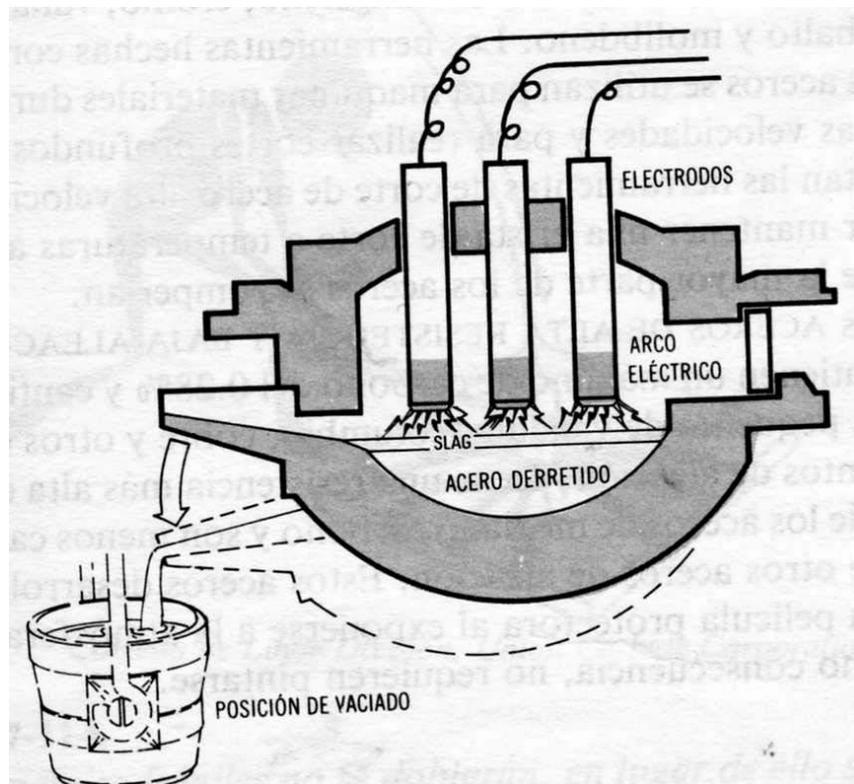


Figura 6. Horno de arco eléctrico.

1.5 Clasificación y aplicación del acero

1.5.1 Metales ferrosos

Las tres clases generales de metales ferrosos son el acero, el hierro fundido y el hierro forjado. Los metales ferrosos están constituidos principalmente por hierro, que es magnético. El acero es el metal ferroso más importante que se utiliza en el trabajo del taller mecánico.

1.5.1.1 Tipos de acero.

Acero al bajo carbono

Comúnmente llamado acero de máquina, contiene de .10% a .30% de carbono. Este acero, que se forja, se suelda y se maquina con facilidad, se emplea para hacer cosas como cadenas, remaches, pernos y tornillos, árboles o flechas, etc.

Acero de mediano carbono

Contiene de .30% a .60% de carbono y se utiliza para forja pesada, ejes de vagones, rieles, etc.

Acero al alto carbono

Por lo común llamado acero de herramientas, contiene de .60% a 1.7% de carbono y puede endurecerse y templarse. Los martillos, las barretas, etc., se hacen de acero con .75% de carbono. Las herramientas de corte, como las brocas, machuelos, escariadores, etc., se fabrican con acero que contiene de .90% a 1.0% de carbono.

Aceros de aleación.

Son aquellos que tienen ciertos metales (como el cromo, el níquel, el tungsteno, el vanadio) agregados para darles determinadas características nuevas. Mediante la adición de diversas aleaciones, el acero puede hacerse resistente al herrumbre, la corrosión, el calor, la abrasión, el choque y la fatiga.

Aceros de alta velocidad

Contiene varias cantidades y combinaciones de tungsteno, cromo, vanadio, cobalto y molibdeno. Las herramientas hechas con estos aceros se utilizan para maquinar materiales duros a altas velocidades y para realizar cortes profundos. Se notan las herramientas de corte de acero de alta velocidad por mantener una arista de corte a temperaturas a las que la mayor parte de los aceros se rompería.

Aceros de alta resistencia y baja aleación

Contiene un máximo de carbono de .28% y cantidades pequeñas de vanadio, columbio, cobre y otros elementos de aleación. Tienen una resistencia más alta que la de los aceros de mediano carbono y son menos caros que otros aceros

de aleación. Estos aceros desarrollan una película protectora al exponerse a la atmósfera y como consecuencia no requieren pintarse.

1.5.1.2 Elementos químicos que se encuentran en el acero.

El carbono

El acero puede variar del .01% al 1.7%. la cantidad de carbono determinará la fragilidad, dureza y resistencia del acero.

El manganeso

En el acero al bajo carbono hace que el metal sea dúctil y que tenga buenas cualidades para ser doblado. En el acero alta velocidad lo hace más tenaz y eleva su temperatura crítica. Normalmente el contenido de manganeso varía de .39% al .80%, pero puede ser mayor en algunos aceros especiales.

El fósforo.

Es un elemento indeseable que vuelve frágil al acero y reduce su ductilidad. En los aceros satisfactorios, el contenido de fósforo no debe ser mayor al .05%.

El silicio.

Se agrega silicio al acero para eliminar los gases y los óxidos, evitando así que el acero se vuelva poroso y se oxide. Asimismo vuelve al acero más duro y más tenaz. El acero al bajo carbono contiene alrededor del .20% de silicio.

El azufre.

Es un elemento indeseable, provoca la cristalización del acero (fragilidad en caliente) al calentar el metal hasta llevarlo a un color rojo. Un acero de buena calidad no debe contener más del .04% de azufre.

1.5.1.3 formas de los metales.

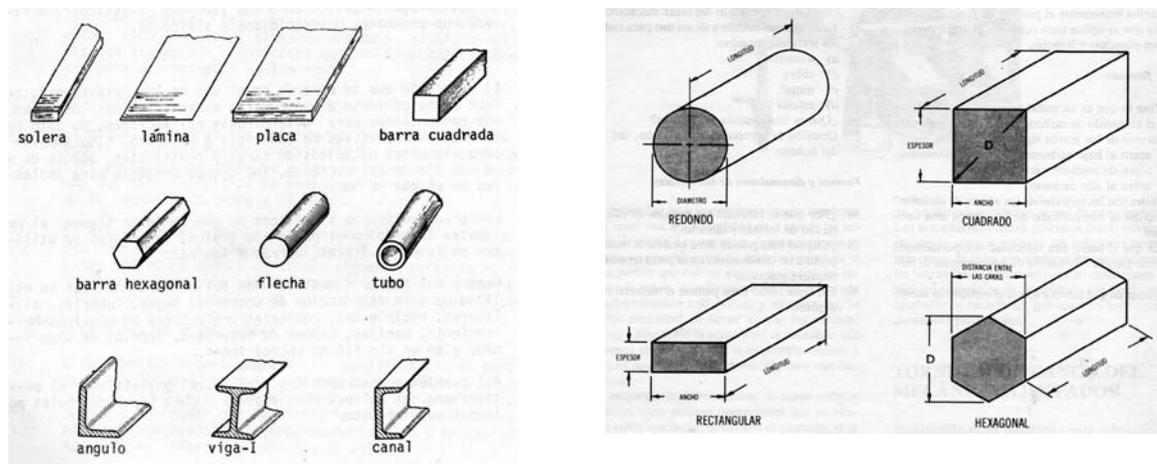


Figura 7. Formas y dimensiones de los materiales

1.5.2 metales no ferrosos

Son los que contienen poco o nada de hierro. Son resistentes a la corrosión y no magnéticos. En el trabajo del taller mecánico, los metales no ferrosos se utilizan en aquellos casos en los que ferrosos, más comunes son el aluminio, cobre, plomo, níquel, estaño y zinc.

Aluminio

Se obtiene a partir de un mineral conocido como bauxita. Es un metal blanco y suave que se emplea cuando se necesita uno que sea ligero y no corrosivo. Normalmente el aluminio se alea con otros metales para incrementar su resistencia y rigidez. Se emplea mucho en la fabricación de aviones debido a que pesa menos de un tercio de lo que pesaría el acero.

Cobre

Es un metal suave, dúctil, maleable, muy tenaz y fuerte. Y tiene un color rojizo y ocupa el segundo lugar, después de la plata, como conductor eléctrico. El cobre constituye la base de los latones y el bronce.

Plomo

Es un metal suave, maleable y pesado que tiene un punto de fusión de 327°C aproximadamente. Es resistente a la corrosión y se emplea para recubrir tinas y tanques, así como para envolturas de cable.

Níquel

Es un metal muy duro y resistente a la corrosión. Se usa para chapear el acero y el latón y se agrega al acero para incrementar su resistencia y tenacidad.

Estaño

Es un metal suave y blanco que tiene un punto de fusión de 232°C. es muy maleable y resistente a la corrosión. Se emplea en la fabricación de la hoja de lata.

Zinc

Es un elemento blanco azulado. Bastante duro y frágil. Tiene un punto de fusión de alrededor de 420°C y se emplea para galvanizar el hierro y el acero.

1.5.3 Propiedades físicas de los metales.

Podemos decir que los últimos cien años, se han caracterizado por la masiva utilización del acero.

El motivo principal está centrado en la enormidad de usos que se le puede dar, y la versatilidad de sus propiedades mecánicas. Otra ventaja, es que algunas de estas propiedades pueden ser modificadas para ajustarse al destino final que se le quiera dar al producto.

Dentro de las propiedades podemos mencionar las siguientes:

- Ductilidad
- Dureza
- Resistencia
- Maleabilidad
- Tenacidad

La primera de ellas, la **ductilidad**, se refiere a la capacidad del acero para deformarse, al soportar esfuerzos de tracción sin llegar a la rotura.

La **dureza** se define como la propiedad del acero a oponerse a la penetración de otro material.

Analizando el caso de la **resistencia**, específicamente el de la resistencia a la tracción, tendremos que ésta es la fuerza máxima por unidad de área, que puede soportar el acero al ser estirado.

La **maleabilidad** es la capacidad que presenta el acero de soportar la deformación, sin romperse, al ser sometido a un esfuerzo de comprensión. Finalmente, la **tenacidad** viene siendo la conjugación de dos propiedades: ductilidad y resistencia. Un material tenaz será aquel que posee una buena ductilidad y una buena resistencia al mismo tiempo.

La forma en que se determinan con qué propiedades cuenta un material, es mediante la realización de diferentes pruebas o ensayos. En base a ellos es posible determinar qué material es el que emplearemos, por ejemplo, en levantar determinada estructura o edificio.

Dentro de los ensayos a que se someten los aceros, destacaremos los más utilizados:

- Ensayo de tracción
- Ensayo de dureza
- Ensayo de impacto
- Ensayo de doblado

Ensayo de tracción

Debido a la gran cantidad de información que puede obtenerse a partir de este ensayo, es sin duda alguna, uno de los test mecánicos más empleados para el acero.

La versatilidad del ensayo de tracción radica en el hecho de que permite medir al mismo tiempo, tanto la ductilidad, como la resistencia. El valor de resistencia es directamente utilizado en todo lo que se refiere al diseño. Los datos relativos

a la ductilidad, proveen una buena medida de los límites hasta los cuales se puede llegar a deformar el acero en cuestión, sin llegar a la rotura del mismo.

Este ensayo consiste en someter una muestra, denominada probeta, de sección uniforme y conocida, a una fuerza de tracción que va aumentando progresivamente. En forma simultánea se van midiendo los correspondientes alargamientos de la probeta. *La figura N° 8 muestra un esquema de una máquina para ensayos de tracción. En ellas se estira la probeta a una velocidad constante.*

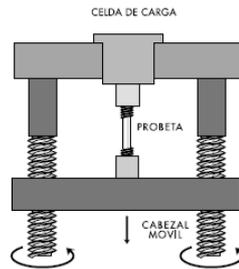


Figura 8 . Esquema de una máquina para ensayos de tracción.

Con los resultados de la elongación de la probeta, se puede graficar una curva de carga contra alargamiento, que generalmente se registran como valores de esfuerzo y deformación unitarios, y son independientes de la geometría de la probeta.

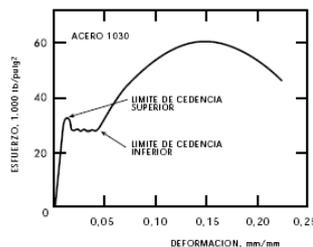


Figura 9. Curva esfuerzo-deformación

Al iniciarse el ensayo, el material se deforma elásticamente; esto significa que si la carga se elimina, la muestra recupera su longitud inicial. Se dice que el material sobrepasó su límite elástico cuando la carga es de magnitud suficiente para iniciar una deformación plástica, esto es, no recuperable. En otras palabras, el material no recupera su longitud inicial si se elimina la carga aplicada.

El esfuerzo alcanza su máximo en el valor de resistencia máxima a la tensión. En este valor de esfuerzo, se forma en la probeta una estricción o cuello, la cual es una reducción localizada en el área de la sección transversal, en la que se concentra todo el alargamiento posterior.

Una vez formado este cuello, el esfuerzo disminuye al aumentar la deformación y continúa disminuyendo hasta que la probeta se rompe.

Ensayo de dureza

El ensayo de dureza mide la resistencia de un material a la penetración de un punzón o una cuchilla. Este penetrador es también llamado durómetro.

El durómetro usualmente consta de una bolita, pirámide o un cono de un material mucho más duro que el acero que se está midiendo.

La profundidad hasta la cual penetra este material nos entrega un valor, el que está tabulando, obteniéndose así una medida de la dureza del acero.

Su uso está ampliamente extendido, especialmente dentro de las áreas de conformado y de tratamiento térmico de los aceros. Una utilización práctica, es la de dar una buena correlación entre las medidas que entrega y otras propiedades que pueden medirse directamente, como la penetración del temple de un acero.

Dado que el ensayo de dureza puede hacerse fácilmente, la información obtenida puede ser evaluada inmediatamente. Por estas razones y por su carácter no destructivo se le usa ampliamente para control de calidad en producción.

Los ensayos de dureza más utilizados en el campo ingenieril, son el Rockwell y el Brinell.

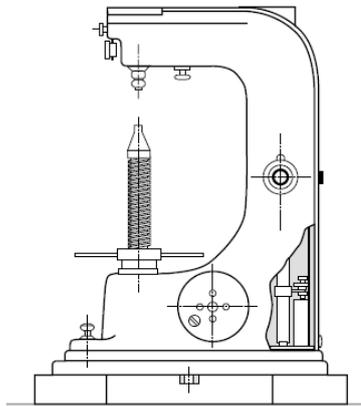


Figura 10. Máquina Rockwell.

Dureza Brinell

En él, una esfera de 10 mm de diámetro, usualmente de un acero endurecido, se presiona contra la superficie del material bajo una carga estática de 3.000 kg. El tamaño de la huella nos entrega una medida de la dureza bajo las condiciones del ensayo.

