

TRATAMIENTO DE RECOCIDO

RECOCIDO DE REGENERACION

Proceso integrado por dos etapas:

1^{era} etapa

*** Calentamiento hasta una temperatura adecuada**

2^a etapa

*** Enfriamiento lento en lo posible en horno.
(se asemeja a las condiciones del diagrama de equilibrio)**

TRATAMIENTO DE RECOCIDO

FINES PROPUESTOS

- 1) Afinar el grano de colada**
- 2) Homogenizar estructuras dendríticas**
- 3) Ablandar el acero**
- 4) Mejorar maquinabilidad**

TRATAMIENTO DE RECOCIDO

Temperatura de calentamiento

*** Aceros hipoeutectoides**

$t = 27^{\circ}\text{C}$ sobre $A_3 \Rightarrow$ Estructura obtenida



**Granos de ferrita proeutectoide
+
Perlita gruesa**

TRATAMIENTO DE RECOCIDO

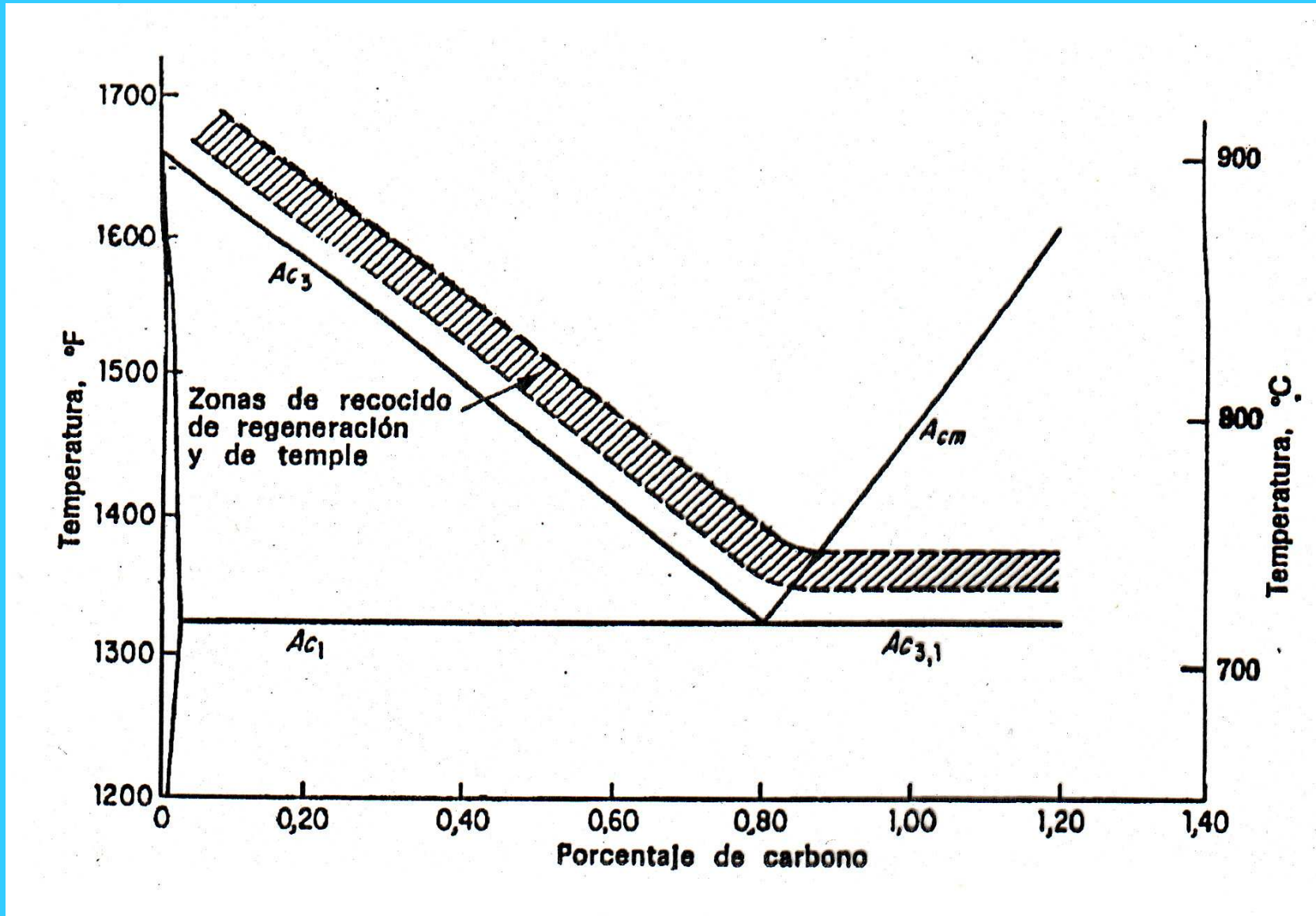
*** Aceros hipereutectoides**

$t = 27^{\circ} \text{C}$ sobre $A_{31} \Rightarrow$ Estructura obtenida



**Perlita gruesa
+
Red de cementita**

TRATAMIENTO DE RECOCIDO



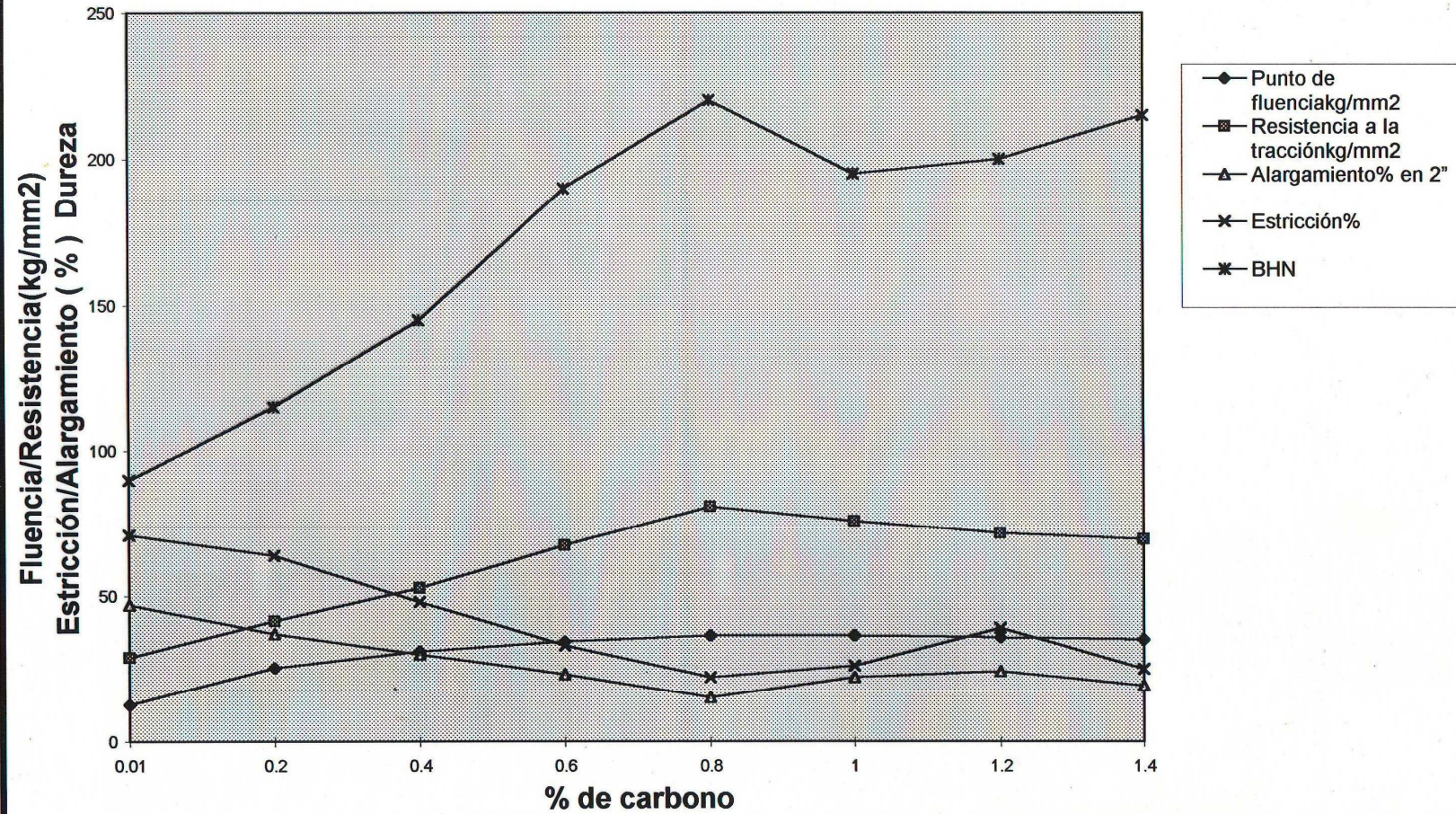
TRATAMIENTO DE RECOCIDO

Propiedades mecánicas de los aceros recocidos

