



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

FABRICACION DE MUELLES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

JUAN ARTURO GUZMAN AVALOS



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

I N T R O D U C C I O N

P R O L O G O

| | PAGINA |
|--|--------|
| I. METALURGIA | |
| 1.1 Hierro | 5 |
| 1.2 Diagrama Hierro-Carbono | 18 |
| - Cambios Alotrópicos | |
| - Formación del Grano | |
| - Constitución de las Aleaciones Fe-C | |
| - Configuración de un Diagrama de Equilibrio | |
| - Diagrama Hierro-Carbono | |
| II. ACEROS | |
| 2.1 Diferentes Tipos de Aceros y sus Características Generales. | 26 |
| - Clasificación de acuerdo a su constitución. | |
| 2.2 Aceros al Carbono | 28 |
| 2.3 Acero Aleado | 29 |
| 2.3.1 Designación Numérica según SAE. | |
| 2.3.2 Propiedades Mecánicas. | |
| - Efectos de la Temperatura en las Propiedades Mecánicas. | |
| - Efectos de los Elementos de Aleación en las Propiedades Mecánicas. | |

| | | |
|-----|---|----|
| 2.4 | Prueba de Dureza Brinell | 40 |
| 2.5 | Prueba de Dureza Rockwell | 43 |
| 2.6 | Prueba de Impacto | 45 |
| 2.7 | Resistencia a la Tracción | 45 |
| 2.8 | Prueba de Fatiga | 46 |
| 2.9 | Acero Aleado para la Fabricación de Muelles | 47 |

III. TRATAMIENTOS TERMICOS

| | | |
|-----|-------------------------------------|----|
| 3.1 | Tratamientos más Comunes | 49 |
| 3.2 | Recocido | 50 |
| 3.3 | Esferoidizado | 50 |
| 3.4 | Normalizado | 51 |
| 3.5 | Templado | 52 |
| | - Fases del Templado | |
| | - Selección del Medio de Temple | |
| 3.6 | Revenido | 57 |
| | - Diferentes Tipos | |
| | - Factores que afectan el Revenido. | |

IV. FABRICACION Y PROCESO FINAL

| | | |
|-----|---------------------------|----|
| 4.1 | Materia Prima | 62 |
| 4.2 | Inspección y Fase Inicial | 63 |
| 4.3 | Tratamiento Térmico | 71 |
| 4.4 | Armado | 75 |
| 4.5 | Costos | 84 |

A P E N D I C E

C O N C L U S I O N E S

" FABRICACION DE MUELLES "

I N T R O D U C C I O N

Debido a las irregularidades del camino, se hizo necesario idear sistemas que absorbieran la energía que se produce en el momento de pasar el vehículo por alguna de aquellas. Estos sistemas son tanto más complicados, mientras mayor suavidad se quiera obtener.

Las muelles resultan importantes, ya que dan en forma aceptable tanto comodidad a los pasajeros, como protección a diferentes partes del vehículo.

En los automóviles son cada día menos usadas las muelles y más utilizados los resortes, ya que éstos proporcionan más comodidad, aunque reducen un poco la estabilidad. En las camionetas normalmente se utilizaban sólo muelles, pero en la actualidad es común reemplazar las muelles delanteras por un sistema que brinda mayor suavidad. En casi todos los vehículos de carga, éstos es, camiones, trailers, remolques, autobuses, etc., se usan muelles tanto en la parte delantera, como en la trasera, pues lo primordial en estos vehículos es transportar carga, sacrificando así la comodidad del conductor y pasajeros; en los vehículos modernos se ha resuelto esto, utilizando amortiguadores neumáticos y asientos especiales.

Una muelle está formada por varias hojas de diferentes largos, sujetas todas éstas por un tornillo, llevando además una o más abrazaderas de muelle con el fin de evitar que las hojas se "Farajeen". La hoja más larga es en algunos casos enrollada en uno o en sus dos extremos, para formar ojos de fijación, como sucede en automóviles, camionetas y camiones en su parte delantera. En la práctica se conoce al tornillo que sujeta las hojas, como tornillo de centro (aún cuando regularmente no está en el centro) y más comúnmente como "pitón", a la hoja larga como "maestra" a la siguiente como segunda, a la otra como tercera y así sucesivamente.

La muelle va en uno de sus extremos sin articulación colocada al bastidor o chasis, y en el otro por medio de un columpio en algunos casos, o un patín en otros, consiguiéndose así que la muelle pueda extenderse o flexionarse, al pasar la rueda por alguna irregularidad del camino.

Por ser un sistema muy probado y que además ha dado buenos resultados, a las muelles les espera una amplia aplicación durante muchos años más.

P R O L O G O

La importancia de que las muelles se comporten de manera confiable bajo diversas circunstancias adversas como lo -- son: algunas calles y carretera en mal estado, sobrecargas al vehículo y bruscos cambios de temperatura; hacen necesario un óptimo diseño y buen control de calidad durante su fabricación, para lo cual se requiere un conocimiento más profundo de los cambios ocurridos durante dicho proceso. Esta tesis solo tratará lo relativo a la fabricación.

Siendo Acero el material del que están hechas, el Diagrama HIERRO - CARBONO da una idea clara de los cambio ocurridos durante el calentamiento y enfriamiento del Acero, aún --- cuando éstos se realizan en forma infinitamente lenta.

Cuando el enfriamiento se realiza en forma rápida, como en el caso de las muelles, se está realizando un tratamiento térmico, éste depende de las características finales que - se deseen y de la composición del Acero, es por ésto que - se hace necesario conocer los diferentes tipos de Aceros y sus propiedades generales.

Los tratamientos térmicos dados a las hojas de muelle son un templado en aceite y un revenido, con lo que quedan ligutas para su uso.

Al reemplazar una hoja, que en talleres relativamente pequeños es la finalidad de su fabricación, o al armar una muelle nueva es importante el correcto asentado, ésto es, el conformar bien la hoja nueva a la que quedará como su inmediata superior, con esto se logra evitar que falle prematuramente. Una vez asentada, se arma la muelle y queda preparada para ser montada en el vehículo.

CAPITULO I

METALURGIA

La Metalurgia es el estudio de la estructura interna de los metales y de las aleaciones, la relación de sus composiciones y de sus propiedades físicas y mecánicas.

1.1 Hierro

El Hierro es uno de los metales que más abundantemente se encuentran en la naturaleza, constituyendo más del 5 % de la corteza terrestre, pero rara vez se encuentra puro, sino formando parte de numerosas rocas y combinado principalmente en forma de Oxido, Carburo y Sulfuro.

El Hierro puro es decir, con menos de 0.008 % de Carbono, es un metal blanco azulado, dúctil y maleable cuyo peso específico es 7.87. Funde de 1536.5°C a 1539°C, reblandeciéndose antes de llegar a esta temperatura, lo que permite forjarlo y moldearlo con facilidad. La temperatura de fusión baja, en cuanto está aleado con Carbono. Por ejemplo : la fusión de un Acero con 0.60 % de Carbono ocurre a 1438°C -- que es el caso del Acero para Muelles. El Hierro es un --- buen conductor de la electricidad y se imanta fácilmente.

1.2 Diagrama Hierro-Carbono

El Diagrama Hierro-Carbono introduce de una manera adecuada en el estudio de los Aceros y sus tratamientos térmicos; -- pero antes de estudiarlo, se harán algunas consideraciones para su mejor comprensión.

- Cambios Alotrópicos.

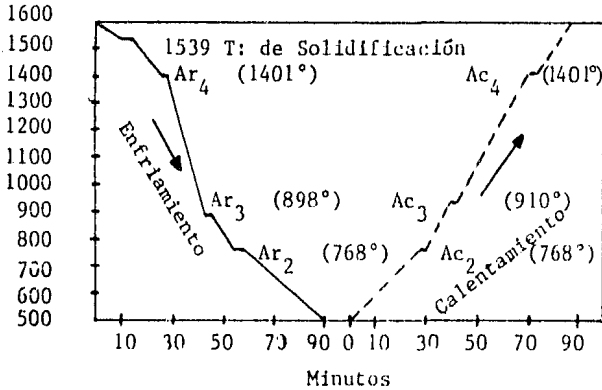
Si se enfría lentamente Hierro puro, desde el estado líquido, se observa que solidifica a la temperatura constante - de 1539°C . Al seguir enfriando se notará que la temperatura se detiene a los 1401°C , pues se produce un cambio en la estructura del Hierro, con desprendimiento de calor. Al continuar el descenso de temperatura, habrá dos detenciones más, una a los 898°C y la otra a los 768°C . A las temperaturas antes citadas las designaremos como Ar_4 (1401°C), Ar_3 (898°C) y Ar_2 (768°C) que son conocidas como temperaturas críticas o puntos críticos.

Si en lugar de enfriar se calienta, se observarían los mismos fenómenos, sólo que (Ac_3) ocurriría a temperatura ligeramente superior, 768°C (Ac_2), 910°C (Ac_3) y 1401°C (Ac_4). Se designa al enfriamiento con el subíndice (r), del francés "refroidissement" (enfriamiento) y al calentamiento con el subíndice (c), también del francés "chauffage" (calentamiento). (Fig. 1)

Estas diferencias entre las temperaturas de enfriamiento y calentamiento se hacen más grandes a medida que las velocidades para efectuar los procesos son mayores, y se explica como la resistencia que oponen los sistemas cristalinos a transformarse. Es por ésto que para realizar los diagra--

mas, se supone que el calentamiento o el enfriamiento se realizan a velocidad infinitamente lenta, con lo cual las temperaturas a las que suceden los cambios antes mencionados serían las mismas. Se designarían con la letra A y sin subíndice y serían para el Hierro puro, $A_2 = 768^{\circ}\text{C}$, $A_3 = 910^{\circ}\text{C}$ y $A_4 = 1401^{\circ}\text{C}$.

Figura 1.



Ahora se verá lo que ocurre desde el punto de vista cristalino durante el calentamiento o el enfriamiento del Hierro puro.

Como ejemplo se tomará el calentamiento:

De la temperatura ambiente hasta los 768°C , tiene una estructura cristalina llamada cúbica de cuerpo centrado (CCUC), en la que hay un átomo de Hierro en cada vértice del cubo, y uno más en el centro del mismo; es una variedad alotrópica conocida con el nombre de Hierro Alfa (α). El Hierro Alfa en este período de temperatura es magnético.





De los 768° a los 910° sigue la misma estructura, sólo que existe un aumento en la distancia entre átomos y deja de ser magnética, pero sigue siendo Hierro Alfa. Antiguamente conocido como Hierro Beta (β).

Entre los 910° y los 1401° existe la variedad llamada Hierro Gamma (γ), en este período la estructura cristalina cambia de cúbica de cuerpo centrado (CCUC) a cúbica de caras centradas (CCAC), en la que hay átomos de Hierro en cada vértice del cubo y además en cada cara del cubo. El Hierro Gamma no es magnético.

De 1401° a 1539° nuevamente hay un cambio en la estructura, ahora de (CCAC) cambia a (CCUC) y se le conoce como Hierro Delta (δ). (Fig. 2)

Actualmente se considera que el Hierro Delta (δ) es igual al Hierro Alfa (α).

Figura 2

| ESTADOS ALOTROPICOS DEL HIERRO PURO | | | | |
|-------------------------------------|-------|--|--------------------------|-------------------------|
| T [°C] | FORMA | SISTEMA CRISTALINO | DIST. ENTRE ATOMOS | PROPIEDAD MAGNETICA |
| AMBIENTE ↔ 768° | α |  CCUC | 2.86 Å | MAGNETICA |
| 768° ↔ 910° | α |  CCUC | 2.90 Å | NO MAGNETICA |
| 910° ↔ 1400° | γ |  CCAC | 3.60 Å | NO MAGNETICA |
| 1400° ↔ 1539° | δ |  CCUC | 2.93 Å | DEBILMENTE MAGNETICA |

.. Formación del Grano.

El grano se forma cuando el metal es estado líquido se solidifica. En este paso se observa: la formación de núcleos y el crecimiento del cristal.

Al enfriarse un metal fundido puro y llegar al punto en que empieza la solidificación, aparecen pequeños núcleos cristalinos en diferentes partes del metal fundido, estos núcleos van creciendo y forman un eje principal a partir del cual se forman a 90° ejes secundarios y perpendicularmente a estos los terciarios, esta forma de crecimiento se llama dendrita (de la palabra griega "dendron" que significa árbol) (Fig. 3).

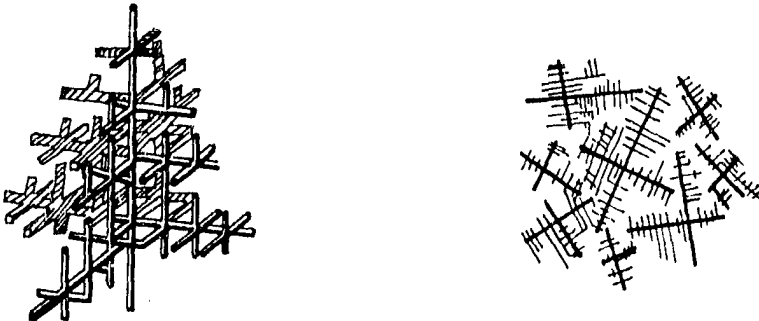
Las ramas de las dendritas continuarán creciendo hasta que se encuentren con las ramas de las dendritas vecinas, deteniendo en ese momento su crecimiento y llenándose a continuación los espacios (líquidos aún) entre las ramas de las dendritas formándose así el grano. Como las dendritas no están igualmente orientadas ni las distancias entre ellas son las mismas, los granos tendrán forma irregular.

La razón de enfriamiento afecta tanto la cantidad de núcleos cristalinos como el tamaño del grano. A mayor velocidad de enfriamiento mayor número de núcleos cristalinos pero menor velocidad de crecimiento (menor tamaño de grano).

A menor velocidad de enfriamiento menor número de núcleos cristalinos y mayor velocidad de crecimiento (mayor tamaño de grano).

La formación de núcleos cristalinos antes descrita se denomina espontánea, sin embargo en casi todos los metales - que son de interés en la industria, esta formación comienza a partir de partículas de impurezas, éstas influyen también en la cantidad de núcleos cristalinos y en el tamaño del grano. A mayor número de impurezas mayor número de -- núcleos cristalinos y menor velocidad de crecimiento (menor tamaño del grano). Esta característica es aprovechada para lograr un grano fino y así mejorar sus propiedades mecánicas (mayor ductilidad y plasticidad).

Figura 3.



Ferrita.- La Ferrita se considera como Hierro Alfa puro, debido a su poca capacidad de disolver Carbono, pues disuelve como máximo 0.025 % a 723°C. La Ferrita se encuentra presente en el acero para muelles. Tiene una dureza de 90 Brinell y una resistencia a la tensión de aproximadamente 3164 kg/cm².

Austenita.- Es la solución sólida de Carbono en Hierro Gamma (δ). De estructura monofásica. La máxima solubilidad es de 2.00 % de C a 1130°C. Tiene dureza de 40 Rc; 150,000 lb/pulg². de resistencia a la tensión. No es magnética. La Austenita se forma en el acero para muelles -- cuando éste llega a una temperatura de 840°C. Debido a que el tratamiento que se le da a las muelles es un calentamiento lento y un enfriamiento rápido, la Austenita se --- forma al calentarse, pues al enfriarse rápidamente para el templeado se pretende formar solo Martensita.