Dureza Rockwell

A diferencia del anterior, en el test de Rockwell se aplica primero una carga pequeña (de menos de 10 kg), lo que hace que el indentador penetre hasta una cierta profundidad.

Luego se aplica la carga mayor predeterminada. La diferencia en la penetración nos entrega una medida de la dureza del acero.

Ensayo de impacto

Utilizado para medir la tenacidad del acero. En esta prueba, una probeta especial del acero en cuestión, es sometida a un fuerte impacto instantáneo, producto del cual ésta se rompe muy rápidamente (véase Figura N° 4). Este hecho entrega una medida de la energía que se debe aplicar para su fractura, lo que se traduce en un índice de su tenacidad.

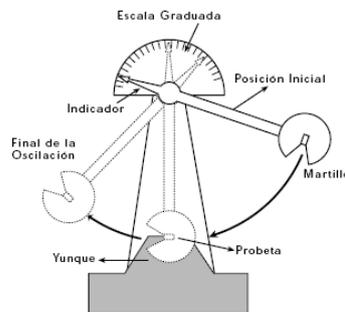


Figura 11. Máquina Charpy para el ensayo de impacto.

Si bien los resultados de los ensayos de impacto no se utilizan directamente para el diseño, son muy útiles como herramienta de la producción, ya que permiten la comparación de un acero con otro que ha dado resultados satisfactorios. Existen dos tipos de ensayo que han alcanzado gran difusión: Charpy e Izod.

Ensayo de doblado

Este ensayo sirve para obtener una idea aproximada sobre el comportamiento del acero a la flexión o esfuerzo de doblado. Se comienza el ensayo, colocando la pieza sobre dos apoyos, cuya separación está normalizada. Se aplica luego, una fuerza controlada y que aumenta paulatinamente hasta que la probeta se dobla completamente o comienzan a aparecer las primeras grietas.

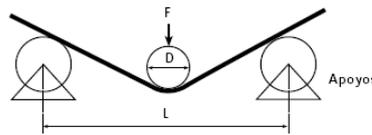


Figura 12. Esquema del ensayo de doblado.

1.5.4 Clasificación de los aceros

Con el fin de estandarizar la composición de los diferentes tipos de aceros que hay en el mercado la Society of Automotive Engineers (SAE) y el American Iron and Steel Institute (AISI) han establecido métodos para identificar los diferentes tipos de acero que se fabrican. Ambos sistemas son similares para la clasificación.

En ambos sistemas se utilizan cuatro o cinco dígitos para designar al tipo de acero. En el sistema AISI también se indica el proceso de producción con una letra antes del número.

Primer dígito. Es un número con el que se indica el elemento predominante de aleación. 1= carbón, 2= níquel, 3= níquel cromo, 4=molibdeno, 5=cromo, 6=cromo vanadio, 8= triple aleación, 9 =silicio magnesio.

Segundo dígito. Es un número que indica el porcentaje aproximado en peso del elemento de aleación, señalado en el primer dígito. Por ejemplo un acero 2540, indica que tiene aleación de níquel y que esta es del 5%.

Los dígitos 3 y 4. Indican el contenido promedio de carbono en centésimas, así en el ejemplo anterior se tendría que un acero 2540 es un acero con 5% de níquel y 4% de carbón.

Cuando en las clasificaciones se tiene una letra al principio esta indica el proceso que se utilizó para elaborar el acero, siendo los prefijo los siguientes:

- A** = Acero básico de hogar abierto
- B** = Acero ácido de Bessemer al carbono
- C** = Acero básico de convertidos de oxígeno
- D** = Acero ácido al carbono de hogar abierto
- E** = Acero de horno eléctrico

A10XXX

- A**= Proceso de fabricación
- 10** = Tipo de acero
- X** = % de la aleación del tipo de acero
- X X**= % de contenido de carbono en centésimas.

Ejemplos

S.A.E 1040 significa un acero al carbono con .40% de carbono.

S.A.E 2317 significa un acero al níquel del 3% aproximado de níquel y .17% de carbono.

S.A.E 2340 significa un acero al níquel del 3% aproximado de níquel y .40% de carbono.

Sistema SAE, AISI y UNS para clasificar aceros.

Designación		TIPOS DE ACEROS
AISI - SAE	UNS	
10XX	G10XXX	Aceros al Carbono comunes
11XX	G11XXX	Aceros maquinables, con alto S
12XX	G12XXX	Aceros maquinables, con alto P y S
13XX	G13XXX	Aceros al Manganeso, con 1,75 % Mn
15XX	G15XXX	Aceros al Manganeso, con Mn sobre 1%
40XX	G40XXX	Aceros al Molibdeno, con 0,25% Mo
41XX	G41XXX	Aceros al Cromo-Molibdeno, con 0,40 a 1,1% Cr y 0,08 a 0,35% Mo
43XX	G43XXX	Aceros al Ni-Cr-Mo, con 1,65 a 2% Ni, 0,4 a 0,9% Cr y 0,2 a 0,3% Mo
46XX	G46XXX	Aceros Ni-Mo, con 0,7 a 2% Ni y 0,15 a 0,3% Mo
47XX	G47XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 1,05% Ni, 0,45% Cr y 0,2% Mo
48XX	G48XXX	Aceros Ni-Mo, con 3,25 a 3,25% Ni y 0,2 a 0,3% Mo
51XX	G51XXX	Aceros al Cromo, con 0,7 a 1,1% Cr
E51100	G51986	Aceros al Cromo (horno eléctrico), con 1,0% Cr
E52100	G52986	Aceros al Cromo (horno eléctrico), con 1,45% Cr
61XX	G61XXX	Aceros Cr-V, con 0,6 a 0,95% Cr y 0,1 a 0,15% V mínimo
86XX	G86XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,55% Ni, 0,5% Cr y 0,2% Mo
87XX	G87XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,55% Ni, 0,5% Cr y 0,25% Mo
88XX	G88XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,55% Ni, 0,5% Cr y 0,3 a 0,4% Mo
9260	G92XXX	Aceros al Silicio, con 1,8 a 2,2% Si
50BXX	G50XXX	Aceros al Cr, con 0,2 a 0,6% Cr y 0,0005 a 0,003% boro
51B60	G51601	Aceros al Cr, con 0,8% Cr y 0,0005 a 0,003% boro
81B45	G81B51	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,3% Ni, 0,45 de Cr, 0,12% Mo y 0,0005 a 0,003% B
94BXX	G94XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,45% Ni, 0,4 de Cr, 0,12% Mo y 0,0005 a 0,003% B

Tabla 1 . Clasificación de los aceros.

UNIDAD 2.

Tratamiento térmico del acero

OBJETIVO:

El estudiante comprenderá el efecto de los tratamientos térmicos en las aleaciones ferrosas y no ferrosas.

2.1 Generalidades

El objeto de los tratamientos térmicos es mejorar las propiedades de los metales por medio del calor siendo las propiedades más afectadas la tenacidad y dureza.

Los tratamientos térmicos pueden consistir únicamente en un cambio de estructura, sin variar su composición o bien una transformación que varíe también la composición del material, especialmente en la superficie.

2.2 Clasificación de los tratamientos térmicos

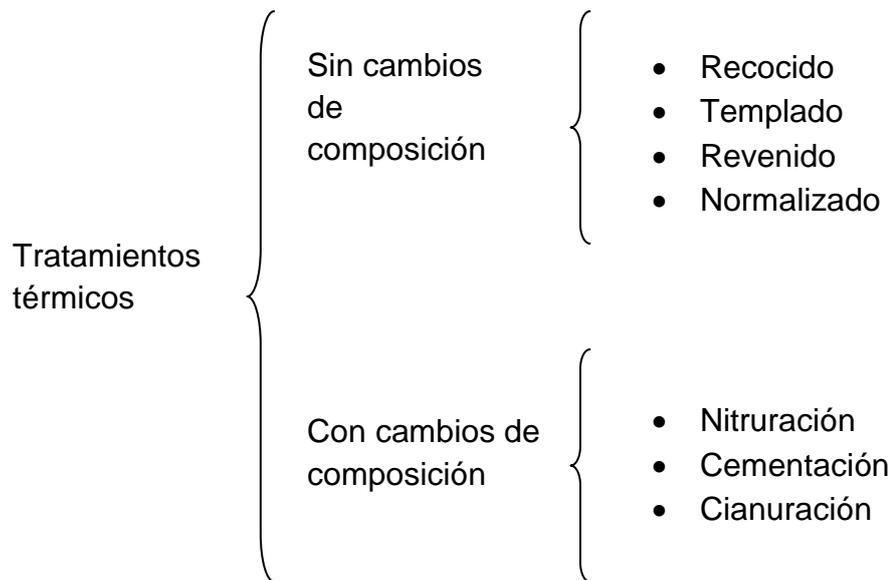


Figura 13. Clasificación de los tratamientos térmicos.

2.3 Sin cambios de composición

2.3.1 Recocido

Se emplea para obtener ablandamiento y maquinabilidad en los aceros.

Es un tratamiento parecido al normalizado, pero efectuado de manera que resulte el mayor ablandamiento posible.

Se eleva la temperatura de la pieza (600 a 700°C) y se deja enfriar lentamente (10 a 25°C por hora, generalmente dentro de ceniza o cal)

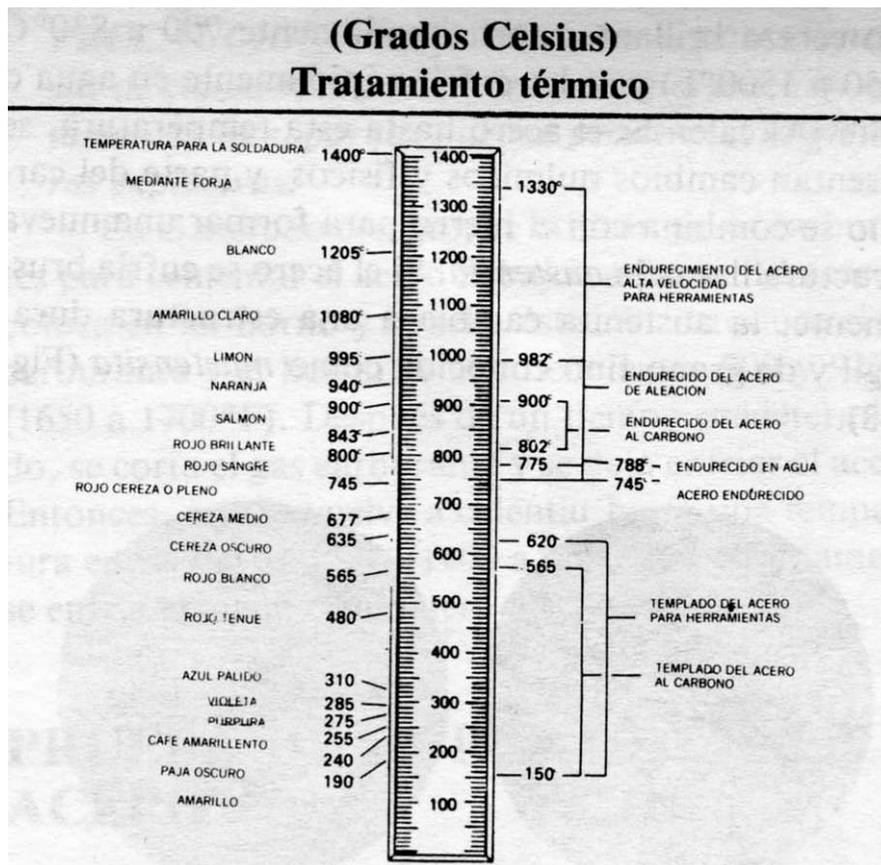


Tabla 2. Tabla de temperaturas.

2.3.2 Temple

Tiene por objeto endurecer y aumentar la resistencia del acero.

El temple consiste, en un enfriamiento rápido desde una alta temperatura (750°C - 900°C) a que se ha sometido el acero.

Para conseguir que el acero quede templado no basta haberlo calentado a la temperatura conveniente, sino que es necesario que la velocidad de enfriamiento sea la adecuada.

2.3.2.1 Medios de enfriamiento

Los medios de enfriamiento más usados son: agua, aceite y chorro de aire, aunque hay otros; así tenemos que la inmersión en mercurio u otro buen conductor de calor, produce mayor dureza y fragilidad que la inmersión en agua, mientras que el enfriamiento en aceite (temple al aceite), endurece sin fragilidad (debido a la menor acción refrigerante del aceite), y eleva por lo tanto la elasticidad, tenacidad y resistencia a la tracción del acero.

Temple al agua

Se emplea a temperaturas entre 15° y 20° C. para los aceros al carbón; por este medio el enfriamiento es más rápido y puede producir grietas a los aceros aleados.

Temple al aceite

Se emplea para aceros al carbón de menos de 5 mm de espesor y aceros aleados, hay aceites especialmente preparados para este uso, pero se pueden usar aceites de menos de Engler (no. 20), estando a una temperatura de 50° a 60°C.

Temple al aire

Para emplear al aire como medio de temple, se somete la herramienta o pieza que ha de templarse a una corriente de aire, teniendo cuidado que el enfriamiento se haga con uniformidad y en caso de herramientas, por la parte del filo. Este medio se emplea en los aceros rápidos.

2.3.2.2 Temperaturas recomendadas para el templado

Estas temperaturas estarás de acuerdo con la cantidad de carbono que contenga el acero y con relación a esto, mientras más pobre es el material en carbono, mayor debe ser el calentamiento.

Tipo de Acero	Temperatura	Tipo de Enfriamiento
Suave	845°C - 870°C	Agua
Semiduro	825°C - 845°C	Agua
Duro	805°C - 825°C	Agua

Tabla 3. Tabla de temperaturas para el templado.

Después de haber sido endurecido, el acero queda frágil y puede romperse con el golpe más ligero, debido a los esfuerzos internos provocados por el enfriamiento brusco. Para vencer esta fragilidad, el acero se temple; es decir, se vuelve a calentar hasta la temperatura deseada o color correspondiente, y, en seguida, se vuelve a enfriar con rapidez. El templado le da tenacidad al acero y lo hace menos frágil, aunque se pierde un poco de la dureza. Conforme el acero se calienta, cambia de color, y estos colores indican varias temperaturas de templado.

Tabla de colores para el templeado			
Color	°C	°F	Herramientas
Paja tenue	220	430	Cuchillas, brocas, machuelos
Pala medio	240	460	Punzones y terrajas, fresas
Paja oscuro	255	490	Hojas de corte, caras de martillos
Púrpura	270	520	Ejes, cinceles de madera, herramientas
Azul oscuro	300	570	Cuchillos, cinceles de acero
Azul claro	320	610	Destornilladores, muelles

Tabla 4. Tabla de colores para el templeado.

