

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1 PROCESOS DE MOLDEO Y FORMADO

Existen diferentes tipos de productos metálicos, algunos con formas de curvaturas simples y otros con configuraciones más complejas, y así como existe infinito número de productos hay un sinnúmero de aplicaciones, para las cuales y dependiendo de los requerimientos de estas, se debe escoger entre los diferentes procesos de formado y modelado.

El hierro en estado puro no posee la resistencia y dureza necesaria para las aplicaciones de uso común, sin embargo, cuando se combina con pequeñas cantidades de carbono se obtiene un metal denominado acero, cuyas propiedades varían en función de su contenido en carbono y de otros elementos en aleación, tales como el manganeso, el cromo, el silicio o el aluminio. Un lingote de acero se convierte en la materia prima para la producción de las varillas, este puede usarse en un proceso de manufactura.

2.1.1 PROCESOS DE MOLDEO

El modelado de acero es el cambio de forma de un cuerpo sólido existente y el cuerpo inicial o pieza de trabajo puede encontrarse en forma de placa, barra, varilla, alambre o tubería de diversas secciones transversales. Los procesos de modelado involucran el moldeo y fundición. Se moldea calentándola y después obligándola a tomar una forma bajo un vacío de presión de aire dentro de un molde. Estos se conocen como procesos de formado.

2.1.1.1 Tipos de Fundición

El proceso de producción de piezas metálicas a través del vertido de metal fundido sobre un molde hueco, por lo general hecho de arena. El principio de fundición es simple: se funde el metal, se vacía en un molde y se deja enfriar, existen todavía muchos factores y variables que se deben considerar para lograr una operación exitosa de fundición. La fundición en la actualidad, ha sido sustituida en cierta

medida por otros métodos como el fundido a presión (método para producir piezas fundidas de metal no ferroso, en el que el metal fundido se inyecta a presión en un molde o troquel de acero.

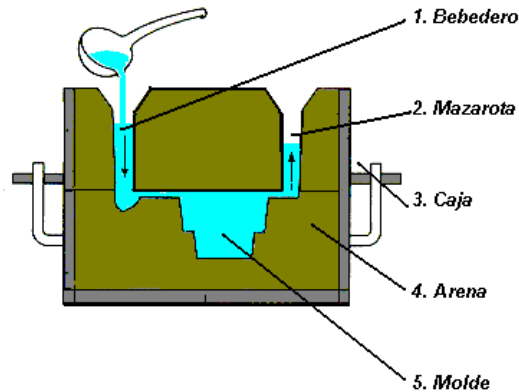


Figura 2.1 Proceso de fundición

2.1.1.1.1 Fundición a la arena

Existen dos métodos diferentes por los cuales la fundición a la arena se puede producir ver Figura 2.2. Se clasifica en función de tipo de modelo usado, ellos son: modelo removible y modelo desechables.

En el método empleando modelo removible, la arena comprimida alrededor del modelo el cual se extrae más tarde de la arena. La cavidad producida se alimenta con metal fundido para crear la fundición. Los modelos desechables son hechos de polietileno y en vez de extraer el modelo de la arena, se vaporiza cuando el metal fundido es vaciado en el molde.

El molde debe poseer las siguientes características:

- Debe ser lo suficientemente fuerte para sostener el peso del metal.
- Debe resistir la acción de la erosión del metal que fluye con rapidez durante la colada.
- Debe generar una cantidad mínima de gas cuando se llena con el metal fundido. Los gases contaminan el metal y pueden alterar el molde.
- Debe construirse de modo que cualquier gas que se forme pueda pasar a través del cuerpo del molde mismo, más bien que penetrar el metal.

- Debe ser suficientemente refractario para soportar la alta temperatura del metal y poderse desprender con limpieza del colado después del enfriamiento.
- El corazón debe ceder lo suficiente para permitir la contracción del colado después de la solidificación.



Figura 2.2 Alcantarilla fundida

2.1.1.1.2 Fundición por Inyección

La fundición en esta forma y tratándose de gran cantidad de piezas, exige naturalmente un número considerable de moldes. Es evidente que el costo de cada pieza aumenta con el precio del molde.

El peso de las piezas que se pueden fundir por inyección en moldes mecánicos, varía entre 0.5 gramos hasta 8 kilos. Por lo general se funden por inyección piezas de zinc, estaño, aluminio, y plomo con sus respectivas aleaciones.

La parte más delicada de la máquina para fundir por inyección es el molde. Este molde tiene que ser hecho con mucho cuidado y exactitud, tomando en cuenta los coeficientes de contracción y las tolerancias para la construcción de las piezas, de acuerdo con el metal y la temperatura con la que se inyecta.