Perlita.- La Perlita está compuesta por 86.5 % de Ferrita y 13.5 % de Cementita. Cada grano está formado por láminas o placas alternadas de Ferrita y Cementita. Tiene una resistencia de 200 Brinell y un alargamiento de 15 %. Es el constituyente principal del acero para muelles antes del tratamiento térmico.

Cementita.- Es Carburo de Hierro ($Fe_3 C$) conteniendo -- 6.67 % de Carbono y 93.33 % de Hierro. Su dureza es de -- 700 Brinell, pero es muy frágil. Es magnética hasta 210° . No se encuentra en el acero para muelles.

Ledeburita.- Es un constituyente de las fundiciones. Se tiene cuando el contenido total de Carbono es superior al 2.00 % . Es una eutéctica que en griego significa fluidez perfecta y se emplea para designar una mezcla de componentes que pasan sin descomposición ni segregación del estado sólido al líquido o viceversa.

Martensita.- Es la solución sólida sobresaturada de Carbono en Hierro Alfa. Se obtiene por enfriamiento rápido de los aceros, cuando éstos han alcanzado la temperatura suficiente para estar dentro de la zona austénica.

No cristaliza en red CCUC, que es la del Hierro Alfa, sino que cristaliza en red tetragonal de cuerpo centrado, debido a la inserción de carbono. A esta deformación es precisamente a la que se le atribuye su gran dureza y fragilidad puesto que dicha deformación produce tensión en los -- cristales.

La cantidad de Carbono varía hasta un máximo de 0.89 %. Su dureza va desde 495 hasta 745 Brinell con alargamiento de 0.5 a 2.5 %. Es magnética.

La martensita es el constituyente principal del acero para muelles, una vez que éste se encuentra templado.

Grafito.- Es una forma alotrópica del Carbono, al igual que el Diamante y el Carbono Amorfo. Se presenta en forma de láminas en las fundiciones grises, en forma de nódulos en las fundiciones maleables y en forma esferoidal en algunas fundiciones especiales.

El grafito baja la dureza, resistencia mecánica, elasticidad en las fundiciones que lo contienen, pero en cambio mejora la resistencia al desgaste, a la corrosión y la maquinabilidad.

- Configuración de un Diagrama de Equilibrio.

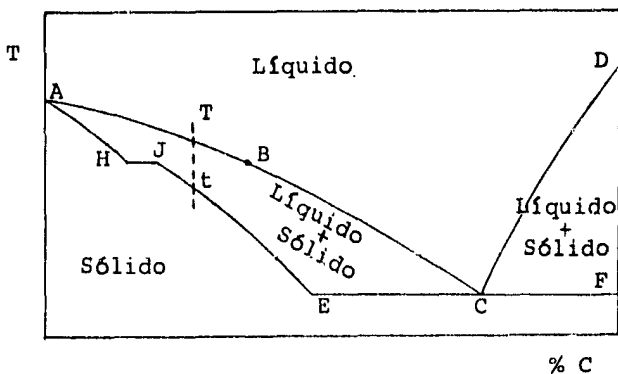
Para la elaboración de un diagrama de equilibrio, se suponen procesos de enfriamiento y calentamiento infinitamente lentos.

Si se realiza con una aleación binaria Hierro-Carbono y se representa en el eje de las abscisas el porcentaje de uno de ellos por ejemplo el Carbono, y como ordenadas se llevan las temperaturas, se obtendrá el Diagrama de Equilibrio Hierro-Carbono.

Cuando se enfría una aleación fundida, se notará que no se solidifica a una temperatura constante, como ocurre con un metal puro, sino que comienza la solidificación a una cierta temperatura T y termina a otra temperatura t , menor que T . Esto quiere decir que la aleación solidifica totalmente en un intervalo de temperatura.

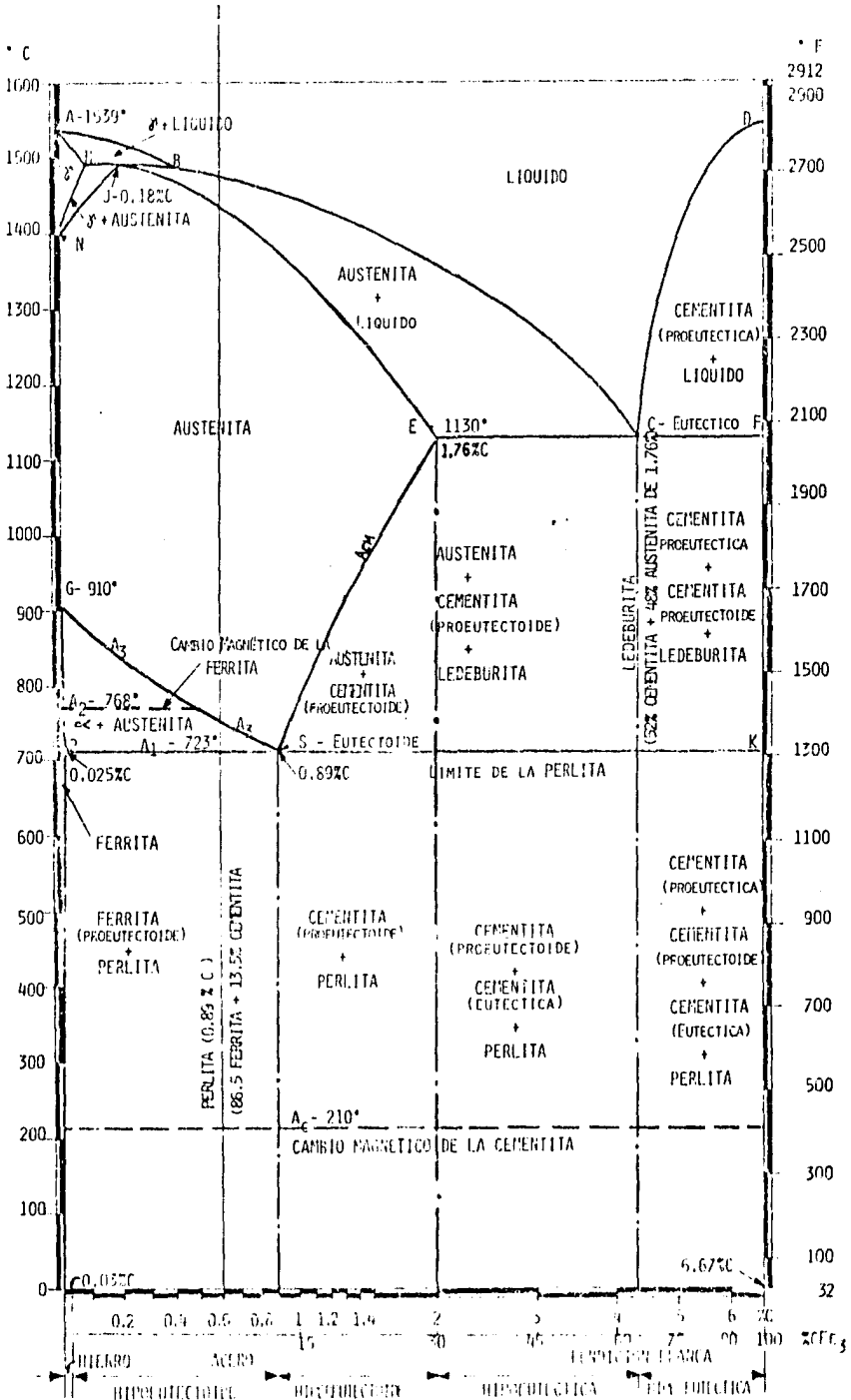
Si se modifica la proporción de los elementos, se obtendrán otras dos temperaturas, T' y t' de principio y fin de la solidificación. Si se continúa modificando la proporción de los elementos, se obtendrán correspondientemente otras temperaturas de principio y fin de la solidificación. Graficando estos datos se lograrán dos líneas, una para el principio y otra para el fin de la solidificación. (Fig.4) La línea ABCD representa las temperaturas T de comienzo de solidificación y la línea AHJECF la de temperaturas t de fin de solidificación.

Figura 4



La aleación a temperaturas por arriba de la línea ABCD es siempre líquida; por debajo de AHJECF es sólida y en el intervalo entre las dos, es parcialmente sólida y líquida. Al seguir enfriando la aleación con determinada proporción de elementos pero ya en estado sólido se notará que a cierta temperatura existe un cambio en la estructura de la fase en estado sólido. Cambiando la proporción de elementos se logran otros puntos que graficados dan las líneas que se ven en el diagrama Hierro-Carbono. Un ejemplo de estos cambios de fase ya en el estado sólido y con un porcentaje de 0.60 % de C, que es el caso del acero para muelles se describirá mas adelante.

DIAGRAMA HIERRO CARBONO



- Diagrama Hierro-Carbono.

En este diagrama el Carbono está combinado con el Hierro, en forma de Carburo de Hierro cuando se encuentra a temperatura ambiente y por lo tanto un nombre más conveniente sería "Diagrama Hierro-Carburo de Hierro". El porcentaje de Carburo de Hierro también se encuentra representado en el eje de las abscisas.

A continuación serán descritos algunos puntos importantes que se localizan en el eje de las abscisas:

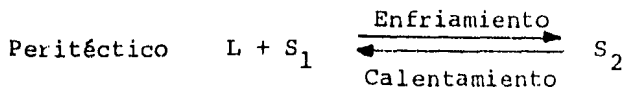
- 1° El límite del diagrama corresponde a 6.67 % de C, que es el de la Cementita pura. Quedan excluidas las aleaciones con porcentaje superior a 6.67 % de C, por el hecho de que el Carbono se encuentra en forma de grafito.
- 2° El punto C, que se denomina Eutéctico, que es el punto común de las líneas ABCD y AHJECF, que representan el principio y el fin de la solidificación, esto significa que la aleación solidifica en su totalidad a una sola temperatura, siendo el producto Ledeburita. Este punto corresponde a la temperatura de 1130° al 4.3 % de C. Para aleaciones que contienen menos del 4.3 % de C, entre el principio y el fin se la solidi-

ficación se precipita Austenita y para las que tienen más de 4.3 % se precipita Cementita.

3° El punto E, es importante por marcar tanto el máximo contenido de Carbono de la Austenita, como la división de las aleaciones Fe-C en dos clases de características diferentes, los ACEROS que contienen de 0.03% a 2.00 % de C y las FUNDICIONES con contenido de 2.00 % a 6.67 % de C.

4° El punto S, se denomina Eutectoide. Para la aleación con un contenido de 0.80 % de C, la totalidad de la masa de la Austenita se transforma dicho punto en Perlita. Para porcentajes de Carbono superiores a 0.80% la Austenita al enfriarse por debajo de la línea Acm (SE) segrega Cementita hasta llegar a los 723°. Para porcentajes menores a 0.80 % de C, a temperaturas inferiores a la línea A₃ (GS) la Austenita segrega Ferrita hasta llegar a los 723°. Al llegar a la temperatura de 723° la Austenita restante se transforma en Perlita.

5° El punto J, denominado Peritético donde una fase líquida reacciona con una fase sólida para formar otro sólido al enfriar, siendo esta reacción reversible. El porcentaje de Carbono es de 0.18 % a 1492°C.



6° El punto H, con 0.08 % de C, o 1.5 % de Fe₃ C, que es el máximo porcentaje que puede contener en solución sólida el Hierro Delta (δ).

7° El punto P, es de 0.025 % de C, que es el máximo porcentaje que puede disolver la Ferrita.

Los puntos J, H, P, (5°, 6° y 7°) son de poco interés en la práctica. Los puntos J y H, porque en los tratamientos térmicos de los aceros no se llega a las temperaturas de dichos puntos; el punto P, por ser Hierro Técnico y no Acero.

La aleación hasta con 0.03 % de C, es considerada como -- Hierro técnicamente puro.

En el eje de las ordenadas existen los siguientes puntos de interés :

Ac = 210°. Abajo de esta temperatura la Cementita es magnética y por arriba de 210° la Cementita deja de ser magnética.

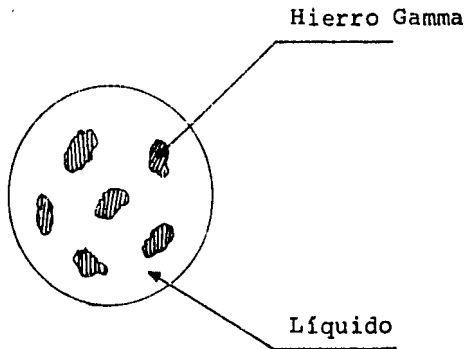
- $A_1 = 723^\circ$. Que es el límite de la Perlita.- De esta temperatura hacia abajo se encuentra la Perlita (mezcla de Ferrita y Cementita).
- $A_2 = 768^\circ$. Ocorre un cambio magnético en la Ferrita. A temperaturas superiores - la Ferrita no es magnética. Se le conoce como punto de Curie
- $A_3 =$ Línea SG Límite de la Ferrita. Este punto - crítico varía desde 723° hasta 910° dependiendo del porcentaje de Carbono.
- $A_4 =$ Línea HB Es el límite superior de la Austenita.
- Acm = Línea SE Límite de la Cementita. Este punto varía de 723° a 1130° .
- Línea EF = 1130° Límite de la Ledeburita.
- Línea ABCD = Temperatura de inicio de la solidificación.
- Línea AHJECF = Marca el fin de la solidificación.

A continuación se tratará con mayor detalle un proceso de solidificación el cual se encuentra marcado en el Diagrama Fe-C con una línea vertical (I).

Este proceso es con 0.6 % de C, Acero Hipoeutectoide y -- nos servirá para tener una idea de las transformaciones - ocurridas durante el tratamiento térmico del acero para - muelles, ya que este contiene aproximadamente 0.6 % de C.

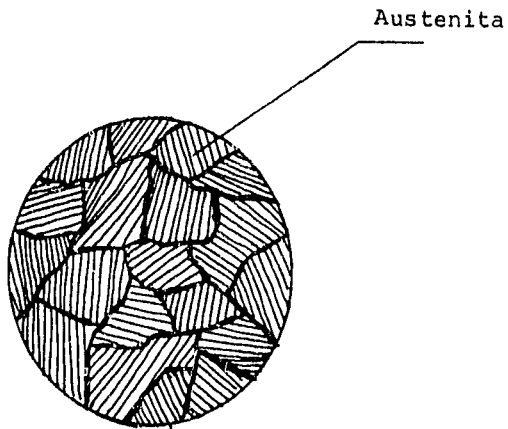
Línea (I), aleación con 0.6 % de C. Aproximadamente a 1477° comienza la solidificación, con la aparición de --- cristales de Austenita o Hierro Gamma (γ). (Fig. 6)

Figura 6



Al llegar a 1438° , la aleación queda totalmente solidificada. (Fig. 7)

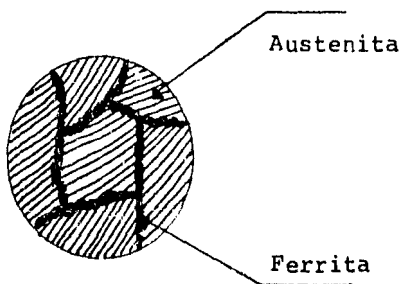
Figura 7.



Desde 1438° hasta 755° , la única variación es en el tamaño del grano de austenita, el cual disminuye por dividirse cada grano de Austenita.

Después de llegar a los 755° , los cristales de Austenita comienzan a transformarse en Ferrita (Fig. 8)

Figura 8.



Como la Ferrita es prácticamente Hierro puro, la Austenita residual va enriqueciéndose de Carbono y su contenido en cada punto (P) se obtiene trazando una línea horizontal hasta encontrar la línea GS y después una vertical -- hasta llegar al eje de las abscisas.

