



Universidad
itaca 
Ad excellentiam per conscientiam

PROCESOS INDUSTRIALES

Tutorial Sesión 6



M en C Rogelio Velasco Salazar

NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE

PROCESOS INDUSTRIALES

CLAVE DE LA ASIGNATURA

LII 216

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA:

Al término del curso, el alumno analizará los problemas relativos a la producción de bienes, identificando su proceso de fabricación en distintas fases, hasta la obtención de un producto final.

Sesión 6

3. PROCESOS DE CAMBIO DE FORMA

- 3.1.1. Al alto vacío
- 3.1.2. Centrifuga
- 3.1.3. Precisión
- 3.2. Formado mecánico
 - 3.2.1. Prensado
 - 3.2.2. Estirado
 - 3.2.3. Cizallado
 - 3.2.4. Doblado
- 3.3. Maquinado
 - 3.3.1. Tradicionales
 - 3.3.2. Automatizados

OBJETIVO:

Al término de la sesión, el alumno conocerá los procesos de cambio de forma que se aplican en el acero.

3.1.1 Al alto vacío

HORNO DE ALTO VACÍO¹

En 1954 una turbina tuvo una falla catastrófica e Estados Unidos. El rotor de una turbina a vapor para generación de energía de 165 MW se rompió en varias partes operando a 3600 rpm. La planta ubicada en Ridgland (Chicago) fue destruida. El mismo año, otro rotor fabricado para Arizona Public Service Co. se rompió en varias partes cuando estaba siendo probado. El análisis de estas fallas mostró que la causa de los defectos fue el hidrógeno. Desde esa época el acero desgasificado se tornó obligatorio para varios productos, tal como rotores de turbina.

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. 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.

La metalurgia del vacío se introdujo hacia el año 1955. Las roturas catastróficas que se produjeron en varias centrales eléctricas de Estados Unidos, como las antes mencionadas, aceleraron la puesta en marcha de los procesos alemanes de desgasificación por vacío (eliminación del H₂). La ley de Siebert rige el fenómeno y basta un vacío menor de 10 Torr para bajar el O₂ a niveles inocuos. El vacío elimina parcialmente el H₂, O₂ y el N₂. Ver fig.1

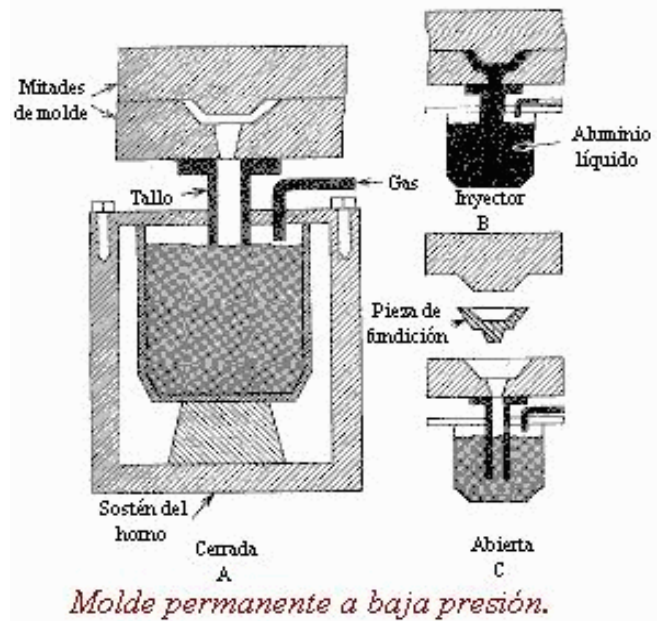


Figura 1

¹E. PAUÑ DE GARMO, J. TEMPLE BLACK. Materiales y Procesos de Fabricación. Editorial Reverte./1998

3. PROCESOS DE CAMBIO DE FORMA

Proceso de Vacío del Acero Fundido

Después de ser producido en cualquiera de los hornos de fabricación de acero, el acero derretido puede refinarse aún más para producir acero de alta pureza y homogeneidad. Esto se logra removiendo los gases (oxígeno, hidrógeno y nitrógeno) en el acero derretido que fueron absorbidos o formados durante el proceso de fabricación.