La cantidad de piezas que pueden fundir en un molde y con una sola máquina es muy grande, además, en una hora pueden fabricarse de 200 a 2000 piezas según su tamaño y forma, por lo tanto, repartiendo el costo del molde, de la máquina, así como también los gastos de mano de obra para la manutención del equipo y teniendo en cuenta la gran producción, las piezas fundidas en serie por inyección resultan de bajo costos.

2.1.1.1.3 Fundición en Coquillas:

Si se vierte un metal fluido en un molde permanente, fabricado de hierro o acero, se efectúa la fundición en coquillas. Este método tiene una ventaja importante en comparación con la fundición en arena; se puede fundir con la pieza misma, roscas exteriores mayores, agujeros, etc.

Las piezas coladas en coquillas tienen una superficie pareja y limpia por lo que, generalmente, no es necesario un trabajo posterior de acabado. La exactitud de la medida es mucho más grande que la fundición de arena; pero mucho menor que cuando se funde por inyección.

2.1.1.1.4 Fundición Centrífuga:

La fundición centrífuga consiste en un proceso de hacer girar el molde mientras se solidifica el metal, utilizando así la fuerza centrífuga 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 centrífuga se obtienen piezas más económicas que por otros métodos. Los corazones en forma cilíndrica 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.

2.1.2 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 más requeridas pueden realizarse por la aplicación de fuerzas calculadas en direcciones específicas y a velocidades controladas.

2.1.2.1 Embutido profundo y prensado

El embutido profundo es una extensión del prensado en la que a una plancha 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.

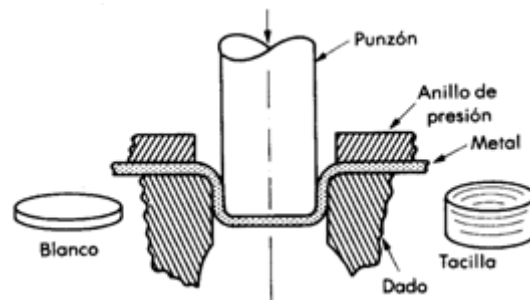


Figura 2.3. Proceso de embutido

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 Figura.2.3, 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.

2.1.2.2 Laminado

Este es un proceso en el cual se reduce el espesor del material pasándolo entre un par de rodillos rotatorios, Figura 2.4. 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.

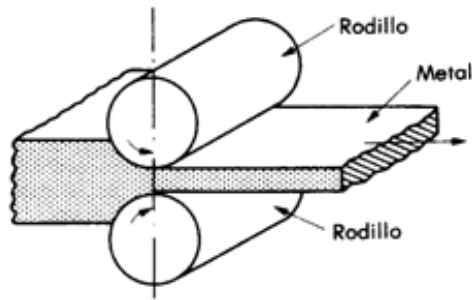


Figura 2.4 Proceso de laminado

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.

2.1.2.3 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 2.5.

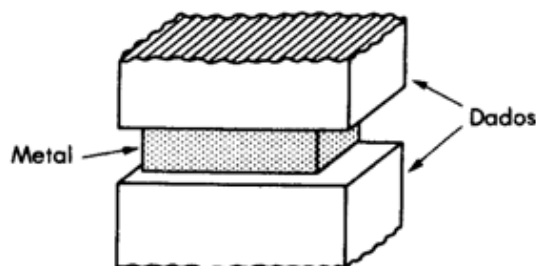


Figura 2.5 Proceso de forjado

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.

2.1.2.4 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.

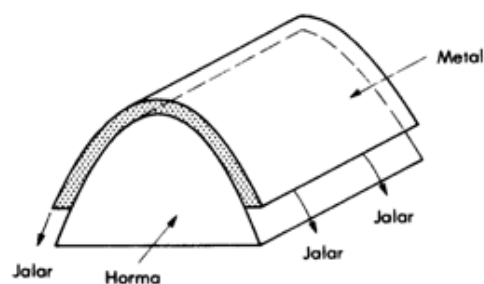


Figura 2.6 Proceso de estirado

2.1.2.5 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. Figura 2.7.

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.

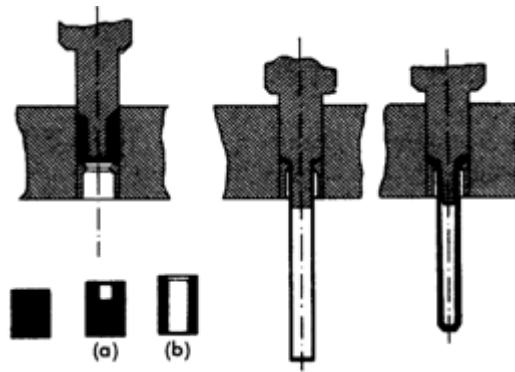


Figura 2.7 Proceso de extrusión

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.

