

# 8.1 TRATAMIENTOS TÉRMICOS



Materiales I  
13/14

## INDICE

- Introducción
- Tratamientos térmicos no endurecedores
  - Alivio de tensiones
  - Recocido
  - Normalizado
  - Revenido
- Tratamientos térmicos endurecedores
  - Temple
  - Precipitación

# 1. Introducción

- “Operación o conjunto de operaciones por medio de las cuales se somete al material en estado sólido a uno o varios ciclos térmicos”
- Etapas de un tratamiento térmico:
  - Calentamiento, lo más lento posible
  - Mantenimiento hasta homogeneización
  - Enfriamiento

3

# 1. Introducción

- Son ciclos enfriamiento/calentamiento
- Su fin es mejorar las propiedades mecánicas y modificar su microestructura
- Tenemos distintos procesos:
  - TT. NO ENDURECEDORES
    - Alivio tensiones
    - Recocido
    - Normalizado
    - Revenido
  - TT ENDURECEDORES:
    - Temple T.T.
    - Precipitación

4

## 2. T.T. no endurecedores (Alivio tensiones)

### Alivio de Tensiones:

- En aleaciones con tensiones internas generadas previamente. Debido:
  - Mecanizado → deformación plástica
  - Tratamientos no uniformes → Soldadura
  - Transformaciones de fase → Matriz y soluto
- Objetivo: eliminar las tensiones mediante la aplicación de temperatura uniforme durante un tiempo determinado, finalmente se efectúa un enfriamiento controlado hasta temperatura ambiente.
- $T < T_{\text{recristalización}}$  y no se quiere modificar las propiedades mecánicas del material.

5

## 2. T.T. no endurecedores (Recocido)

### Recocido:

- Objetivo: Obtener una microestructura cercana al equilibrio, más blanda que facilite el procesado de las piezas. (Enfriamiento lento)
- Se aplica en un paso intermedio del proceso, por ejemplo, justo antes de mecanizar
- Su empleo puede ser homogeneizar la pieza, recuperar microestructuras dañadas o eliminar tensiones.

6

## 2. T.T. no endurecedores (Recocido)

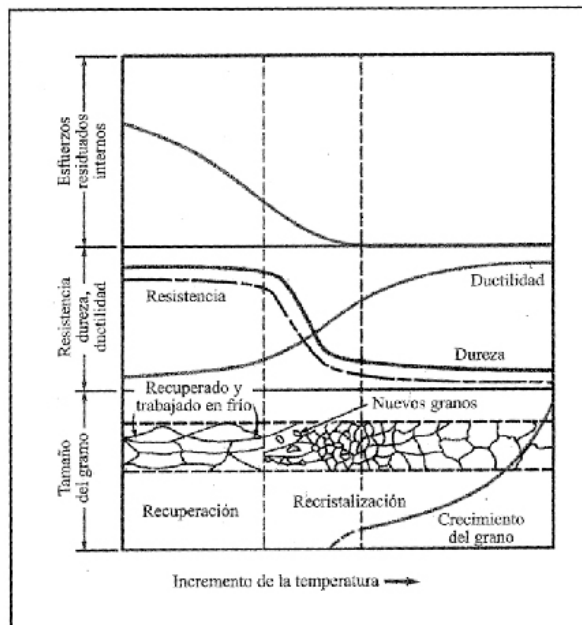
### Recocido:

- Las variables que se han de controlar son:
  - Temperatura
  - Tiempo
  - Velocidad de enfriamientos
- Etapas
  - Calentamiento hasta la T de tratamiento
  - Mantenimiento isoterma u oscilaciones alrededor la la T de tratamiento
  - Enfriamiento lento (aire calmado, horno)