Si los gases no se remueven antes que el acero se solidifique, su presencia o sus reacciones con otros elementos en el acero puede producir defectos tales como: inclusiones (partículas sólidas de óxido), sopladuras (bolsas de gas), descascarillamiento (grietas internas) y fragilidad (pérdida de ductibilidad). La desgasificación del acero fundido se lleva a cabo exponiéndolo a un vacío. La presión enormemente reducida sobre la superficie del líquido permite que los gases escapen.

El acero fundido puede desgasificarse de varias maneras. Las dos más comunes son:

Desgasificación por Flujo

Desgasificación en la Olla Colada

Desgasificación por flujo

En este proceso, el acero fundido se vierte desde la olla de colada dentro de una lingotera, la cual está completamente encerrada en una cámara de vacío. Mientras el flujo de acero fundido cae dentro del vacío, se separa en gotitas. Debido a la reducida presión sobre el líquido, los gases disueltos revientan y se extraen fuera de la cámara por medio de una bomba de vacío. Libre ya de gases en la lingotera, éste se solidifica en un acero de alta pureza.

Desgasificación en la olla de colada

En este proceso, el acero derretido se desgasifica en la olla de colada. Se hace descender un recipiente de vacío calentado de modo que su boquilla de absorción quede por debajo del nivel líquido del acero fundido.

La presión atmosférica impulsa el acero fundido hacia arriba dentro de la cámara de vacío, en donde los gases revientan y se extraen mediante la bomba de vacío. La elevación del recipiente de vacío permite que el acero fundido fluya de vuelta, por la fuerza de gravedad, dentro de la olla de colada. Este ciclo se repite varias veces hasta que la totalidad del acero fundido en la olla se ha desgasificado.

Otros Procedimientos en Vacío

Tratamiento de afino de los aceros inoxidables

La chatarra se funde en un horno eléctrico de arco de inducción. Después de colada la cuchara con el acero fundido en la cámara y hecho el vacío, se inyecta oxígeno con una lanza situada en la parte superior, que elimina el carbono con un mínimo de oxidación metálica. Al mismo tiempo, se pasa Argón a través de un tapón poroso situado en el fondo de la cuchara, para homogeneizar la masa del acero líquido.

3. PROCESOS DE CAMBIO DE FORMA

Desoxidación del acero por el carbono en el vacío o (VCD)

Al ser tratado el acero en el vacío conteniendo carbono y oxígeno disueltos estos elementos reaccionan entre sí, dando origen a CO, de esta forma se elimina el oxígeno del acero sin dejar residuos sólidos (inclusiones no metálicas). El CO (gas) es eliminado del sistema (vacío), siguiendo la reacción hasta prácticamente la eliminación total del oxígeno. La deshidrogenación también es más elevada, al ser ayudada por el desprendimiento de burbujas de CO, que facilitan el arrastre del hidrógeno.

Efecto del Vacío en los Gases Disueltos en el Acero

La eliminación del H₂ es fácil, pues no forma compuestos estables en el acero, mientras que la del N₂ es más difícil, ya que forma nitruros estables.

La afinidad de los elementos desoxidantes corrientes, como el Si, Ti, Al, etc., no depende de la presión.

El carbono es el único elemento de utilización industrial que origina una fase de desoxidación gaseosa y constituye un enérgico desoxidante, igual que el Al o el Ti, pero al ser sensible a las variaciones de presión, resulta más versátil que éstos. Los óxidos de Si y Mg son igualmente reducidos por el C en vacío y, mientras que el Al y el Si pasan al acero, el Mg se volatiliza.