2.3.3 Revenido

Los aceros suelen quedar excesivamente duros y sobre todo muy frágiles después del temple, por lo que se le somete a continuación para evitar dichos efectos a otro tratamiento llamado revenido.

El revenido consiste en un nuevo calentamiento a una temperatura variable, según el resultado que se desea obtener, seguido de un enfriamiento.

Las temperaturas del revenido, se pueden medir aproximadamente por medio del color. Cuando las piezas que se revienen, están pulidas, se forma en la superficie una fina capa de óxido que va coloreándose según la temperatura.

Las temperaturas de revenido las proporciona el fabricante de aceros aleados.

Tabla de colores de revenido	
220°C	Amarillo claro
240°C	Amarillo paja
250°C	Amarillo pardusco
260°C	Rojo oscuro
270°C	Rojo púrpura
280°C	Violeta
290°C	Azul claro
300°C	Azul oscuro

Tabla 5. Tabla de colores para el revenido.

2.3.3.1 Temperaturas de revenido en las herramientas de acero al carbono

Amarillo claro.

Herramientas que necesitan gran dureza y no están sometidas a golpes bruscos: buriles de grabar, rasquetas y ralladores.

Amarillo pardusco.

Herramientas de corte expuestas a ciertos golpes; buriles para torno, cepillo, martillos de forjador, punzones, cinceles.

Rojo oscuro.

Machuelos, brocas.

Violeta o azul claro.

Herramientas que necesitan gran tenacidad, aunque menos dureza; desarmadores, hachas, hojas de tijera.

Azul oscuro.

Muelles y resortes.

2.3.4 Normalizado.

El objeto del normalizado es dar al acero afinamiento de la estructura y eliminar tensiones internas. Se emplea para piezas fundidas, forjadas y laminadas.

Consiste en un calentamiento (875 a 940° C) y un enfriamiento a temperatura ambiente. Solo puede efectuarse en aceros al carbono.

2.4 Con cambios de composición

2.4.1 Cementación

La cementación es un proceso por el cual se endurece la superficie de una pieza de acero, manteniendo intacto el núcleo del material, que resulta por esto más tenaz y resistente a los golpes.

La cementación se obtiene calentando la pieza (850 a 950°C) y se le mantiene a esta temperatura por cierto tiempo en contacto de materias que pueden ceder carbono (carbono vegetal, hueso calcinado, etc.)

2.4.2 Cianuración

La cianuración es una variante de la cementación se diferencia en que las sustancias empleadas (cianuros) contienen también nitrógeno por lo que solamente se endurece una capa muy delgada.

Los cianuros se emplean en forma de sales fundidas tales como:

- Cianuro de potasio
- Cianuro de sodio
- Cianuro de calcio

El carbono sódico cuyo punto de fusión es de 902°C sirve generalmente como materia base o fuente de baño de cianuración.

El factor principal del cual depende la profundidad de la capa cianurada, es el tiempo de permanencia del acero en el baño de sales.

Los recipientes para contener los cianuros, son usualmente de acero, pero también pueden ser de aleación cromo – níquel.

El calor puede suministrarse en hornos eléctricos o por medio de gas, que regularicen la temperatura conveniente.

No olvide que son venenosas, por lo tanto hay que evitar la inhalación de los cianuros.

2.4.3 Nitruración

La nitruración es un procedimiento en el cual por medio de absorción del nitrógeno se endurece la superficie del acero.

El elemento utilizado para dicho tratamiento es el gas amoníaco parcialmente descompuesto.

El tiempo que deben estar sometidas las piezas a la acción del amoníaco, varía entre 20 y 80 hrs.

Nota: este tratamiento debe emplearse en los aceros que los fabricantes indiquen.

2.5 Tratamiento Termoquímicos

2.5.1 Gasificación

La gasificación es un proceso termoquímico en el que un sustrato carbonoso (Residuo orgánico) es transformado en un gas combustible de bajo poder calorífico, mediante una serie de reacciones que ocurren a una temperatura

determinada en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno y/o vapor de agua).

La elección del método para llevar a cabo el proceso de gasificación depende de varios factores como el tamaño y forma del residuo, el aprovechamiento de la energía del gas producido que vaya a hacerse y, por supuesto, de los condicionantes económicos.

Por su parte el aprovechamiento energético de este gas pobre puede hacerse quemándolo inmediatamente en una cámara de combustión, o introduciéndolo en una turbina de gas o un motor de combustión interna.

El agente gasificante puede ser tanto aire, oxígeno, aire enriquecido con oxígeno, vapor de agua o hidrógeno, de modo que se obtienen diferentes mezclas de gases que a su vez pueden tener diferentes utilidades.

2.5.2 Pirólisis

La pirólisis se puede definir como la descomposición térmica de un material en ausencia de oxígeno o cualquier otro reactante. Esta descomposición se produce a través de una serie compleja de reacciones químicas y de procesos de transferencia de materia y calor. La pirólisis también aparece como paso previo a la gasificación y la combustión.

Se puede considerar que la pirólisis comienza en torno a los 250 °C, llegando a ser prácticamente completa en torno a los 500°C, aunque esto está en función del tiempo de residencia del residuo en el reactor.

A partir de la pirólisis pueden obtenerse diferentes productos secundarios útiles en función de la tecnología de tratamiento que se utilice.

Los productos primarios formados son los siguientes (en diferentes proporciones según el proceso empleado):

Gases: Compuestos principalmente de CO, CO₂, CH₄, C₂H₆ y pequeñas cantidades de hidrocarburos ligeros.

Líquidos: Compuesto por una gran mezcla de distintos productos como pueden ser: cetonas, ácido acético, compuestos aromáticos, y otras fracciones más pesadas.

Sólidos: El producto sólido de la pirolisis es un residuo carbonoso (char) que puede ser utilizado como combustible o para la producción de carbón activo.

Existen diferentes tipos de Pirolisis en función de las condiciones físicas en las que se realice. Así, factores como la velocidad de calentamiento, el tiempo de residencia, la presión, etc., tienen una influencia muy grande en la distribución de productos que se obtienen.

La carbonización es quizá el proceso de pirolisis conocido desde hace más tiempo de todos los mostrados en el cuadro anterior, y el que más importancia tiene industrialmente para la producción de carbón vegetal.

UNIDAD 3.

Procesos de cambio de forma

OBJETIVO:

El estudiante reconocerá los diferentes procesos que cambian la forma de las aleaciones ferrosas y no ferrosas, sus ventajas y limitaciones

3.1 Fundición y colado (Al alto vacío, Centrifuga, Precisión)**Hierro colado o fundición.**

La principal diferencia entre acero y hierro colado, es que el primero es plástico y forjable, mientras que el segundo no es lo suficientemente plástico para forjarlo a cualquier temperatura.

El hierro colado o fundición, fundamentalmente es una aleación a base de: hierro, silicio y carbono. El contenido de carbono es más elevado que en los aceros que varían desde 2.5 a 4.0%.

Existen dos tipos de hierro colado o fundición: la fundición gris y la fundición blanca, cuyo nombre lo recibe por el color característico en la fractura de una pieza colada.

Fundición gris

Es excelente para obtener piezas complicadas de maquinaria, pues es muy fluido cuando se halla fundido y llega con bastante facilidad a todas las partes de un molde, además de ser maquinable es duro y frágil.

Fundición blanca

Es más frágil que la fundición gris se emplea principalmente para obtener el hierro maleable, el cual se obtiene recociendo la fundición blanca y convertirla en un hierro más dúctil y tenaz.

El hierro maleable, se emplea principalmente en piezas automotrices, arados, tractores, debido a su tenacidad y resistencia al choque.

El acero y la fundición gris, son los dos materiales a los que se les exige el mayor número de propiedades.

El herrero exige propiedades excelentes de forja y soldadura, el mecánico necesita un acero fácil de trabajar, el ajustador de herramientas exige un acero que temple bien y que tenga una gran resistencia de corte, por último el fundidor exige una fundición gris que pueda moldear con facilidad.

3.1.1 Fundición centrífuga

La fundición centrífuga es un método en el que aprovecha la fuerza centrífuga que se puede generar al hacer girar el metal en torno de un eje. Existen tres tipos de fundición centrífuga:

- Fundición centrífuga real
- Fundición semicentrífuga
- Centrifugado

3.1.1.1 Fundición centrífuga real

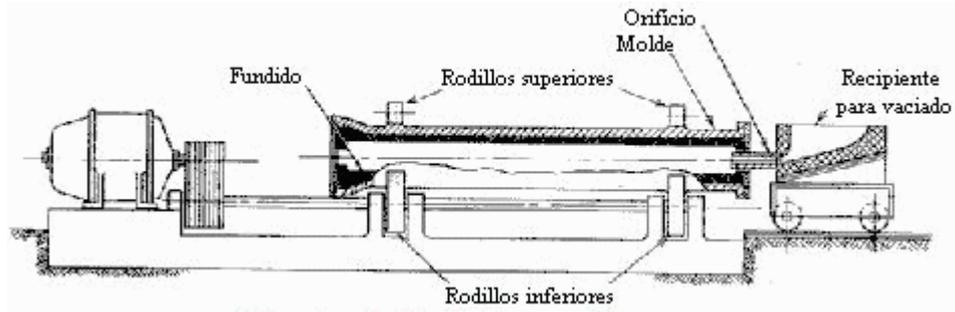


Figura 14. Máquina de de fundición centrífuga para fundición de acero.

Es el procedimiento utilizado para la fabricación de tubos sin costura, camisas y objetos simétricos, los moldes se llenan del material fundido de manera uniforme y se hace girar al molde sobre su eje de rotación.

3.1.1.2 Fundición semicentrífuga

Es un método en el que el material fundido se hace llegar a los extremos de los moldes por la fuerza centrífuga que genera hacer girar a los moldes, los extremos se llenan del material fundido, con buena densidad y uniformidad. El centro tiene poco material o de poca densidad. Por lo regular el centro en este tipo de sistemas de fundición es maquinado posteriormente.

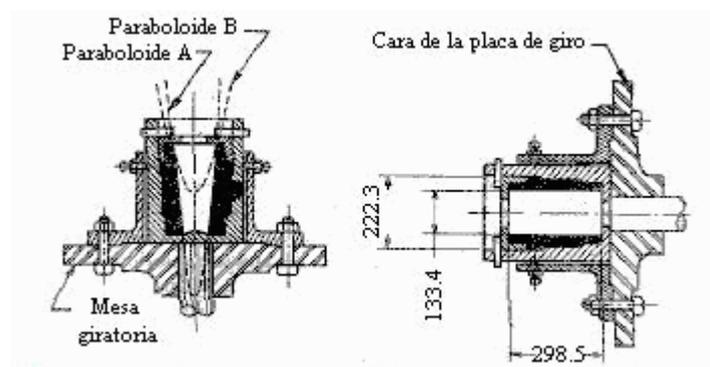


Figura 15. Método de fundición centrífuga real para cilindros.

3.1.1.3 Centrifugado

Es un sistema donde por medio de un tallo se hace llegar metal fundido a racimos de piezas colocadas simétricamente en la periferia. Al poner a girar el sistema se genera fuerza centrífuga la que es utilizada para aumentar la uniformidad del metal que llena las cavidades de los moldes.

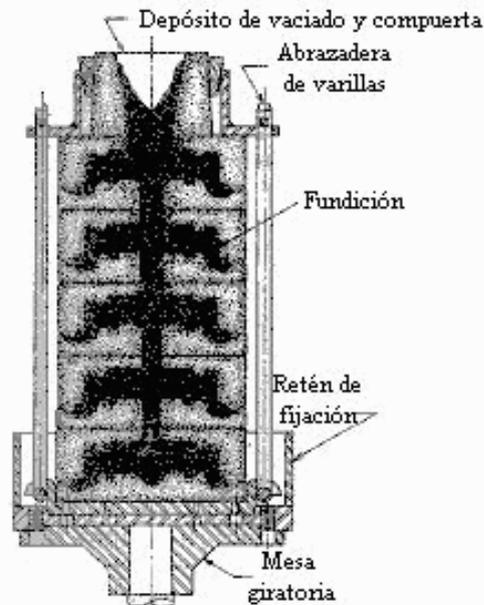


Figura 16. Moldeo centrífugo.

3.2 Formado Mecánico (Prensado, Estirado, Cizallado, Doblado)

La deformación es únicamente uno de los diversos procesos que pueden usarse para obtener formas intermedias o finales en el metal.

El estudio de la plasticidad está comprometido con la relación entre el flujo del metal y el esfuerzo aplicado. Si ésta puede determinarse, entonces las formas más requeridas pueden realizarse por la aplicación de fuerzas calculadas en direcciones específicas y a velocidades controladas.

Las maquinas, aparatos, herramientas y diversos artículos mecánicos están formados por muchas piezas unidas, tales como: pernos, armazones, ruedas, engranajes, tornillos, etc. Todas estas piezas obtienen su forma mediante diferentes procesos mecánicos (Procesos de conformado), fundición, forja, estirado, laminado, corte de barras y planchas, y por sobre todo mediante arranque de virutas.

3.2.1 Embutido profundo y prensado

El embutido profundo es una extensión del prensado en la que a un tejo de metal, se le da una tercera dimensión considerable después de fluir a través de un dado. El prensado simple se lleva a cabo presionando un trozo de metal entre un punzón y una matriz, así como al indentar un blanco y dar al producto una medida rígida. Latas para alimentos y botes para bebidas, son los ejemplos más comunes.

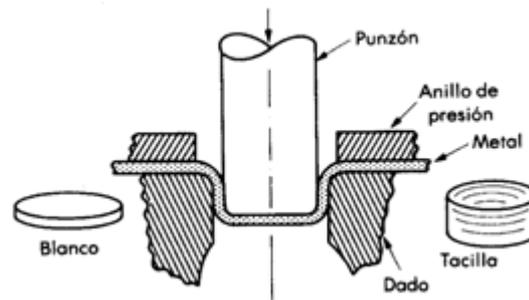


Figura 17. Embutido.

Este proceso puede llevarse a cabo únicamente en frío. Cualquier intento de estirado en caliente, produce en el metal un cuello y la ruptura. El anillo de presión en la Fig. 12 evita que el blanco se levante de la superficie del dado, dando arrugas radiales o pliegues que tienden a formarse en el metal fluyendo hacia el interior desde la periferia del orificio del dado.

3.2.2 Laminado

Este es un proceso en el cual se reduce el espesor del material pasándolo entre un par de rodillos rotatorios. Los rodillos son generalmente cilíndricos y producen productos planos tales como láminas o cintas. También pueden estar ranurados o grabados sobre una superficie a fin de cambiar el perfil, así como estampar patrones en relieve. Este proceso de deformación puede llevarse a cabo, ya sea en caliente o en frío.