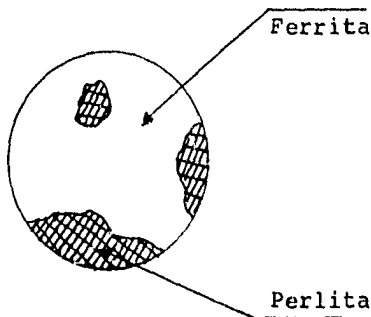
Cuando se llega a la línea A_1 (PS) la aleación se encuentra formada por Ferrita y Austenita, ésta última con un contenido de Carbono de 0.80 % (el del punto S). Al cruzar esta línea la Austenita se transforma íntegramente

en perlita (86.5 % de Ferrita y 13.5 % de Cementita) --
quedando sólo Ferrita y Perlita. (Fig. 9)

La Cementita formada (que es parte de la Perlita) no es
magnética, pero al cruzar los 210° se vuelve magnética. --
Finalizando así las transformaciones.

Este ejemplo muestra los cambios de estructura ocurridos
para una aleación Hipoeutectoide con 0.6 % de C. Todos
los aceros Hipoeutectoides sufren transformaciones análo
gas y poseen una estructura de Ferrita + Perlita. De --
igual forma es posible conocer los cambios para cualquier
porcentaje de Carbono. Tan solo es necesario tomar en --
cuenta las líneas y zonas anotadas en el Diagrama Fe-C.

Figura 9.



CAPITULO II

ACEROS

Se llama Acero a toda aleación Hierro-Carbono cuyo contenido de Carbono está generalmente comprendido entre 0.03 y 2.00 % .

2.1 Diferentes Tipos de Aceros y sus Características Generales.

Existen diferentes tipos de Aceros, según el procedimiento de fabricación, éstos son:

Acero de Crisol.

Acero poco usado en la actualidad, debido a que su proceso es muy costoso. Es un acero limpio y de alta calidad, sólo usado en piezas especiales.

Acero Bessemer.

Acero de alta calidad, refinado con Arrabio rico en Sílice. En este proceso se reducen los elementos de aleación y se hace necesario añadirlos después que ha sido vertido el metal fundido.

Acero Thomas.

Es Acero rico en Fósforo y muy frágil, por lo que no se recomienda para la fabricación de herramientas ni partes expuestas a golpes.

Acero de alta calidad. En ese proceso es posible usar - Arrabio de diferente composición o chatarra. El recubrimiento interior del horno puede ser ácido, para eliminar el Carbono, Silicio y Manganeso, o básico que permite eliminar o reducir el Fósforo y Azufre. En casi toda la producción se prefiere el recubrimiento básico.

Acero de Horno Eléctrico.

Es el Acero de mejor calidad tanto para construcción como para herramientas. El horno puede ser de arco o de inducción, siendo el proceso semejante al del Acero de Crisol.

El procedimiento utilizado por Altos Hornos de México, -- S. A., para refinar el Arrabio y obtener el Acero que sirve en la producción de soleras para muelle es el Siemens-Martin u horno de hogar abierto.

- Clasificación de acuerdo a su Constitución.

Los Aceros se pueden clasificar de acuerdo a los elementos que los constituyen, en dos grandes grupos que son: Acero al Carbono y Acero Aleado.

El Acero es como se mencionó anteriormente, una aleación - constituida fundamentalmente por Hierro y Carbono. Cuando

además de estos dos elementos se agrega intencionalmente al meros otro, en porcentaje suficiente para mejorar alguna característica física o mecánica, se dice entonces que es un Acero aleado. Cuando no tiene ningún elemento en porcentaje considerable se dice que es un Acero al -- Carbono. El acero utilizado para la fabricación de muelles es un Acero aleado al Cromo como se verá más adelante.

2.2 Acero al Carbono.

Los Aceros al Carbono son los que están formados fundamentalmente por Hierro y Carbono, además no contienen -- ningún elemento en porcentaje superior al siguiente:

| | | | |
|---------------------------------|---------|-----|--------|
| Manganeso | (Mn) | ... | 1.20 % |
| Silicio | (Si) | ... | 1.00 % |
| Niquel | (Ni) | ... | 0.50 % |
| Cromo | (Cr) | ... | 0.25 % |
| Molibdeno | (Mo) | ... | 0.10 % |
| Vanadio | (V) | ... | 0.05 % |
| Cobalto | (Co) | ... | 0.30 % |
| Titanio | (Ti) | ... | 0.30 % |
| Aluminio | (Al) | ... | 0.30 % |
| Cobre | (Cu) | ... | 0.30 % |
| Azufre + Fósforo | (S+P) | ... | 0.12 % |
| Otros Elementos Individualmente | | ... | 0.10 % |

Los Aceros al Carbono cuya composición oscila entre los -
siguientes límites:

| | | | | |
|-------|-------|------|---|--------|
| C | | 0.10 | a | 0.60 % |
| S | | 0.15 | a | 0.30 % |
| Mn | | 0.30 | a | 0.70 % |
| S y P | | | | 0.04 % |

Son aceros de construcción que sirven para la elaboración de piezas de máquinas, ejes, herrajes, tornillos, etc.

Los problemas que se enfrentan en los Aceros al Carbono - para obtener características mecánicas comparables a las obtenidas con Aceros Aleados son, la necesidad de que las piezas tengan pequeño espesor o diámetro, y que por requerir un medio de enfriamiento energético como el agua, se corre el riesgo de que el material sufra deformaciones o se agriete.

Es por lo antes dicho, por lo que el Acero al Carbono es desplazado por el Acero Aleado en muchas piezas de uso -- industrial.

2.3 Acero Aleado.

Son Aceros Aleados todos aquellos compuestos de Hierro-Carbono que además contienen uno o más elementos agrega-

dos intencionalmente como Cromo, Niquel, Silicio, Molibdeno, etc., en porcentajes superiores a los mencionados en 2.2. Estos elementos son agregados intencionalmente para obtener ciertas cualidades especiales, como aumentar la tenacidad, mejorar la maquinabilidad, resistencia al desgaste, abrasión, disminuir la fragilidad e incrementar la resistencia a la corrosión y oxidación. Además es posible templearlos en medios menos enérgicos como el aceite, reduciendo notablemente el riesgo de que el material se deforme o agriete.

En el caso de las muelles se agregan elementos de aleación para obtener las características necesarias, tanto en su tratamiento térmico como en su aplicación.

Las características deseadas son: alto límite de elasticidad y de fatiga con suficiente plasticidad y ductilidad.

En los Aceros Aleados existen elementos que benefician y otros que perjudican, entre los primeros se encuentran los siguientes: Aluminio, Cromo, Cobalto, Cobre, Manganeso, Molibdeno, Niquel y Plomo.

Entre los elementos que perjudican al Acero están: Antimonio, Estaño, Hidrógeno, Arsénico, Oxígeno, Azufre y Fósforo. Tratándose siempre de eliminar o al menos reducir al mínimo.

Los elementos que se encuentran en el Acero para Muelles son Cromo (0.70 - 0.90 %), Manganeso (0.75 - 1.00 %), Fósforo (0.035 %), Azufre (0.040 %) y Silicio (0.20-0.35 %).

Los efectos de estos elementos en la aleación de los Aceros se mencionarán más adelante.

2.3.1 Designación Numérica según SAE

La SAE (Society of Automotive Engineers) ha implantado un sistema basado en números para conocer la composición química de los Aceros, aunque en forma aproximada.

El primer dígito indica el tipo de Acero, ésto es 1) Indica Acero al Carbono, 2) Acero al Niquel, 3) Acero al Cromo-Niquel, etc., esto se puede observar en la tabla 1. El segundo dígito indica una aleación y algunas veces el porcentaje aproximado del elemento de aleación predominante, los últimos dos o tres dígitos usualmente indican el contenido aproximado de Carbono, en centésimos o milésimos por ciento. Por ejemplo, un Acero SAE 5135, es un Acero al Cromo (5), con aproximadamente 1 % de cromo -- (según tabla 1, con 0.70 a 1.10 %) y 0.35 % de Carbono --- (Tabla No. 1).

T A B L A 1

| NUMERACION SAE-AISI | CONTENIDO QUIMICO PROMEDIO (%) |
|------------------------|--|
| | ACEROS AL CARBON |
| 10XX | Carbón Simple |
| 11XX | Aceros Resulfurizados S 0.08, 0.13, 0.20, 0.24 |
| | ACEROS AL MANGANESO |
| 13XX | Mn 1.60, 1.90 |
| | ACEROS AL MOLIBDENO |
| 40XX | Mo 0.20, 0.30 |
| | ACEROS AL CROMO-MOLIBDENO |
| 41XX | Cr 0.40, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.10 Mo 0.15, 0.25, 0.35 |
| | ACEROS AL NIQUEL-CROMO-MOLIBDENO |
| 43XX | Ni 1.65, 2.00 Cr 0.40, 0.60, 0.70, 0.90 Mo 0.20, 0.30 |
| 47XX | Ni 0.90, 1.20 Cr 0.35, 0.55 Mo 0.15, 0.25 |
| 86XX | Ni 0.70 Cr 0.40, 0.60 Mo 0.15, 0.25 |
| 87XX | Ni 0.70 Cr 0.40, 0.60 Mo 0.20, 0.30 |
| 88XX | Ni 0.70 Cr 0.40, 0.60 Mo 0.30, 0.40 |
| 94BXX | Ni 0.60 Cr 0.30, 0.50 Mo 0.15 |
| | ACEROS AL NIQUEL-MOLIBDENO |
| 46XX | Ni 0.70, 1.00, 1.65, 2.00 Mo 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 |
| 48XX | Ni 3.25, 3.75 Mo 0.20, 0.30 |
| | ACEROS AL CROMO |
| 50BXX | Cr 0.20, 0.35, 0.40, 0.60 |
| 51XX | Cr 0.70, 0.75, 0.80, 0.90, 1.00, 1.05, 1.10 |
| 511XX | Cr 0.90, 1.15 |
| 521XX | Cr 1.30, 1.60 |
| | ACEROS INOXIDABLES (Cromo-Manganeso-Niquel) |
| 302XX | Cr 17.00, 19.00 Mn 2.00 Ni 8.00, 10.00 Si 1.00 (Cromo-Niquel) |
| 303XX | Cr 17.00, 19.00 Ni 8.00, 10.00 Mn 2.00 Si 1.00 Mo 0.60 |

2.3.2 Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas de los Aceros se ven afectadas por el número y el porcentaje de los elementos de aleación. Una propiedad importante es el TAMAÑO DEL GRANO por el hecho de que afecta la maquinabilidad, la distorsión durante el endurecimiento y las propiedades físicas.

Los Aceros de grano grueso pueden maquinarse fácilmente, pero se distorsionan más durante el temple por endurecerse en capas más profundas; éstos aceros son tratados térmicamente para producir la máxima tenacidad.

Los Aceros de grano fino no tienen la facilidad de maquinado que tienen los de grano grueso, pero se distorsionan menos por endurecer sólo las capas superficiales de la pieza.

La ASTM ha normalizado un índice de tamaño de grano con números del 1 al 8, correspondiendo el 7 al Acero para Muelles. (Antes del tratamiento térmico). Otra cuestión que se debe tomar en cuenta para las propiedades mecánicas de Aceros con alto contenido de Carbono y Aceros para herramienta es la descarburización. En el caso del Acero para Muelles afecta las propiedades finales porque esta zona descarburizada no se transforma en Martensita y no adquiere la dureza requerida, siendo una causa de la falla en las muelles. - 33 -

A continuación se describirán algunas propiedades mecánicas:

ALARGAMIENTO:

Es la deformación que sufre un material, puede ser elástica o plástica. Se expresa comúnmente en una de estas dos formas:

- 1) Centímetros de deformación por cada centímetro de longitud original, o
- 2) En porcentaje de la longitud original.

Si al suprimirse la carga aplicada el material vuelve a su forma original se dice que fue una deformación elástica. Si por el contrario al cesar el esfuerzo existe deformación permanente, entonces se dice que sufrió una deformación plástica; esto sucede cuando se sobrepasa el límite elástico del material y es resultado de una deformación permanente en el acomodo de los átomos.

ESFUERZO:

Es la resistencia interna que un cuerpo opone a una fuerza externa que tiende a modificar su forma o tamaño.

DUCTILIDAD:

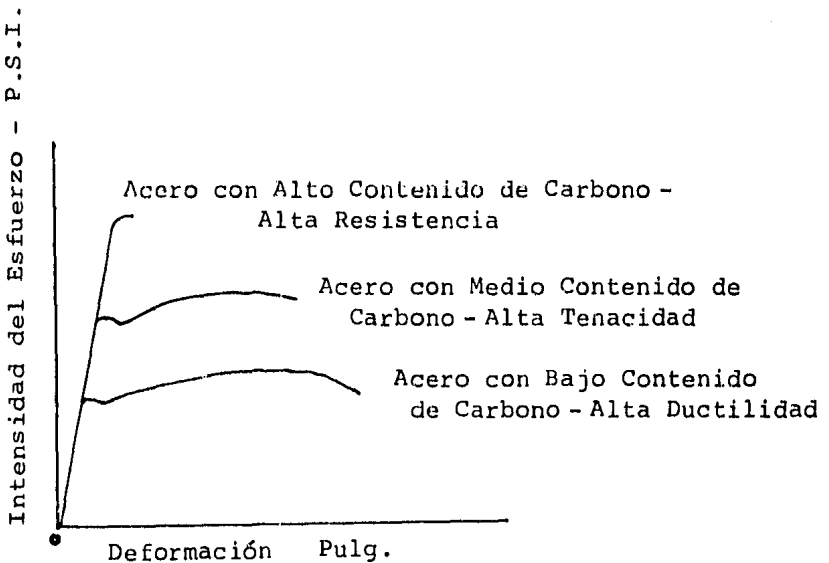
Se puede definir como la cantidad de deformación plástica en el punto de ruptura y se determina en una prueba de -- tensión midiendo la elongación y la reducción de área del material.

MALEABILIDAD:

Es la habilidad de un material al ser laminado.

TENACIDAD:

Es una medida de la energía requerida para hacer fallar un material. Un material dúctil requiere mayor energía para hacerlo fallar, que uno que no lo es; y es el área bajo - la curva esfuerzo-deformación. (Figura 10)



RESISTENCIA:

Se puede definir como el esfuerzo último de cedencia de un material.

DUREZA:

Es la resistencia de un material a ser penetrado bajo condiciones estandar de prueba.

FATIGA:

Fenómeno que origina la fractura bajo esfuerzos repetitivos o fluctuantes.

De las propiedades mencionadas, la dureza y la fatiga son las únicas importantes desde el punto de vista práctico para las hojas de muelle.

- Efecto de la Temperatura en las Propiedades Mecánicas.

Experimentalmente se han encontrado los siguientes efectos para el Hierro Dulce y el Acero.

A temperaturas Elevadas :

- 1) Entre 95° y 150° la tenacidad decrece en cosa de 5 % - con respecto a la que se tiene a 15°. Entre los 150° y los 200° o 320° aumenta hasta un 15 % , después decrece continuamente a temperaturas mayores.

- 2) El límite elástico decrece continuamente con el aumento de temperatura.
- 3) Hasta aproximadamente 150°, el alargamiento baja y luego aumenta continuamente a medida que sube la temperatura.

A Temperaturas Bajas:

La tenacidad aumenta progresivamente con la disminución de la temperatura, mientras que el alargamiento desaparece -- prácticamente. Las propiedades del metal son las mismas -- cuando éste regresa a la temperatura ambiente.