El acero fabricado en horno eléctrico convencional con escoria básica y reductora (calmado en horno) contiene: H₂ de 0.0004 a 0.0008 %, N₂ de 0.008 a 0.01 %, O₂ de 0.005 a 0.008 %. El acero fabricado en horno eléctrico convencional y desgasificado en vacío contiene: H₂ de 0.0001 a 0.0002 %, N₂ de 0.004 a 0.008 %, O₂ de 0.002 a 0.005 %
Diferentes objetivos del empleo del vacío Eliminación parcial de gases en el acero: Se elimina en parte más o menos importante de los gases disueltos en el acero.
Desoxidación del acero por el C en vacío: Se puede eliminar la mayor parte del oxígeno disuelto en el acero.
Descarburación del acero por O₂ en vacío: Se puede descarburar a fondo el acero sin oxidarlo apreciablemente.

3.1.2 Centrifuga

Fundición Centrifuga:

La fundición centrifuga es el proceso de hacer girar el molde mientras se solidifica el metal, utilizando así la fuerza centrifuga para acomodar el metal en el molde. Se obtienen mayores detalles sobre la superficie de la pieza y la estructura densa del metal adquiere propiedades físicas superiores. Las piezas de forma simétricas se prestan particularmente para este método, aun cuando se pueden producir otros muchos tipos de piezas fundidas. Por fundición centrifuga se obtienen piezas más económicas que por otros métodos. Los corazones en forma cilíndricas y rebosaderos se eliminan. Las piezas tienen una estructura de metal densa con todo y las impurezas que van de la parte posterior al centro de la pieza pero que frecuentemente se maquinan.

Por razón de la presión extrema del metal sobre el metal, se pueden lograr piezas de secciones delgadas también como en la fundición estática.

3. PROCESOS DE CAMBIO DE FORMA

Los moldes permanentes se han hecho frecuentemente en la fundición centrífuga de magnesio. Desde entonces las piezas de fundición de magnesio son forzadas nuevamente al molde, las piezas se enfrían mas rápidamente y el aire o gas atrapados se eliminan entre el molde y el material. Aunque en la fundición centrífuga hay limitaciones en el tamaño y forma de piezas fundida, se pueden hacer desde anillos de pistón de pocos gramos de peso y rodillo para papel que pesen arriba de 40 toneladas, Blocks de maquinas en aluminio.

3.1.3. Presión

Procesos de Fundición y colado

La fundición y colado es sencillo y de poco costo relativo en comparación con otros procesos. Para colar o moldear el material en forma líquida (en el caso de los plásticos el material suele estar en forma de polvo o gránulos), se introduce en una cavidad preformada llamada molde. El molde tiene la configuración exacta de la parte que se va a moldear o colar. Después de que el material llena el molde y se endurece o se fragua, adopta la forma del molde, la cual es la forma de la parte. Después, se rompe o se abre el molde y se saca la parte. Los procesos de colada se usan para colar o moldear materiales como metales, plásticos y cerámicas. Los procesos de fundición y colada se pueden clasificar por el tipo de molde utilizado (permanente o no permanente) o por la forma en la cual entra el material al molde (colada por gravedad y fundición a presión).

El término “fundición” se usa siempre para los metales, pero no tienen diferencia considerable en relación con el moldeo (el término de uso general para los plásticos). Por ejemplo, el moldeo por inyección es el término para un preciso de moldeo a presión de partes termoplásticos. La máquina utilizada es una máquina de moldeo por inyección, la cual inyecta el plástico fundido dentro de un molde metálico. El mismo proceso básico, pero a temperaturas más altas, produce las fundiciones a presión en una maquina para fundición a presión, la cual inyecta zinc o aluminio fundidos, por ejemplo, dentro de una matriz de acero.

Las partes producidas por los procesos de fundición o colada varían en el tamaño, precisión, rugosidad de superficie, complejidad de configuración, acabado requerido, volumen de producción y costo y calidad de la producción. El tamaño de las partes puede variar desde unos cuantos gramos para las producidas por fundición a presión hasta varias toneladas para las producidas por fundición en arena. Las tolerancias dimensionales pueden variar desde 0.127 hasta 6.35mm (0.005 a 0.250 pulg); las partes más exactas se producen por fundición a presión moldeo en cáscara, inyección y revestimiento. Con la colada o fundición en arena o continua se producen partes menos precisas. Ahora bien, la colada continua, se utiliza para producir formas en la planta laminadora: planchas, lingotes y barra redonda, en vez de partes terminadas.