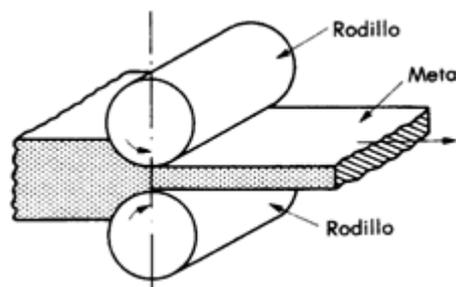


Figura 18. Laminado.

El trabajo en caliente es usado muy ampliamente porque es posible realizar un cambio en forma rápida y barata. El laminado en frío se lleva a cabo por razones especiales, tales como la producción de buenas superficies de acabado o propiedades mecánicas especiales. Se lamina más metal que el total tratado por todos los otros procesos.

3.2.3 Forjado

En el caso más simple, el metal es comprimido entre martillo y un yunque y la forma final se obtiene girando y moviendo la pieza de trabajo entre golpe y golpe. Para producción en masa y el formado de secciones grandes, el martillo es sustituido por un martinete o dado deslizante en un bastidor e impulsado por una potencia mecánica, hidráulica o vapor.

Un dispositivo utiliza directamente el empuje hacia abajo que resulta de la explosión en la cabeza de un cilindro sobre un pistón móvil. Los dados que han sustituido al martillo y al yunque pueden variar desde un par de herramientas de cara plana, hasta ejemplares que tiene cavidades apareadas capaces de ser usadas para producir las formas más complejas.

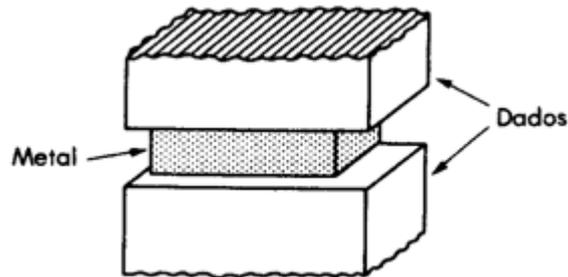


Figura 19. Forjado.

Si bien, el forjado puede realizarse ya sea con el metal caliente o frío, el elevado gasto de potencia y desgaste en los dados, así como la relativamente pequeña amplitud de deformación posible, limita las aplicaciones del forjado en frío. Un ejemplo es el acuñado, donde los metales superficiales son impartidos a una pieza de metal por forjado en frío. El forjado en caliente se está utilizando cada vez más como un medio para eliminar uniones y por las estructuras particularmente apropiadas u propiedades que puede ser conferidas al producto final. Es el método de formado de metal más antiguo y hay muchos ejemplos que se remontan hasta 1000 años A. C.

3.2.4 Estirado

Este es esencialmente un proceso para la producción de formas en hojas de metal. Las hojas se estiran sobre hormas conformadas en donde se deforman plásticamente hasta asumir los perfiles requeridos. Es un proceso de trabajo en frío y es generalmente el menos usado de todos los procesos de trabajo.

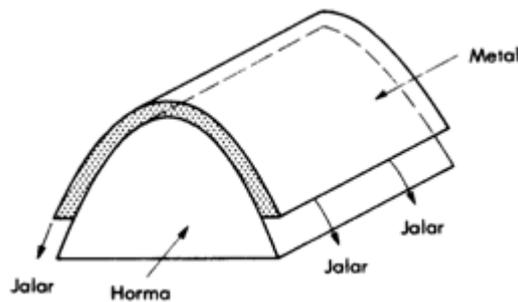


Figura 20. Estirado.

3.2.5 Extrusión

En este proceso un cilindro o trozo de metal es forzado a través de un orificio por medio de un émbolo, por tal efecto, el metal estirado y extruido tiene una sección transversal, igual a la del orificio del dado.

Hay dos tipos de extrusión, extrusión directa y extrusión indirecta o invertida. En el primer caso, el émbolo y el dado están en los extremos opuestos del cilindro y el material es empujado contra y a través del dado. En la extrusión indirecta el dado es sujetado en el extremo de un émbolo hueco y es forzado contra el cilindro, de manera que el metal es extruido hacia atrás, a través del dado.

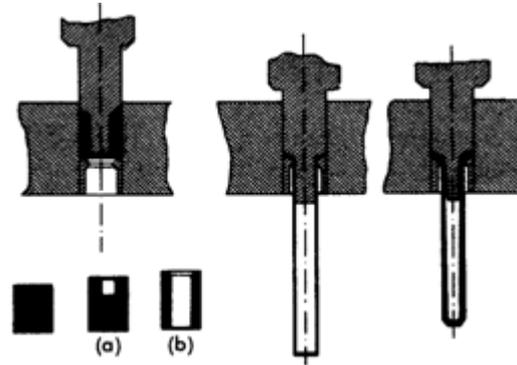


Figura 21. Extrusión

La extrusión puede llevarse a cabo, ya sea en caliente o en frío, pero es predominantemente un proceso de trabajo en caliente. La única excepción a esto es la extrusión por impacto, en la cual el aluminio o trozos de plomo son extruidos por un rápido golpe para obtener productos como los tubos de pasta de dientes. En todos los procesos de extrusión hay una relación crítica entre las dimensiones del cilindro y las de la cavidad del contenedor, especialmente en la sección transversal.

El proceso se efectúa a una temperatura de 450 a 500 °C con el fin de garantizar la extrusión.

El diseño de la matriz se hace de acuerdo con las necesidades del mercado o del cliente particular.

La extrusión nos permite obtener secciones transversales sólidas o tubulares que en otros metales sería imposible obtener sin recurrir al ensamble de varias piezas.

3.2.6 Estirado de alambre

Una varilla de metal se aguza en uno de sus extremos y luego es estirada a través del orificio cónico de un dado. La varilla que entra al dado tiene un diámetro mayor y sale con un diámetro menor. En los primeros ejemplos de este proceso, fueron estiradas longitudes cortas manualmente a través de una serie de agujeros de tamaño decreciente en una "placa de estirado" de hierro colado o de acero forjado. En las instalaciones modernas, grandes longitudes son estiradas continuamente a través de una serie de dados usando un número de

poleas mecánicamente guiadas, que pueden producir muy grandes cantidades de alambre, de grandes longitudes a alta velocidad, usando muy poca fuerza humana. Usando la forma de orificio apropiada, es posible estirar una variedad de formas tales como óvalos, cuadrados, hexágonos, etc., mediante este proceso.

3.2.7 Cizallado

El corte del metal implica su sostenimiento a un esfuerzo de corte, superior a su resistencia límite, entre filos cortantes adyacentes como se muestra en la figura 22. Conforme el punzón desciende sobre el metal, la presión produce una deformación plástica que tiene lugar como en B en la figura. El metal se somete a un esfuerzo muy alto entre los filos de la matriz y el punzón, y las fracturas se inician en ambos lados de la lámina a medida que continúa la deformación. Cuando se alcanza el límite de resistencia del material la fractura progresa; si el juego es correcto, y ambos filos tienen el mismo aguzado, las fracturas se encuentran en el centro de la lámina como se muestra en C. el valor del juego, que desempeña un papel importante en el diseño de matrices depende de la dureza del material. Para el acero deberá ser del 5 al 8 % del espesor del material por lado. Si se usa un juego inadecuado, las fracturas no coinciden, y en cambio, deben atravesar todo el espesor de la lámina, consumiendo más potencia.

- a) Punzón en contacto con la lámina.
- b) Deformación plástica.
- c) Fractura completa.

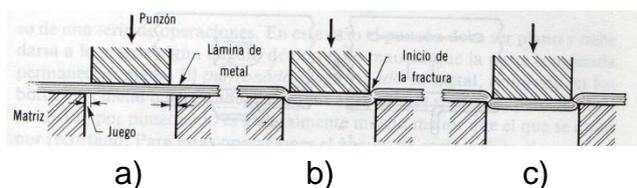


Figura 22. Proceso de cizallado de metal con punzón y matriz.

Cizallas de escuadrar

Esta máquina se usa exclusivamente para cizallar láminas de acero y se fabrica tanto para operación manual como la operada con motor. Se puede colocar lámina con un ancho mayor de 3m. Están provistas de pisadores hidráulicos cada 300mm para prevenir cualquier movimiento de la lámina durante el corte. En la operación, la lámina avanza sobre la bancada de manera que la línea de corte se encuentre bajo la cuchilla. Cuando se acciona el pedal, los pisadores descienden y las cuchillas cortan progresivamente a lo largo de la lámina.

3.2.8 Doblado y formado

Se puede efectuar con el mismo equipo que se usa para corte, esto es, prensas operadas con manivela, excéntrico y leva. En donde esté considerado el doblado, el metal se somete a esfuerzos tanto en tensión como de compresión con valores inferiores a la resistencia límite del material, sin un cambio apreciable del espesor. Tal como en una prensa dobladora, el doblado simple implica un doblez recto a lo largo de la lámina de metal.

Para diseñar una sección rectangular a doblar, uno debe determinar cuánto metal se debe dejar para el doblez, pues las fibras exteriores se alargan y las interiores se cortan. Durante la operación, el eje neutro de la sección se mueve hacia el lado de la compresión, lo cual arroja más fibras en tensión. Todo el espesor disminuye ligeramente, el ancho aumenta en el lado de la compresión y se acorta en el otro. Aunque las longitudes correctas para los dobleces se pueden determinar por fórmulas empíricas, están considerablemente influidas por las propiedades físicas del metal. El metal que se ha doblado, retiene algo de su elasticidad original y hay alguna recuperación de elasticidad después de retirar el punzón, a esto se le llama recuperación elástica.

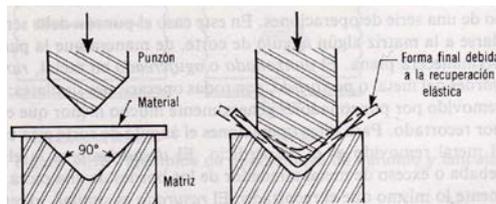


Figura 23. Recuperación elástica en operaciones de doblado.

Prensa dobladora

Se usan para doblar, formar, rebordear, repujar, desbarbar y punzonar lámina metálica de bajo calibre. Tales prensas pueden tener espacio para lámina de 6 m de ancho y 16 mm de espesor.

La capacidad de presión requerida de una prensa dobladora para un material dado, se determina por la longitud de la pieza, el espesor del metal y el radio del doblez. El radio mínimo interior de doblez se limita usualmente a un valor igual al espesor del material. Para las operaciones de doblado, la presión requerida varía en proporción a la resistencia a la tensión del material. Las prensas dobladoras tienen carreras cortas, y están equipadas generalmente con un mecanismo impulsor excéntrico.



Figura 24. Dobladora.

3.3 Maquinado (Tradicionales y Automatizados)

3.3.1 Maquinado tradicional

Proceso mediante el cual se remueve metal para dar forma o acabado a una pieza. Se utilizan métodos tradicionales como el torneado, el taladrado, el corte, y el amolado, o métodos menos tradicionales que usan como agentes la electricidad o el ultrasonido.

3.3.2 Taladro

La máquina perforadora o taladros de prensa son esenciales en cualquier taller metal-mecánico. Un taladro consta de un eje (que hace girar la broca y puede avanzar hacia la pieza de trabajo, ya sea automática o manualmente) y una mesa de trabajo (que sostiene rígidamente la pieza de trabajo en posición cuando se hace la perforación). Un taladro se utiliza principalmente para hacer perforaciones en metales; sin embargo, también pueden llevarse a cabo operaciones como roscado, rimado, contrataladro, abocardado, mandrinado y refrentado.

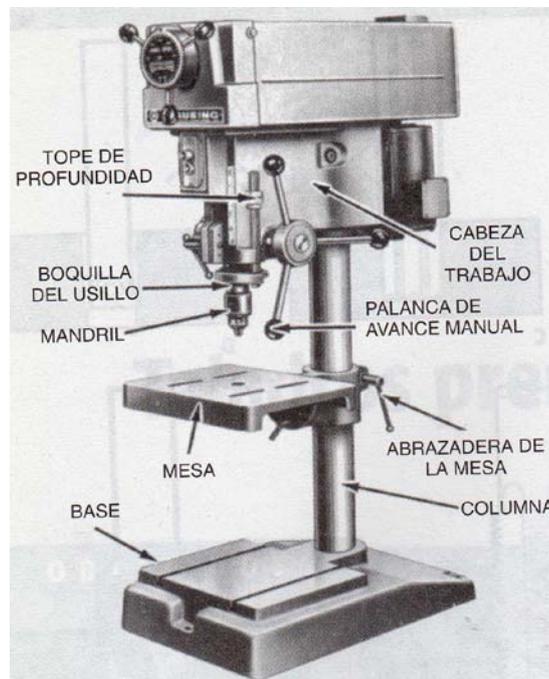


Figura 25. Taladro de banco.

3.3.2.1 Operaciones estándar

Taladrado.

Puede definirse como la operación de producir una perforación cuando se elimina metal de una masa sólida utilizando una herramienta de corte llamada broca espiral o helicoidal.

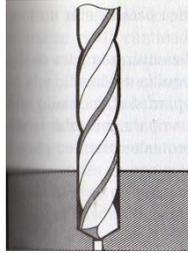


Figura 26. Taladrado.

Avellanado

Es la operación de producir un ensanchamiento en forma de uso o cono en el extremo de una operación.

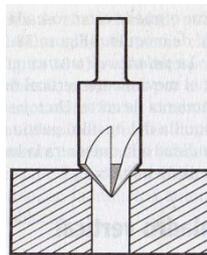


Figura 27. Avellanado.

Rimado

Es la operación de dimensionar y producir una perforación redonda y lisa a partir de una perforación taladrada o mandrinada previamente, utilizando una herramienta de corte con varios bordes de corte.

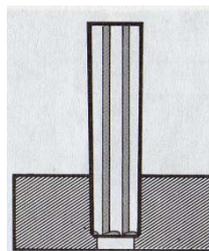


Figura 28. Rimado.

Mandrinado o torneado interior

Es la operación de emparejar y ensanchar una perforación por medio de una herramienta de corte de un solo filo, generalmente sostenida por una barra de mandrinado.

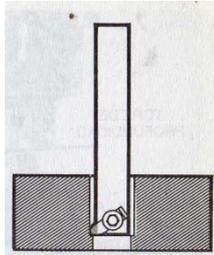


Figura 29. Mandrinado.

El careado para tuercas o refrentado.

Es la operación de alisar y escuadrar la superficie alrededor de una perforación para proporcionar asentamiento para un tornillo de cabeza o una tuerca.

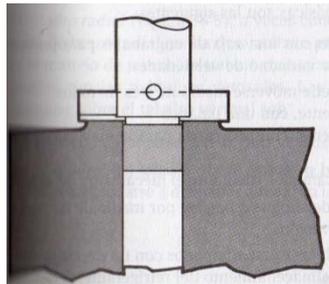


Figura 30. Refrentado.

Roscado

Es la operación de cortar roscas internas en una perforación, con una herramienta de corte llamada machuelo. Se utilizan machuelos especiales de maquina o pistola, junto con aditamentos de roscado, cuando esta operación se realiza mecánicamente con una máquina.