2.2 PROCESO PARA LA OBTENCION DE VARILLAS DE ACERO

El laminado es el proceso de reducir el espesor (o modificar la sección transversal) de una pieza larga (palanquilla) mediante fuerzas de compresión aplicadas a través de un juego de rodillos que giran a la misma velocidad pero en sentido contrario.

A continuación se describe el proceso que sigue la acería para llegar a su producto terminado de varillas.

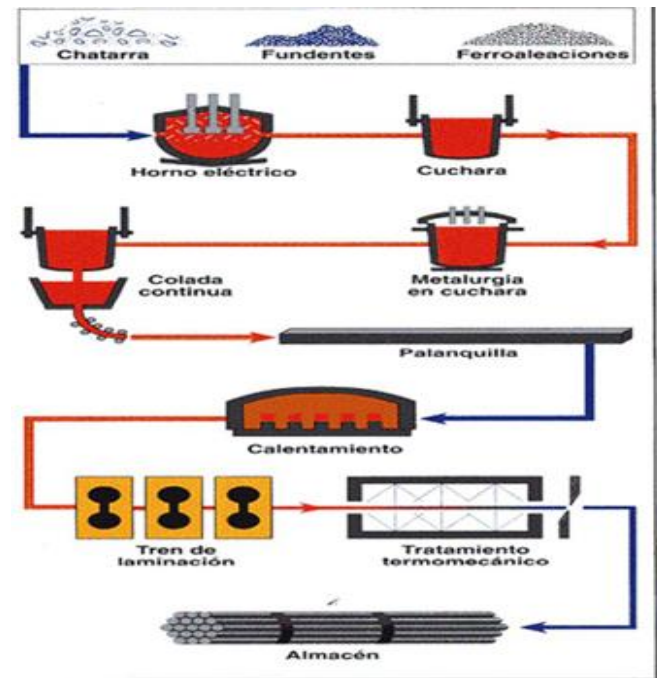


Figura 2.8. Diagrama de Proceso de laminación

2.2.1 LA CHATARRA

La materia prima para la obtención del acero es la chatarra, en este proceso se presta una especial atención, con el fin de obtener un elevado grado de calidad de la misma. Para ello, la chatarra es sometida a unos severos controles e inspecciones por parte del fabricante de acero ANDEC, tanto en su lugar de origen como en el momento de la recepción del material por los inspectores de la empresa donde se realiza un pesaje para comprarlo por peso y calidad, así como se muestra en la figura 2.9, como llega la materia prima en camiones, camionetas, para ser adquiridas por la empresa.

La calidad de la chatarra depende de tres factores:

- De su facilidad para ser cargado en el horno;
- De su comportamiento de fusión (densidad de la chatarra, tamaño, espesor, forma, etc);
- De su composición, siendo fundamental la presencia de elementos residuales que sean difíciles de eliminar en el proceso de corte.



Figura 2.9 Camión con chatarra

La chatarra de acuerdo a su procedencia, se puede clasificar en tres grandes grupos:

- Chatarra reciclada: formada por despuntes, rechazos, etc. Originados en la propia empresa, se trata de la chatarra de excelente calidad calificada como A.
- Chatarra de transformación: producida durante la fabricación de piezas y componentes de acero (virutas de máquinas herramientas, recortes de prensa y guillotinas). Calificada como B
- Chatarra de recuperación: suele ser la mayor parte de la chatarra que se emplea en la acería procede del deshuese de edificios con estructura de acero, barcos, automóviles, electrodomésticos, etc. Calificada como C. ver figura 2.10.



Figura 2.10. Almacenamiento de chatarra

Los controles a los que se somete la chatarra se producen en tres niveles, antes de llevarlos al compactador y a su posterior almacenamiento figura 2.11:

1. Inspección en el origen por parte del personal especializado.
2. Inspección visual en el momento de la descarga en los lotes de chatarra.

3. Control de recepción en la entrada de la empresa de forma exhaustiva por unidad de transporte, con independencia de la procedencia del material, con el fin de eliminar todo elemento nocivo, materiales explosivos o inflamables, materiales radioactivos, así como de todos aquellos metales no ferrosos.



