



**Mondragon
Unibertsitatea**

**Goi Eskola
Politeknikoa**

TRATAMIENTOS

Mondragon Goi Eskola Politeknikoa
Mondragon Unibertsitatea

ÍNDICE

1. Introducción
2. Definiciones
2. Tratamientos térmicos
3. Tratamientos superficiales

1

Introducción

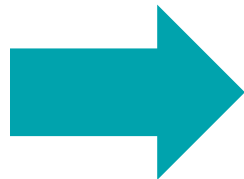
1. Introducción

Definición: Son los procesos de calentamiento, tiempo de mantenimiento y enfriamiento que se llevan a cabo a determinadas temperaturas y condiciones, con el fin de proporcionar unas características adecuadas al material.

Clasificación: Dos tipos de tratamientos:

- ❖ **Tratamientos térmicos:** Modifican la estructura del material, sin alterar la composición química.
- ❖ **Tratamientos superficiales:** Sufren cambios en la composición química.

OBJETIVO



- Obtener las características adecuadas para el uso.
- Cambiar las propiedades mecánicas dependiendo el uso.

1. Introducción

1

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

No hay cambio en la composición química.

1. Temple
2. Revenido
3. Recocido
4. Normalización



2

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

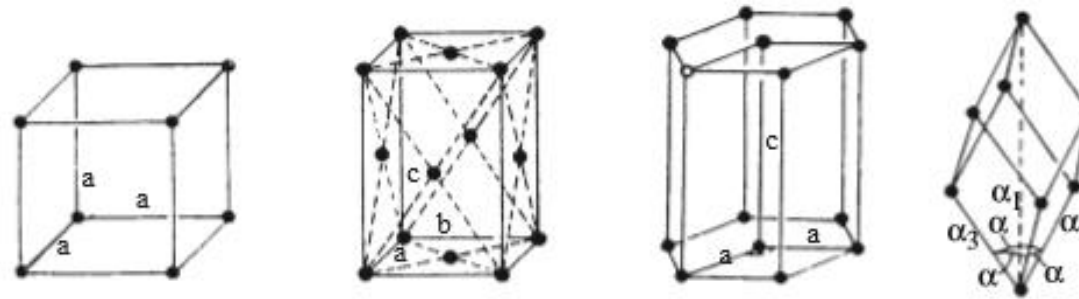
La composición química de los materiales sufre cambios.

1. Cementación
2. Nitruración
3. Carbonitruración
4. Pavonado



3. Introducción

- Se pueden encontrar diferentes estructuras de átomos en materiales. Cubos, tetraedros,... Es la **estructura cristalina**.



- Los átomos cambian de posición dependiendo de la temperatura.
- Dependiendo del proceso de calentamiento y enfriamiento, la estructura cambiará.
- Es posible analizar estas estructuras según el diagrama Fe-C.

2

Definiciones

2.-Definiciones

- **DUREZA**

El grado de resistencia que posee un material al ser rayado o penetrado por otro material.

Diamante

- **DUCTILIDAD** (elasticidad y plasticidad)

La capacidad de un material para deformarse plásticamente. Se dice que un material que sufre grandes deformaciones antes de romperse es dúctil.

Bolsa de plástico

- **FRAGILIDAD**

Frágil es un material que se rompe sin sufrir una deformación significativa.