- Efecto de los Elementos de Aleación en las Propiedades Mecánicas.

Carbono.- No se considera como elemento de aleación, sin embargo, es el más importante en la composición, ya que -- proporciona dureza a cualquier Acero. A medida que el contenido de Carbono aumenta, la ductilidad y la soldabilidad decrecen.

Cromo.- Este elemento produce mayor resistencia a la -- tracción, abrasión, desgaste, corrosión y oxidación, ade-- más aumenta la templabilidad y forma Carburos que tienen -- alta dureza. Es el elemento de aleación en el Acero para Muelles, con un contenido de 0.70 a 0.90 % .

Niquel.- Aumenta la resistencia a la tracción, sin sacrificar la tenacidad, agregado en cantidades superiores al 8 % aumenta la resistencia a la corrosión. No se utiliza en las muelles. Es usado en Aceros de Cementación e Inoxidables.

Molibdeno.- Aumenta la dureza, tenacidad y resistencia a la tracción, manteniendo la dureza a temperaturas elevadas. No se agrega en el Acero para Muelles. Es utilizado para fabricar Aceros Rápidos.

Manganeso.- Incrementa la resistencia a la tracción, --- abrasión, desgaste, disminuye la tendencia de inestabilidad y aumenta la facilidad de cementado, combinado con -- Azufre mejora la facilidad de maquinado; contraresta la - fragilidad debida al Azufre, aumenta la templabilidad. Es tá contenido en el Acero para Muelles y ayuda a elevar el límite elástico.

Cobre.- Solo en cantidad apreciable perjudica los -- trabajos en caliente, afecta la soldadura de forja, aunque no seriamente la soldadura eléctrica y acetilénica. Es - perjudicial a la calidad de superficie. No se encuentra en el Acero para Muelles. Se utiliza en aceros expuestos a la intemperie.

Plomo.- Mejora las características de maquinado. Se añade de 0.15 % a 0.35 % . Provoca que el acero se vuelva quebradizo y por eso no se agrega en el caso de las -- muelles.

Cobalto.- Mantiene la dureza al rojo y aumenta la tenacidad e intensifica el efecto de otras aleaciones. Disminuye la templabilidad y no se añade en el Acero para Muelles.

Azufre.- Aumenta la facilidad de maquinado pero disminuye la tenacidad y dificulta la soldadura. El azufre -- que contiene el Acero para Muelles no ejerce influencia -- alguna y no es un elemento agregado intencionalmente; -- siendo además contrarrestado con el Manganeso.

Fósforo.- Aumenta la dureza y la facilidad de maquinado, pero produce fragilidad aún cuando se agregue en pequeñas cantidades. El Fósforo contenido en el Acero para Muelles proviene de los minerales del Hierro y solo en -- cantidades superiores al 0.08 % produce fragilidad en --- frío.

Silicio.- Aumenta la resistencia a la tracción, la dureza y la permeabilidad magnética. Es desoxidante y desgasificante. Proviene del refractario del Horno Siemens Martin y por el porcentaje que contiene el Acero para --

Muelles (0.20 - 0.35 %) no se le considera como elemento de aleación.

Vanadio.- Ayuda a mantener un grano fino en la estructura e intensifica el efecto de otras aleaciones. Aumenta la dureza y resistencia al impacto. No es un elemento --- agregado en el caso de los muelles, pues disminuye la templeabilidad.

Tungsteno.- Aumenta la dureza y tenacidad, produce resistencia a temperaturas elevadas, por lo que es usado en herramientas de corte. No se añade en el Acero para Muelles.

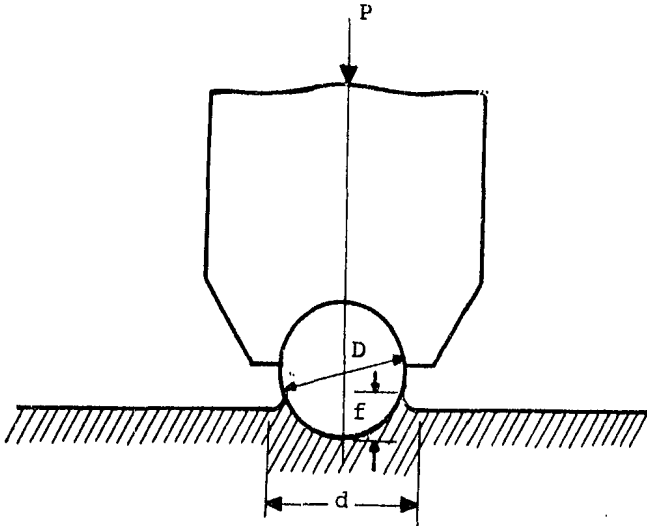
Los Aceros poseen diferentes cantidades de los elementos mencionados, lo que provoca cambios en sus propiedades. Para su diferenciación existen normas como la mencionada en el punto 2.3.1.

En el Acero para Muelles, los elementos encontrados son: Carbono, Cromo, Manganeso, Azufre, Fósforo y Silicio.

2.4 Prueba de Dureza Brinell.

Este método fue ideado por el Ingeniero Sueco Brinell en 1900 y consiste básicamente en comprimir un balón de acero por medio de una carga durante un período de tiempo, sobre la superficie del material a ensayar. El diámetro del balón (D), la carga (P) y el tiempo (T), están pre--

viamente determinados. (Figura 11)



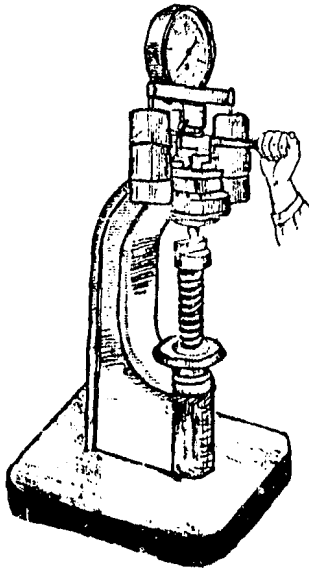
Conociendo P y D solo falta conocer el diámetro de la huella (d) dejada por el balín, después de aplicar la carga. Esta se mide con un microscopio provisto de un retículo -- graduado. Una vez medida se aplica la siguiente fórmula, para conocer la dureza:

$$HB = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

En la práctica no se aplica la fórmula, sino que se usan tablas. Esta prueba generalmente no se utiliza para durezas superiores a 500 Brinell porque se deforman los ba lines.

En el caso de las hojas de muelle, este ensayo es poco usado porque la dureza cuando la hoja está templada va de 560-682 Brinell y estando ya revenida es de 363-495 - Brinell.

Figura 12.



2.5 Prueba de Dureza Rockwell.

Este método también se basa en la resistencia que oponen los materiales a ser penetrados. Se determina la dureza en función de la profundidad de la huella.

Los cuerpos penetrantes son:

- a) Un Diamante en forma de cono de $120^\circ \pm 1^\circ$ con punta redondeada, con radio de 0.2 ± 0.01 mm; llamado también penetrador Brale.
- b) Balines de $1/8''$ y $1/16''$ y un poco menos comunes, de $1/2''$ y $1/4''$.

Se utilizan cargas de 60, 100 y 150 kg., para materiales gruesos y de 15, 30 y 45 kg., para materiales delgados.

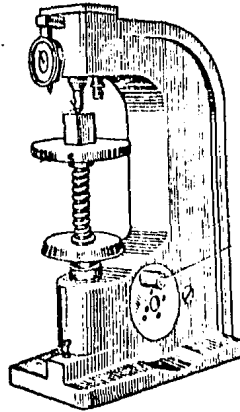
La ventaja de este método es el no tener que realizar ningún cálculo, ya que la dureza se obtiene directamente de la lectura de la carátula.

Existen 21 escalas para 21 combinaciones de penetradores y cargas pe debido a la dureza de las hojas de muelle, se utiliza comúnmente la escala C, que se denomina por -- Rockwell C. (Rc).

Cuidados al aplicar el Método Rockwell:

- 1° El espesor mínimo que deben tener las piezas para evitar errores, será de 10 veces la penetración del cono o balín.
- 2° Si son cilíndricas de diámetro inferior a 30 mm., se requiere de un factor de corrección.
- 3° El material debe asentar perfectamente sobre la base.

Figura 13.



Esta prueba de dureza es la más usada en las hojas de muelle, encontrándose los siguientes datos: 23-28 Rc; 54-64 Rc; 38-50 Rc para el Acero Crudo, templado y revenido respectivamente (Ver apéndice). Al realizar estas pruebas es necesario pulir previamente el material para eliminar la zona descarburada.

2.6 Prueba de Impacto

Esta prueba consiste básicamente en la ruptura de una probeta por un péndulo. La probeta que es el material a ensayar, debe ser hecha de acuerdo a normas, por lo que su fabricación resulta costosa. Esta prueba no es usada en la práctica para las hojas de muelle.

2.7 Resistencia a la Fracción

Esta prueba se realiza en muestras estandar, principalmente barras de sección circular y rectangular. La muestra a ensayar se sujeta en ambos extremos y se le va aplicando una carga uniforme hasta su ruptura, la carga máxima que soporta el material es la resistencia a la tracción. Esta prueba tampoco se aplica en la práctica a las hojas de muelle.

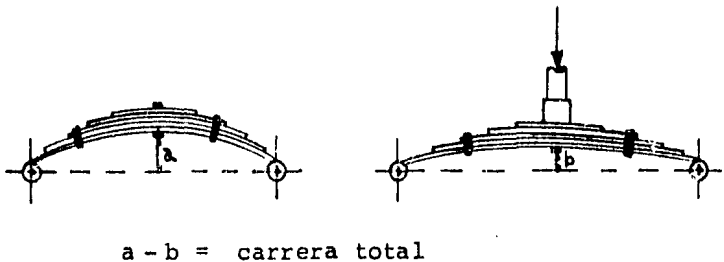
2.8 Prueba de Fatiga.

Esta prueba consiste en someter al material a la acción - de tensiones repetitivas o alternativas .

La prueba de fatiga se realiza una vez que la muelle está armada (ver 4.4), aunque desde luego también se le puede aplicar a las hojas de muelle, esta se lleva a cabo en una máquina especial. Para ser aceptadas se piden los siguientes valores como mínimo, los cuales son fijados por el cliente (Ford, Chrysler, Nissan, etc.):

| <u>Para usarse en:</u> | <u>Número de ciclos:</u> | <u>Carrera Total:</u> |
|------------------------|--------------------------|-----------------------|
| CAMIONES | 50,000 | 2 1/2" |
| CAMIONETAS | 80,000 | 6 " |
| AUTOMOVILES | 110,000 | 6 " |

Figura 14



Las distancias a y b son variables y dependen de la curvatura final o arco libre (a) sin carga y de la carrera -- total que el cliente pida.

Las fracturas por fatiga comienzan con diminutas fisuras - que crecen bajo la acción del esfuerzo fluctuante. En las hojas de muelle suelen verse al iniciar, solo como una pequeña grieta por una cara y que no llega a abarcar todo el ancho de la hoja.

2.9 Acero Aleado para la Fabricación de Muelles

Las primeras muelles se fabricaron con Acero al Carbono -- que contenían Manganeso entre 0.5 y 0.8 %, pero esto fué - cuando las muelles tenían pequeña sección y las tensiones no eran muy altas.

Para un mejor rendimiento se usaron Aceros aleados al Silicio (1.5 a 2.0 %), Manganeso (0.8 a 1.0 %), Cromo (0.9 a 1.2 %), Vanadio (0.1 a 0.2 %), y en algunos casos Tungsteno (0.8 a 1.2 %) y Niquel (1.4 a 1.7 %); sin -- embargo, el Acero al Silicio tiene tendencia a la descarburación, formación de defectos superficiales durante el tratamiento en caliente y a la formación de grafito, lo que disminuye el límite de fatiga. En este Acero las huellas producidas por golpes, acarrear la concentración de esfuer

zos en dichos puntos, provocando como se dijo; que el límite de fatiga y la longevidad disminuyan grandemente, estas huellas en la superficie pueden ser provocadas en algunos casos durante el asentamiento de las hojas como se verá mas adelante.

Por lo anterior, los Aceros al Silicio se han sustituido por Aceros al Cromo, Cromo-Vanadio, Cromo-Manganeso u otro tipo de aleación.

En la actualidad en México se usa Acero SAE 5160. Por lo visto en la Sección 2.3.1, es un Acero al Cromo con aproximadamente 1.0 % de Cromo y 0.60 % de Carbono.

En un análisis químico más elaborado, se logra observar la siguiente composición :

| E L E M E N T O S % | | | | | | |
|---------------------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|-----------|
| | C | Mn | P | S | Si | Cr |
| SAE 5160 | 0.56-0.64 | 0.75-1.00 | 0.035 | 0.040 | 0.20-0.35 | 0.70-0.90 |

Este acero es el usado generalmente en México y es producido por Altos Hornos de México, S. A., se surte en soleras con aproximadamente 9 a 12 metros de largo y en diferentes medidas de grueso y ancho (Ver punto 4.1)

CAPITULO III

TRATAMIENTOS TERMICOS

Por tratamiento térmico se entiende el calentamiento y - enfriamiento de una pieza, bajo condiciones determinadas para lograr darle características más adecuadas para su empleo.

Los tratamientos térmicos no modifican la composición -- química del Acero, pero si su estructura y sus propiedades mecánicas.

3.1 Tratamientos más Comunes.

Existen varios tipos de tratamientos térmicos como son: El Recocido, Templado, Revenido, Normalizado, Esferoidizado, Cianurado, Nitruado, etc.

Todos estos tratamientos se diferencian fundamentalmente en la temperatura límite de calentamiento y en la velocidad con que se enfríe la pieza.

A continuación se mencionarán algunos de éstos en términos generales, pero por ser el Templado y el Revenido -- los tratamientos empleados en el proceso de fabricación de Muelles, éstos serán tratados posteriormente con mayor detalle.

3.2 Recocido

El recocido consiste en el calentamiento del Acero por encima de las temperaturas de transformación de fase, durante un tiempo suficiente para lograr el calentamiento total del material y un enfriamiento lento. A este Recocido se le conoce también como Recocido Total.

Existen otros tipos de recocidos que no serán mencionados por no usarse en la fabricación de las hojas de muelle.

El objetivo del Recocido es reducir la dureza, mejorar la maquinabilidad, facilitar el trabajo en frío y reducir la resistencia. Se aplica principalmente en las industrias que fabrican alambre y lámina.

3.3 Esferoidizado

Para lograr el esferoidizado, el proceso más comúnmente usado consiste en calentamientos prolongados del Acero a temperaturas por debajo del valor de transformación, seguido por un enfriamiento relativamente lento. Este es el proceso empleado para producir una estructura en la que aparece la Perlita en forma esferoidal o globular.

Este tratamiento es aplicado particularmente en los Aceros Hipereutectoides, ésto es en Aceros con alto contenido de Carbono, obteniéndose un mejoramiento en la maquinabilidad.

Con el esferoidizado se logra una ductilidad máxima, mejor habilidad de mecanizado, gran resistencia a la abrasión y más suavidad.

3.4 Normalizado

El proceso de normalización consiste en el calentamiento -- del Acero hasta 50° - 60° arriba de A_3 para el Acero Hipoeutectoide y por encima de A_{cm} para el Acero Hipereutectoide, permaneciendo a esta temperatura por un corto período de -- tiempo, para después ser enfriado en aire inmóvil a la temperatura ambiente.