Figura 2.11 Almacenamiento de chatarra compactada

2.2.2 HORNO ELÉCTRICO

En el interior de la nave se carga la chatarra en las cestas que transportan la materia prima al horno eléctrico KGYV de capacidad de 15 Ton nominal, y transformador de 12,5 MVA, en el mismo que se procede a su fusión y posteriormente al afino hasta tener la composición química requerida y la temperatura adecuada, según el grado de acero que se requiera obtener.¹

La fundición del acero es mediante la utilización de un horno eléctrico el cual se base en la fusión de las chatarras por medio de una corriente eléctrica, y al afino posterior del baño fundido. El horno eléctrico consiste en un gran recipiente cilíndrico de chapa gruesa Figura 2.12 (15 a 30 mm de espesor) forrado de material refractario que forma la solera que alberga el baño de acero líquido y escoria. El resto del horno está formado por paneles refrigerados por agua. La bóveda es desplazable para permitir la carga de la chatarra a través de unas cestas o cucharas adecuadas.

¹ Ver instrucción de trabajo para la fusión y afino del acero ANDEC-FP-AC-P002-I002



Figura 2.12. Horno eléctrico

La bóveda está dotada de una serie de orificios por los que se introducen los tres electrodos, Figura 2.13, que son gruesas barras de grafito de 10” Y 14” de diámetro. Los electrodos se desplazan de forma que se puede regular su distancia a la carga a medida que se van consumiendo.



Figura 2.13 Electrodo de grafito

Los electrodos están conectados a un transformador que proporciona unas condiciones de voltaje e intensidad adecuadas para hacer saltar el arco, con intensidad variable, en función de la fase de operación del horno. Otro orificio practicado en la bóveda permite la captación del humo, que son depurados convenientemente para evitar contaminar la atmósfera. El horno va montado sobre una estructura oscilante que le permite bascular para proceder al sangrado de la escoria y el vaciado del baño.

El acero líquido obtenido en el horno es vaciado a la cuchara de colado que lo transportará, con ayuda de la grúa aérea a la máquina de colada continua. El acero líquido de la cuchara pasará al distribuidor de donde saldrá el acero líquido hacia las dos líneas de colado, donde pasa por un proceso de enfriamiento controlado, y se obtendrá la palanquilla ya moldeada.

PROCESO DE FABRICACIÓN DEL ACERO

El proceso de fabricación se divide básicamente en dos fases: la fase de fusión y la fase de afino.

2.2.3 FASE DE FUSIÓN

Una vez introducida la chatarra en el horno y los agentes reactivos y escorificantes (principalmente cal) se desplaza la bóveda hasta cerrar el horno y se bajan los electrodos hasta la distancia apropiada, haciéndose saltar el arco hasta fundir completamente los materiales cargados. El proceso se repite hasta completar la capacidad del horno, constituyendo este acero una colada.

2.2.4 FASE DE AFINO

El afino se lleva a cabo en dos etapas. La primera en el propio horno y la segunda en un horno cuchara. En el primer afino se analiza la composición del baño fundido y se procede a la eliminación de impurezas y elementos indeseables (silicio, manganeso, fósforo, etc.) y realizar un primer ajuste de la composición química por medio de la adición de ferroaleaciones que contienen los elementos necesarios (cromo, níquel, molibdeno, vanadio, titanio, etc.).

El acero obtenido se vacía en una cuchara de colada, revestida de material refractario, que hace la función de cuba de un segundo horno de afino en el que termina de ajustarse la composición del acero y de dársele la temperatura adecuada para la siguiente fase en el proceso de fabricación.

2.2.5 EL CONTROL DE CALIDAD DEL ACERO

Para obtener un acero de calidad el proceso debe controlarse en todas sus fases empezando, como ya se ha comentado, por un estricto control de las materias primas cargadas en el horno eléctrico. Durante el proceso se toman varias muestras de la colada y de las escorias para comprobar la marcha del afino y poder ir ajustando la composición del acero. Para ello se utilizan técnicas instrumentales de análisis (espectrómetros) que permiten obtener resultados en un corto espacio de tiempo, haciendo posible un control a tiempo real y la adopción de las correcciones precisas de forma casi instantánea, lográndose así la composición química deseada.