%C	Punto de fluencia kg/mm²	Resistencia a la tracción kg/mm²	Alargamiento % en 2"	Estricción %	BHN
0.01	18.3	28.9	47	71	90
0.20	25.2	41.5	37	64	115
0.40	30.9	52.7	30	48	145
0.60	34.4	67.5	23	33	190
0.80	36.5	80.8	15	22	220
1.00	36.5	75.9	22	26	195
1.20	35.8	71.7	24	39	200
1.40	35.1	69.6	19	25	215

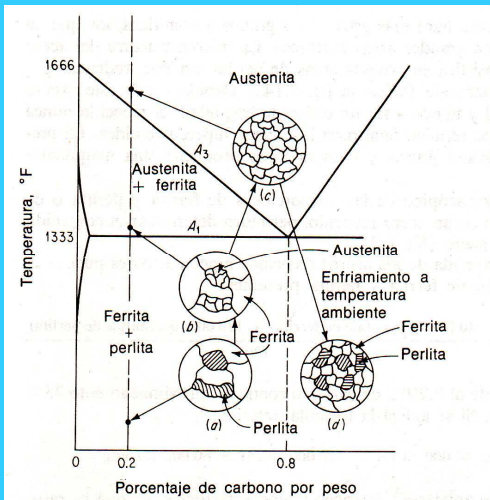
TRATAMIENTO DE RECOCIDO

GRAFICO COMPARATIVO DE PROPIEDADES MECANICAS
ACEROS RECOCIDOS



TRATAMIENTO DE RECOCIDO

Metalografía

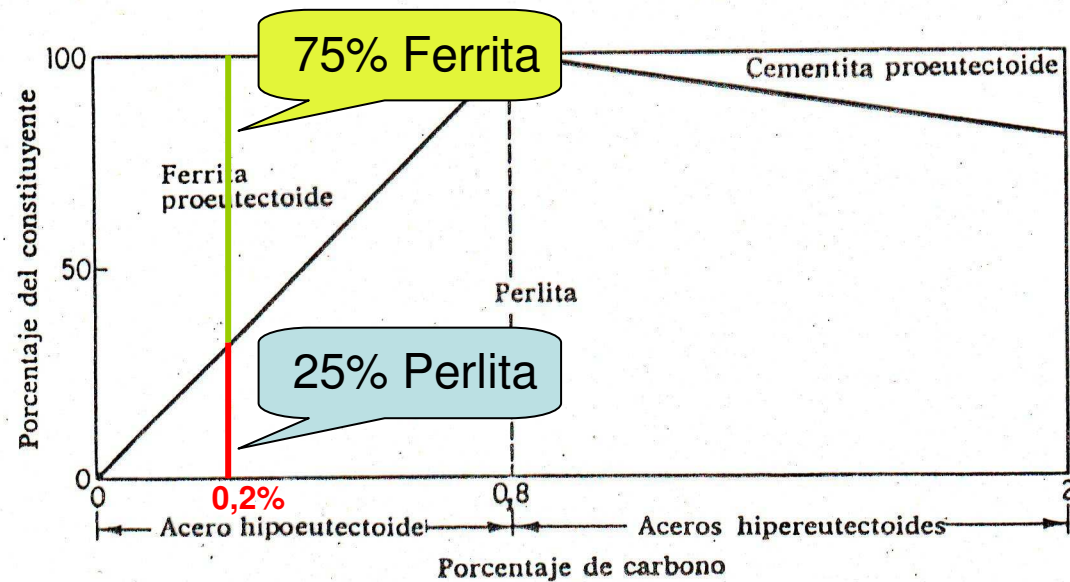


Ferrita 75%

Perlita 25%

DETERMINACION DEL % DE CARBONO APROXIMADO EN ACEROS

Se realiza a partir de estructuras en estado de recocido utilizando la regla de la palanca aplicada al diagrama de equilibrio Fe - Fe₃C lo que permite construir el diagrama % de los constituyentes - % de carbono. Determinando por metalografía el porcentaje de los constituyentes se puede estimar el % de carbono



Proporción en que se encuentran presentes los constituyentes en la microestructura de los aceros recocidos, en función del contenido de carbono.