Comercialmente tiene como propósito, la producción de condi ciones uniformes en los materiales que hayan sido tratados en diferentes formas y también en el caso de fundiciones o forjas el acabar con la estructura gruesa que se ha desarro llado a las altas temperaturas usadas.

Este proceso es usado particularmente con Aceros de bajo y mediano Carbono, así como para los aleados con el fin de -- obtener la estructura del grano más uniforme y eliminar ten siones internas.

Con el normalizado se regresa el Acero al estado que se supone normal después de haber sufrido tratamientos defectuosos, o bien después de haber sido trabajado por forja o laminación.

Es empleado casi exclusivamente para Aceros con bajo contenido de Carbono (0.15 % a 0.050 % de C) o de baja aleación.

3.5 Templado

El templado consiste en calentar el material hasta lograr generalmente, transformar toda la masa de Acero en Austenita, para después enfriarlo rápidamente y convertir la Austenita en Martensita, que es el constituyente típico de los Aceros Templados. Es el tratamiento usado en la fabricación de muelles.

En algunos casos no se transforma la totalidad de la Austenita en Martensita, ya sea porque no es posible enfriarlo tan rápido como es necesario, o porque no interesa obtener este constituyente.

- Fases del Templado.

Las fases esenciales del templado son: calentamiento y enfriamiento.

Calentamiento.- En los Aceros Hipoeutectoides, como es el caso del Acero para Muelles (0.60 % de C) el calentamiento tiene por objeto transformar la totalidad de la masa del Acero en Austenita. Este calentamiento está definido por tres variables que son: a) Velocidad de Elevación de la Temperatura, b) Permanencia a Temperatura Límite y c) Temperatura Límite.

a) Velocidad de Elevación de la Temperatura:

El calentamiento de la pieza ha de iniciarse de preferencia, estando el horno a la temperatura ambiente o si no a la más baja posible.

Se pretende que la diferencia de temperatura entre el centro y la periferia de la pieza sea siempre la menor posible, esto se consigue elevando la temperatura lo más lentamente posible.

Como regla general no deben introducirse piezas de más de 200 mm., de espesor o diámetro en hornos cuya temperatura sea superior a 300°; y para Aceros al Carbono, elevar una

pieza hasta 850°, como mínimo debe costar un minuto por milímetro de espesor o diámetro.

Para Aceros Rápidos, Inoxidables y los de Alta Aleación, debe costar por lo menos dos minutos por milímetro. En el caso de las muelles es de aproximadamente 1.5 minutos por milímetro de espesor.

b) Permanencia a la Temperatura Límite:

Se calcula que es suficiente con que la pieza permanezca de uno a dos minutos por milímetro de espesor, para conseguir la Austenitización completa en el Acero.

Las hojas de muelle se deben dejar por lo menos durante 15 minutos.

c) Temperatura Límite:

La temperatura límite es la temperatura mínima a la cual la masa de un Acero de composición determinada se transforma totalmente en Austenita.

Para los Aceros Hipoeutectoides (menos de 0.89 de C) como es el caso del Acero para Muelles, la condición mencionada debe cumplirse rigurosamente. Para los Aceros Hipereutectoides no es necesario transformar toda la masa en Austenita, pero si calentar arriba de A_1 de 50° a 70°C, ya

que se tiene Austenita y Cementita y la Cementita tiene una dureza mayor que la Martensita.

Las temperaturas límite de temple prácticamente utilizadas, son unos 50° arriba de las críticas teóricas. Para los Aceros Hipoeutectoides, la temperatura crítica es A_3 y para los Hipereutectoides es A_1 .

La temperatura límite utilizada para el Acero de Muelles SAE 5160 es de $840^\circ \pm 20^\circ$. No es conveniente pasar de los 850°, pues entre esta temperatura y los 1000° se observa el mayor crecimiento de los granos de Austenita, ya que dos granos vecinos se unen formando uno de mayor tamaño. Si la elevación de temperatura es muy exagerada, cercana al punto de fusión, las impurezas contenidas se funden y rodean los granos, dando como resultado una estructura grosera y frágil.

Enfriamiento.- En teoría el enfriamiento tiene por objeto, transformar la totalidad de la Austenita en un constituyente muy duro, llamado Martensita.

Al templar las hojas de muelle, la Austenita no se transforma en un 100 % en Martensita, pero es posible lograrlo en 85 o 90 %.

Se conoce como velocidad crítica de temple a la mínima para obtener sólo Martensita. En los Aceros al Carbono,

varían entre los 200 y 600° por segundo, según sea mayor o menor el contenido de Carbono. Los elementos de aleación hacen disminuir esta velocidad crítica, pudiendo algunos - de ellos templarse al aire, a velocidades inferiores a 50° por segundo.

Estos elementos de aleación, como el Cromo, favorecen la - templabilidad, ésto es, la aptitud del Acero para que el - temple sea más profundo.

- Selección del Medio del Temple.

El medio de enfriamiento más adecuado para templar un Ace- ro, es con el que se consiga una velocidad de enfriamiento ligeramente superior a la crítica. Si la velocidad es ex- cesivamente grande, se pueden producir grietas y tensiones, debido al desigual enfriamiento entre la superficie y el - centro de la pieza.

Los medios de enfriamiento más empleados y sus aplicaciones, se pueden ver en la siguiente tabla: (Ver Página)

El Acero para Muelles es aleado y se usa aceite procedente de la destilación del petróleo como medio de enfriamiento. Para obtener un buen temple se recomienda que el aceite es té entre 50 y 80°, aunque es posible usarlo con buenos re- sultados hasta una temperatura de 150°, pero se corre el - riesgo de que se inflame.

| MEDIO | APLICACIONES |
|--------|---|
| AGUA | ACEROS AL CARBONO DE UNOS 10 mm. DE ESPESOR O DIAMETRO ACEROS DE POCA ALEACION DE UNOS 25 mm DE ESPESOR. |
| ACEITE | ACEROS AL CARBONO DE 5 A 10 mm. DE ESPESOR O DIAMETRO ACEROS ALEADOS, ACEROS PARA MUELLES. |
| PLOMO | CUERDAS DE PIANO, HERRAMIENTAS, ACEROS ESPECIALES. |
| SALES | PARA TRATAMIENTOS ISOTERMICOS, TEMPLES DE HERRAMIENTAS DE 700° A 950°, TEMPLE DE ACERO RAPIDO DE 1000° A 1300° . |

3.6 Revenido

El revenido es un tratamiento que se da después del temple y es el proceso utilizado en la fabricación de muelles, -- siendo además muy importante ya que da a las hojas de muelle las características finales. Consiste en calentar el Acero Templado hasta una temperatura inferior a A_1 , su permanencia a esta temperatura y un enfriamiento posterior -- generalmente al aire, aunque algunos tipos de aceros se --

enfrian en agua o aceite. El objeto del revenido es mejorar la tenacidad de los Aceros Templados a costa de -- disminuir su dureza, su resistencia mecánica y su límite elástico. Se consigue también eliminar o por lo menos -- disminuir las tensiones internas del material, produci-- das por el temple.

- Diferentes Tipos.

Se pueden considerar tres tipos de revenido :

1) Baja Temperatura, 2) Temperatura Media y 3) Alta Temperatura. El revenido utilizado en las muelles es el de temperatura media y es tratado con más detalle en el - Punto 4.3 .

Revenido a Baja Temperatura.

Este se realiza a temperaturas de 150° a 250°C con dura-- ción de 1 a 2 1/2 horas. Se logra elevar la resistencia, sin que baje la dureza de manera notoria. Para Aceros - Templados con medio y alto contenido de Carbono, después del revenido a baja temperatura, se conserva la dureza - entre 58 y 64 Rc. A este revenido se someten herramien-- tas de corte, de medición, así como piezas que soportan temple superficial, cementación, etc.

Revenido a Temperatura Media.

Se realiza de 350 a 500°C y se emplea para resortes y como ya se dijo para las muelles. Con este revenido se asegura el más alto límite de elasticidad y la estructura -- que se obtiene en el Acero está compuesta de Troostita revenida con dureza de 40 a 50 Rc. En el Punto 4.3 se habla con más detalle de este revenido.

Revenido a Alta Temperatura.

Se realiza de 500 a 680°C . Se logran eliminar casi por completo las tensiones internas, la dureza y la resistencia disminuyen, aunque son más elevadas que después del -recocido.

- Factores que afectan el Revenido.

Los principales factores que influyen en el revenido son:
El Estado Inicial de la Pieza, La Temperatura de Revenido,
Duración del Revenido y El Tamaño de la Pieza.

Estado inicial de la pieza.- Los resultados después del revenido varían dependiendo del estado inicial, ésto es, - si el Acero está formado sólo por Martensita o por Martensita y un porcentaje elevado de Austenita residual. En -- los Aceros Aleados, la Austenita residual es difícil que - se transforme, aún después de largas permanencias a la temperatura de revenido. cuanto mayor sea la cantidad de Martensita que contenga la pieza, mayor será el margen de las propiedades que pueden lograrse con un buen revenido.

Temperatura de revenido.- Esta temperatura puede variar bastante, ya que los efectos del revenido se obtienen con menos tiempo de permanencia, cuanto más alta es la temperatura de calentamiento.

Duración del revenido.- Como se acaba de mencionar, la temperatura y la duración del revenido son dos factores -- complementarios, pues se pueden obtener los mismos resultados, con un revenido de 10 segundos a una temperatura de - 535 °, que con uno de 30 minutos a 425°. Para temperaturas de revenido superiores a 150°, la dureza decrece sensiblemente en los primeros 30 minutos de permanencia a esa - temperatura, siendo la disminución de la dureza muy rápida en los primeros diez segundos. En general no interesa prolongar la duración del revenido por más de una hora, pues

no se obtienen beneficios apreciables.

Tamaño de la pieza.- El revenido suavizará las desigualdades de los temple de las piezas grandes, produciendo un efecto nivelador.

CAPITULO IV

FABRICACION Y PROCESO FINAL

4.1 Materia Prima

Como ya se mencionó el Acero utilizado en la fabricación de Muelles es un Acero Aleado con clasificación SAE 5160. Este Acero se compra al fabricante en forma de solera, -- con el ancho y espesor adecuados, según el vehículo para el que se utilizará, siendo el largo de la solera de aproximadamente 9 a 12 metros; a continuación se muestra una tabla con los anchos y espesores más comunes, así como el tipo de vehículo en el que se usa.

| DIMENSIONES USUALES DE LAS MUELLES Y SUS APLICACIONES | | |
|---|----------|------------------------------|
| ANCHO | ESPESOR | APLICACIONES |
| | Pulgadas | |
| 1 3/4 | 1/4 | Coches, Camionetas |
| 2 | 1/4 | Camionetas |
| 2 | 5/16 | Camionetas |
| 2 1/4 | 1/4 | Coches |
| 2 1/4 | 5/16 | Camionetas |
| 2 1/2 | 1/4 | Coches |
| 2 1/2 | 5/16 | Coches, Camionetas |
| 2 1/2 | 3/8 | Camionetas, Camiones |
| 3 | 3/8 | Camiones |
| 3 | 0.401 | Camiones, Tractores, Tanques |
| 3 | 7/16 | " " " |
| 3 | 1/2 | " " " |
| 3 1/2 | 3/8 | Tractores, Tanques, Cajas |
| 4 | 3/8 | " " " |
| | 0.401 | " " " |
| | 7/16 | " " " |
| | 1/2, 5/8 | " " " |

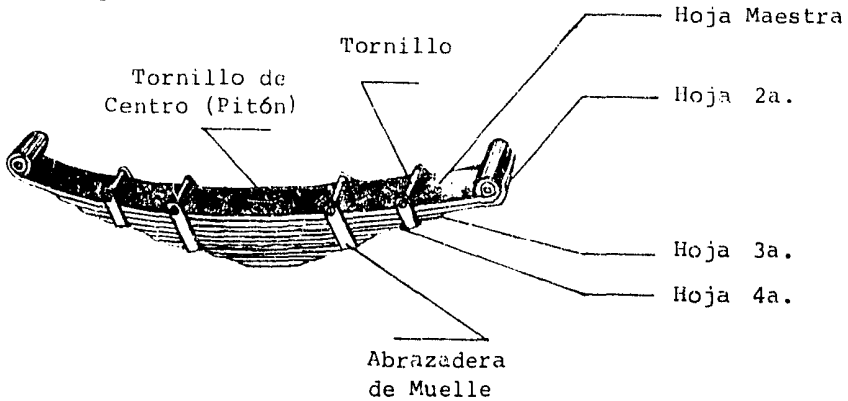
Algunas de estas medidas son usadas por un mismo fabricante, aún para el mismo tipo de vehículo, solo que en diferentes años de construcción (Modelos). Por ejemplo: FORD en su Camioneta F100 Modelo 1956 utilizó material de 2" de ancho por 5/16" de espesor y en la misma camioneta pero Modelo 1957 usó 2 1/4" por 5/16" y -- como éste se pueden mencionar varios ejemplos, pero por ser cuestión de diseño no se mencionarán.

Para la composición química y otros datos (Ver Punto - 2.9).

4.2 Inspección y Fase Inicial.

La solera se inspecciona inicialmente tomando una muestra y observando por medio de un microscopio la profundidad de la capa descarburizada (Ver Punto 2.3.2) el ancho y el espesor, una vez pasando esta inspección se procede a cortar la solera en tramos de longitud previamente especificada, llamándose a cada uno de estos tramos hoja de muelle y al conjunto de éstas sólomente muelle, dependiendo ésto del orden que vayan a ocupar en la muelle y del vehículo en que se instalará. A continuación se muestra una muelle típica. (Fig. 15)

Figura 15



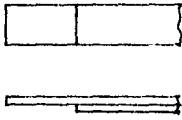
El corte se puede efectuar de diversas formas, que van desde el uso de la tajadera y marro hasta máquinas especializadas para este fin. En una fábrica de mediano tamaño es común el uso de cizallas mecánicas, hidráulicas o troqueladoras con cuchillas. Esto obviamente depende de la cantidad de muelles que se fabriquen, pues no es justificable desde el punto de vista económico adquirir este tipo de máquinas para una pequeña producción y se prefiere en fábricas pequeñas el empleo de cizallas más versátiles, esto es, que no solo corten la solera para muelles, sino también ángulos, varilla, etc. Una vez elegida la forma de cortar la solera se realiza el corte y la tolerancia que se suele dejar al efectuarlo es de $\pm 0.125''$ ésta al igual que todas las tolerancias las --

fija el cliente (FORD, CHRYSLER, etc.) y se basan en la norma SAE J510C. Después de cortada la solera todas las hojas, excepto las maestras (Ver Figura Anterior), se perforan, este proceso al igual que el de corte se puede realizar de varias formas, desde el taladro portátil hasta máquinas especiales; usándose comúnmente el taladro de banco o de columna y la troqueladora con punzones, esto depende desde luego de la economía del fabricante. Al realizar la perforación es común dejar una tolerancia de + 0.016" para evitar que la rosca del tornillo de centro se dañe al meterlo para armar la muelle. El agujero no siempre va al centro y algunas medidas usuales se pueden ver en el apéndice. Algunas otras hojas llevan perforación en uno o ambos extremos y además un avellanado que se hace con una broca de mayor diámetro debidamente afilada para poder remachar adecuadamente la abrazadera de muelle, esto se explica mejor en el Punto 4.4. Con esto la hoja queda lista para el tratamiento térmico.

Algunas veces el cliente pide un determinado acabado en los extremos de las hojas de muelle, existen tres tipos de acabados según se muestra en la Figura 16.