Tabla 2.1 Principales reacciones químicas en el proceso de afino

Elemento	Forma de eliminación	Reacción química
Carbono	Al combinarse con el oxígeno se quema dando lugar a CO y CO ₂ gaseoso que se elimina a través de los humos.	$2 C + O_2 \rightarrow 2 CO$ $2 CO + O_2 \rightarrow 2 CO_2$
Manganeso	Se oxida y pasa a la escoria. Combinado con sílice da lugar a silicatos.	$2 Mn + O_2 \rightarrow 2 MnO$ $MnO + SiO_2 \rightarrow \text{silicatos}$
Silicio	Se oxida y pasa a la escoria. Forma silicatos	$Si + O_2 \rightarrow SiO_2$ $SiO_2 + \text{óxidos} \rightarrow \text{silicatos}$
Fósforo	En una primera fase se oxida y pasa a la escoria. En presencia de carbono y altas temperaturas puede revertir al baño. Para fijarlo a la escoria se añade cal formándose fosfato de calcio.	$4 P + 5 O_2 \rightarrow 2 P_2O_5$ $P_2O_5 + 5 C \rightarrow 2 P + 5 CO$ $2 P + 5 FeO + 3 CaO \rightarrow P_2O_5 \cdot 3 CaO + 5 Fe$
Azufre	Su eliminación debe realizarse mediante el aporte de cal, pasando a la escoria en forma de sulfuro de calcio. La presencia de manganeso favorece la desulfuración.	$S + Fe + CaO \rightarrow FeO + SCa$ $S + Fe + MnO \rightarrow SMn + FeO$ $S + Fe + Mn \rightarrow SMn + Fe$

Los dos elementos que más pueden influir en las características y propiedades del acero obtenido, el carbono y el azufre, se controlan de forma adicional. Pero además de la composición de la colada y de la escoria, se controla de forma

rigurosa la temperatura del baño, pues es la que determina las condiciones y la velocidad a la que se producen las distintas reacciones químicas durante el afino.

2.2.6 COLADA CONTINÚA

Finalizado el afino la cuchara de colada se lleva hasta la artesa receptora de la colada continua donde vacía su contenido en una artesa receptora dispuesta al efecto. La colada continua es un procedimiento siderúrgico en el que el acero se vierte directamente en un molde tipo lingote de fondo desplazable, figura 2.14 cuya sección transversal tiene la forma geométrica, en este caso la palanquilla.



Figura 2.14. Colada continúa

La artesa receptora tiene un orificio de fondo, o buza, por el que distribuye el acero líquido en varias líneas de colada, cada una de las cuales disponen de su lingotera o molde, generalmente de cobre y paredes huecas para permitir su refrigeración con agua, que sirve para dar forma al producto.

Posteriormente se aplica un sistema de enfriamiento controlado por medio de duchas de agua fría primero, y al aire después, cortándose el semiproducto en las longitudes deseadas mediante sopletes que se desplazan durante el corte.

2.2.6.1 Calidad

En principio se analiza la calidad del acero líquido, para determinar si los niveles de Si, Mn y C y del acero están de acuerdo a especificaciones requeridas. En los casos donde sea obvio que el acero no esté totalmente calmado, dentro de la

lingotera se procederá a agregar aluminio al acero del molde, para calmarlo y evitar pérdida de línea por una posible perforación.

Si la colada en la máquina se diera, en las condiciones mencionadas anteriormente, puede dar como resultado productos con calidad por debajo de los estándares permitidos, roturas de líneas, grietas o ambos. Los aceros efervescentes o semicalmados se los debe colar agregando aluminio en lingotera, preferentemente un contenido de oxígeno disuelto menor a 60 ppm asegura un correcto proceso de colado.

2.2.6.2 Temperatura

El ajuste exacto de la temperatura del acero es muy importante para el proceso de la colada continua debido a la influencia que esta tiene en la seguridad de la operación, y en consecuencia en la producción y en la calidad. La temperatura del acero en el distribuidor es considerada como la decisiva para el proceso de colada. La temperatura en el distribuidor debe estar en el rango de: 1537 – 1548 ° C. Para aceros de bajo carbono y de diámetro de buzas pequeños (hasta 15.0 mm), el enfriamiento (solidificación del acero) puede ocurrir súbitamente para lo cual se hace necesario colar dichos aceros a una temperatura ligeramente mayor, para evitar un cierre de líneas en las etapas finales de la colada

Es mejor colar a la mínima temperatura en el distribuidor que compense la disminución de la temperatura al final del vaciado de la cuchara, de esa manera se logra seguridad en la operación y calidad en el producto.

El colar a temperatura innecesariamente altas (calientes), incrementa el riesgo de roturas en de líneas (perforaciones).

Tiempo de espera mayor a 15 minutos en la máquina de colada continua deben evitarse por las siguientes razones: Capas frías de acero, particularmente en el fondo de la cuchara se pueden presentar, a menos que se inyecte gas inerte sobre la máquina.

Conducida la palanquilla por el camino de rodillos será sometida al corte con cizalla en las longitudes solicitadas hasta llegar a la mesa de enfriamiento de donde será evacuada por la grúa pórtico, hacia la mesa de inspección, donde se revisa para eliminar los defectos físicos e identificarla.

Se evacua la palanquilla al sector de almacenamiento para su posterior inspección por parte de Control de Calidad, y su retiro por parte del personal de Logística al patio de materia prima.