La fundición y colada en molde a presión, en molde frío, por inyección, transferencia, vacío y revestimiento producen partes con superficies de relativa tersura. La fundición continua, en arena, centrífuga y con moldes producen las partes con máxima aspereza de superficie. Las formas mas bien sencillas se pueden producir con fundición o colada en formas, arena y continua; las configuraciones más complejas se producen por fundición por revestimiento y aprecion. La fundición a presión se considera un proceso de alto

3. PROCESOS DE CAMBIO DE FORMA

volumen de producción; la fundición en arena es un proceso de uno por uno, un tanto lento.

La fundición y colada un proceso de bajo costo relativo. Sin embargo los moldes para moldeado por compresión y moldeado por inyección así como las matrices para la fundición a presión, son muy costosos.

3.2. Formado mecánico²

Procesos de formado mecánico

El formado de partes con la aplicación de fuerza mecánica, se considera uno de los procesos de formación más importantes, en términos del valor de la producción y del método de producción. El formado de partes se puede efectuar con el material frío (formado en frío) o con material caliente (formado en caliente). Las fuerzas utilizadas para formar las partes pueden ser de tipo de flexión, compresión o cizallado y tensión. Los procesos de formado se pueden clasificar sobre la base de la forma en que se aplica la fuerza.

3.2.1 Prensado

PROCESOS DE FORMADO.

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 mas requeridas pueden realizarse por la aplicación de fuerzas calculadas en direcciones específicas y a velocidades controladas. Ver fig. 2

Figura 2



3.2.2 . Estirado

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. El formado por tensión se efectúa al estirar el material para que adopte la configuración deseada. Incluye procesos tales como estirado, formado por trefilado y abocinado. Ver fig. 3

²Beltrán, G. M. (2010). "Procesamiento de los metales y sus aleaciones." Mc Graw Hill.

3. PROCESOS DE CAMBIO DE FORMA

Máquina moldeadora por estirado-soplado

Figura 3



3.2.3 . Cizallado

El cizallado también incluye procesos tales como punzado o perforación, estampado, punzado con matrices y refinado. El formado por compresión se efectúa al obligar al material, frío o caliente, a adecuarse a la configuración deseada con la ayuda de un dado, un rodillo o un buzo o punzón. El formado por compresión, incluye procesos tales como forja, extrusión, laminado y acuñado. Ver fig. 4

Figura 4



3.2.4. Doblado

El formado por doblado se efectúa al obligar a el material a doblarse a lo largo de un eje. Entre los procesos por doblado están el doblez, pelado, corrugado y rechazado en alta velocidad. El formado por cizallado (guillotinado) es en realidad, un proceso de separación de material en el cual se hace pasar a presión una o dos cuchillas a través de una parte fija. Ver fig. 5

Figura 5



3.3. Maquinado

MAQUINADO³

Estos centros de maquinado CNC verticales son capaces de hacer un maquinado completo a piezas de acero o de otros materiales pesados en grandes proporciones para hacer piezas o herramientas de trabajo. Es un proceso de manufactura en la cual se usa una herramienta de corte para remover el exceso de material de una parte de trabajo de tal manera que el material permanente sea la forma de la parte deseada. Ver.fig.6

³Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid.(1999) ³Manufactura, ingeniería y tecnología, Mc Graw Hill.

3. PROCESOS DE CAMBIO DE FORMA

Figura 6



Puede utilizarse herramienta de monofilos y multifilos. Procesos de remoción de material (maquinado)

Estos procesos se utilizan para conformar partes de materiales como metales, plásticos, cerámica y madera. El maquinado es un proceso que exige tiempo y desperdicia material. Sin embargo, es muy preciso y puede producir una tersura de superficie difícil de lograr con otros procesos de formación. El maquinado tradicional se lleva a cabo con el uso de una herramienta de corte, que remueve el material de la pieza de trabajo en forma de virutas, con lo cual se le da la configuración deseada.