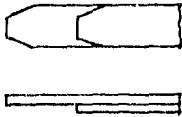
Figura 16

Extremo cuadrado



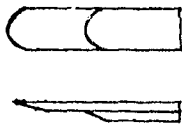
Es el más barato en lo que se refiere a producción. - Causa la concentración de presión entre las hojas resultando una mayor fricción.

Punta de diamante



Se mejora la distribución de presión entre las hojas.

Extremo ovalado

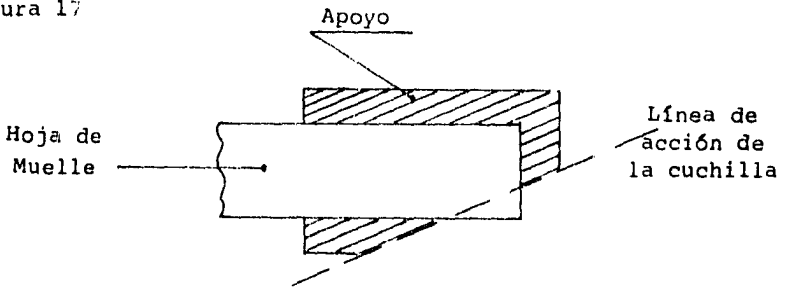


La presión entre las hojas es mejorada y la fricción reducida considerablemente.

El extremo cuadrado es como queda la hoja despues de efectuado el corte de la solera.

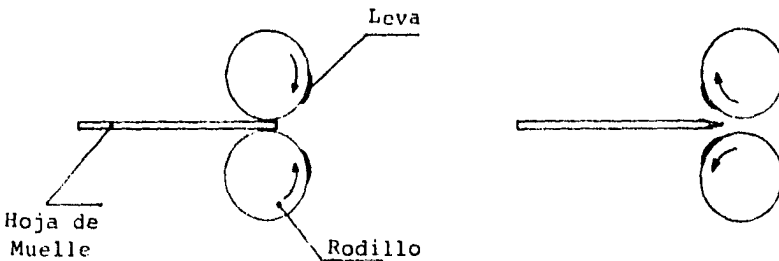
El extremo de punta de diamante se efectúa después del -- corte y perforado de la hoja de muelle y se realiza comúnmente en una troqueladora con cuchillas y un apoyo con el ángulo que se desee donde simplemente se recarga la hoja de muelle y baja la cuchilla para realizar el corte, primero en una punta y luego en la otra, Ver Figura 17

Figura 17



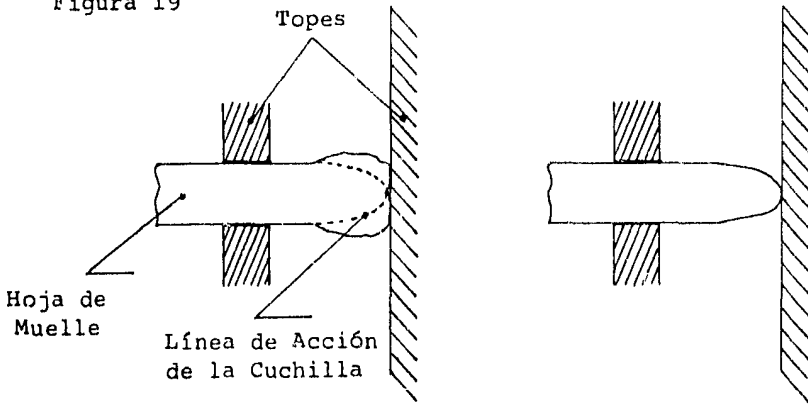
El extremo ovalado se efectúa también después del corte - y perforado de la hoja y requiere tres pasos: un calentamiento del extremo a trabajar en un pequeño horno; después un despalme que se hace con una máquina que tiene dos rodillos girando a igual velocidad, cada uno con una pequeña leva, se mete el extremo de la hoja y las levas lo presionan haciendo así el despalme, Ver Figura 18

Figura 18



El último paso es el recorte en forma oval con una troqueladora que tiene cuchillas en la forma adecuada.

Figura 19

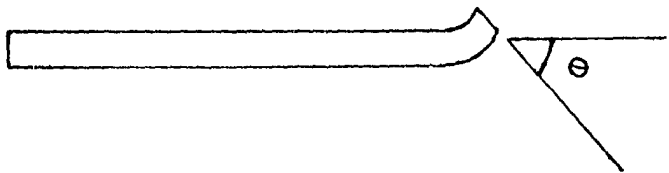
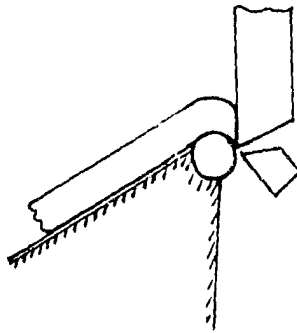
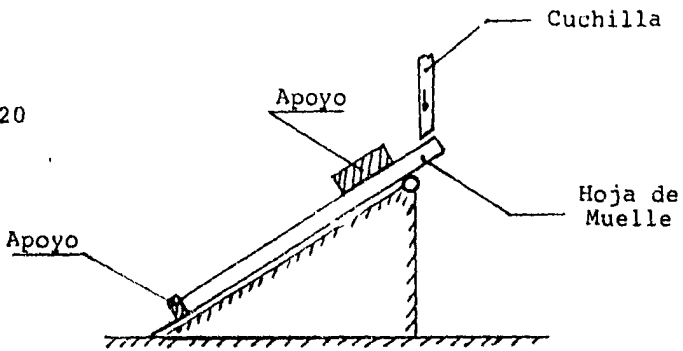


Después de realizar cualquiera de los tres acabados las -
hojas de muelle pasan al tratamiento térmico.

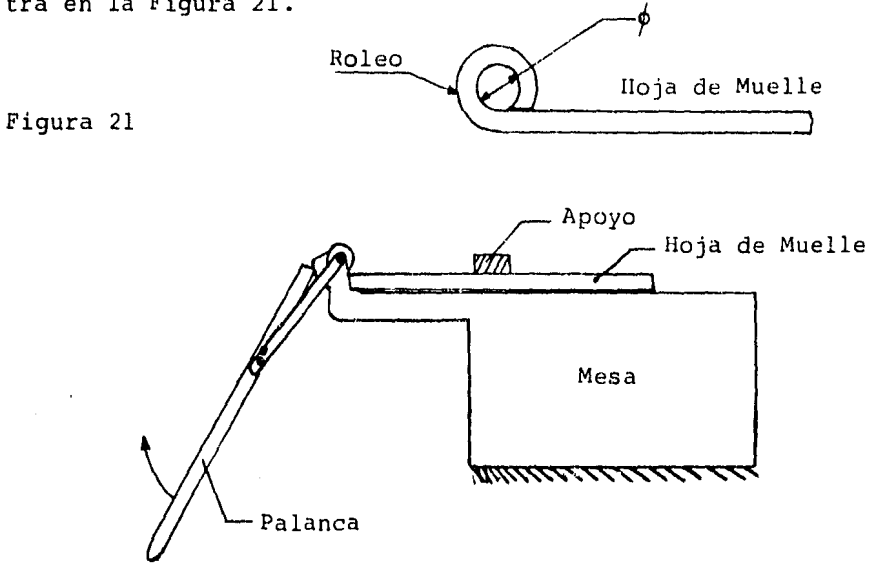
A las hojas de muelle maestras o primeras, por llevar ojo
o roleo en uno o ambos extremos requieren el proceso que
a continuación se describirá. Este proceso como todos --
los necesarios para la fabricación de muelles se pueden -
efectuar en diferentes formas pero se describirá el más -
comúnmente usado, ya que existen máquinas semiautomáticas
que son capaces de efectuar el roleo en cosa de 15 segun-
dos y con solo calentar el extremo una vez. Después de -
cortado el tramo a la medida, se pone a calentar en un --

pequeño horno el extremo que se quiera trabajar, cuando éste se pone al rojo se saca y se coloca en una troqueladora para que realice el corte diagonal o patín y al mismo tiempo le de un pequeño doblé, como se muestra en la Figura 20. El ángulo () de corte diagonal o patín - varía dependiendo del grueso del material y del diámetro del roleo, y se efectúa con el propósito de que éste se - forme bien. (Ver Figura 21)

Figura 20



Después de esto se vuelve a poner ese extremo en el horno hasta que se pone otra vez al rojo, para luego terminar de formar el roleo con una roladora manual, según se muestra en la Figura 21.



El diámetro ϕ del roleo es muy diverso, otra vez según el vehículo. Después de esto se procede en igual forma para el otro extremo, si es que también lleva roleo. Algunas medidas del diámetro interior del roleo se pueden ver en el Apéndice 1, las tolerancias para todas ellas son de -- aproximadamente - 0.010" según el fabricante, o sea un poco menor al diámetro nominal para asegurar que el buje, que todos los roleos llevan, no tenga movimiento dentro del mismo y provoque cabeceos al estar trabajando en el vehículo que se manifiestan como un golpe principalmente al dar vueltas.

Ciertos vehículos llevan semiroleos o dobleces en las hojas segundas o terceras, ésto con el fin de evitar que se corra el eje al ocurrir la ruptura de la maestra, como puede apreciarse en las figuras de la última sección, estos dobleces o semiroleos son hechos después de cortado el tramo y en forma similar a los roleos de las maestras, pero todas ellas sin hacerles el corte diagonal o patín, ya que no formarán un roleo, para después perforar, quedando así preparadas para el tratamiento térmico.

4.3 Tratamiento Térmico.

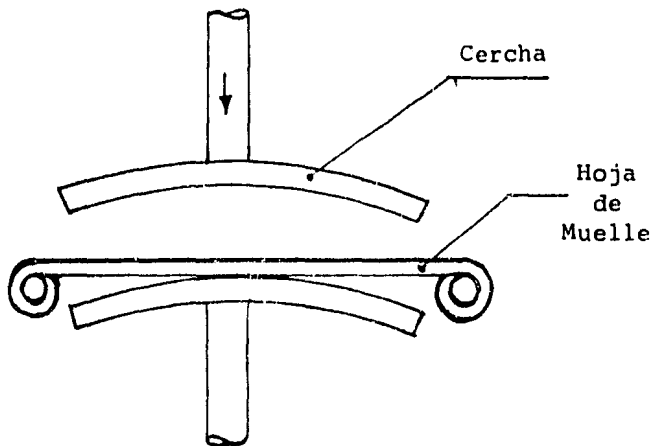
Ya cuando las hojas lisas y las maestras han terminado su fase inicial se procede a darles el tratamiento térmico y una aproximación en la curvatura o brío que llevarán ya -- que la curvatura final se le dará durante el proceso de armado, el que se explicará más adelante.

Las hojas (en adelante este término incluirá a las hojas lisas y a las maestras), se llevan a un horno para darles el tratamiento térmico, éste puede ser de tipo continuo o discontinuo, dependiendo otra vez de la economía del fabricante. Los hornos discontinuos sólo admiten cierta cantidad de material y hasta que no es sacado no se puede volver a cargar con mas material; los hornos continuos tienen una banda transportadora que lleva el material y por un lado se cargan y por otro se descargan. La ventaja de estos

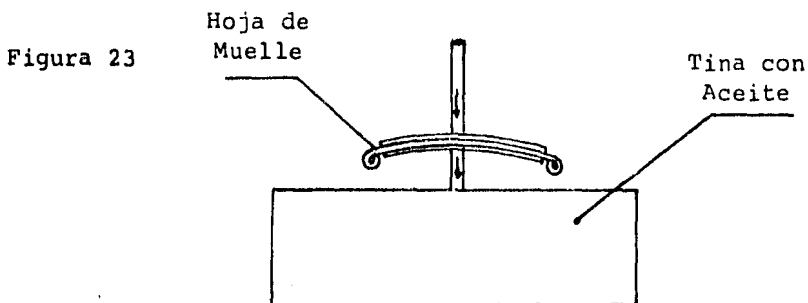
es que la temperatura de las hojas va incrementándose lentamente, pero su gran desventaja es su elevado costo, por lo que la mayoría de los fabricantes utilizan los hornos discontinuos y el proceso que se sigue en éstos se describe en seguida.

La temperatura del horno debe ser la ambiente o lo más baja posible, no obstante para ahorrar tiempo y dinero, las hojas se introducen, excepto la primer carga, a la temperatura límite, obteniéndose buenos resultados. Esta temperatura es de $840 \pm 20^{\circ}\text{C}$ que es la que deberán tener las hojas y necesitan permanecer así por espacio de 15 a 25 minutos. (Ver Fases del Templado Capítulo III). Al salir las hojas del horno se encuentran al rojo y antes de enfriarlas se les da la curvatura inicial con un aparato o máquina muy sencilla, a esto se le llama cerchado de la hoja y se muestra en la Figura 22.

Figura 22



En fábricas de gran producción esta curvatura es la final y para diferentes tipos de muelles (diferente curvatura) lo que se hace es cambiar herramental (cercha), después de lo cual la hoja es introducida al aceite para su templeado, esto puede hacerse en forma manual tomando la hoja con tenazas e introduciéndola al aceite, o en forma automática como se muestra en la Figura 23.



Es recomendable que el aceite esté entre 50 y 80°C para obtener un buen temple, aunque puede llegar a los 150°C sin afectar en forma considerable el templeado, pero con el riesgo de que se inflame el aceite en el momento de entrar en contacto con la hoja. La hoja debe permanecer sumergida de 50 a 150 segundos como mínimo, al salir del aceite queda lista para darle el revenido.

El revenido es el tratamiento que se les da a las hojas de muelle después del templeado y al igual que éste se puede realizar en hornos continuos o discontinuos. En el

horno contínuo el revenido es muy bueno pues la hoja se va calentando hasta llegar a los 490°C permaneciendo a esta temperatura durante 45 a 60 minutos y al salir están listas para el proceso de armado.

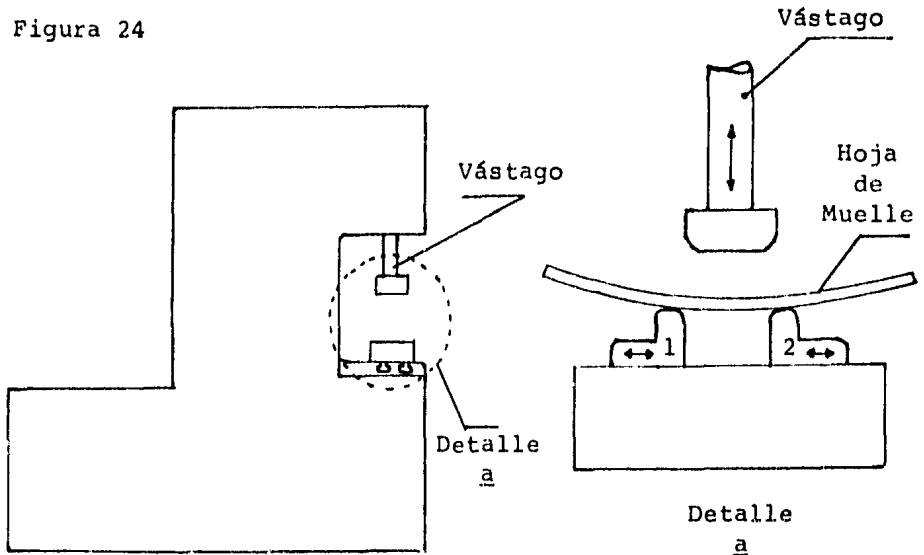
Estos hornos contínuos por ser muy costosos se emplean solo en grandes fábricas. En pequeñas fábricas se usan hornos discontinuos y como se mencionó anteriormente en Duración de Revenido (3.6) están íntimamente ligadas la temperatura y el tiempo de duración siendo práctica común para el revenido el tener el horno a una temperatura superior a los 490°C, algunas veces cerca de 800°C y realizarlo en muy poco tiempo, que llega a ser en ocasiones de unos 2 a 4 minutos, usándose para conocer el momento de sacarlas del horno un pirómetro óptico y en algunos lugares solo la experiencia del operador, y aunque las hojas quedan en condiciones de uso, es obviamente una práctica nada recomendable.