2.2.7 PROCESO DE LAMINACION

Las palanquillas ver figura 2.15, no son utilizables directamente, se las almacena al ambiente para que estas se enfríen.



Figura 2.15. Palanquillas

En este proceso se aprovecha la ductilidad del acero, es decir, su capacidad de deformarse, tanto mayor cuanto mayor es su temperatura. De ahí que la laminación en caliente se realice a temperaturas comprendidas entre 1250 °C, al inicio del proceso, y 800 °C al final del mismo. La laminación sólo permite obtener productos de sección constante, como es el caso de las varillas corrugadas.

La materia prima que se utiliza para elaborar los productos de acero laminados en caliente como rollos de alambón, es la palanquilla de acero, que es un producto semi terminado o semi elaborado derivado de la chatarra (similares al acero que se desea obtener) con un bajo contenido de carbono.

La materia prima es proveniente de Funasa en un 30% y el 70% restante es importado, la cual proviene de Venezuela en el caso de los rollos de alambón.

Tabla 2.2 Características químicas de palanquilla de FUNASA

Grado de Acero: SAE 1006	Color de Identificación: Celeste	
Elementos	Mínimo	Máximo
Carbono		0.08

Manganeso	0.200	0.400
Silicio	0.070	0.150
Fósforo		0.040
Azufre		0.050

Grado de Acero: SAE 1026	Color de Identificación: Amarillo	
Elementos	Mínimo	Máximo
Carbono	0.200	0.250
Manganeso	0.75	0.900
Silicio	0.150	0.250
Fósforo		0.035
Azufre		0.450

Nota: Todos los resultados son dados en porcentajes.

Grado de Acero: SAE 1010	Color de Identificación: Azul Verde	
Elementos	Mínimo	Máximo
Carbono	0.08	0.15
Manganeso	0.40	0.63
Silicio	0.07	0.15
Fósforo		0.040
Azufre		0.050

Tabla 2.3 Características químicas de palanquillas importadas

Grado de Acero: SAE 1006	Color de Identificación: Celeste	
Elementos	Mínimo	Máximo
Carbono		0.08
Manganeso	0.200	0.400
Silicio	0.070	0.150
Fósforo		0.040
Azufre		0.050

Grado de Acero: SAE 1026	Color de Identificación: Amarillo	
Elementos	Mínimo	Máximo
Carbono	0.200	0.250
Manganeso	0.900	1.100
Silicio	0.100	0.250
Fósforo	0.020	0.035
Azufre	0.025	0.050

Nota: Todos los resultados son dados en porcentajes.

2.2.8 HORNO DE PRECALENTAMIENTO

En la zona de preparación de la palanquilla es colocada por montacargas en una cama compuesta de rieles de palanquilla para su arreglo adecuado y para cortar los amarres de la extranjera, luego se forman cargas de 4 a 7 palanquillas que son llevadas por la grúa aérea o montacargas hacia el pie del camino de rodillos de ingreso al horno de precalentamiento.

Se calienta la palanquilla a través de las tres zonas del horno de calentamiento de 40 Ton/h., hasta alcanzar una temperatura adecuada para el proceso de laminación.

Dentro del horno de precalentamiento existen tres zonas: de precalentamiento, de calentamiento y de homogeneización donde la última zona (homogeneización) la palanquilla alcanza una temperatura de laminación que es aproximadamente de $1200 \pm 100^{\circ}\text{C}$, la inspección de la temperatura de cada zona es automático, además posee 20 quemadores con un sistema de regulación y control automático de aire / combustible (Bunker). Para efectuar el chequeo de la temperatura del combustible se lo verifica en un termómetro instalado en los calentadores del combustible los que tienen una capacidad de 300°C ; Figura 2.16.

Tabla 2.4 Tabla de temperaturas en horno de precalentamiento

ZONAS	EN LAMINACION NORMAL		
	Precalentamiento	950°	±
Calentamiento II	1080°	±	200°C
homogeneización	1200°	±	100°C

El paso de las palanquillas de una zona a otra se realiza por medio de distintos dispositivos de avance. La atmósfera en el interior del horno es oxidante, con el fin de reducir al máximo la formación de cascarilla alrededor de la palanquilla.



Figura 2.16. Horno de precalentamiento

Luego la palanquilla es sacada del horno con una lanza, hacia un camino de rodillos, y por medio de un transferidor de palanquillas serán llevadas hacia otro camino de rodillos, que permitirán que la palanquilla sea impulsada hacia la primera caja del tren de desbaste con un arrastrador.

2.2.9 TREN DE LAMINACIÓN

Alcanzada la temperatura deseada en toda la masa de la palanquilla, ésta es conducida a través de un camino de rodillos hasta el tren de laminación.