Los procesos para remoción de material se clasifican como tradicionales o con formación de virutas y no tradicionales o sin virutas. En todos los procesos tradicionales para remoción de material, los tres elementos básicos son la pieza de trabajo, la herramienta de corte, y la maquina herramienta. Las funciones básicas de la maquina herramienta son:

- 1) proveer los movimientos relativos entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo en forma de velocidades y avances;
- 2) mantener las posiciones relativas de la herramienta de corte y de la pieza de trabajo, a fin de que la remoción de material resultante produzca la forma requerida. Al variar las posiciones y movimientos entre la pieza de trabajo y la herramienta de corte, se puede efectuar mas una operación en la maquina herramienta.

Las herramientas de corte son, ya sea, de un solo filo o de fillos múltiples.

Con los avances de la tecnología, se han desarrollado materiales más fuertes y más duros. El procesamiento eficiente de esos materiales no era posible con los procesos tradicionales para remoción de material. Por lo tanto, se han creado varios procesos nuevos y especializados. Al contrario de los procesos tradicionales en donde la remoción del material necesita una herramienta de corte, los procesos no tradicionales se basan en los fenómenos ultrasónicos, químicos electroquímicos, de electrodscarga y haces de electrones, láser y iones. En estos procesos, la remoción de material no esta influida por las propiedades del material; se puede maquinar material de cualquier dureza. Ahora

3. PROCESOS DE CAMBIO DE FORMA

bien, algunos de estos procesos se encuentran en la etapa experimental y no se presentan para elevados volúmenes de producción. En la mayoría de estos procesos, se maquina una parte cada vez. Los procesos no tradicionales son más complejos y se requiere considerable pericia y conocimientos para operarlos en forma eficiente.

Procesos que provocan desprendimiento de viruta

Sé a hecho mucha investigación en el estudio de la mecánica y geometría la formación de la viruta y la reacción de su forma, a factores tales como duración de la herramienta y el acabado de la superficie. Las virutas herramientas se han calcificado en tres tipos.

El tipo 1 una viruta discontinua o fragmentada, representa una conducción en el que el metal se fractura en partes considerablemente pequeñas de las herramientas cortantes. Este tipo de viruta se obtiene por maquina la mayoría de los materiales frágiles, tales como el hierro fundido. En tanto se producen estas virutas, el filo cortante corrige las irregularidades y se obtiene un acabado bastante bueno. La duración de la herramienta es considerablemente alta y la falla ocurre usualmente como resultado de la acción del desgaste de la superficie de contacto de la herramienta.

También puede formar virutas discontinuas en algunos materiales dúctiles y el coeficiente de fricción es alto. Sin embargo, tales virutas de materiales dúctiles son una inducción de malas condiciones de corte:

Un tipo ideal de viruta desde el punto de vista de la duración de la herramienta y el acabado, es la del tipo B continua simple, que se obtiene en el corte de todos los materiales dúctiles que tienen un bajo coeficiente de fricción. En este caso el metal se forma continuamente y se desliza sobre la cara de la herramienta sin fracturarse. Las virutas de este tipo se obtienen a altas velocidades de corte y son muy comunes cuando en corte se hace con herramientas de carburo. Debido a su simplicidad se puede analizar fácilmente desde el punto de vista de las fuerzas involucradas.

La viruta del tipo C es característica de aquellos maquinados de materiales dúctiles que tienen un coeficiente de fricción considerablemente alto.

En cuanto la herramienta inicia el corte se aglutina algo de material por delante del filo cortante a causa del alto coeficiente de fricción. En tanto el corte prosigue, la viruta fluyen sobre este filo y hacia arriba a lo largo de la cara de la herramienta. Periódicamente una pequeña cantidad de este filo recrecido se separa y sale con la viruta y se incrusta en la superficie torneada. Debido a esta acción el acabado de la superficie no es tan bueno como el tipo de viruta B. El filo recrecido permanece considerablemente constante durante el corte y tiene el efecto de alterar ligeramente el ángulo de inclinación. Sin embargo, en tanto se aumenta la velocidad del corte, el tamaño del filo decrecido disminuye y el acabado de la superficie mejora. Este fenómeno también disminuye, ya sea reduciendo el espesor de la viruta o aumentando el ángulo de inclinación, aunque en mucho de los materiales dúctiles no se puede eliminar completamente.