Cristal

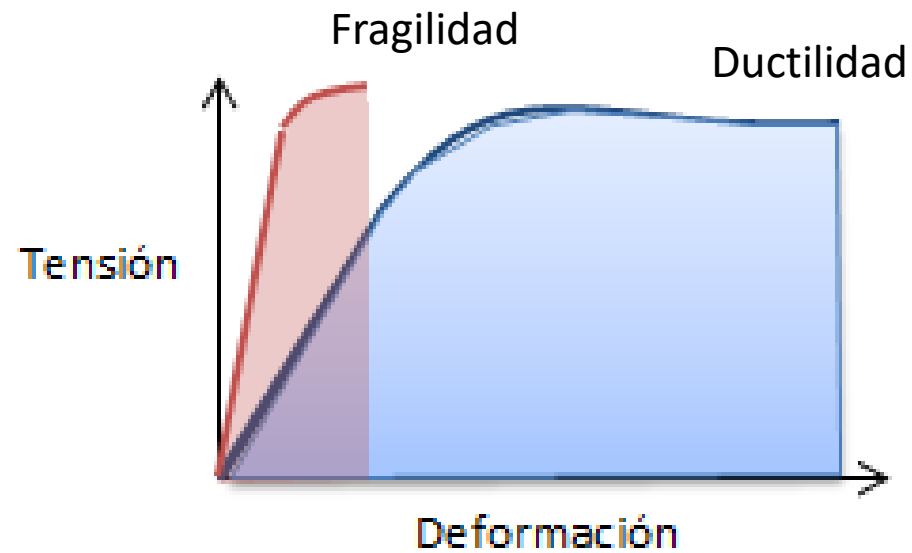
- **TENACIDAD**

La resistencia de un material a romperse, la energía que puede absorber antes de romperse. Para que el material sea rígido, debe tener alta resistencia y ductilidad.

Hormigón, madera

2.-Definiciones

DIAGRAMA DE Tensión – DEFORMACIÓN:



2.-Definiciones

Describe las propiedades mecánicas de los siguientes 3 materiales:



2.-Definiciones

Limite elástico:

La tensión máxima que un material puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes.



Material 1:

- DUCTILIDAD: **MUY BAJO**
- FRAGILIDAD: **MUY ALTO**
- TENACIDAD: **BAJO**
- RESISTENCIA: **ALTO**

Material 2:

- DUCTILIDAD: **ALTO**
- FRAGILIDAD: **BAJO**
- TENACIDAD: **ALTO**
- RESISTENCIA: **ALTO**

Material 3:

- DUCTILIDAD: **MUY ALTO**
- FRAGILIDAD: **MUY BAJO**
- TENACIDAD: **BAJO**
- RESISTENCIA: **BAJO**

3

Tratamientos térmicos

3. Tratamientos térmicos

1

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Se utiliza la temperatura para cambiar la microestructura interna del material pero sin sufrir ningún cambio en la composición química.

Consiste en calentar el material a una temperatura determinada, mantenerlo durante un tiempo y luego enfriarlo.

Calentar



Mantener

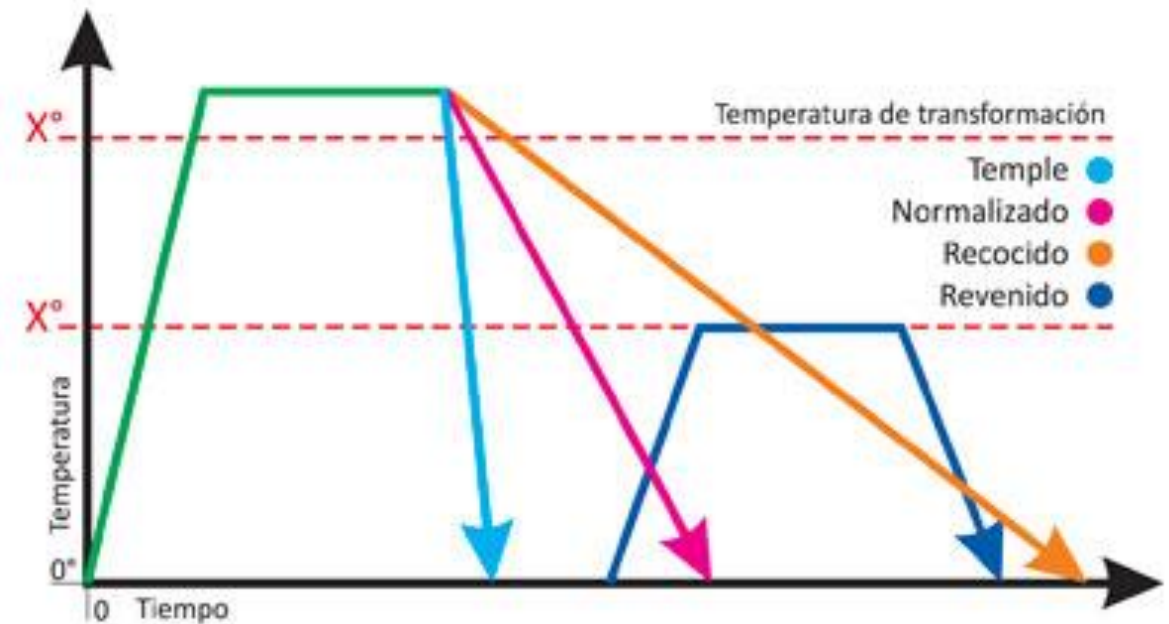


Enfriar

<https://www.interempresas.net/TTS/Articulos/168318-Criterios-para-elegir-el-mejor-tratamiento-termico-industrial-segun-cada-necesidad.html>