TRATAMIENTO DE RECOCIDO

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION APROXIMADA

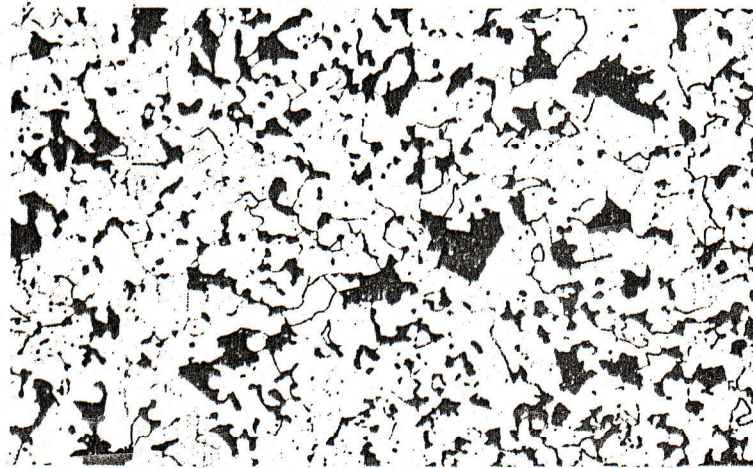
$$RESISTENCIA = \frac{28 \left(\% \text{ de ferrita} \right) + 84 \left(\% \text{ de perlita} \right)}{100}$$

TRATAMIENTO DE RECOCIDO

Ejemplo:

Acero hipoeutectoide SAE 1020

Perlita 25% Ferrita 75%



$$\text{Resistencia} = \frac{28 \times 75 + 84 \times 25}{100} = 42 \text{ kg / mm}^2$$

TRATAMIENTO DE RECOCIDO

Relación aproximada entre dureza y resistencia a la tracción en aceros

Para determinar la resistencia a la tracción aproximada sin destruir la pieza se puede recurrir a un ensayo de dureza aplicando una fórmula empírica en aceros con menos de 0.8% de carbono.

$$\text{Resistencia} = 0.346 \times \text{HB}$$

Ejemplo: Acero SAE 1020 Dureza HB 120

$$\text{Resistencia} = 0.346 \times 120 = 41.5 \text{ kg/mm}^2$$

TRATAMIENTO DE RECOCIDO

RECOCIDO DE GLOBULIZACION

Aplicación

Tratamiento que se aplica generalmente a los aceros hipereutectoides

Causa

La red de cementita que se origina en el recocido de regeneración en los aceros hipereutectoides perjudica la maquinabilidad y las propiedades mecánicas.

TRATAMIENTO DE RECOCIDO

Objetivo

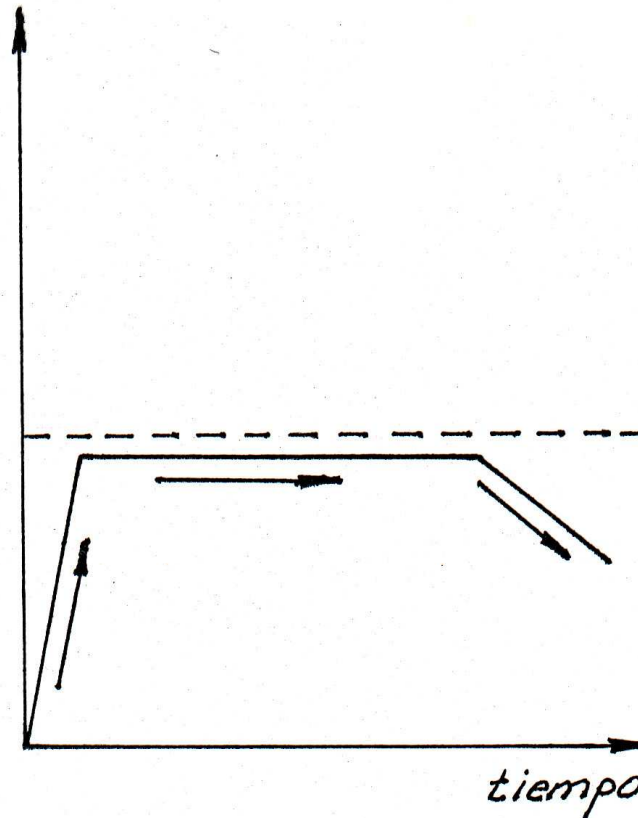
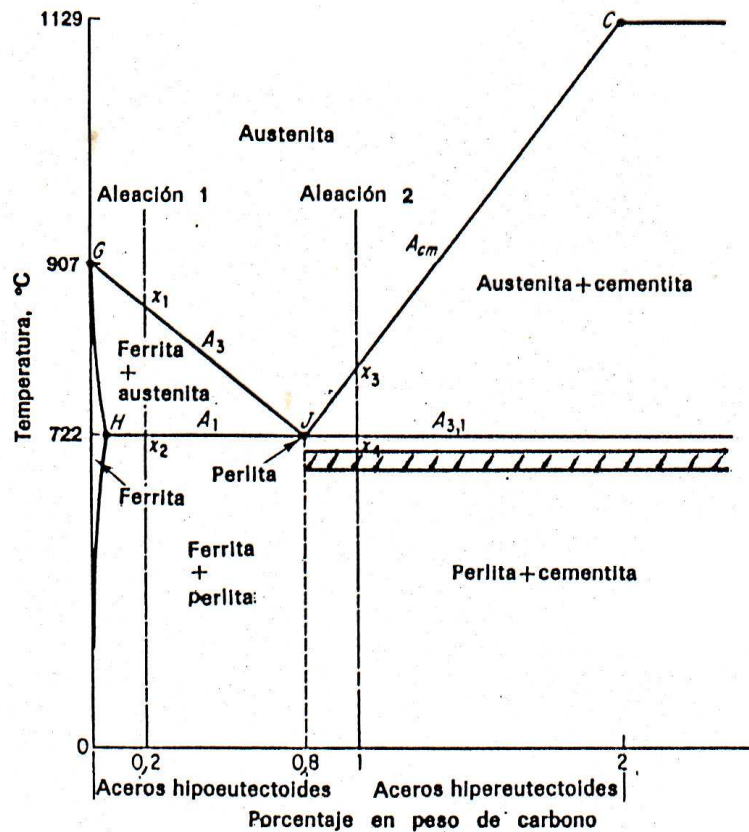
La globulización de la cementita mediante este tratamiento transforma la red de cementita a la forma esferoidal, lo que mejora la maquinabilidad y las propiedades mecánicas.