La elección de herramientas adecuadas, velocidades avances es un compromiso, ya que entre más rápido se opere una maquina es la eficiencia tanto del operador como de la máquina. Sin embargo afortunadamente, tal uso acelerado acorta grandemente la duración de la herramienta

3. PROCESOS DE CAMBIO DE FORMA

3.3.1 Tradicionales

Los tornos paralelos universales de la serie YZ son usados entre otras cosas para fabricar flechas, bujes, casquillos, poleas, levas entre otras piezas de trabajo pequeñas. Estos tornos también son usados para realizar refacciones y reparaciones de piezas de trabajo.

Procesos de remoción de material (maquinado) Estos procesos se utilizan para conformar partes de materiales como metales, plásticos, cerámica y madera. El maquinado es un proceso que exige tiempo y desperdicia material. Sin embargo, es muy preciso y puede producir una tersura de superficie difícil de lograr con otros procesos de formación. El maquinado tradicional se lleva a cabo con el uso de una herramienta de corte, que remueve el material de la pieza de trabajo en forma de virutas, con lo cual se le da la configuración deseada. Los procesos para remoción de material se clasifican como tradicionales o con formación de virutas y no tradicionales o sin virutas.

En todos los procesos tradicionales para remoción de material, los tres elementos básicos son la pieza de trabajo, la herramienta de corte, y la maquina herramienta. Las funciones básicas de la maquina herramienta son:

1) Proveer.-los movimientos relativos entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo en forma de velocidades y avances;

2) Mantener las posiciones relativas de la herramienta de corte y de la pieza de trabajo, a fin de que la remoción de material resultante produzca la forma requerida. Al variar las posiciones y movimientos entre la pieza de trabajo y la herramienta de corte, se puede efectuar mas una operación en la maquina herramienta. Las herramientas de corte son, ya sea, de un solo filo o de fillos múltiples.

3.3.2. Automatizados

Los tornos CNC serie FCL y FBL tienen la capacidad de fresado, taladrado, torneado y machueleado para integrar un maquinado eficiente. Estos tornos CNC son usados para fabricar diferentes tipos de herramientas, moldes y piezas de trabajo metálicos para realizar en serie.

Con los avances de la tecnología, se han desarrollado materiales más fuertes y más duros.

El procesamiento eficiente de esos materiales no era posible con los procesos tradicionales para remoción de material. Por lo tanto, se han creado varios procesos nuevos y especializados. Al contrario de los procesos tradicionales en donde la remoción del material necesita una herramienta de corte, los procesos no tradicionales se basan en los fenómenos ultrasónicos, químicos electroquímicos, de electrodescarga y haces de electrones, láser y iones. En estos procesos, la remoción de material no está influida por las propiedades del material; se puede maquinar material de cualquier dureza. Ahora bien, algunos de estos procesos se encuentran en la etapa experimental y no se presentan para elevados volúmenes de producción. En la mayoría de estos procesos, se maquina una parte cada vez. Los procesos no tradicionales son más complejos y se requiere considerable pericia y conocimientos para operarlos en forma eficiente.

3. PROCESOS DE CAMBIO DE FORMA

Fuentes de Información

a) Libros

No	Tipo	Título	Autor	Editorial	Año
1	Libro	Materiales y Procesos de Fabricación	E. Pauñ de garmo, j. Temple black	Reverte	1998
2	Libro	Procesamiento de los metales y sus aleaciones	Beltrán, G. M	Mc Graw Hill	2010
3	Libro	Manufactura, ingeniería y tecnología	Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid	Mc Graw Hill	1999