3. Tratamientos térmicos

- No cambia la composición química
- Cambia la estructura molecular mejorando las propiedades
- El templado crea tensiones en el material
- Las tensiones desaparecen o disminuyen mucho con el recocido, normalización y revenido.
- Aumenta la resistencia frente a la corrosión



<https://www.youtube.com/watch?v=RGI1MhPCsZY&t=40s>

3. Tratamientos térmicos

TEMPLE

OBJETIVO:

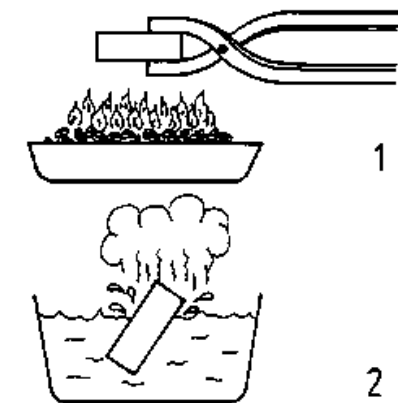
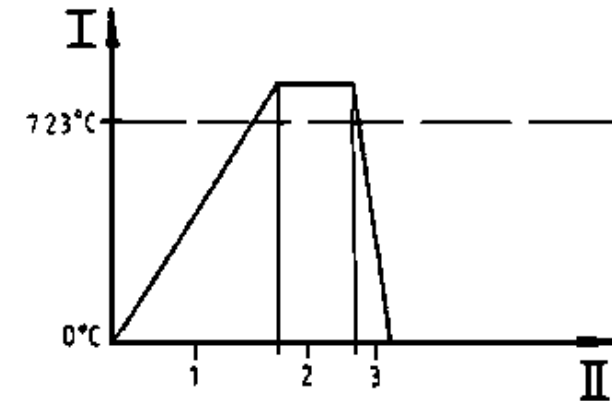
- Aumentar la dureza
- Aumentar la resistencia mecánica

¿COMO?

- Calentar a muy alta temperatura (cada calidad de acero (C%) requerirá su propia temperatura y sus propios tiempos: 850°C)
- Mantener a una temperatura alta por un tiempo
- Enfriar muy rápido
- ¿Cómo enfriar? Agua, aceite, aire a presión...

INCONVENIENTES:

- Surgen tensiones internas y esto hace que el material sea frágil.
- Después del templado, el núcleo se ablanda y gana rigidez superficial.



3. Tratamientos térmicos

TEMPLE

APLICACIONES:

- Aleaciones del acero: Se mejora la dureza
- Rodamientos: Resistencia al desgaste + dureza
- Piezas de unión
- Arranque de viruta
- Casquillos para pistones
- Engranajes
-



https://www.youtube.com/watch?v=eYL0_j9I2Mc

3. Tratamientos térmicos

REVENIDO

Es un proceso complementario del temple, esto es, se aplica sobre materiales que se sometieron a un proceso de temple.

OBJETIVO:

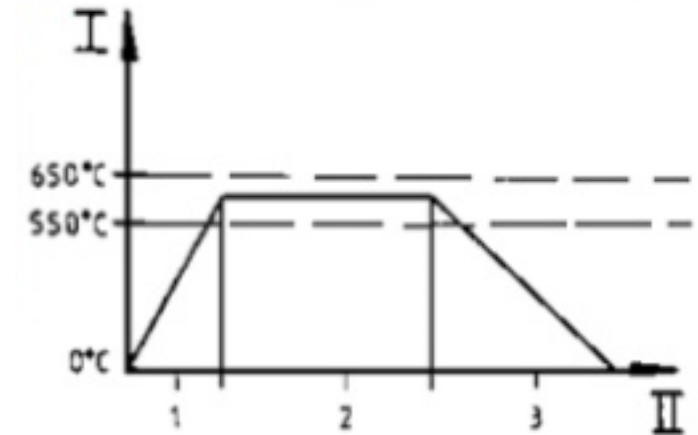
- Aumentar la tenacidad
- Aumentar la ductilidad
- Reducir tensiones internas
- Aumentar la capacidad de absorber la energía de choque

¿CÓMO?