TRATAMIENTO DE RECOCIDO

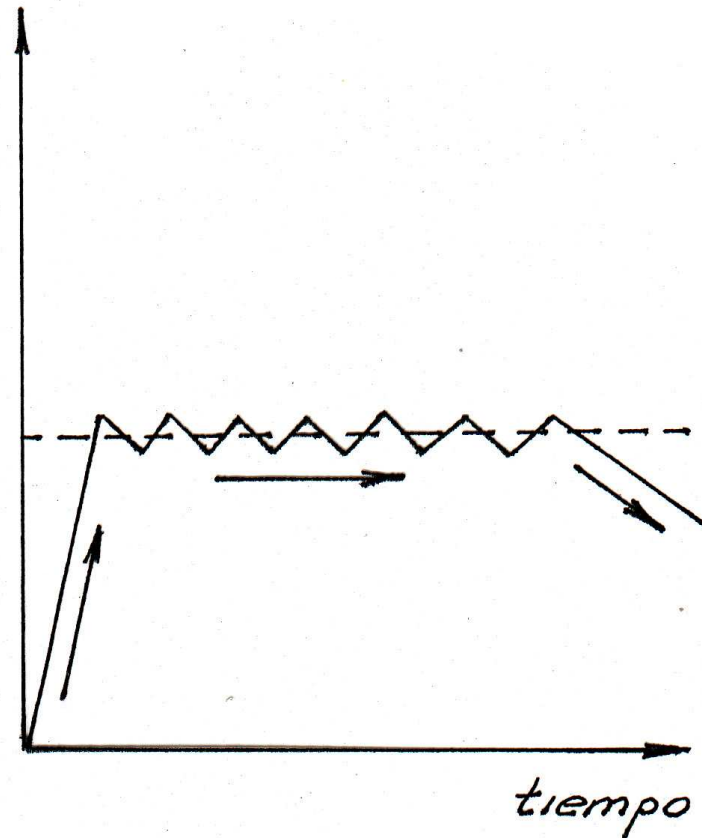
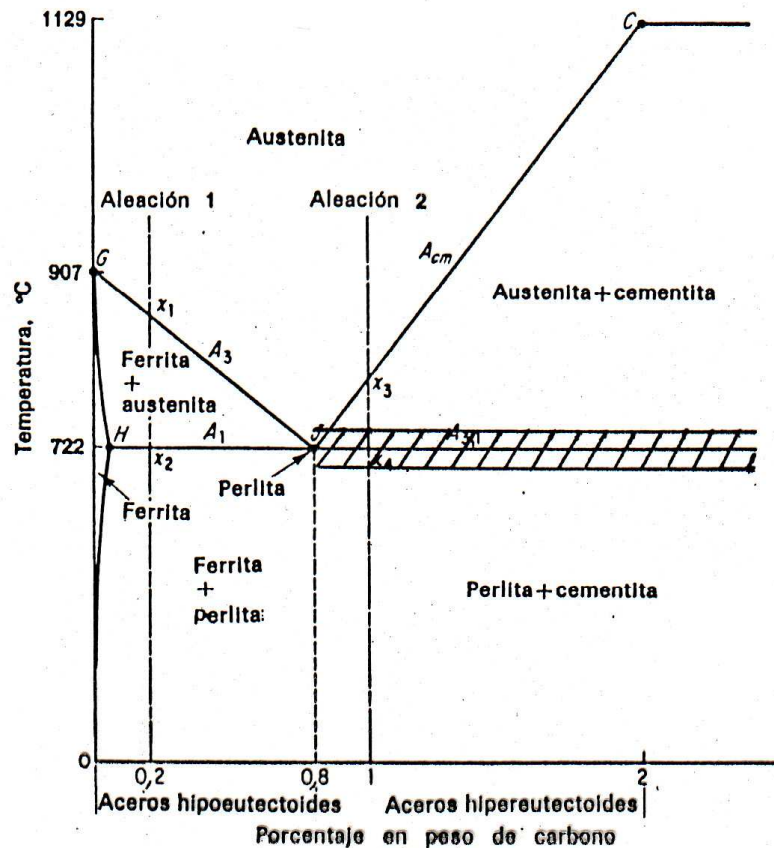
Forma de realización del tratamiento

1º Calentamiento y permanencia prolongada a una temperatura ligeramente inferior a A_1 (temperatura crítica inferior).



TRATAMIENTO DE RECOCIDO

2º Empleo de un ciclo oscilante de calentamiento en el entorno a A_1 (temperatura crítica inferior) con permanencia prolongada a esa temperatura.



TRATAMIENTO DE RECOCIDO

RECOCIDO DE ALIVIO DE TENSIONES

Causa

Todo material que sufre deformaciones plásticas en frío o a temperaturas inferiores a las de recristalización adquiere tensiones internas que es necesario eliminar, dado que las mismas se sumarán a las tensiones a que serán solicitadas las piezas.

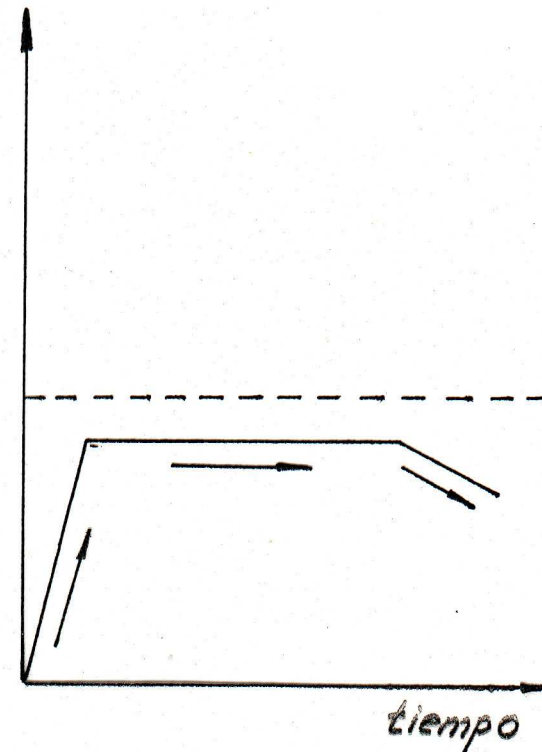
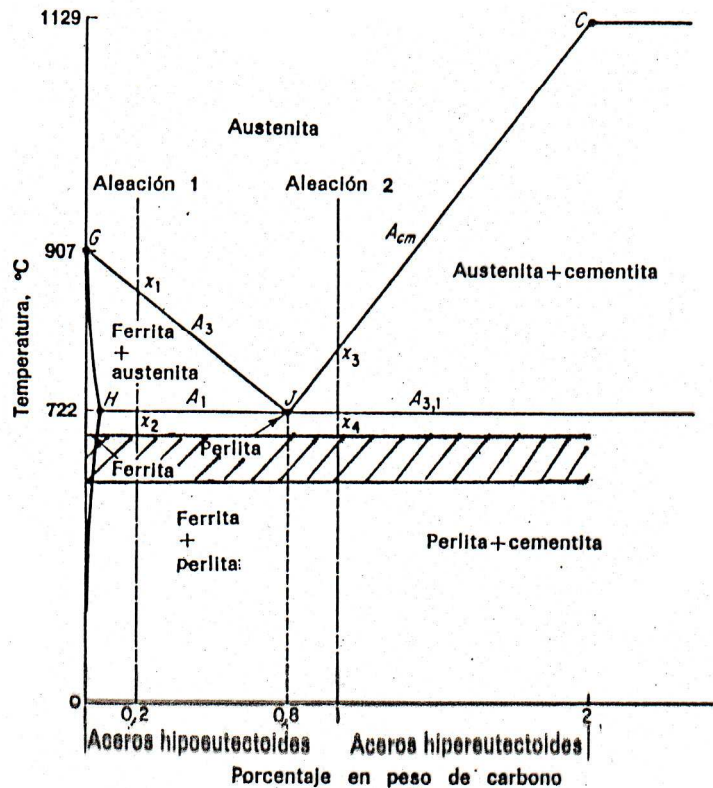
Objetivo

Eliminar las tensiones recibidas durante el trabajado mecánico produciendo el relajamiento de las mismas.