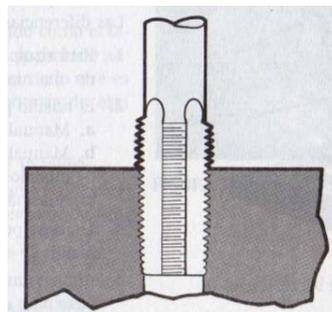


Figura 31. Roscado.

Contrataladro o caja.

Es la operación de agrandar la parte superior de una perforación taladrada previamente hasta una profundidad particular, para producir una caja con hombro cuadrado para la cabeza de un perno o de un tornillo.

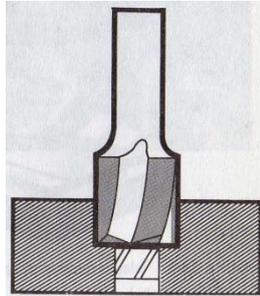


Figura 32. Caja.

3.3.2.2 Accesorios para el taladro



Figura 33. Mandril de brocas con llave.

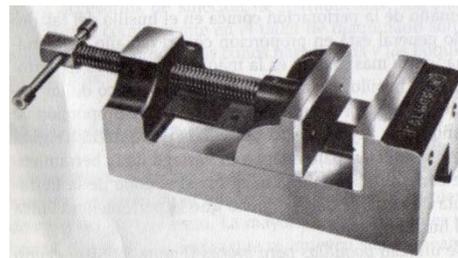


Figura 34. Prensa.

3.4 Torneado.

Proceso de maquinado que se utiliza para crear piezas cilíndricas. El torneado se suele realizar en un torno.

Torno

Es la máquina herramienta más antigua y por lo tanto la más importante, sin el torno no habría sido posible el gran avance industrial.

En las máquinas de tornear, se forman o trabajan piezas, mediante arranque de viruta. El modo de trabajar en cada paso de torneado, se rige por la forma, tamaño y número de piezas que han de elaborarse, así como por la calidad superficial exigida en las mismas.

3.4.1 Clasificación de los tornos.

- a) Torno paralelo.
- b) Torno vertical
- c) Torno al aire
- d) Torno semiautomático
- e) Torno automático
- f) Torno coprador



Figura 35. Torno convencional.

3.4.2 Nomenclatura de las partes de un torno.

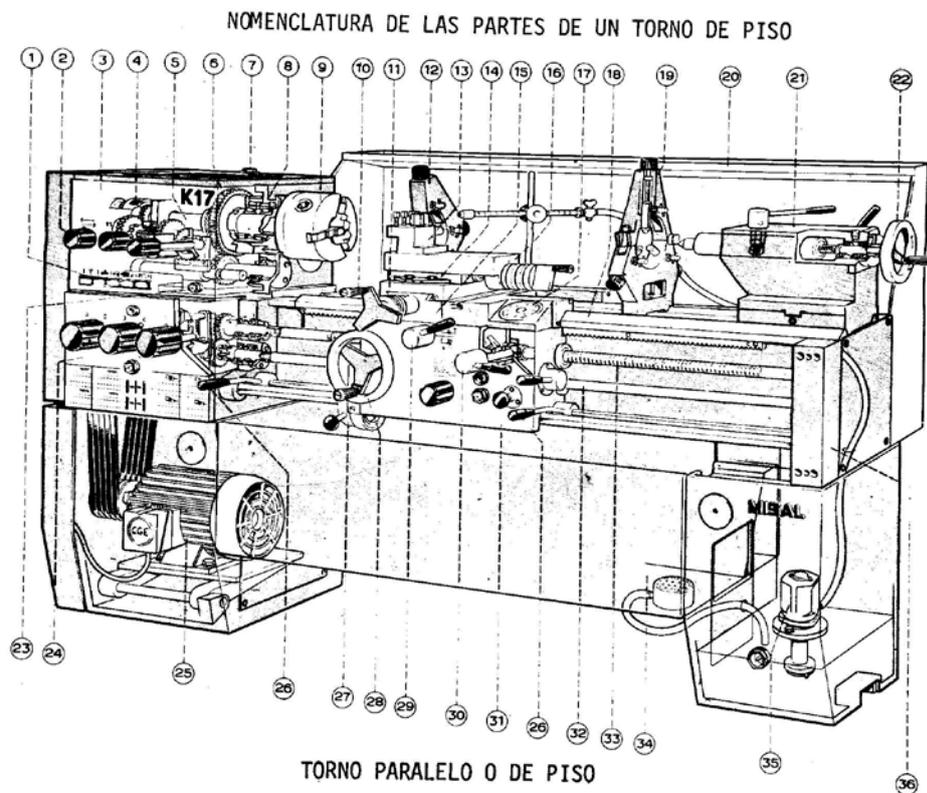


Figura 36. Partes del Torno paralelo o de piso.

Principales componentes de un torno paralelo o de piso.

1. Botones de mando
2. Selector de avance
3. Cabezal
4. Engrane
5. Husillo del cabezal
6. Engranajes reductores
7. Visor del lubricante
8. Cojinete del husillo
9. Chuck universal
10. Volante de carro transversal
11. Carro transversal
12. Luneta móvil (viajera).
13. Porta-herramientas simple
14. Base graduada
15. Carro longitudinal
16. Carro auxiliar
17. Indicador de carátula para roscado
18. Guía neumática y bancada del carro principal
19. Luneta Fay
20. Cubierta exterior
21. Contar punto
22. Volante del contrapunto
23. Nivel de aceite
24. Tablero selector de avances y roscados
25. Motor
26. Palancas de embrague
27. Palanca
28. Volante del carro longitudinal
29. Palanca de avance automático transversal
30. Palanca de la tuerca dividida
31. Tablero
32. Barra para cilindrado
33. Tornillo principal
34. Colector de rebaba y aceite
35. Bomba de lubricación
36. Soporte de las barras

Torno paralelo

Es el más utilizado debido principalmente a las diversas operaciones que pueden ejecutarse en él mismo, tales como:

1. Cilindrado o desbastado
2. Refrentado o careado
3. Cilindro cónico
4. Roscado
5. Taladrado.

Dentro de los tornos paralelos, se encuentran los tornos de banco(están montados sobre un banco) y los tornos de piso.

Capacidad del torno

Queda determinada por el volteo y distancia entre puntos.

1. **Volteo.-** es el diámetro máximo que puede tornearse.
2. **La distancia entre puntos.-** es la distancia entre el punto colocado en el orificio del cabezal fijo y punto colocado en el orificio del cabezal móvil.

3.4.3 Accesorios para torno.

Los accesorios de torno pueden dividirse en dos categorías:

1. Dispositivos de sujeción, apoyo y propulsión de la pieza de trabajo.
 - Puntos de torno o de centrar
 - Mandriles
 - Platos
 - Husillos
 - Lunetas fijas
 - Lunetas móviles
 - Perros
 - Placas de propulsión
2. Dispositivos de sujeción de la herramienta de corte.
 - Portaherramientas rectos y angulares
 - Portaherramientas para roscado
 - Barras mandrinado o torneado interior
 - Postes de herramienta de tipo torreta
 - Ensamble de poste de herramientas de cambio rápido.

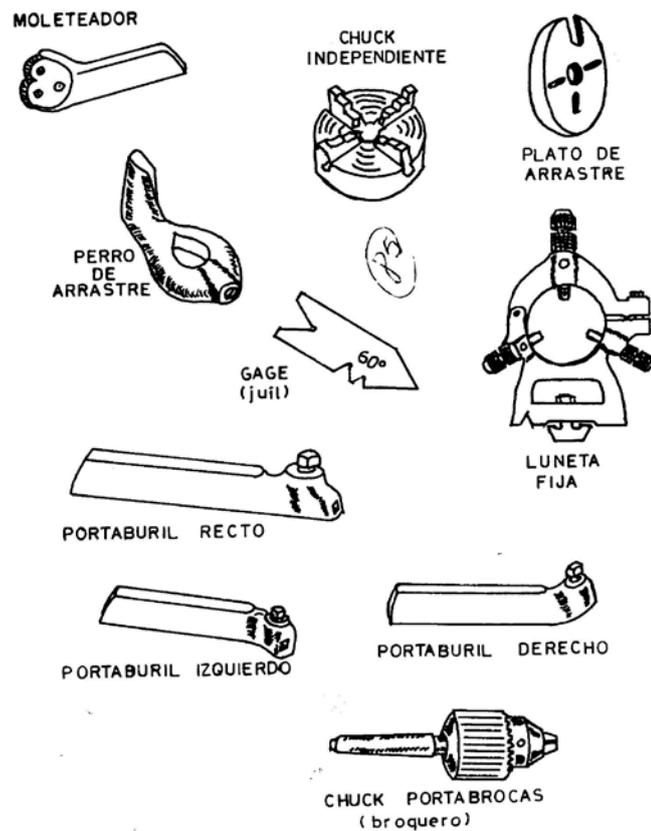


Figura 37. Accesorios para el torno.

3.4.4 Cuchillas de corte

El éxito de las operaciones en el maquinado de los metales depende en gran parte del afilado de las herramientas de corte.

Las herramientas con poco filo y las incorrectamente afiladas, son causa de que se produzca un esfuerzo muy grande en el mecanismo de avance que se traduce en flexión de la pieza, superficies ásperas, etc.

En las herramientas de corte (buriles), para trabajos en torno, hay tres ángulos que son importantes.

- Ángulo libre o de incidencia ($\alpha = 8$ a 10°)
- Ángulo de salida o desprendimiento ($\beta = 8$ a 30°)
- Ángulo de filo ($\gamma = 45$ a 80°), dependiendo del material por maquinar.

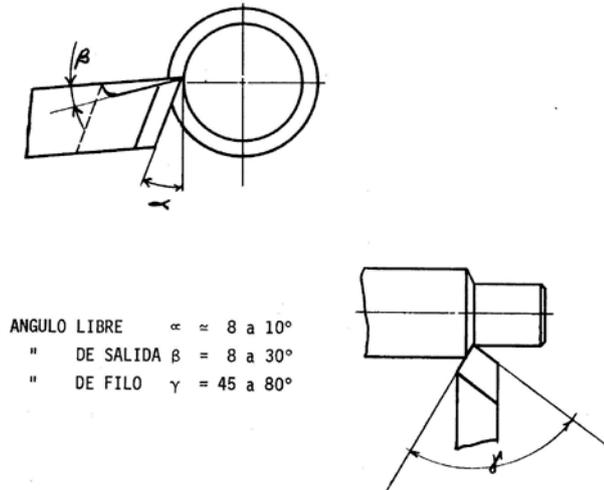


Figura 38. Ángulos de las herramientas de corte..

3.4.4.1 Cuchillas para tornear

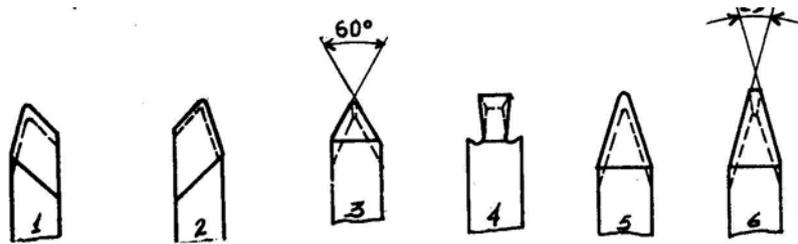


Figura 39. Tipo de cuchillas para tornear.

1. Para cilindrar o desbastar por la derecha
2. Para cilindrar o desbastar por la izquierda
3. Para roscas de 60°
4. Para hacer ranuras o gargantas y para rosca cuadrada, llamada también de listón.
5. Punta redonda
6. Para rosca ACME de 29° o tornillo SINFÍN.

Posición de las herramientas y del carro transversal para la ejecución de diferentes trabajos.

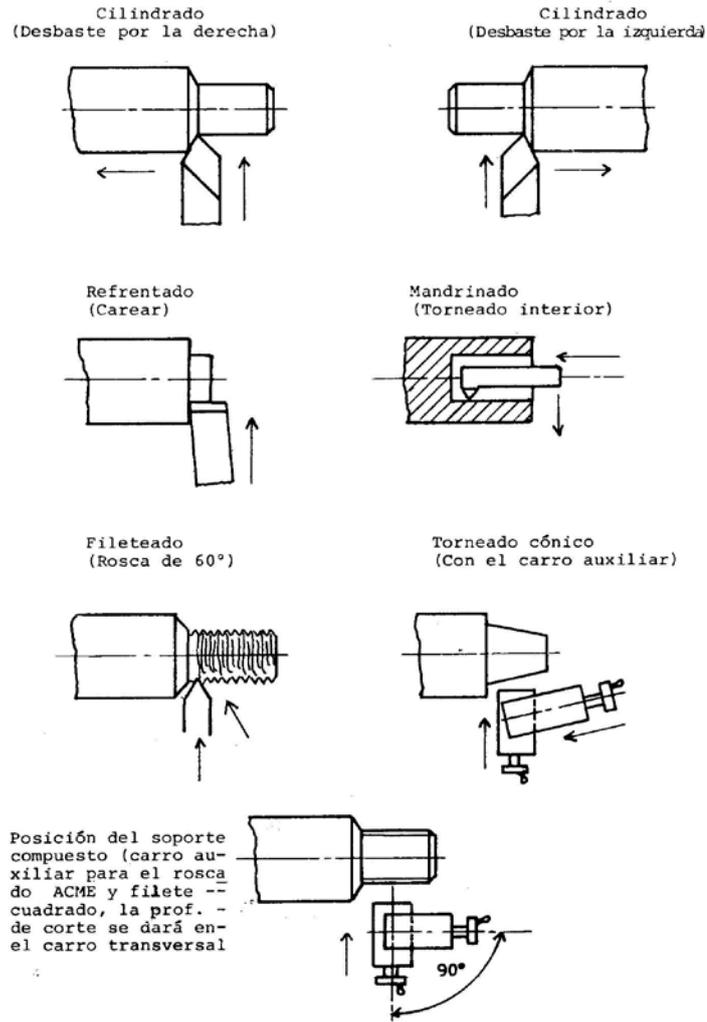


Figura 40. Posición de las herramientas y el carro transversal.

3.5 Fresado.

El fresado consiste en maquinarse circularmente todas las superficies de formas variadas; planas, convexas, cóncavas, etc. Este trabajo se efectúa con la ayuda de herramientas especiales llamadas fresas.

Las fresas pueden considerarse como herramientas de cortes múltiples que tienen sus ángulos particulares.

La combinación de dos movimientos: giro de la fresa y avance de la mesa de la velocidad de corte.

Las máquinas para fresar reciben el nombre de fresadoras, en las cuales también pueden efectuarse trabajos de división, tallado de engranes, cuñeros y en general todo tipo de fresado.