- Calentar a una temperatura más baja que la utilizada en el temple
- Mantener a esa temperatura por un tiempo
- Enfriamiento controlado

EL IMPACTO:

- Disminuir la dureza.
- Reducir las tensiones internas
- Aumentar la capacidad de deformarse plásticamente
- Lograr regularidad en las propiedades mecánicas



3. Tratamientos térmicos

REVENIDO

A CONSIDERAR DURANTE EL PROCESO:

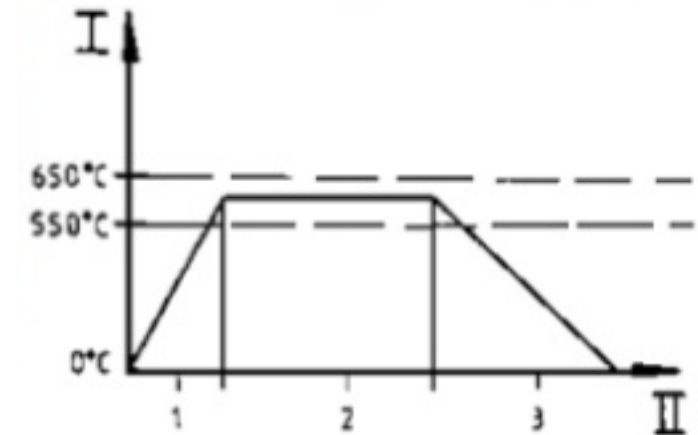
- Estado inicial de la pieza
- Temperatura de revenido
- Duración de revenido
- Tamaño de la pieza (el tiempo está directamente relacionado)

TIPOS:

- **Baja temperatura (160-300°C):** Acero para herramientas de trabajo en frío 60HRC (Rockwell C)
- **En temperaturas entre 300-500°C:** Aceros para muelles 45HRC
- **>500°C:** Aceros para herramientas de trabajo en caliente 300HB-65HRC

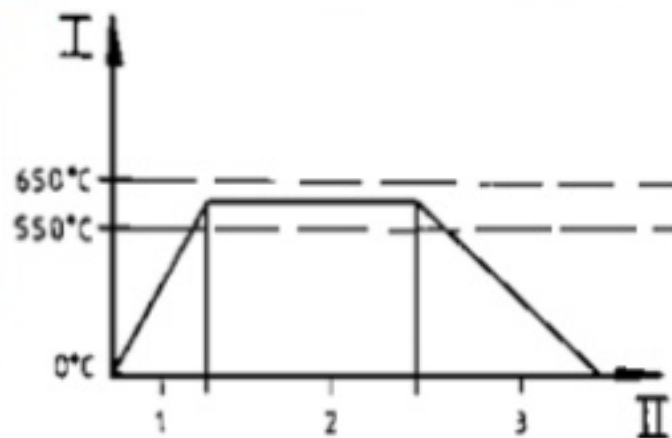
APLICACIONES:

- Tornillos, tuercas, arandelas...