Algunas propiedades mecánicas son anotadas en el apéndice y se puede observar la diferencia de dureza obtenida entre una muestra revenida a 490°C y otra a mayor temperatura. (Ver también Prueba de Fatiga Punto 2.8)

4.4 Armado

Las hojas después del revenido se arman formando así la muelle que se usará en el vehículo. Es durante este proceso cuando se les da la curvatura final, excepto en grandes fábricas (Ver Punto 4.3), la cual es marcada por el fabricante del vehículo o cliente (Ver Apéndice 1). Para dar la curvatura final o asentado se utilizan generalmente prensas hidráulicas de las llamadas tipo "C", a las cuales se les adapta piezas similares a las usadas al darles la curvatura inicial (antes del temple) o más comúnmente unas piezas como las mostradas en la Figura 24, --- usándose la presión del vástago para darles la curvatura final especificada.

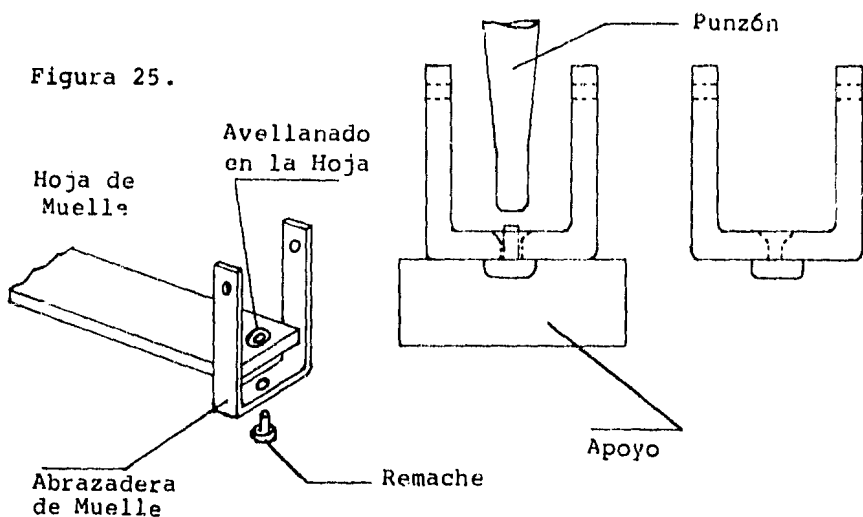
Figura 24



Prensa Hidráulica
Tipo "C"

Las piezas 1 y 2 se juntan o separan según se desee menor o mayor curvatura lográndose así la curvatura final de las hojas o asentado, para después poner el buje a las hojas - con roleo.

Otras hojas del conjunto que formarán la muelle llevan --- abrazaderas de muelle (también existen abrazaderas de eje ver figura 27), las cuales van remachadas a la hoja, con excepción de las muelles de automóvil, esto se puede hacer a golpes con martillo o con alguna troqueladora o prensa - hidráulica según la economía del fabricante y se ponen con el fin de evitar que las hojas se "barajeen". La forma de remachar se muestra en la Figura 25.

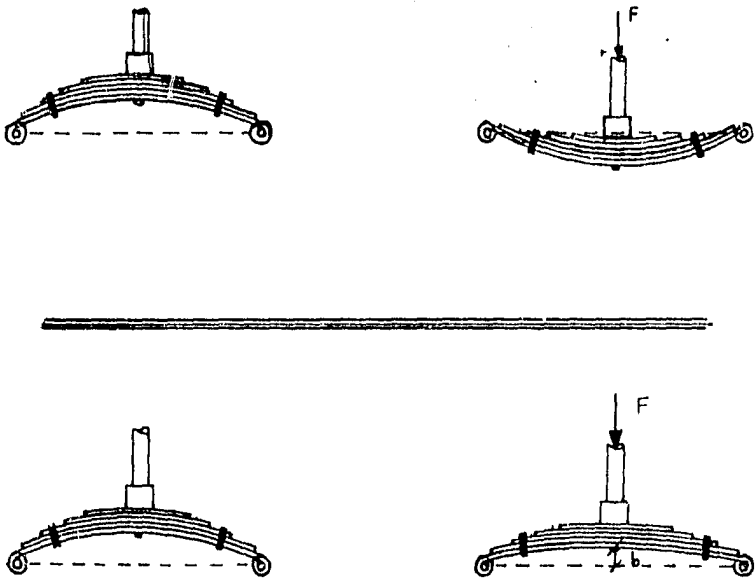


Con esto todas las hojas están listas para ser armadas y formar la muelle.

El tornillo de centro o pitón se va metiendo en cada hoja de muelle y una vez metidas todas se coloca la tuerca y se aprieta; después se les pone el tornillo a las abrazaderas de muelle que lo lleven o si no lo llevan se doblan las -- puntas de las abrazaderas quedando así formada la muelle.

La última prueba que se les hace es aplicarles una carga -- que las flexiona totalmente al revés y una carga predeter-- minada con lo que se obtiene una altura de curvatura que -- debe estar dentro de lo que marca el cliente, ver Figura -- 26.

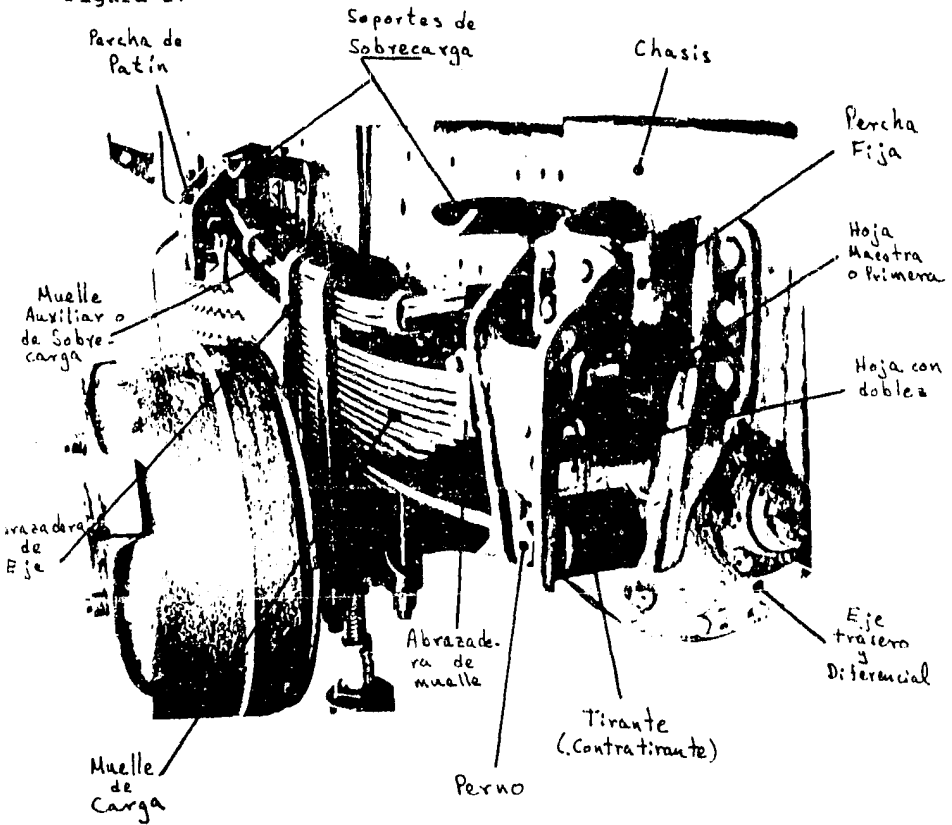
Figura 26.



La carga "F" y la altura "b" dependen del tipo de muelle -
y como se dijo son fijadas por el cliente (Ford, Chrysler,
etc.)

Diferentes muelles y su colocaci3n son mostradas en las --
Figuras 27, 28 y 29.

Figura 27





Percha fija.-

Percha sujeta al chasis y se llama fija por ser el punto donde va sujeto el tirante, en la parte superior la muelle al trabajar se desliza.

Percha de patín.-

Percha sujeta al chasis y es solo un punto de apoyo de la muelle. - En esta percha también la muelle se desliza al trabajar.

Soporte de sobrecarga.-

Es punto de apoyo y deslizamiento de las muelles auxiliares o de sobrecarga.

Hoja con doblez o semiroleo.-

Tienen por objeto evitar que el eje se recorra hacia atrás o hacia adelante al romperse la hoja de muelle que va fija a alguna percha. Ver apendice 3 "Camioneta Delantero" Nos. 6, 8, 10; - - "Camioneta Trasero" Nos. 6, 20; "Camión Delantero" todos; "Camión Trasero" Nos. 24, 25, 32; "Trailers Delanteros" todos; "Trailers Traseros" No. 24; "Remolques" ---

Nos. 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50; "Autobus Trasero y Delantero". En el caso de "Remolques" no hay - hoja de muelle fija o alguna per-- cha, pero llevan un tensor del eje a la percha y en el caso de ruptu-- ra de éste, las hojas con doblez - se atorán en un perno o tornillo - previsto para esto.

Hoja maestra o primera.- Es la primer hoja en la muelle y - por lo regular la más larga. En - este caso como en algunos otros la hoja maestra no lleva ningún roleo, ver apéndice 3 "Camión Trasero" -- Nos. 31, 32; "Camioneta y Camión - Auxiliar".

Muelle de carga.- Es la muelle principal y es el con-- junto de hojas de muelle. En au-- tos, tractores (trailers), y re-- molques es la única (no tienen -- muelle de sobrecarga o auxiliar). Ver apéndice 3, todas excepto "Ca-- mioneta y Camión Auxiliar".

Muelle auxiliar o de sobrecarga.- Es una muelle más chica y con menos hojas que la de carga. Trabaja sobre los soportes de sobrecarga y solo cuando el camión es cargado y flexiona a las muelles de carga. Ver apéndice 3 "Camioneta y Camión Auxiliar".

Abrazaderas de muelle.- Abrazadera que sujeta las hojas de muelle para evitar que se "barajeen"

Abrazaderas de eje.- Abrazadera que sujeta la muelle al eje del vehículo.

Tirante.- Es una hoja de muelle con roleo. Evita que el eje se recorra y le da también la alineación a las ruedas. Es el único punto fijo de la muelle.

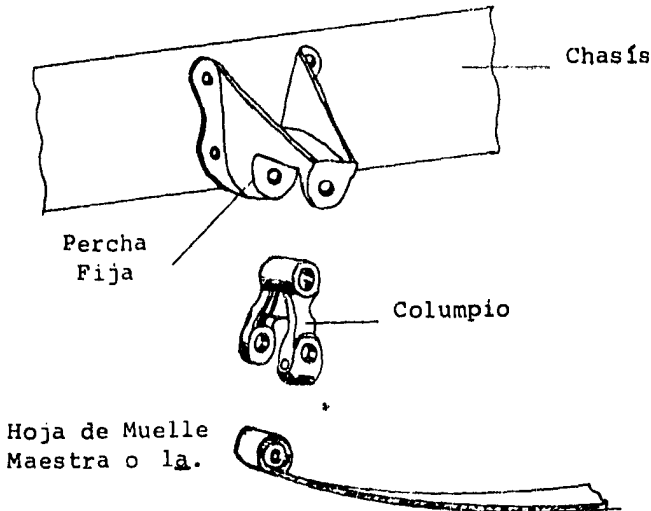
Contratirante.- Es una hoja de muelle con semiroleo, éste envuelve al roleo del tirante. Trabaja solo en el caso de que el tirante se rompa, evitando que el eje se recorra hacia atrás.

Ver apéndice 3 "Camión Trasero"
No. 32 todos; "Trailers Traseros"
Nos. 33, 39, 40, 41, 42; "Remolques"
todos, pero en general llevan uno o dos
roleos; un roleo va sujeto en una percha
fija y el otro extremo o bien va en una
percha de patín o sujeto a un columpio.

Columpio.-

Pieza que sujeta en un extremo el
roleo de una hoja maestra (que lleva
dos roleos), y en el otro extremo
va sujeto a una percha fija. Ver Figura 30

Figura 30



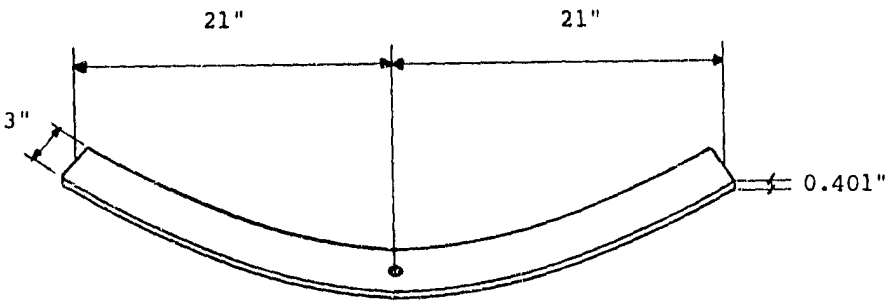
4.5 Costo Aproximado

El costo de una muelle dependerá directamente de las dimensiones y del número de hojas. Es por ésto que se obtendrá el costo aproximado para el fabricante, de una hoja comercial lisa (sin roleos):

A.- Precio por kilo en solera : \$ 105.00

Costo de una hoja de 21 x 21 en 3 x 401 que pesa
6.200 kg. es $(6.200) (105) = \$ 651.00$

Figura 31.



B.- Costo de cada minuto laborable:

Considerando dos obreros tenemos:

- i) Sueldos \$ 9,520.00 por semana.
- ii) Horas laborables por semana.

$$8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 5 \text{ días} = 40 \text{ Hr.}$$

$$4 \frac{\text{horas}}{\text{sábado}} \times 1 \text{ Sábado} = \frac{4 \text{ Hr}}{44 \text{ Hr/Semana}}$$

Por lo tanto tenemos :

$$\frac{9,520.00 \text{ \$/semana}}{44 \text{ Hr/semana}} = 216.36 \text{ \$/hora} = 3.61 \text{ \$/Minuto}$$

Cada minuto laborable cuesta \$ 3.61

C.- Costo por corte y perforación :

i) Tiempo de corte por hoja: 1 minuto

ii) Tiempo de perforación: 2.5 seg. = 0.42 Min.

TOTAL = 1.42 Min.

$$(1.42) (3.61) = 5.13$$

Costo por corte y perforación por hoja = \$ 5.13

D.- Costo por temple y revenido:

i) Costo de mano de obra:

Tiempo de Temple 35 minutos

Tiempo de Revenido 20 minutos

55 minutos

Siendo estos 55 minutos para temple y revenido de una carga del horno. Esta carga es de 28 hojas, si la hoja mide 21 x 21 en 3 x 40l y pesa 6.200 Kg. El tiempo por hoja será :

$\frac{55 \text{ minutos}}{28 \text{ hojas}} = 1.96 \text{ minutos. Y el costo es :}$

$(1.96) (3.61) = 7.08$

Costo por temple y revenido por hoja en mano de obra =
\$ 7.08

ii) Costo de petróleo.