El tren de laminación está formado, como se ha indicado en la figura 2.17, por parejas de cilindros que van reduciendo la sección de la palanquilla. Primero de la forma cuadrada a forma de óvalo, y después de forma de óvalo a forma redonda. A medida que disminuye la sección, aumenta la longitud del producto transformado y, por tanto, la velocidad de laminación de aproximadamente 13 m/s. El tren se controla de forma automática, de forma que la velocidad de las distintas cajas que lo componen va aumentando en la misma proporción en la que se redujo la sección en la anterior.



Figura 2.17. Laminación

El tren de laminación se divide en tres partes:

- Tren de desbaste: consta de 5 cajas de laminación, donde la palanquilla sufre una primera pasada muy ligera para romper y eliminar la posible capa de cascarilla formada durante su permanencia en el horno, se realizan reducciones muy fuertes en su sección transversal, al salir del proceso de desbaste es cortada la punta debido a que se producen aberturas.
- Tren intermedio: consta de 6 cajas de laminación donde se continua reduciendo la sección transversal de los diámetros por medio de sucesivas pasadas en cilindros de diferente sección, al final del también es cortada la punta y la cola de la barra
- Tren acabador: consta de 4 cajas de laminación, donde el producto experimenta su ultima pasada y obtiene su geometría de corrugado de terminado, según requerimientos y estándares de calidad en los diferentes diámetros de producción.

Durante el proceso de laminación la temperatura promedio es de 1000 °C. El Tren de Laminación consta con un total de 15 cajas de laminación.

Las varillas laminadas pasan por la mesa de transporte a la cizalla de corte donde se corta a la media requerida del cliente o la especificación del área de producción, ver tabla 2.6, terminado este proceso las varillas se trasladan a la mesa de enfriamiento donde se procede al conteo manual por parte de los operarios, de donde pasa a la zona de empaquetado, pasa por la bascula de pesaje para terminar con el ciclo al almacenamiento y despacho.

Tabla 2.5 Maquinarias, Equipos y Herramientas utilizadas en el Proceso de laminacion

	Marca del Motor	Tipo	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (Kw)	Revoluciones por minuto (rpm)
Caja 1	Indar S.A.	KN 355-Mac:CCS-1	525	528	250	500/1100
Caja 2	Indar S.A.	KN 355-Mac:CCS-1	525	528	250	500/1100
Caja 3	Indar S.A.	KN 355-Mac:CCS-1	525	528	250	500/1100
Caja 4 y 5	Indar S.A.	KN 400-s-b-c	525	1016	500	500
Caja 6 y 7	AEG-de CC	G 364/35/41	800	795	750	875/1650
Caja 8	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 9	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 10	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 11	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 12	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 13	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 14	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 15	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Transferidor 1	Letag España	FN-160L.35	440/265	36.5/21.1	11	
Transferidor 2	Letag España	FN-160L.35	440/265	36.5/21.1	11	

Tabla 2.6 Tabla de especificación de varillas

Diámetro de varillas (mm)	# de varillas en cada lote	Masa Kg/m		Peso Kg varillas 12 m
		Nominal	Máximo	
8	500	0.395	0.418	5.016
10	330	0.617	0.654	7.848
12	230	0.888	0.941	11.292
14	170	1.208	1.281	15.372
16	130	1.578	1.673	20.07
18	100	1.998	2.117	25.404
20	80	2.466	2.614	31.368

22	70	2.984	3.163	37.956
25	50	3.853	4.085	49.02
28	40	4.834	5.124	61.488
32	30	6.313	6.692	80.304

El acero, que es una aleación de hierro y carbono, es una de las aleaciones de mayor consumo en el mundo comparable al consumo de los alimentos. Sus proporciones son alrededor de 99% de hierro y 1% de carbono.

Los minerales de hierro que constituyen la mena son la magnetita (Fe_3O_4) y la ferrita (Fe_2O_3) que tienen propiedades magnéticas en mayor o menor grado, propiedades que se utilizan para elevar sus leyes por concentración magnética. El concentrado se aglomera en bolitas llamados pellets que constituyen el insumo para la fabricación del acero.

2.3 CONDICION DEL SISTEMA ACTUAL DE CONTEO

2.3.1 PROBLEMAS

El sistema actual que tiene la empresa es de forma manual, es decir, los operarios son los encargados de contar las varillas, lo cual representa un peligro para la salud e integridad de ellos, ya que las varillas se encuentran a altas temperaturas tiene filos expuestos que pueden ocasionar lesiones graves. Figura 2.18.