3. Tratamientos térmicos

REVENIDO



Grado	Cont. de C, %	Dureza HRC después del revenido durante 2 h, para diferentes temperaturas (°C)									Tratamiento térmico
		205	260	315	370	425	480	540	595	650	
Acero al carbono templado en agua											
1030	0.30	50	45	43	39	31	28	25	22	15	Normalizado a 900°C temple en agua 830-845 °C promedio punto de rocío t, 16 °C
1040	0.40	51	48	46	42	37	30	27	22	14	
1050	0.50	52	50	46	44	40	37	31	29	12	
1060	0.60	56	55	50	42	38	37	35	33	26	Normalizado 885 °C temple agua 830-855 °C Promedio punto de rocío, 7 °C
1080	0.80	57	55	50	43	41	40	39	38	32	
1095	0.95	58	57	52	47	43	42	41	40	33	
1137	0.40	44	42	40	37	33	30	27	31	21	Normalizado 900 °C temple en agua desde (830-855 °C); promedio punto de rocío, 13°C
1141	0.40	49	46	43	41	38	34	28	23	14	
1144	0.40	55	50	47	45	39	32	29	25	17	
Acero aleado templado en agua											
1330	0.30	47	44	42	38	35	32	26	22	16	Normalizado a 900 °C templado en agua desde 800-815 °C; promedio punto de rocío, 16 °C
2330	0.30	47	44	42	38	35	32	26	22	16	
3130	0.30	47	44	42	38	35	32	26	22	16	
4130	0.30	47	45	43	42	38	34	32	26	22	Normalizado a 885 °C templado en agua desde 800-855 °C Promedio punto de rocío, 16 °C
5130	0.30	47	45	43	42	38	34	32	26	22	
8630	0.30	47	45	43	42	38	34	32	26	22	
Acero aleado templado en aceite											
1340	0.40	57	53	50	46	44	41	38	35	31	Normalizado a 870 °C Templado en aceite desde (830-845) °C ; Promedio punto de rocío, 16 °C
3140	0.40	55	52	49	47	41	37	33	30	26	
4140	0.40	57	53	50	47	45	41	36	33	29	
4340	0.40	55	52	50	48	45	42	39	34	31	Normalizado a 870 °C Templado en aceite desde (830-845) °C Promedio punto de rocío, 13 °C
4640	0.40	52	51	50	47	42	40	37	31	27	
8740	0.40	57	53	50	47	44	41	38	35	22	
4150	0.50	56	55	53	51	47	46	43	39	35	Normalizado a 870 °C Templado en aceite desde (830-870) °C Promedio punto de rocío, 13 °C
5150	0.50	57	55	52	49	35	39	34	31	28	
6150	0.50	58	57	53	50	46	42	40	36	31	
8650	0.50	55	54	52	49	45	41	37	32	28	Normalizado a 870 ° Templado en aceite desde (815-845) °C Promedio punto de rocío, 13 °C
8750	0.50	56	55	52	51	46	44	39	34	32	
9850	0.50	54	53	51	48	45	41	36	33	30	

3. Tratamientos térmicos

RECOCIDO

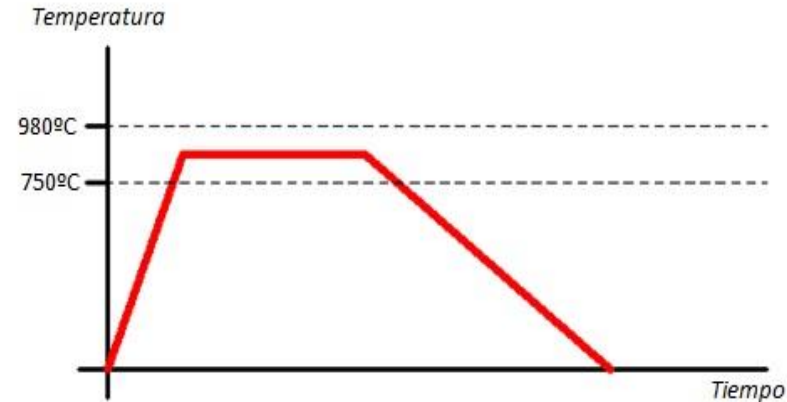
Se aplica sobre materiales que se sometieron a un proceso de temple.

OBJETIVO:

- Disminuir la dureza, para facilitar la maquinabilidad
- Aumentar la ductilidad

¿CÓMO?

- Calentar a temperatura muy alta
- Mantener en temperatura alta
- Enfriar lento, controladamente dentro del horno
- En el recocido normal, el material se calienta 2-3h entre 750-980°C dependiendo del porcentaje de carbono.
- Dependiendo del grosor de la pieza el tiempo se puede acortar o alargar.



APLICACIONES:

- Piezas para mecanizar, engranajes, ejes...