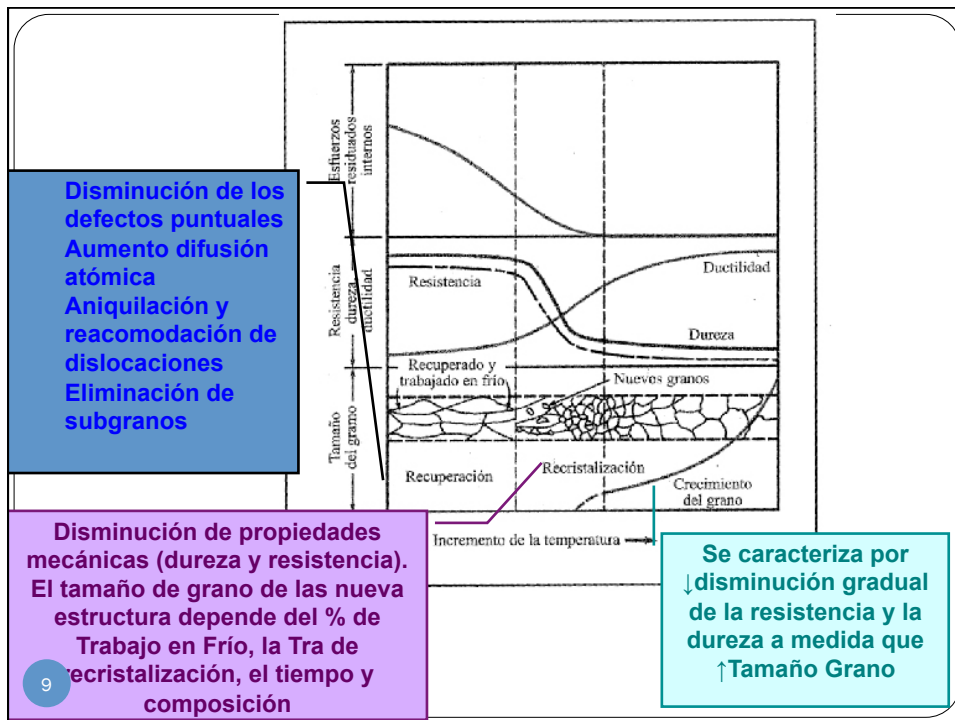
7

### Ciclo de Recocido:

- \* Restauración
- \* Recristalización
- \* Crecimiento grano



8



## 2. T.T. no endurecedores (Recocido I)

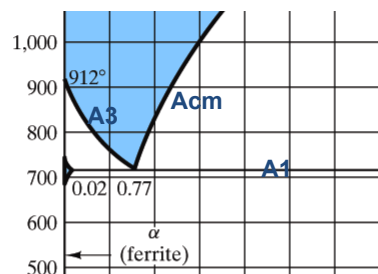
### Recocido en aleaciones férreas:

- Se deben conocer las temperaturas Críticas del diagrama Fe-C:

**A1:** Temperatura Crítica inferior. Tra de equilibrio de la reacción eutectoide, por debajo de ella  $Fe\gamma \rightarrow Fe\alpha + Fe_3C$

**A3:** Tra crítica Superior  
Ferrítica: Tra estable de  $Fe\alpha$ .

**Acm:** Tra crítica Superior  
Cementita: Tra estable de  $Fe_3C$

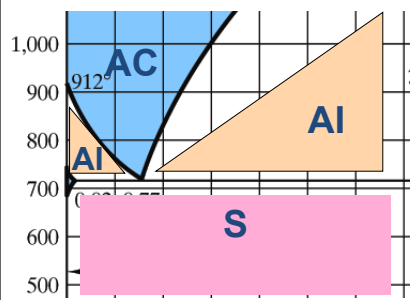


10

## 2. T.T. no endurecedores (Recocido II)

### Recocido en aleaciones férreas:

- Según la temperatura que aplicamos tendremos tres tipos de recocido:



11

- R. Austenización completa (AC)  $T > A3$ ,  $A_{cm}$
- R. Subcríticos: (S)  $T < A1$
- R. Austenización incompleta (globular o esferoidal) (AI)  $A_{cm}, A3 < T < A1$

## 2. T.T. no endurecedores (Normalizado)

### Normalizado

- Es un enfriamiento al aire tras una austenización previa
- En aceros al carbono que transforman a tiempos cortos obtenemos perlita fina
- Se suelen utilizar para afinar el grano, recuperar estructuras deformadas por mal TT o conformado.
- Cuando no se busca una estructura determinada
- En aceros de  $\downarrow\%C$  no produce demasiado efecto pero:
- A  $\uparrow C \rightarrow \uparrow$ perlita y cementita  $\rightarrow \uparrow$ resistencia mecánica
- Sobre la tenacidad:
  - $\downarrow$ frágiles para  $\downarrow\%C$
  - $\uparrow$ frágiles para  $\uparrow\%C$

12

## 2. T.T. no endurecedores (Normalizado)

- Velocidad calentamiento → Importante si la sección no es homogénea → formación tensiones residuales
- Velocidad enfriamiento → ↑ Velocidad → ↑ cantidad de perlita poco espaciada y fina → acero más resistente y duro
- El punto más importante, más a tener en cuenta, es el punto en el cual comienza la transformación austenita-perlita.

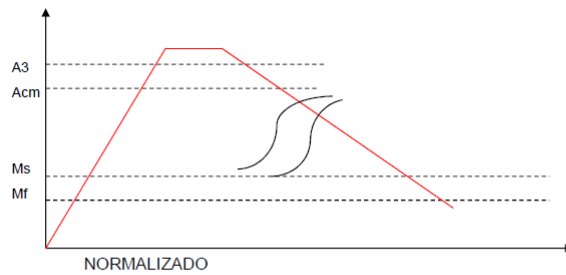
13

## 2. T.T. no endurecedores (Normalizado)

- Enfriamiento al aire
- La velocidad de enfriamiento y la T de mantenimiento es mayor que el recocido.
- Ventajas respecto al recocido:
  - Mas fácil y barato de aplicar
  - Microestructura mas fina
- Desventajas:
  - En algunos casos la dureza final es mayor que en el recocido