La falta de concentración, el cansancio y la monotonía de los operarios al momento de realizar el conteo no garantiza de que los lotes de varillas estén completos lo cual perjudica el tiempo de proceso y la utilización de más recurso humano ya que se deben volver a contar las varillas.



Figura 2.18 Operador contando varillas

Las varillas de menor diámetro que se fabrican en la empresa de 8, 10 y 12 mm son las que más problemas e inconvenientes dan al momento de realizar el conteo ya que al ser diámetros pequeños son más difíciles de manipular y fácilmente se pueden doblar, enrollar entre si al momento que pasan por la mesa de enfriamiento.



Figura 2.19 varilla doblada

El conteo actual no ofrece la garantía y la confiabilidad que necesita la empresa para vender un su producto y satisfacer a los clientes, para lo cual ANDEC ha emprendido este proyecto de diseño de un sistema automático contador y un sistema mecánico de separación de las varillas.

2.4 CONTADORES MECANICOS

Los sistemas mecánicos son aquellos sistemas constituidos fundamentalmente por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función específica transformar o transmitir el movimiento desde las fuentes que lo generan, al transformar distintos tipos de energía, para nuestro caso específico la funcionalidad de poder contar el número exacto de varillas que es un requerimiento importante para cumplir con la necesidad de ANDEC.SA.

En general la mayor cantidad de sistemas mecánicos usados actualmente son propulsados por motores de combustión interna, así por sistemas neumáticos e hidráulicos. En los sistemas mecánicos se utilizan distintos elementos relacionados para transmitir un movimiento, como son eslabones, mecanismos, poleas, cadenas, motores eléctricos etc, como el movimiento tiene una intensidad y una dirección, en ocasiones es necesario cambiar esa dirección y/o aumentar la intensidad, y para ello se utilizan mecanismos apropiados para esta aplicación.

Según la experiencia que ANDEC.SA ha tenido con estos contadores que se han instalado, no ofrecían una confiabilidad en el conteo de las varillas, la inexactitud en el valor eran demasiado elevados, por lo cual, la empresa decidió retirarlo de su funcionamiento.

2.5 AUTOMATIZACION DE SISTEMAS

Automatización, es el sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas o trabajos anteriormente efectuadas por seres humanos, para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana.

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

Los dispositivos de automatización implican una gran cantidad de sistemas o procesos que operan con mínima o sin intervención del ser humano. El proceso

general y simplificado de funcionamiento de los sistemas de automatización se puede dividir en 3 etapas: medición, evaluación y control.

La medición de las diferentes variables es muy importante para el sistema ya que de estas mediciones dependerá en adelante la toma de decisiones de la máquina. Una vez que el mecanismo ha recopilado la información del entorno y de las variables involucradas en la operación debe evaluar dicha información, esta es la segunda etapa del proceso, en esta sección el sistema deberá determinar si una acción debe ser llevada a cabo o no. La etapa de control será la resultante de las dos etapas anteriores y conlleva la realización de una acción o proceso por parte de la máquina.

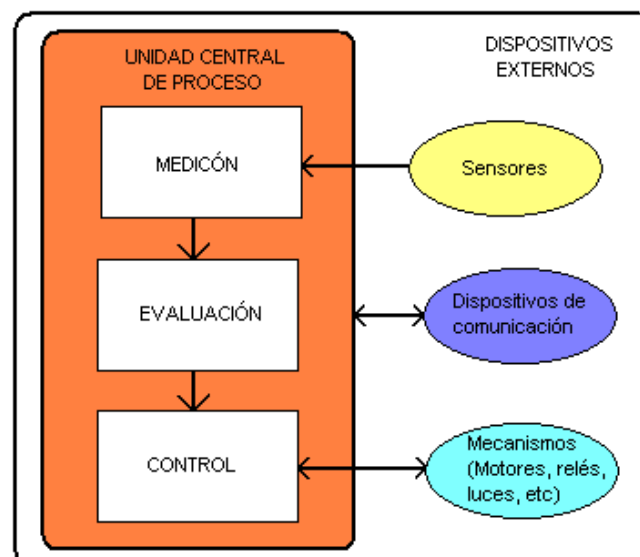


Figura 2.20. Diagrama simplificado de los sistemas de automatización²

Como se observa en la figura 2.20, además de las etapas de proceso del sistema y su vinculación con las variables por medio de sensores y actuadores (interfaces entre el control y los mecanismos), hoy en día se hace de mucha importancia la comunicación del sistema con bases de datos, sistemas de supervisión, registro o información que le permitan al mecanismo otra fuente de retroalimentación de información, así como la posibilidad de controlar el sistema de manera remota.

² http://automata.cps.unizar.es/Historia/Webs/automatismos_industriales.htm