Se utilizan 40 Lts., por carga, ésto es, en 28 hojas :

$\frac{40 \text{ Lts}}{28 \text{ hojas}} = 1.43 \text{ Lts. por hoja.}$

Si el petróleo cuesta \$ 16.00 por litro, tendremos:

$(16.00) (1.43) = 22.88$

Costo de petróleo por hoja = \$ 22.88

iii) Costo de energía eléctrica. Se considerará tanto la consumida en corte y perforación, como la del temple y revenido. Tomando en cuenta la capacidad de los motores de cizalla, troqueladora y horno, se obtiene:

\$ 16.00 por carga.

Costo de la energía eléctrica por hoja:

$$\frac{16.00}{28} = \$ 0.57$$

iiii) Por lo tanto tenemos:

Costo por Temple y Revenido Total = Costo de --
Mano de Obra + Costo de Petróleo + Costo de Energía Eléctrica.

Costo por Temple y Revenido Total =

$$7.08 + 22.88 + 0.57 = \$ 30.53$$

E.- Costo total de la hoja :

Costo Total = Costo de la Hoja + Costo de Corte
y Perforación + Costo por Temple y
Revenido.

$$\text{Costo Total} = 651.00 + 5.13 + 30.53 = 686.66$$

APENDICE 1 :

| APLICACION | TIPO | MODELO o AÑO | NUMERO DE HOJAS | LONGITUD | | ANCHO | CURVATURA FINAL o ARCO LIBRE | DIAMETRO INTERIOR DEL ROLEO | |
|---|------|--------------------|-----------------------|----------|---------|-------|------------------------------------|--------------------------------|----------|
| | | | | L.C. | L.L. | | | L.C. | L.L. |
| Valiant Dodge Dart | 1 | 60-66 | 5 | 20 | 35 | 2 1/2 | 5 1/4 | 1 3/8 | 7/8 |
| Valiant, Volare Dodge Dart | 3 | 77-81 | 4 | 24 | 34 | 2 1/2 | 7 1/8 | Ovalado | 1 |
| Camión Delantero D-500 D-600 | 8 | 69-71 | 7 | 26 | 26 | 3 | 6 1/4 | 1 3/8 | 1 3/8 |
| Datsun Sedán 1600 | 4 | 78-79 | 4 | 20 11/16 | 26 9/16 | 2 1/4 | 4 1/2 | 1 25/32 | 1 3/16 |
| Mustang | 5 | 74-78 | 5 | 21 | 29 | 2 1/2 | 6 3/4 | 2 1/16 | 1 7/8 |
| Camioneta Trasera F-350 Doble rodada | 14 | 68-80 | 10 | 26 | 26 | 2 1/4 | 7 1/4 | 1 1/4 | 1 1/4 |
| Camión Delantero F-500 - 600 | 21 | 67-77 | 8 | 24 | 27 5/16 | 2 1/2 | 5 5/8 | 1 11/16 | no lleva |
| Tractocamión 861 (tractor) trasero | 24 | 67-83 | 14 | 17 | 28 1/2 | 4 | 2 | 1 5/8 | no lleva |
| Cajas y Tarques Marca ROCCSA | 44 | 75-83 | 9 | 22 1/8 | 22 3/16 | 3 | 4 1/2 | no lleva | no lleva |

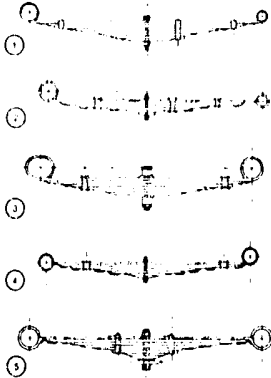
Datos en pulgadas
L.C. = Lado Corto
L.L. = Lado Largo

APENDICE 2 : Tablas comparativas de dureza y resistencia a la tracción en las diferentes etapas del proceso de fabricación.

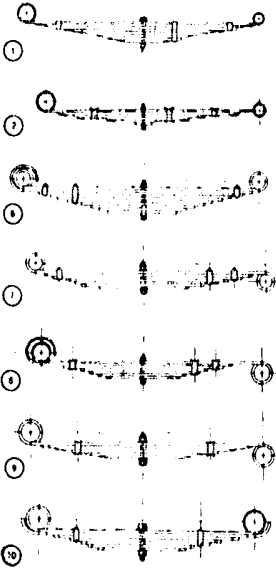
| ESTADO DEL MATERIAL SAE 5160 | DUREZA Rc | RESISTENCIA A LA TRACCION PSI |
|----------------------------------|--------------|----------------------------------|
| CRUDO | 23 - 28 | 121,000 - 135,000 |
| TEMPLADO | 54 - 64 | 270,000 - 337,000 |
| REVENIDO 490° DURANTE 45 MIN. | 44 - 47 | 204,000 - 229,000 |
| REVENIDO + 490° APROX. 5 MIN. | 38 - 40 | 170,500 - 188,000 |
| REVENIDO ENTRE 350° - 500° | 40 - 50 | 182,000 - 247,000 |

clasificación general de

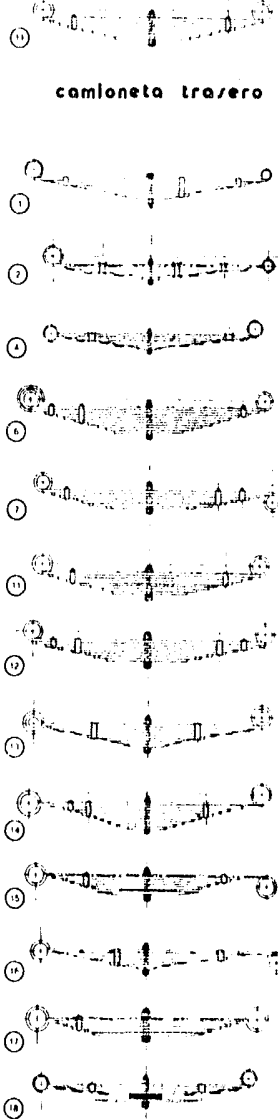
automovil trazero



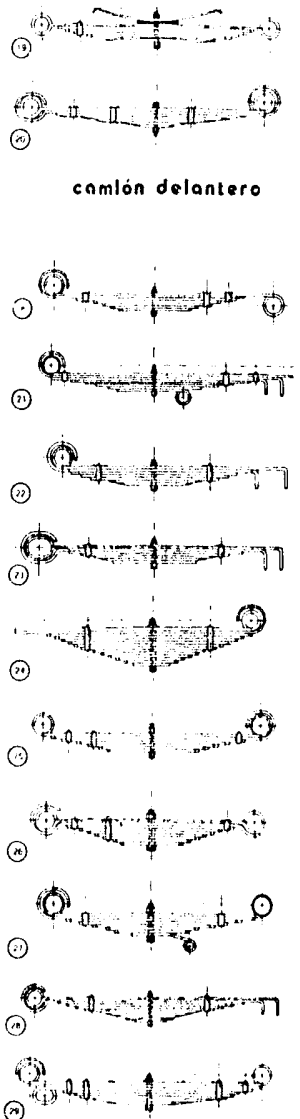
camioneta delantero



camioneta trazero



camión delantero



muelles



camión trasero



camioneta
y
camión auxiliar



trailer delanteros



trailer traseros



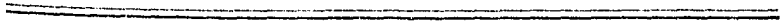
remolques



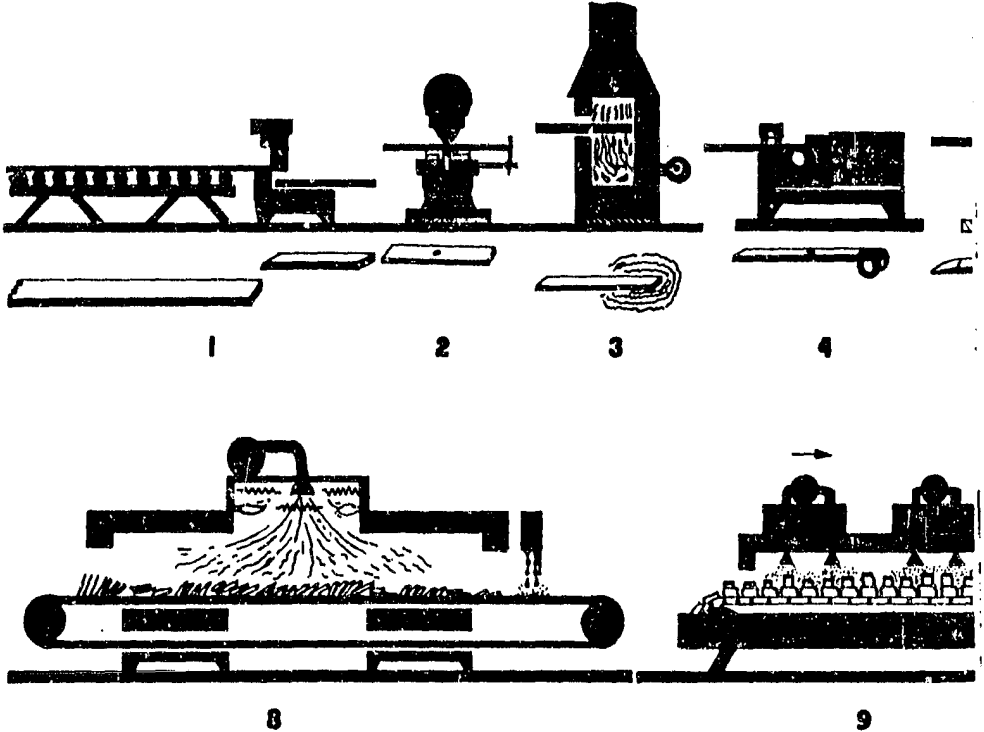
autobus trasero



autobus delantero

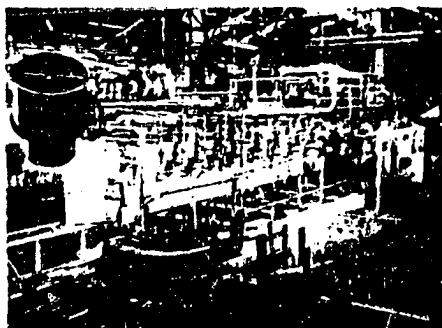
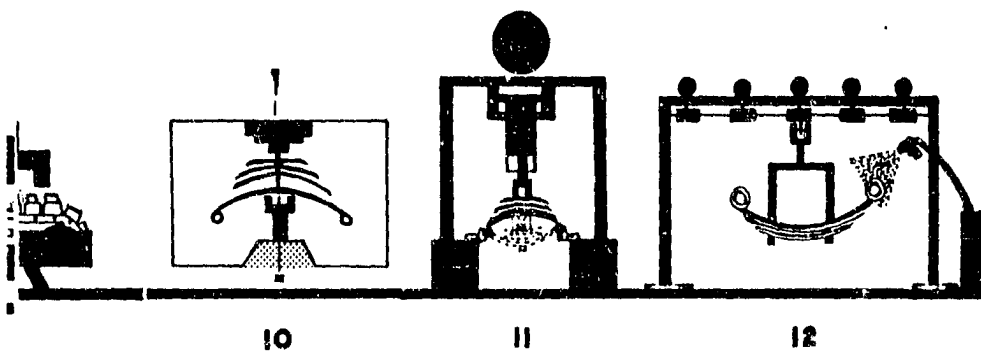
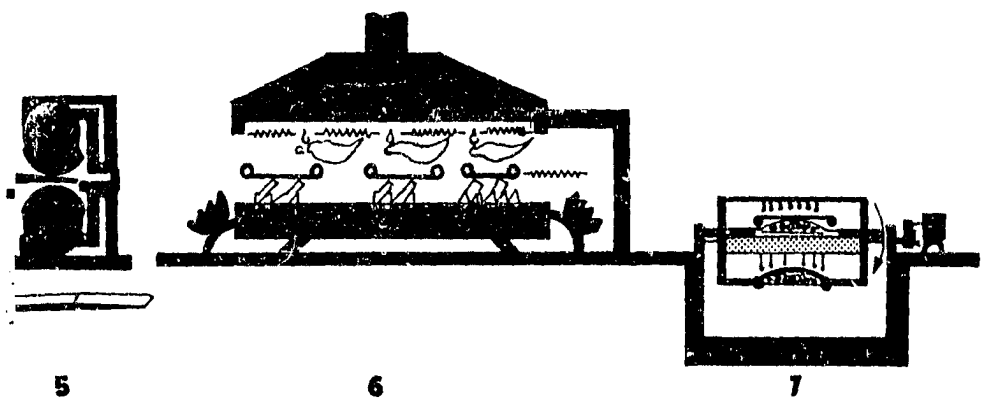


proceso de manufactura:



proceso de fabricación de muelle

1. Corte
2. Perforado
3. Calentamiento previo roleo y despalmado
4. Roleado
5. Despalmado
6. Austenizado
7. Formado y templado
8. Revenido
9. Granallado
10. Ensamble
11. Flexionado
12. Pintura



CONCLUSIONES.

El acero usado para la fabricación de muelles es un Acero SAE 5160 que el fabricante provee en forma de solera. La solera es cortada, rolada y perforada, para posteriormente ser templada al aceite y revenida, quedando así las hojas de muelle terminadas y listas para ser armadas y formar la muelle.

Todos los procesos necesarios en la fabricación de la muelle pueden ser hechos en forma manual con herramientas muy sencillas o en forma semiautomática usando máquinas muy especializadas. El empleo de unas u otras es de acuerdo --- principalmente al poder económico del fabricante, esto es; fabricantes medianos y pequeños con producción aproximada de 50 toneladas mensuales, utilizan troqueladoras para cortar y perforar, hornos discontinuos y roladoras manuales y en casi todos los casos es solo la experiencia del operador lo que determina cuando debe ser sacada la hoja para su temple y cuando se encuentra ya revenida. Son solo fabricantes muy grandes los que además de usar hornos continuos para templar y revenir, máquinas que hacen el corte -- diagonal o patín y forman el roleo automáticamente, tienen un buen control de calidad sobre su producto, entre estos fabricantes están Rassini Rheem, Alvarez Automotriz e IMEX,

que además de surtir a plantas armadoras, exportan.

Si se considera que un solo horno continuo cuesta alrededor de \$ 25'000,000.00 y a esto se suma el equipo de pruebas de laboratorio para el control de calidad y el personal adecuado, se observa que para fabricantes pequeños es imposible hacer la fabricación de las muelles de acuerdo a las normas SAE, siendo los métodos empleados los manuales con herramientas o máquinas sencillas, que son los -- descritos en la presente tesis.

B I B L I O G R A F I A

- AVNER, SYDNEY H. "INTRODUCCION A LA METALURGIA FISICA"
Ed. Mc Graw-Hill,
2a. Edición
México 1983.
- LAJTIN, YU M. "METALOGRAFIA Y TRATAMIENTO TERMICO DE LOS METALES"
Ed. MIR,
3a. Edición
URSS 1983.
- DAVIES, D.J. Y OELMANN, L.A. "THE STRUCTURE, PROPERTIES AND HEAT TREATMENT OF METALS"
Ed. Pitman Books Limited
Gran Bretaña 1983.
- METAL PROGRESS "MATERIALS & PROCESSING DATABOOK"
Ed. American Society for Metals,
USA 1984.
- BEGEMAN MYRON L. "PROCESOS DE FABRICACION"
Ed. C.E.C.S.A.
México 1976.
- PATTON, W. J. "CIENCIA Y TECNICA DE LA SOLDADURA"
Ed. Urmo,
España 1979
- AMERICAN SOCIETY FOR METALS "HAND BOOK"
Vol. 2