14

## 2. T.T. no endurecedores (Normalizado)



NORMALIZADO → Perlita + fina y abundante que en recocido  
Acero +duro y +resistencia

15

## 2. T.T. no endurecedores (Revenido)

### Revenido

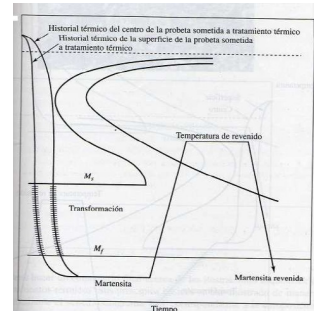
- Tratamiento térmico que se aplica sobre estructuras templadas
- Suele darse tras el temple para aumentar la tenacidad
- Calentamiento a  $T < A_1$ , para no eliminar la martensita, durante un tiempo y enfriamos en agua o aire
- Reducen tensiones internas y se obtiene una estructura estable (equilibrio): ferrita+carburos
- Elimina tensiones residuales existentes en la martensita
- Favorece que una pequeña parte del C de la martensita difunda/nuclee en forma de  $Fe_3C$ .
- Las placas se redondean y acortan
- Si se enfría rápidamente la austenita retenida → martensita

16



## 2. T.T. no endurecedores (Revenido)

- Se consigue:
  - Mejorar tenacidad y disminuir fragilidad
  - Eliminar tensiones internas
  - Mejora alargamiento/ estricción
  - Perdemos un poco de resistencia y dureza



17

## 3. T.T. Endurecedores (Temple)

### Temple

- Enfriamiento rápido desde austenización A3.
- Velocidad de enfriamiento > V crítica (aquella para que la austenita se transforme solo a martensita)
- NO QUEREMOS UNA TRANSFORMACIÓN EN EQUILIBRIO!
- Necesitamos una velocidad crítica → vel temple para obtener:
  - Estructura de MARTENSITA dura y resistente
- En laboratorio → Jominy
- <http://www.youtube.com/watch?v=qW0aUbTWtVM>
- <http://www.youtube.com/watch?v=hxOHvpAZy2o&feature=related>

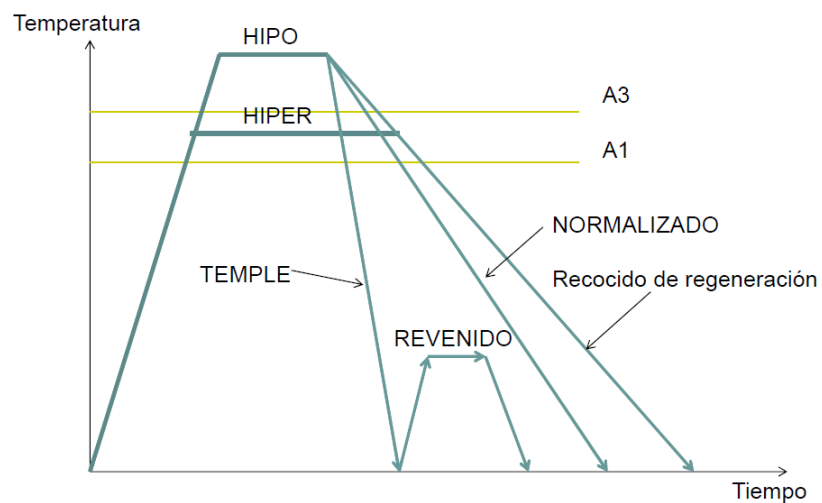
18

### 3. T.T. Endurecedores (Temple)

- Los materiales poseen la característica → **TEMPLABILIDAD**: capacidad de un material a templar. Aptitud de un acero para que se forme martensita en todos los puntos de su sección.
- Depende de:
  - El medio: capacidad calorífica de retirar calor.
    - Baja capacidad calorífica → agua
    - Alta capacidad calorífica → salmuera
  - El material:
    - Tamaño de grano:
      - ↑Tamaño grano, ↓LG → ↓núcleos perlita → Templabilidad
    - Composición química → aleantes
      - ↑Aleantes ↑Templabilidad
  - Tamaño de la pieza

19

### 3. Resumen



20

### 3. T.T. Endurecedores (Precipitación)

#### Precipitación o envejecimiento:

- Calentamiento de una aleación sólida saturada en fase ( $\alpha$ ) a una temperatura intermedia dentro del campo bifásico eutéctico ( $\alpha + \beta$ ) y posterior enfriamiento que congele la microestructura.
- La fase  $\beta$  se comienza a formar como partículas dispersas en la matriz.
- La resistencia y dureza dependerán del tiempo y la temperatura aplicadas, aumentando en un momento inicial hasta adquirir un máximo, a partir de ese momento sus valores disminuirán → proceso de sobre-envejecimiento.