3.5.1 Clasificación de las fresadoras:

La orientación del árbol principal, respecto a la superficie de la mesa, determinan el tipo de fresadora. Las principales fresadoras son:

Fresadora horizontal.- recibe este nombre debido a que el eje del árbol principal es paralelo a la superficie de la mesa.

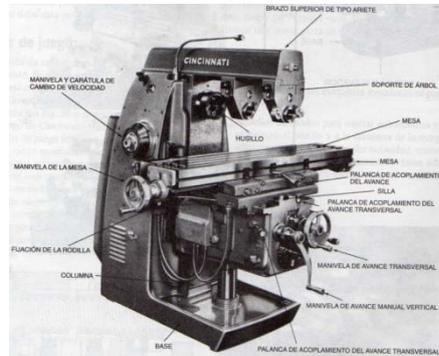


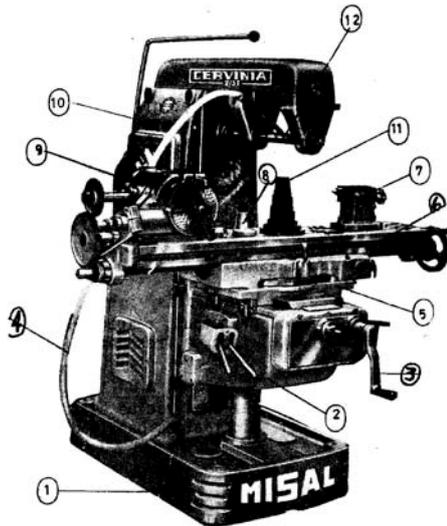
Figura 41. Fresadora horizontal.

Fresadora vertical.- en la cual el eje del árbol principal está en posición perpendicular a la superficie de la mesa.



Figura 42. Fresadora vertical..

Fresadoras universales.- reciben dicho nombre debido a que el árbol portafresa, pueden inclinarse a cualquier ángulo con respecto a la superficie de la mesa, además puede adaptarse de de horizontal a vertical y viceversa, por otra parte el carro transversal, está montado sobre una base graduada en grados geométricos, lo que permite orientar y fijar al ángulo requerido.



1. Base
2. Mensula
3. Manivela sensible
4. Manguera para refrigeración
5. Carro transversal
6. Carro longitudinal
7. Contra punto
8. Gato soporte
9. Cabezal divisor
10. Columna
11. Engranes de recambio
12. Árbol portafresa

Figura 43. Fresadora universal.

3.6 Maquinado automatizado

Conjunto de procesos químicos, térmicos y eléctricos para el maquinado de piezas de metal.

El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semiindependiente del control humano.

3.6.1 Centro de torneado CNC

A mediados de los años 60 se hicieron amplios estudios que demostraron que aproximadamente el 40 % de todas las operaciones de corte de metales se llevan a cabo en tornos. Hasta entonces, la mayor parte del trabajo se llevaba a cabo en tornos convencionales o revólver, mismos que no eran muy eficientes de acuerdo a los estándares actuales. Una intensa investigación llevó al desarrollo de centros de torneado controlados numéricamente. En años recientes, éstos han sido actualizados a unidades más poderosas controladas por computadora capaces de mayor precisión y de ritmos más elevados de producción.

UNIDAD 4.

Procesos de Ensamble

OBJETIVO:

El estudiante aplicara los distintos tipos de ensamble de manera adecuada a la naturaleza del proceso y funcionalidad.

La función básica de proceso de ensamble, (montaje) es unir dos o más partes entre sí para formar un conjunto o subconjunto completo. La unión de las partes se puede lograr con soldadura de arco o de gas, soldadura blanda o dura o con el uso de sujetadores mecánicos o de adhesivos.

4.1 No permanentes.

Las efectuadas con otros sujetadores mecánicos no son permanentes los mecánicos son más costosos y requiere capacidad en la preparación de partes por unir.

4.2 Semipermanentes.

Las operaciones de ensamble mecánico aseguran dos o más piezas en una unión que puede desarmarse fácilmente.

Sujeción mecánica se puede lograr por medio de tornillos, remaches, roblones, pasadores, cuñas y uniones por ajuste a presión estos últimos se consideran sempiternamente, también se usan el remachado, ajustes a presión y encajes de expansión tornillos tuercas y pernos.

Los tornillos y los pernos son sujetadores con roscas externas. Hay una diferencia técnica entre un tornillo y un perno, que con frecuencia se confunde el su uso popular. Un tornillo es un sujetador con rosca externa que, por lo general, se ensambla en un orificio roscado ciego. Un perno es un sujetador con rosca externa que se inserta a través de orificios en las partes y se asegura con una tuerca en el lado opuesto.

4.3 Permanentes.

Algunas partes se unen de modo permanente con soldadura eléctrica o de gas, soldadura blanda, o dura y algunos adhesivos. La soldadura se efectúa con el uso de calor, de presión o ambos.

El calor producirá cierto efecto sobre las partes unidas para satisfacer la amplia variedad de necesidades en la manufactura, se han desarrollado y están en uso.

4.3.1 Soldadura

La soldadura es un proceso de unión de materiales en la cual se funden las superficies de contacto de dos (o más) partes mediante la aplicación conveniente de calor o presión.

La soldadura es un proceso relativamente nuevo, su importancia comercial y tecnológica se deriva de los siguientes:

1. La soldadura proporciona unión permanente
2. La unión soldada puede ser más fuerte que los materiales originales.

3. En general, la soldadura es una forma más económica de unir componentes, en términos de uso de materiales y costos de fabricación.
4. La soldadura no se limita al ambiente de fábrica. Puede realizarse en el campo.

4.3.1.1 Tipos de Soldadura

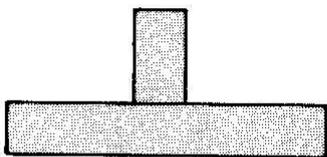
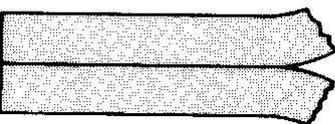
TIPO DE UNIÓN	SOLDADURAS APLICABLES	
<p>UNIÓN "T"</p> 	<p>FILETE CLAVIJA DE PIE DE AGUJERO RANURA CUADRADA RANURA BISELADA</p>	<p>RANURA EN JOTA RANURA BISELADA EN LLAMA PUNTO PROYECCIÓN COSTURA</p>
<p>UNIÓN TOPE</p> 	<p>RANURA CUADRADA RANURA EN "V" RANURA BISELADA RANURA EN "U"</p>	<p>RANURA EN "J" RANURA "V" EN LLAMA RANURA BISELADA EN LLAMA PESTAÑA AL BORDE</p>
<p>UNIÓN ESQUINADA</p> 	<p>FILETE RANURA CUADRADA RANURA EN "V" RANURA BISELADA RANURA EN "U" RANURA EN "J"</p>	<p>RANURA "V" EN LLAMA RANURA BISELADA EN LLAMA PESTAÑA AL BORDE PESTAÑA ESQUINADA PUNTO PROYECCIÓN COSTURA</p>
<p>UNIÓN INTERMEDIA</p> 	<p>FILETE CLAVIJA DE PIE DE AGUJERO RANURA BISELADA</p>	<p>RANURA EN "J" RANURA BISELADA EN LLAMA PUNTO PROYECCIÓN COSTURA</p>
<p>UNIÓN ANGULAR</p> 	<p>CLAVIJA DE PIE DE AGUJERO BISEL CUADRADO RANURA BISELADA RANURA EN "V" RANURA EN "U" RANURA EN "J"</p>	<p>PESTAÑA AL BORDE PESTAÑA ESQUINADA PUNTO PROYECCIÓN COSTURA BORDE</p>

Figura 44. Juntas básicas de soldadura.

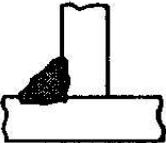
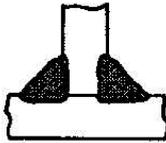
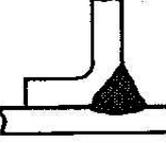
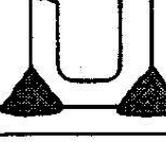
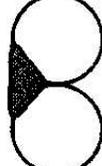
	SENCILLA	DOBLE
FILETE		
CUADRADA		
RANURA DE BISEL		
RANURA EN V		
RANURA EN J		
RANURA EN U		
RANURA DE BISEL EN LLAMA		
RANURA EN V EN LLAMA		

Figura 45. Soldadura de filete y de ranura

Soldadura por fusión

Estos procesos usan el calor para fundir los materiales base. En muchas operaciones de soldadura por fusión, se añade un metal de aporte a la combinación fundida para facilitar el proceso y aportar volumen y resistencia a la unión soldada.

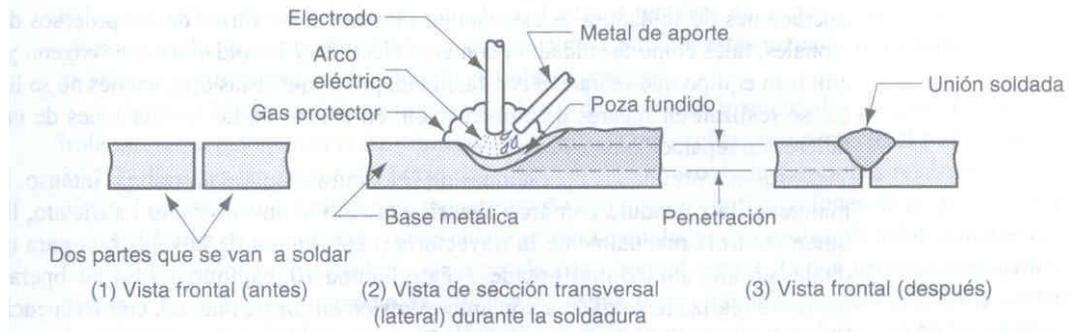


Figura 46. Soldadura por fusión.

Soldadura de estado sólido

Este proceso se refiere a los procesos de unión en los cuales la fusión proviene de la aplicación de presión solamente o una combinación de calor y presión.

Algunos procesos representativos de este proceso son:

Soldadura por difusión. Las partes se colocan juntas bajo presión a una temperatura elevada.

Soldadura por fricción. Es un proceso similar al de difusión, solo que la temperatura se obtiene al friccionar las partes a unir.

Soldadura ultrasónica. Se realiza aplicando una presión moderada entre las dos partes y un movimiento oscilatorio a frecuencias ultrasónicas en una dirección paralela a las superficies de contacto. La combinación de las fuerzas normales y vibratorias produce intensas tensiones que remueven las películas superficiales y obtienen la unión atómica de las partes.

Existen otros tipos de soldadura como:

1. Soldadura metálica con arco protegido
2. Soldadura metálica con arco eléctrico y gas
3. Soldadura con núcleo fundente
4. Soldadura electro gaseosa
5. Soldadura con arco sumergido

La soldadura por resistencia es principalmente un tipo de soldadura por fusión donde el calor se obtiene mediante la generación de un gran resistencia eléctrica dirigida hacia el flujo de corriente en la unión que se va a soldar

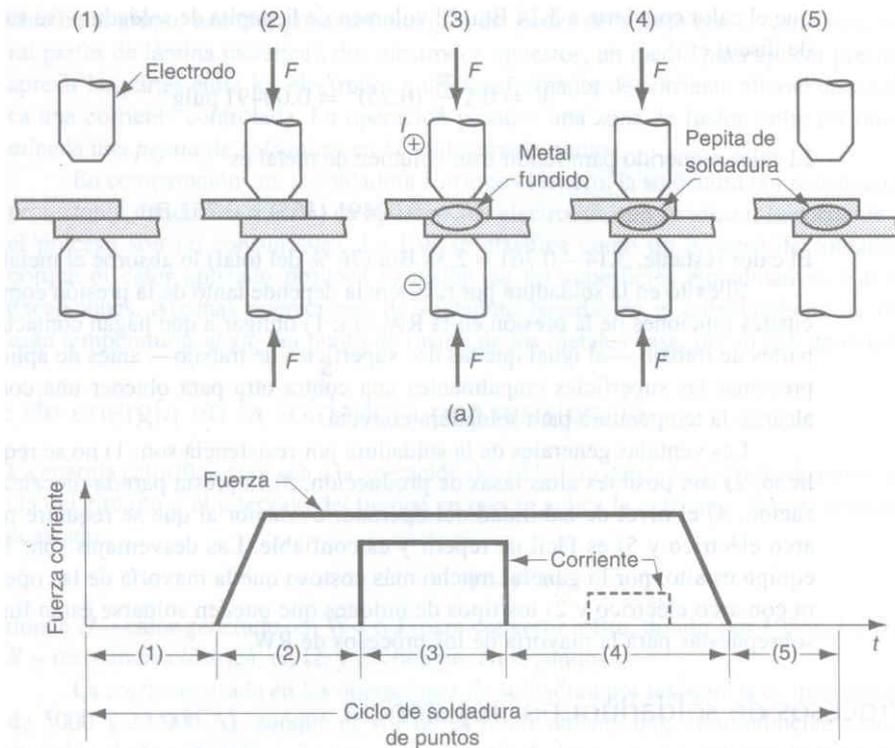


Figura 47. Tipos de soldadura.

4.3.1.2 La Unión por Soldadura

La soldadura produce una conexión sólida entre dos partes denominada unión por soldadura, así es como se denomina a este contacto de los bordes o superficies de las partes que han sido unidas.

Tipos de uniones

- Unión empalmada.** En esta unión, las partes se encuentran en el mismo plano y unen sus bordes.
- Unión de esquina.** Las partes en una unión de esquina forman un ángulo recto y se unen en la esquina del ángulo.
- Unión superpuesta.** Esta unión consiste de dos partes que se superponen
- Unión T.** Una parte es perpendicular a la otra cuando se unen
- Unión de bordes.** Las partes en una unión de bordes están paralelas con al menos uno de sus bordes en común y la unión se hace en el borde común.

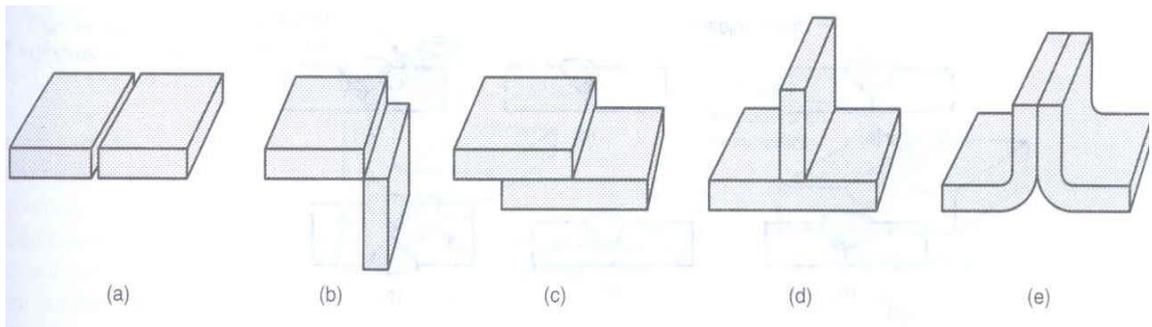


Figura 48. Tipos de uniones

4.3.1.3 Uniones adhesivas

El uso de adhesivos data de épocas antiguas, y el pegado fue probablemente el primero de los métodos de unión permanente utilizada. Los adhesivos tienen un alto rango de aplicaciones de unión y sellado, para integrar materiales similares y diferentes, como metales, plásticos, cerámica, madera, papel y cartón entre otros.