TRATAMIENTO DE RECOCIDO

Forma operativa

Calentar lentamente y dejar a temperatura un tiempo prudencial en función del espesor y del nivel de tensiones alcanzado. En los aceros la temperatura de tratamiento está ubicada entre 540 - 650 °C.



TRATAMIENTO DE RECOCIDO

RECOCIDO CONTRA ACRIDUD

Causa

Los materiales sometidos a deformaciones plásticas en frío o a temperaturas inferiores a las de recristalización adquieren deformación de su estructura cristalina y un endurecimiento.

En particular en laminación (producción de chapas y perfiles) o trefilado (fabricación de alambres) se denomina acritud.

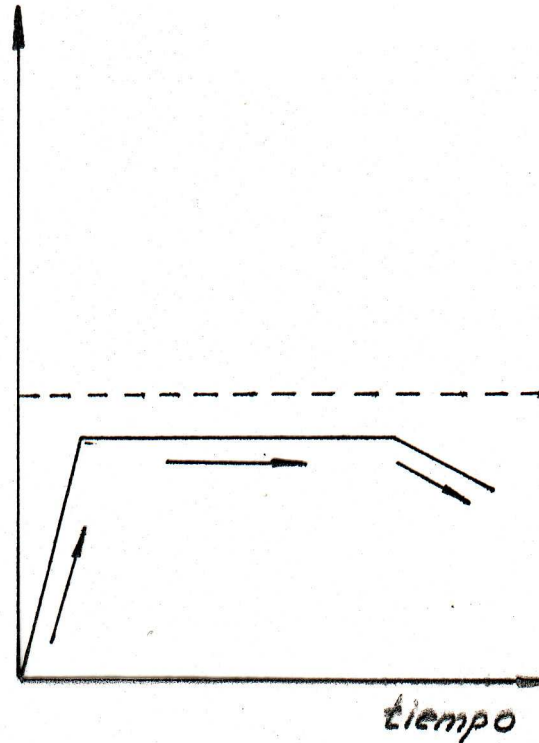
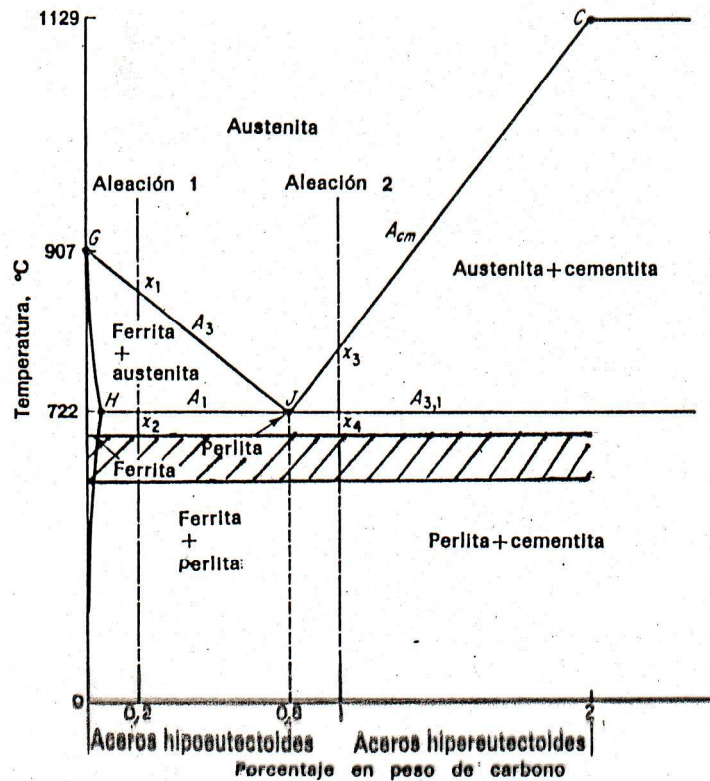
Objetivo

Eliminar la dureza adquirida y restablecer las condiciones para el uso o continuar con la deformación plástica.

TRATAMIENTO DE RECOCIDO

Forma operativa

Calentar lentamente y dejar a temperatura según el espesor y grado de deformación. Para aceros la temperatura oscila entre 540 - 650 °C.



TRATAMIENTO DE NORMALIZADO

NORMALIZADO

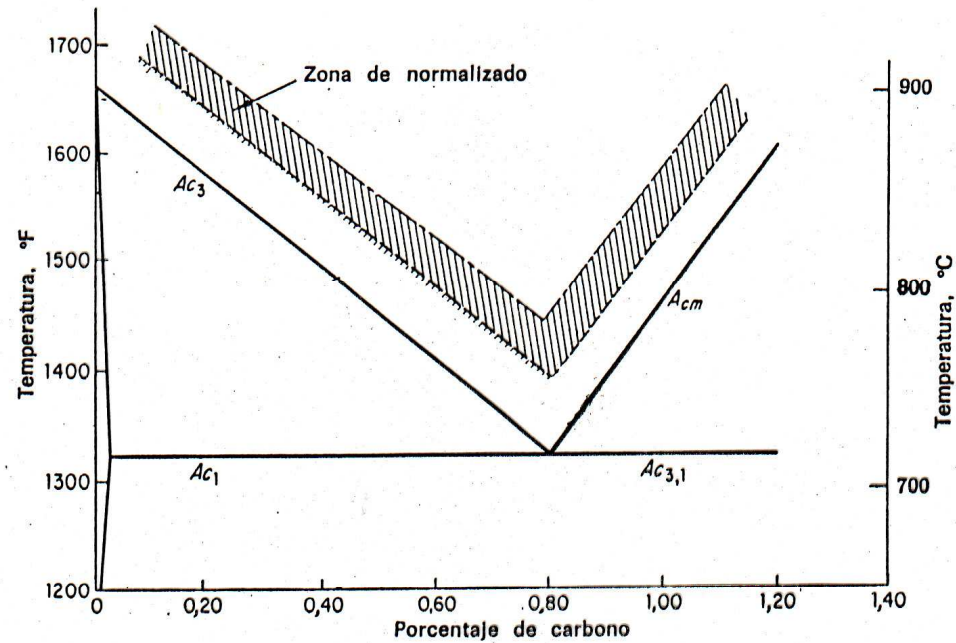
Definición

Es un tratamiento térmico fuera de las condiciones de equilibrio al que se someten generalmente los aceros, algo más severo que el recocido. Por lo tanto a mayor velocidad de enfriamiento.

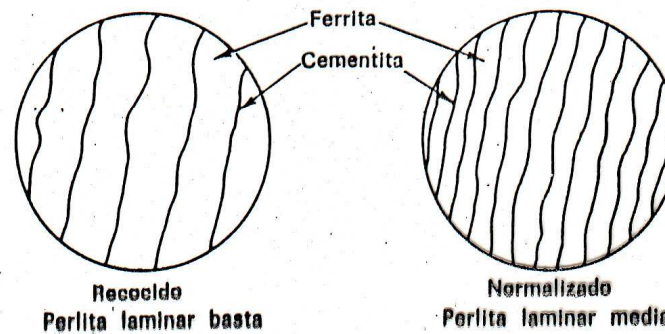
Forma operativa

- 1) Calentamiento hasta lograr la austenización completa.**
- 2) Temperatura 55°C sobre A_3 y A_{cm} para los aceros hipo e hipereutectoides respectivamente.**

TRATAMIENTO DE NORMALIZADO



Intervalos de temperaturas de normalizado



Representación esquemática de las diferencias que presenta la estructura perlítica en los estados de recocido y de normalizado.

TRATAMIENTO DE NORMALIZADO

Objetivos

- 1) Mejorar las durezas de los aceros**
- 2) Mayor resistencia a la tracción que los aceros recocidos**
- 3) Afina el tamaño de grano**
- 4) Homogeniza la microestructura de colada**
- 5) Mejora la maquinabilidad**
- 6) Ahorra tiempo y mejora los costos**

TRATAMIENTO DE NORMALIZADO

Características del normalizado

- 1) Se verifica parcialmente el fenómeno de difusión debido al aumento de la velocidad de enfriamiento.**
- 2) La diferencia de velocidad de enfriamiento frente al recocido baja la temperatura de transformación de la austenita y se consigue perlita más fina.**
- 3) Varía la proporción ferrita - perlita ya que tiene menos tiempo de formarse ferrita proeutectoide.**
- 4) También disminuye en los aceros hipoeutectoides la proporción de cementita en la relación cementita - perlita por igual razón.**
- 5) El punto eutectoide se desplaza hacia la izquierda para los hipoeutectoides y hacia la derecha para los hipereutectoides**

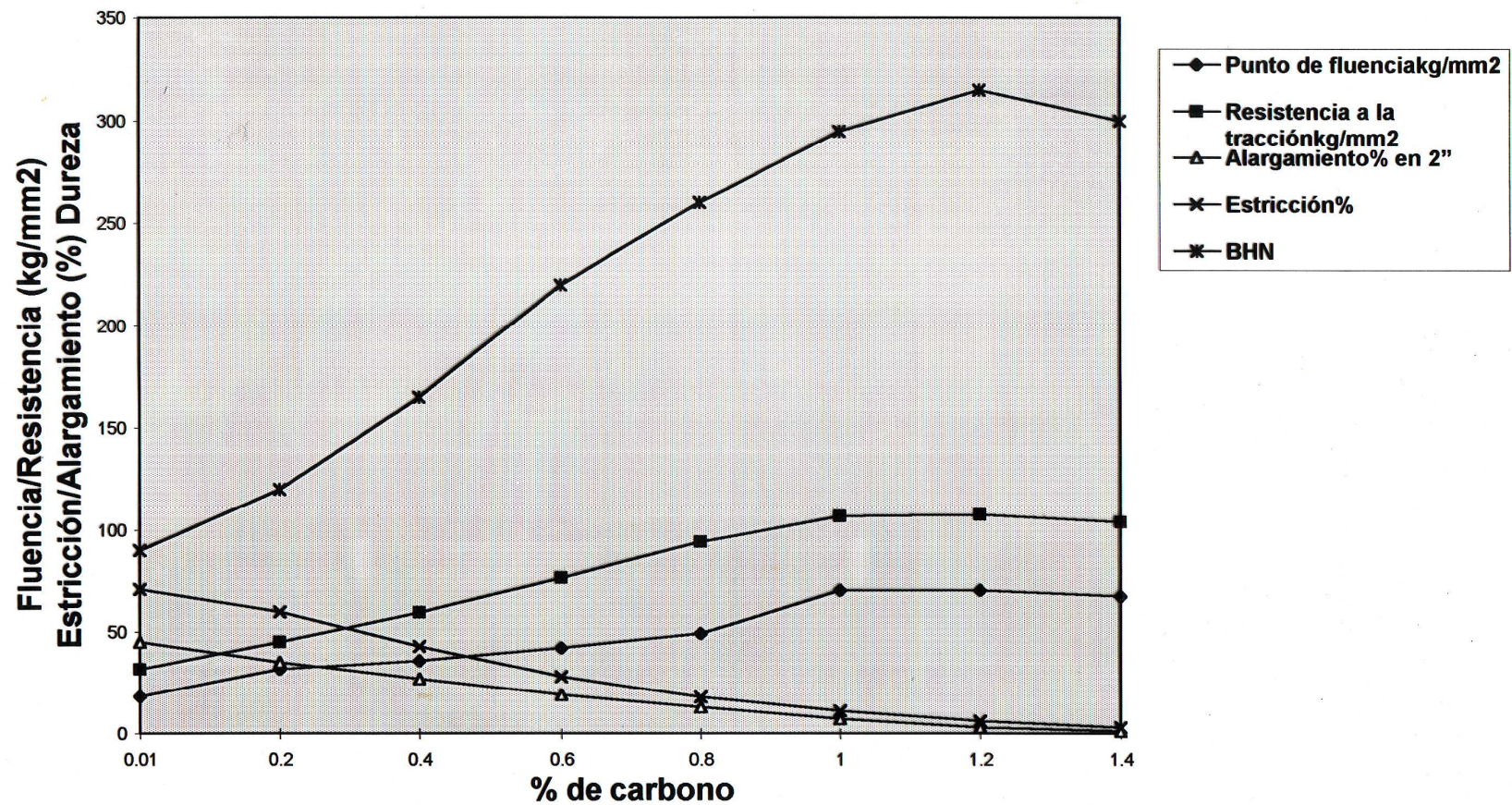
TRATAMIENTO DE NORMALIZADO

Propiedades mecánicas de los aceros normalizados

%C	Punto de fluencia kg/mm ²	Resistencia a la tracción kg/mm ²	Alargamiento % en 2"	Estricción %	BHN
0.01	18.3	31.6	45	71	90
0.20	31.6	45.0	35	60	120
0.40	35.8	59.7	27	43	165
0.60	42.2	76.6	19	28	220
0.80	49.2	94.2	13	18	260
1.00	70.3	106.8	7	11	295
1.20	70.3	107.5	3	6	315
1.40	67.5	104.0	1	3	300