La unión con adhesivos es un proceso en el cual se usa un material ajeno a los materiales que se desea unir para la fijación de ambas superficies.

Generalmente, las uniones con adhesivos no son tan fuertes como las que se hacen con soldadura, y para eso se toman en cuenta algunos principios:

1. Se debe maximizar el área de contacto de la unión
2. Los pegados son más fuertes en cizalla y en tensión, y las uniones deben diseñarse para que se apliquen tensiones de esos tipos.
3. Los pegados son más débiles en hendiduras o desprendimientos, y deben diseñarse para evitar este tipo de tensiones.

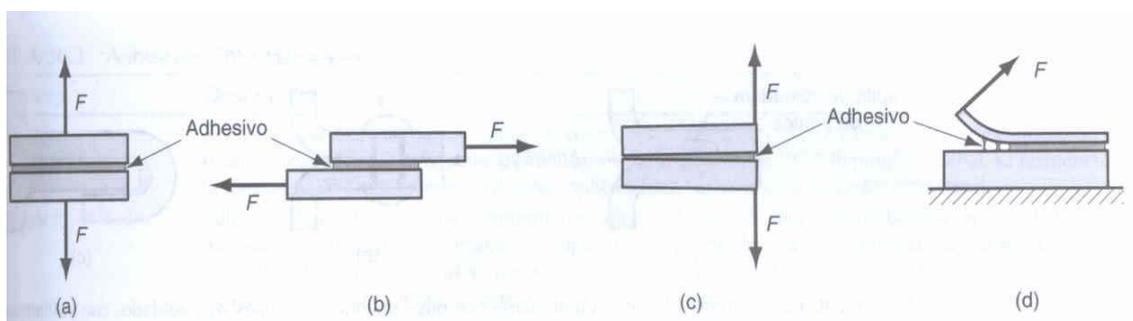


Figura 49. Tipos de tensiones.

- a) Transversal
- b) De cizalla
- c) De hendidura
- d) De desprendimiento

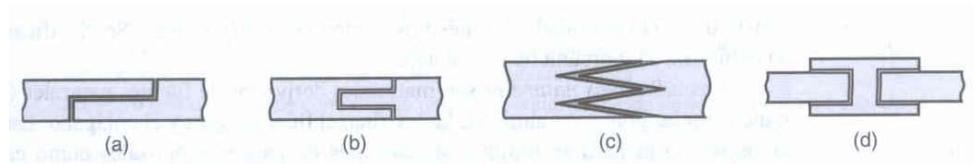


Figura 50. Uniones empalmadas.

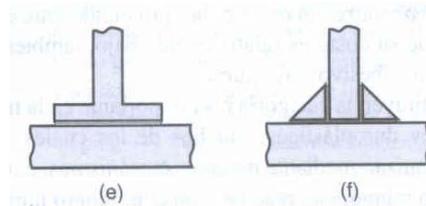


Figura 51. Uniones en T.

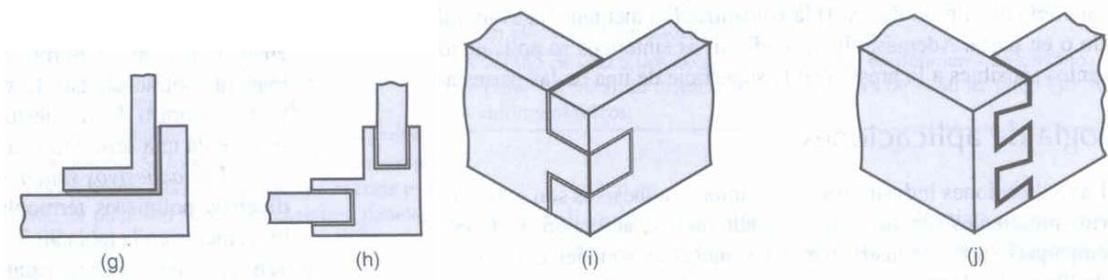


Figura 52. Uniones de esquina.

4.3.1.4 Tipos de Adhesivos

Existe una gran cantidad de adhesivos comerciales, pero todos estos pueden clasificarse dentro de 4 categorías: 1) naturales, 2) inorgánicos y 3) sintéticos.

Los adhesivos naturales son materiales derivados de fuentes como plantas y animales, e incluyen las gomas, el almidón, la dextrina, el flúor de soya y el colágeno. Este tipo de adhesivos se limita aplicaciones de bajo tensión.

Lo adhesivos inorgánicos se basan principalmente en el silicio de sodio y el oxiclورو de magnesio, aunque el costo de estos es relativamente bajo, su resistencia es similar a los naturales.

Los adhesivos sintéticos constituyen la categoría más importante en la manufactura; incluyen diversos polímeros termoplásticos y duroplásticos

Métodos de aplicación de adhesivos

- 1) Aplicación con brocha
- 2) Rodillos manuales
- 3) Serigrafía
- 4) Por flujo
- 5) Por aspersión o atomización
- 6) Con aplicadores automáticos
- 7) Recubrimiento mediante rodillo

4.4 Ensamble Mecánico

Tornillos, Tuercas y Pernos

Los tornillos y los pernos son sujetadores con roscas externas. Hay una diferencia técnica entre un tornillo y un perno, que con frecuencia se confunde el su uso popular. Un *tornillo* es un sujetador con rosca externa que, por lo general, se ensambla en un orificio roscado ciego. Un *perno* es un sujetador con rosca externa que se inserta a través de orificios en las partes y se asegura con una tuerca en el lado opuesto.

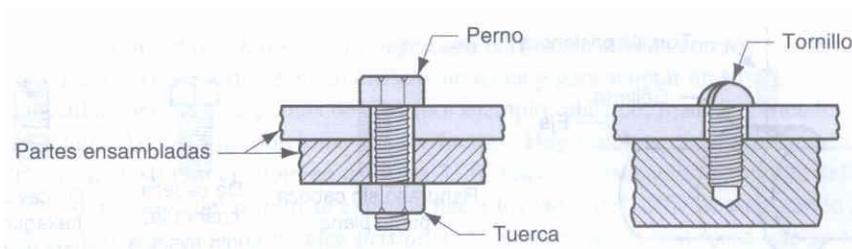


Figura 53. Ensamblajes típicos

Existen distintos tipos de cabezas para los tornillos y los pernos, entre estos destacan los de la siguiente figura:



Figura 54. Estilos de cabeza disponibles en pernos y tornillos.

Remaches y ojillos

Los *remaches* son sujetadores que se utilizan ampliamente para obtener una unión permanente en forma mecánica. Estos remaches son una punta con cabeza y sin rosca que se usa para unir dos(o más) partes, la punta pasa a través de orificios en las partes y después forma una segunda cabeza en la punta del lado opuesto.

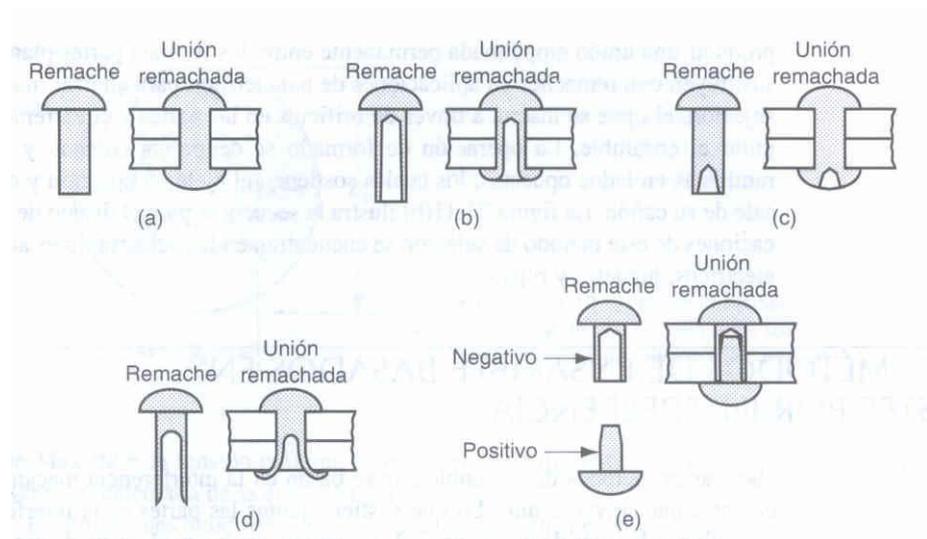


Figura 55. Remaches y ojillos..

Los *ojetes* u *ojillos* son sujetadores tubulares de paredes delgadas con un reborde en un extremo. Se usan para producir una unión empalmada permanente entre dos (o más) partes planas.

Diseño para ensambles

En años recientes el diseño de ensambles ha recibido mucha atención, pero sus operaciones tienen un enorme costo de mano de obra, y para que el diseño sea exitoso se plantean dos puntos sencillos:

- 1) diseñar el producto con la menor cantidad de partes posibles
- 2) diseñar las partes restantes para que se ensamblen con facilidad.

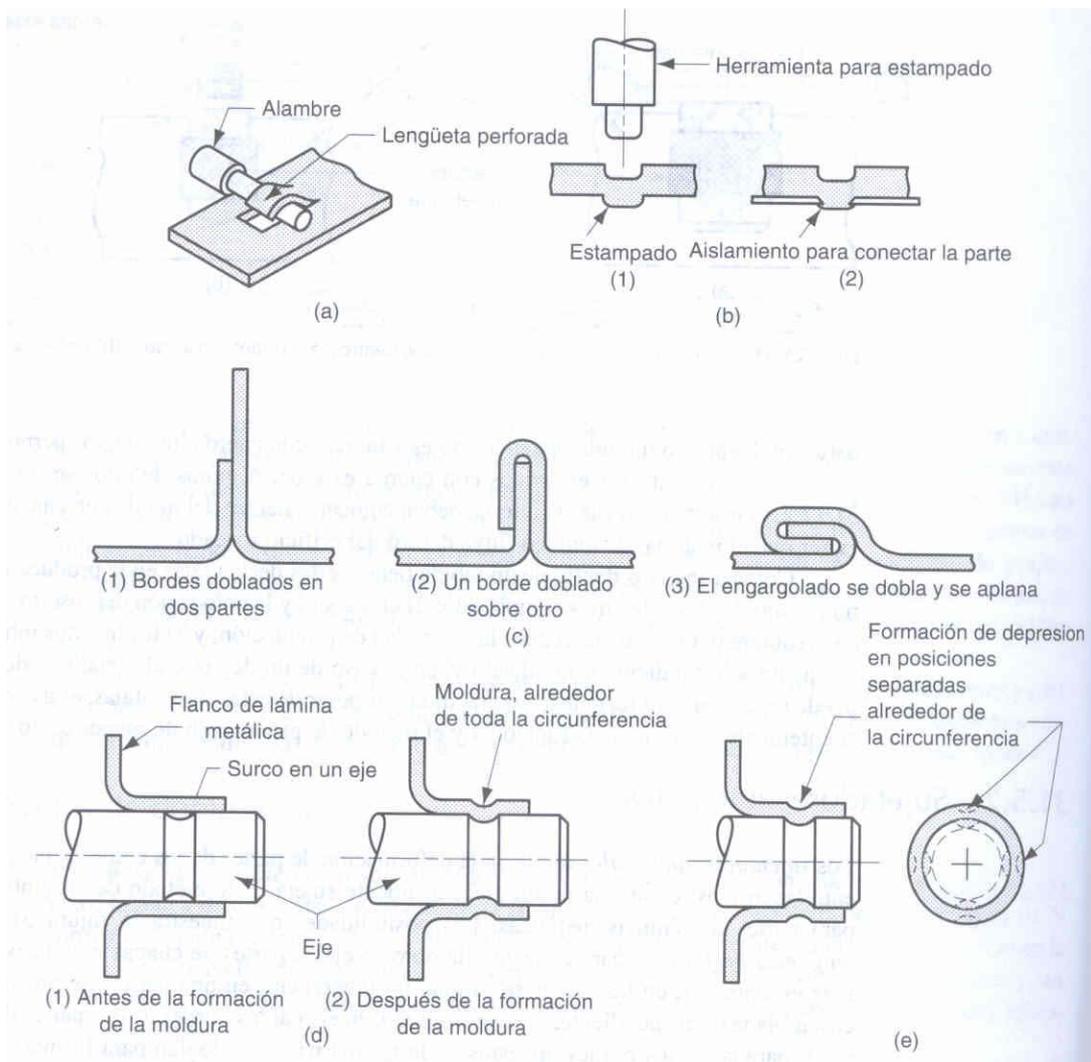


Figura 56. Diseño de ensamblajes.

Se siguen algunos principios para dicho diseño.

Usar la menor cantidad de partes posible para reducir la cantidad de ensamblajes requeridos

- Reducir la cantidad de sujetadores roscados requeridos
- Estandarizar los sujetadores
- Reducir dificultades de orientaciones de las partes
- Evitar las partes que se enredan.

4.5 Diseño para ensamble automatizado

Además de los métodos de ensamble manual, hay diversos sistemas automatizados para realizar operaciones de ensamble mecánico, entre ellos están: 1) máquinas de propósito especial y 2) sistemas programables.

Las *máquinas de propósito especial* generalmente consisten en una serie de estaciones de trabajo, en las cuales se añaden partes y/o se ejecutan operaciones de unión.

Los *sistemas de ensamble programables* se utilizan para producir una variedad limitada de ensamblados distintos. Con frecuencia se emplean robots industriales, ya sea como estaciones de trabajo bajo múltiples o como un robot único en una estación.

Para facilitar el ensamble automatizado se siguen estos puntos:

- a) Usar la modularidad en el diseño de productos
- b) Reducir la necesidad de que se manejen varios componentes a la vez
- c) Limitar las direcciones requeridas de acceso
- d) Componentes de alta calidad
- e) Usar ajustes de agarre automático

4.6. Dispositivos de Montaje

El término dispositivo se utiliza como sinónimo de aparato, es algo que establece una disposición.

El robot es uno de los principales dispositivos de montaje o ensamble y otros dispositivos como las grúas, poleas, pinzas transportadoras, estas son muy comunes en la industria automotriz, podemos apreciarlas en las siguientes imágenes.

Estos dispositivos se consideran entre las operaciones más sencillas o directas de realizar, en donde el objetivo primario es mover una pieza de una posición a otra.