TRATAMIENTO DE NORMALIZADO

GRAFICO COMPARATIVO DE PROPIEDADES MECANICAS
ACEROS NORMALIZADOS



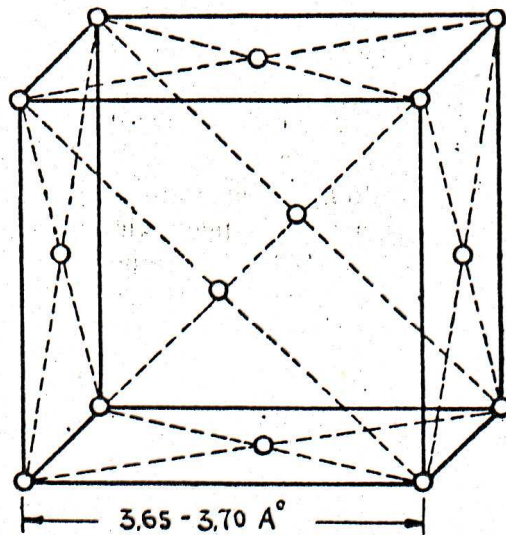
TRATAMIENTO DE TEMPLE

Temple

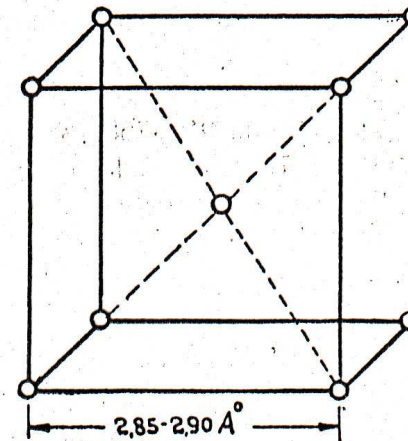
Proceso I

Cuando se enfría un acero desde el estado austenítico a velocidades bajas los átomos de carbono emigran por difusión y los de hierro se agrupan en una estructura cúbica centrada en el cuerpo CCC.

Consecuencia



Hierro gamma (γ)



Hierro alfa (α)

TRATAMIENTO DE TEMPLE

Fenómeno predominante

Difusión - Traslado de los átomos del soluto en el estado sólido buscando un nuevo equilibrio.

Es función de la temperatura y del tiempo , produciendo una modificación de la composición química.

Etapas

Se realiza en dos etapas diferentes:

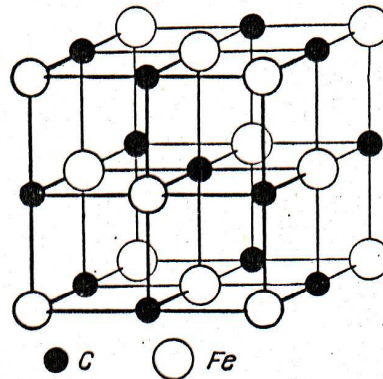
- 1 - Nucleación**
- 2 - Crecimiento**

TRATAMIENTO DE TEMPLE

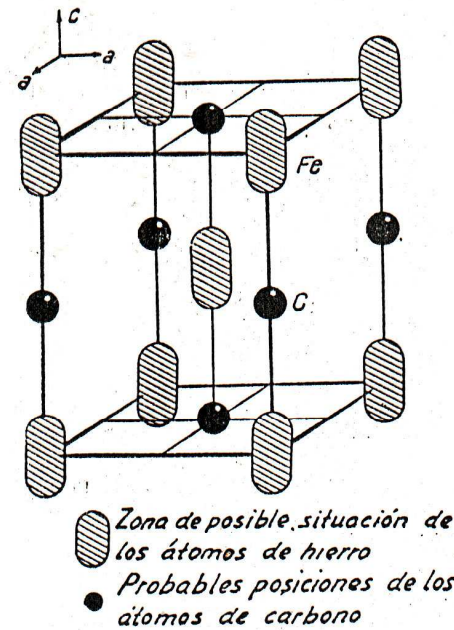
Proceso II

Si la velocidad de enfriamiento aumenta significativamente, el carbono no alcanza a emigrar y el hierro no consigue pasar de una estructura FCC a una CCC y el carbono queda retenido.

Consecuencia



Posible disposición teórica de los átomos de hierro y carbono en un cubo elemental de austenita, constituido por la red de caras centradas de hierro gamma, con átomos de carbono en el centro de las aristas y uno en el centro del cubo. En los aceros hay muchos menos átomos de carbono que los que se señalan en la figura.



Probable estructura de la martensita.

TRATAMIENTO DE TEMPLE

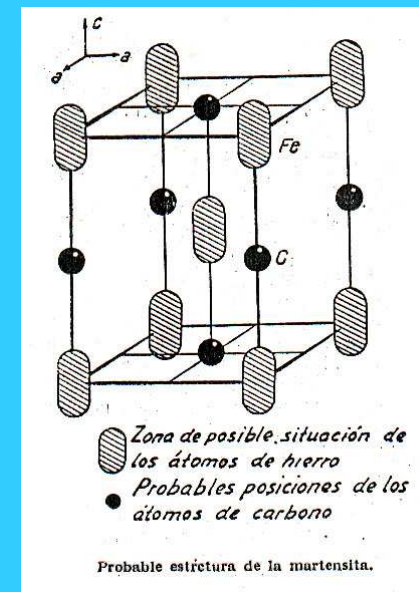
Características de la nueva estructura

1 - El carbono queda retenido en una red tetragonal de cuerpo centrado.

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

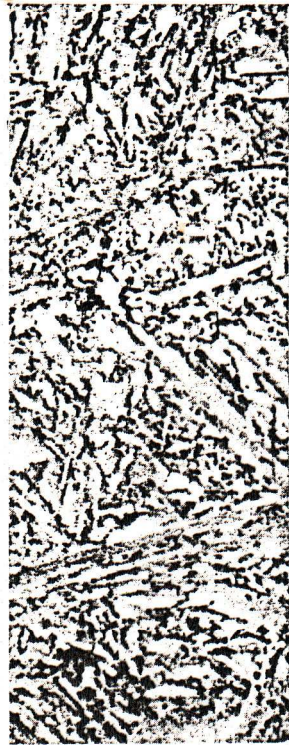
$$a = b \neq c$$

relación $c/a = 1,08$ max.

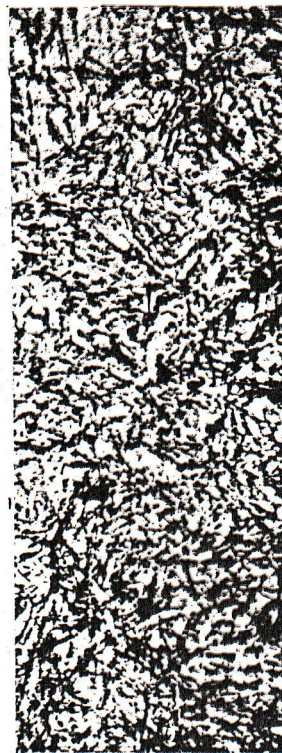


TRATAMIENTO DE TEMPLE

2 - Se denomina martensita y su microestructura es de tipo acicular.



0.5 %C 2500X



1.0 %C 750X



1.2 %C 1000X

TRATAMIENTO DE TEMPLE

3 - Es de alta dureza dado que la distorsión es muy elevada.

4 - La red es menos compacta que la de austenita, de allí que el proceso va acompañado de un aumento de volumen.

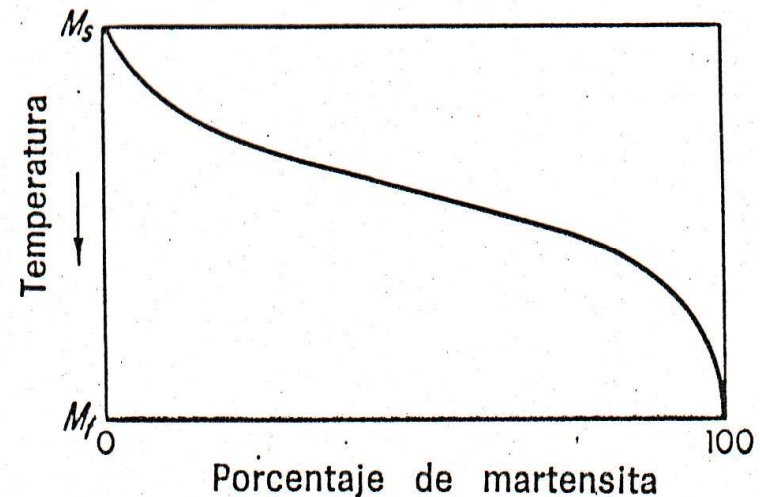
5 - Se generan grandes tensiones internas.

TRATAMIENTO DE TEMPLE

Características del proceso

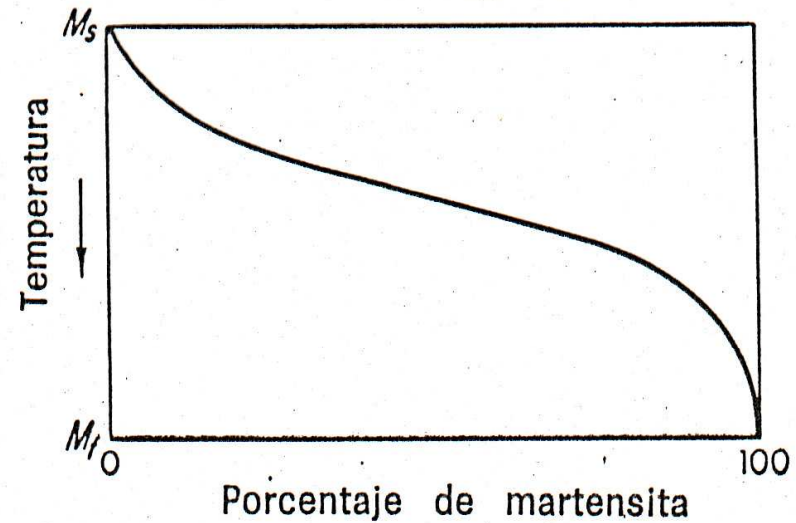
- 1 - En el proceso de temple no se verifica el fenómeno de difusión ya que la composición química no varía.
- 2 - La transformación se realiza solo durante el enfriamiento. La transformación es función exclusivamente de la temperatura y no del tiempo.

Representación esquemática del porcentaje de martensita formada en función de la temperatura.



TRATAMIENTO DE TEMPLE

Representación esquemática del porcentaje de martensita formada en función de la temperatura.



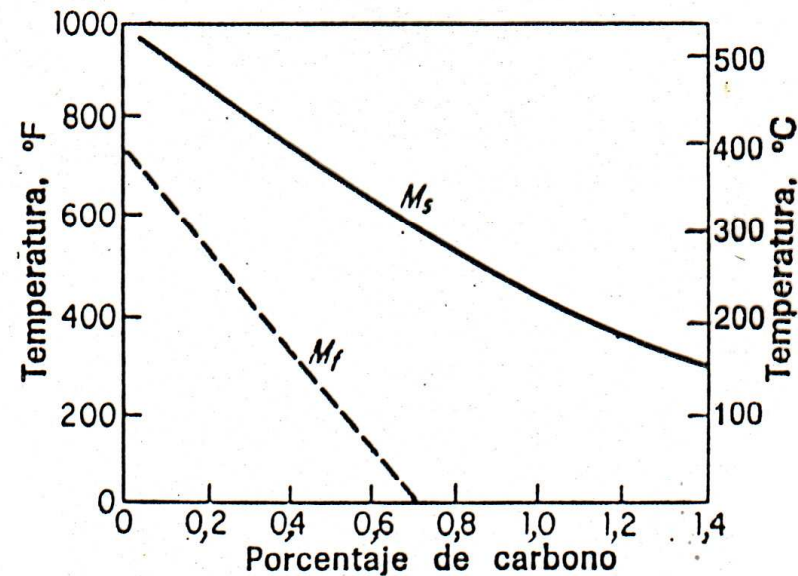
- La cantidad es variable en función de la temperatura, es decir no es lineal.
- Existe una temperatura de comienzo de transformación M_s
- Existe una temperatura final de transformación M_f

TRATAMIENTO DE TEMPLE

3 - Si se varía la velocidad de enfriamiento no se interrumpe la transformación martensítica, ni varía M_s

$M_s = f(\text{composición química})$

$$M_s (\text{°C}) = 537 - (361 \times \%C) - (38,8 \times \%Mn) - (19,4 \times \%Ni) - (38,8 \times \%Cr) - (27,7 \times \%Mo)$$

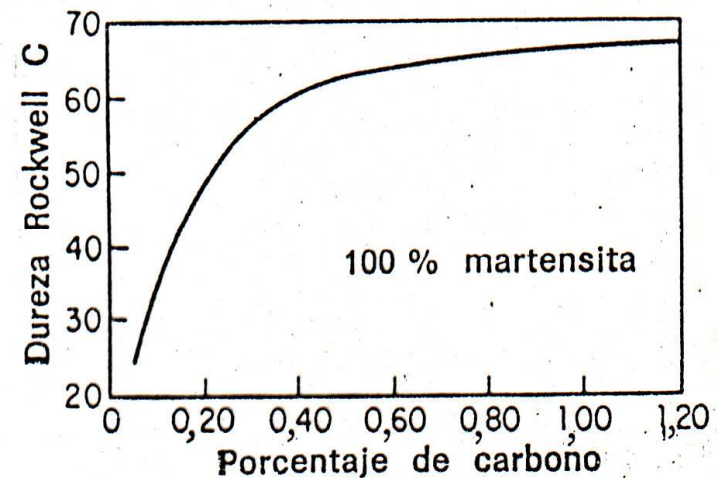


Influencia del contenido de carbono en la zona de formación de la martensita.

TRATAMIENTO DE TEMPLE

- 4 - La dureza de la martensita depende del porcentaje de carbono y aunque es más dura que la austenita, estas solo se consiguen con aceros de % de carbono suficiente.

Influencia del contenido de carbono sobre la dureza de un acero templado con una estructura totalmente martensítica.



- 5 - La martensita es una fase metaestable y no está nunca en equilibrio aunque se conserva a temperatura ambiente.
Es una fase de transición entre la austenita y la ferrita.

TRATAMIENTO DE TEMPLE

6 - La martensita se puede obtener:

- a) Aceros**
- b) Fundiciones**
- c) Algunas aleaciones no ferrosas**

Definición

Velocidad crítica de temple

Se denomina a la velocidad mínima que permita la obtención de una estructura totalmente martensítica .

Velocidad crítica de temple = f (composición química, tamaño de grano austenítico)