Existen otras aplicaciones de manejo de material en las que el robot se utiliza para servir a una máquina de producción transfiriendo piezas a/o desde las máquinas. Existen tres casos que caen dentro de ésta categoría de aplicación:

Carga/Descarga de Máquinas. El robot carga una pieza de trabajo en bruto en el proceso y descarga una pieza acabada. Una operación de mecanizado es un ejemplo de este caso.

Carga de máquinas.

El robot debe de cargar la pieza de trabajo en bruto a los materiales en las máquinas, pero la pieza se extrae mediante algún otro medio. En una operación de prensado, el robot se puede programar para cargar láminas de metal en la prensa, pero las piezas acabadas se permite que caigan fuera de la prensa por gravedad.

Descarga de máquinas.

La máquina produce piezas acabadas a partir de materiales en bruto que se cargan directamente en la máquina sin la ayuda de robots. El robot descarga la pieza de la máquina. Ejemplos de ésta categoría incluyen aplicaciones de fundición de troquel y moldeado plástico.

La aplicación se tipifica mejor mediante una célula de trabajo con el robot en el centro que consta de la máquina de producción, el robot y alguna forma de entrega de piezas.

UNIDAD 5.

Otros procesos industriales plásticos, términos plásticos compuestos termofraguantes

OBJETIVO:

El estudiante conocerá los procesos industriales más novedosos; sus características, aplicaciones y otras alternativas de materiales diferentes a las aleaciones ferrosas y no ferrosas

5.1. Generalidades

La fabricación de productos plásticos en gran escala, data de una fecha comparativamente reciente. El descubrimiento de la ebonita o hule duro por Charles Goodyear en 1839 y el descubrimiento del celuloide por J. W. Hyatt en 1869 marcaron el comienzo de esta industria. No fue, sin embargo, sino hasta 1909 cuando uno de los materiales más importantes, la resina de fenolformaldehído, fue desarrollada por el Dr. L.H. Baekeland y sus colegas. Desde entonces la investigación ha agregado numerosos materiales sintéticos que varían ampliamente en propiedades físicas.

En general el término plástico se aplica a todos los materiales capaces de ser moldeados o modelados. El uso moderno de ésta palabra ha cambiado su significado hasta incluir un extenso grupo de materiales orgánicos sintéticos que se hacen plásticos por la aplicación del calor y son capaces de formarse bajo presión. Sustituyen a materiales tales como el vidrio, madera y metales en la construcción y se hacen muchos artículos útiles, incluyendo revestimientos y filamentos para tejidos.

5.1.1. Ventajas y limitaciones de los Materiales plásticos

Los productos hechos de materiales plásticos pueden producirse rápidamente con tolerancias dimensionales exactas y excelentes acabados en las superficies. Con frecuencia has sustituido a los metales en los casos en que han de ser cualidades esenciales, la ligereza de peso, la resistencia a la corrosión y la resistencia dieléctrica son factores para ser considerados. Estos materiales pueden hacerse ya sea transparentes o en colores, tienden a absorber vibración y sonido y a menudo son más fáciles de fabricar que los metales. Existen diferentes clases de plásticos en producción comercial, que ofrecen hoy en día una amplia variedad de propiedades físicas.

El uso de los plásticos queda limitado por su comparativamente baja fuerza, por su poca resistencia al calor y en algunos casos por el alto costo de los materiales y poca estabilidad dimensional. Comparados con los metales, éstos son más suaves, menos dúctiles y más susceptibles a deformaciones a deformaciones bajo carga y quebradizos a baja temperatura. Algunos plásticos son flamables y pueden deteriorarse a la luz del sol.

5.2. Tipos de plásticos

Los materiales plásticos se pueden clasificar en termofraguantes y termoplásticos.

5.2.1 Termofraguantes

Son formados mediante calor y con o sin presión, resultando un producto que es permanentemente duro. El calor ablanda primero al material, pero al añadirle más calor o sustancias químicas especiales, se endurecen por un cambio químico conocido como polimerización y no puede ser reblandecido.

La polimerización es un proceso químico que da como resultado la formación de un nuevo compuesto cuyo peso molecular es un múltiplo del de la sustancia original.

Los procesos utilizados para plásticos termofraguantes, incluyen compresión o moldeo de transferencia, colado, laminado o impregnado.

5.2.1.1 Fenólicas

Es uno de los principales plásticos termofraguantes que se usan en la actualidad en la industria. Dicha resina sintética se elabora mediante la reacción del fenol con el formaldehído, forma un material duro, de alta resistencia, durable, capaz de ser moldeado bajo una amplia variedad de condiciones. Este material tiene alta resistencia al calor y al agua y puede producirse en una gran variedad en colores. Se usa en la fabricación de materiales de revestimiento, productos laminados, ruedas de esmeril y agentes aglutinantes para metal y vidrio, pudiendo moldearse en muchas formas útiles, tales como cajas moldeadas, clavijas eléctricas, tapones de botella, perillas, carátulas, mangos para cuchillos, gabinetes para radio y otras numerosas partes eléctricas. Los compuestos fenólicos son moldeados por compresión o moldeo de transferencia.

5.2.1.2 Resinas amínicas

Las resinas más importantes son formaldehído de urea y formaldehído de melanina. Este componente plástico, también termofraguante, se puede obtener en forma de polvo para moldear o en solución para usarse como liga y adhesivo. A la vez se combina con una variedad de relleno, mejora las propiedades mecánicas y eléctricas. Las buenas características de flujo de la resina de melanina hacen un modelo de transferencia, conveniente para tales artículos como vajillas, piezas de encendido, perillas y estuches para rasuradoras.

5.2.1.3 Resinas furánicas

Las resinas furánicas se obtienen procesando productos agrícolas de desecho, tales como olotes, cascara de arroz y de semillas de algodón, con ciertos ácidos. La resina termofraguante que se obtiene es de color oscuro resistente al agua y tiene excelentes cualidades eléctricas. Estas resinas también son usadas como aglutinantes para arena de corazones de fundición, como aditivos endurecedores para enyesar, también como agentes adhesivos en compuestos de piso y en productos de grafito.

5.2.2 Termoplásticos

Son procesados principalmente por inyección o moldeo soplado, extrusión, termoformado y satinado.

5.2.2.1 Celulosas

Las celulosas son termoplásticos preparados de varios tratamientos con fibras de algodón y madera. Son muy tenaces y se producen en una amplia variedad de colores.

Acetato de celulosa.

Es un compuesto más estable que tiene una resistencia mecánica considerable y fácil de ser fabricado en láminas o ser moldeado por inyección, compresión y extrusión. Con este compuesto se fabrican envases de exhibición, juguetes, perillas, cuerpos de lámparas eléctricas, revestimientos de cerdas para brochas de pinturas, etc.

Acetato-butirato de celulosa.

Es un compuesto para moldeos, es similar al acetato de celulosa y ambos se producen en todos los colores por los mismos procesos, en general se reconoce por su baja absorción de humedad, por su fuerza, estabilidad dimensional bajo diversas condiciones atmosféricas y por su capacidad para ser extruido continuamente. Es utilizado para fabricar los siguientes productos: cascos para fútbol, armazones para anteojos, charolas, cinturones, etc.

5.2.2.2 Poliestirenos

Es un material adaptado especialmente para moldeo por inyección y extrusión. Algunas de sus características más notables son. Su bajo peso específico (1.07), es fácil de obtener en colores claros a opaco, resistentes al agua y a la mayor parte de los agentes químicos, estabilidad dimensional y buenas características de aislamiento.

5.2.2.3 Polietilenos

Los productos de polietileno son flexibles tanto a temperatura ambiente normal como a bajas temperaturas, son a prueba de agua, no los afecta la mayoría de los agentes químicos; son capaces de sellar por calor y pueden producirse en muchos colores. El polietileno es uno de los plásticos más ligeros, pudiendo flotar en el agua, tiene una densidad de .91 a .96. es uno de los plásticos más económicos y sus características de resistencia a la humedad favorecen para envolver y para hacer bolsas. Otros productos son: charolas para cubos de hielo, charolas para revelado, telas, material de envoltura, biberones, mangueras para jardín, cables coaxiales y partes aislantes para aplicaciones de alta frecuencia. Estos productos se pueden fabricar en moldeo por inyección, moldeo soplado o extruirse en láminas, películas, etc.

5.2.2.4 Polipropileno

Puede ser procesado por todas las técnicas termoplásticas. Tiene excelentes propiedades eléctricas, alta resistencia al impacto y a la tensión, con buena resistencia a los productos químicos y al calor. Los monofilamentos de polipropileno se usan para hacer sogas, redes y telas, también se fabrican artículos para hospital y laboratorio, juguetes, muebles, etc.

5.3. Material primas

Las materias primas para los compuestos plásticos, son diversos productos agrícolas y muchos otros materiales minerales y orgánicos, incluyendo carbón, gas, petróleo, piedra caliza, sílice y azufre.

En el proceso de fabricación se agregan otros ingredientes tales como polvos colorantes, solventes, lubricantes, plastificantes y materiales de relleno. El aserrín, la harina, algodón, fibras de trapo, asbesto, metales pulverizados, grafito, vidrio, arcilla y tierra diatomácea son los materiales más importantes usados como relleno. Tale productos como asientos para sillas a la intemperie, telas plásticas, recipientes para basura, fundas para máquinas, artículos para equipaje, cascos de seguridad, cañas para pescar y partes para instrumentos, son ejemplos de los productos que utilizan este relleno.

Su empleo reduce los costos de fabricación, disminuye el encogimiento, mejora la resistencia al calor, suministran resistencia al impacto o le imparten al producto otras propiedades deseables.

5.4 Procesos especiales.

5.4.1 Maquinados con chorro abrasivo.

Este maquinado es un proceso mecánico para el corte de materiales duros y quebradizos. Esto es similar a una ráfaga de arena, utilizando pequeñas partículas de abrasivo muy finas y control de cierre a baja velocidad. Por medio el aire se llevan partículas abrasivas que chocan en la pieza a velocidades alrededor de 900 a 18000 m/min. Se utilizan para el corte, polvos de óxido de aluminio o carburo de silicio mientras que los polvos ligeros como la dolomita o bicarbonato de sodio se usan para limpieza, grabado o pulido. Los polvos no son recirculados a causa de posible contaminación lo cual es apto a la obstrucción del sistema.

Este maquinado, corta materiales frágiles sin dañarlos. Otros usos incluyen vidrio escarchado, remoción de óxidos en superficies metálicas, rebabeado, grabado de modelos, taladrado y corte de secciones finas de metal, corte y moldeo de materiales cristalinos. Este no es adecuado para el corte de materiales blandos porque las partículas abrasivas tienden a embutirse. Comparado con procesos convencionales, la relación de remoción de material es lenta.

5.5. Maquinados con chorro de agua

El maquinado con chorro de agua o fluido es un proceso que utiliza una corriente de agua de alta velocidad como agente de corte. Estos chorros tienen aproximadamente un diámetro de .25 mm y operan a velocidades de 36000 a 54000 m/min. A tales velocidades, los chorros pueden cortar madera, plásticos, telas y en algunos casos cerámica. Una desventaja de este proceso es la falta de equipo de bombeo adecuado.

Bibliografía

1. AMSTEAD B.H. Procesos de manufactura versión SI. Edit. CECSA, 2004, 820p.p.
2. JENSEN Cecil. Dibujo y diseño en ingeniería. Edit. Mc Graw Hill, 2002, 840 p.p.
3. KRAR. S.F. Entrenamiento en el taller mecánico. Edit. Mc Graw Hill, 249 p.p.
4. ALMONTE C. Tecnología aplicada en la capacitación de las máquinas herramientas. IPN 312 p.p.
5. ALMONTE C. Capacitación en el taller ajuste de banco. IPN 265 p.p.
6. KRARK Steve. Tecnología de las máquinas herramienta. Edit. Alfaomega, 869 p.p.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vista esquemática de un alto horno.....	2
Figura 2. Producción del hierro y el acero.	3
Figura 3. Proceso de undición continua.....	5
Figura 4. Horno Bessemer	10
Figura 5. Funcionamiento del horno básico de oxígeno.	10
Figura 6. Horno de arco eléctrico.....	11
Figura 7. Formas y dimensiones de los materiales.....	13
Figura 8. Esquema de una máquina para ensayos de tracción.	16
Figura 9. Curva esfuerzo- deformación.....	16
Figura 10. Máquina Rockwell.....	17
Figura 11. Máquina Charpy para el ensayo de impacto.....	18
Figura 12. Esquema del ensayos de doblado.....	19
Figura 13. Clasificación dse los tratamientos térmicos.	21
Figura 14. Máquina de fundición centrífuga para fundición de acero.....	29
Figura 15. Método de fundición centrífuga real para cilindros.	29
Figura 16. Modelo centrífugo.	30
Figura 17. Embutido.....	31
Figura 18. Laminado.....	31
Figura 19. Forjado.....	32
Figura 20. Estirado	32
Figura 21. Extrusión	33
Figura 22. Proceso de cizallado de metal con punzón y matriz	34
Figura 23. Recuperación elástica en operaciones de doblado	35
Figura 24. Doblado	35
Figura 25. Taladro de banco.....	36
Figura 26. Taladrado.....	37
Figura 27. Avellanado	37
Figura 28. Rimado	37
Figura 29. Mandrinado	38
Figura 30. Refrentado	38
Figura 31. Roscado	38
Figura 32. Caja	39
Figura 33. Mandril de bocas con llave	39
Figura 34. Prensa	39
Figura 35. Torno convencional	40
Figura 36. Partes del torno paralelo o de piso	40
Figura 37. Accesorios para el torno	43
Figura 38. Ángulos de las herramientas de corte	44
Figura 39. Tipos de cuchillas para torneear	44
Figura 40. Posición de las herramientas y el carro transversal.....	45
Figura 41. Fresadora horizontal	46
Figura 42. Fresadora vertical	46
Figura 43. Fresadora universal	47
Figura 44. Juntas básicas de soldadura	49
Figura 45. Soldadura de filete y de ranura	50
Figura 46. Soldadura por fusión	51
Figura 47. Tipos de soldadura.	52
Figura 48. Tipos de uniones.	52
Figura 49. Tipos de tensiones	53

Figura 50. Uniones empalmadas.....	54
Figura 51. Uniones en T.	54
Figura 52. Uniones en esquina.	54
Figura 53. Ensamblés típicos.....	55
Figura 54. Estilos de cabeza en pernos y tornillos.....	55
Figura 55. Remaches y ojillos.....	56
Figura 56. Diseño de ensamblés.....	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los aceros.....	20
Tabla 2. Tablas de temperatura.....	22
Tabla 2. Tablas de temperaturas para el templado.....	23
Tabla 3. Tabla de colores para el templado.....	24
Tabla 2. Tablas de colores para el revenido.....	24