3. Tratamientos térmicos

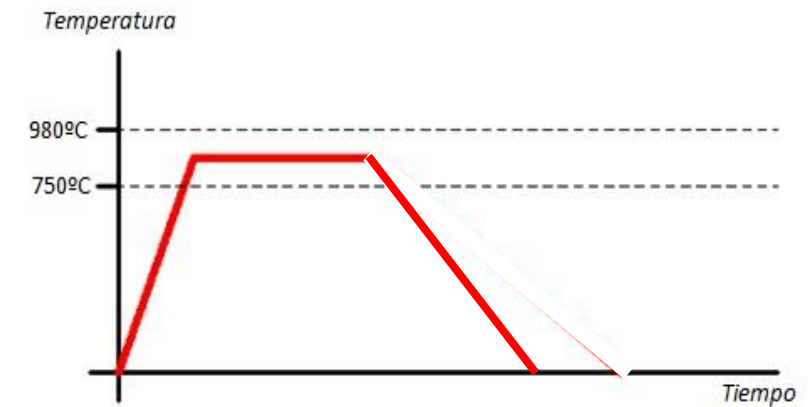
NORMALIZACIÓN

OBJETIVO:

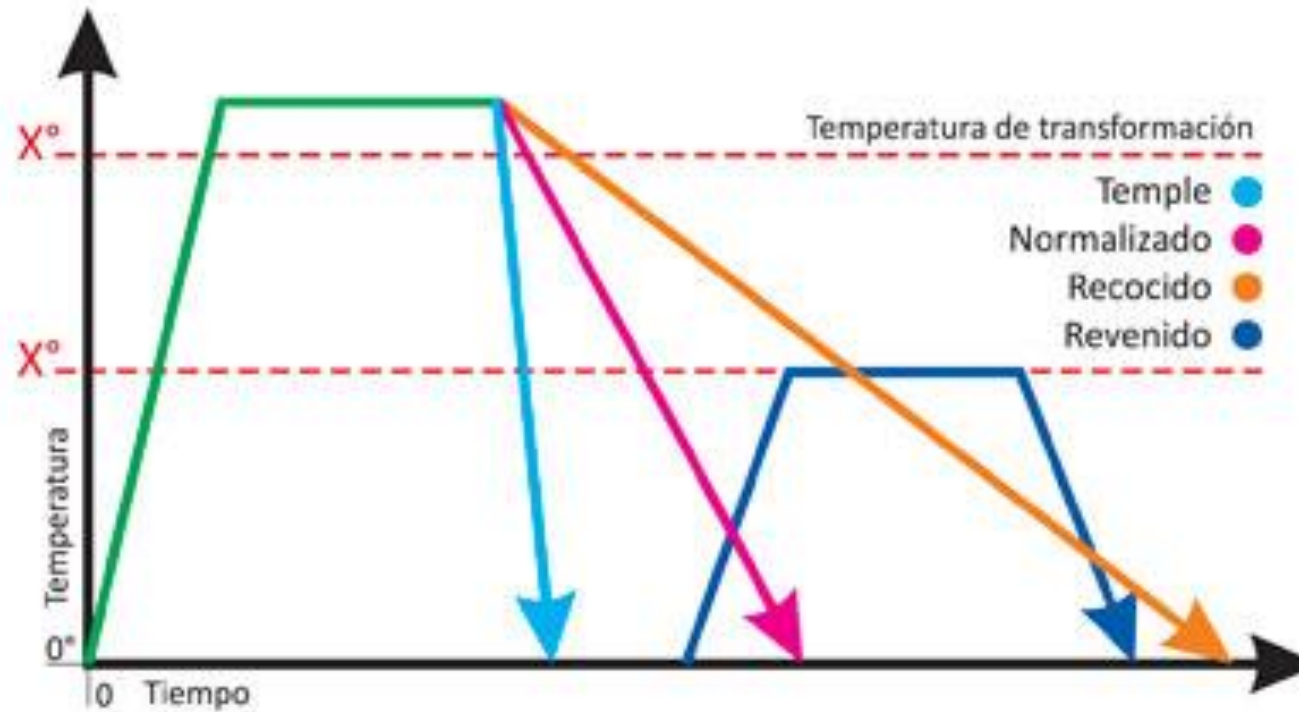
- Disminuir la dureza
- Aumentar la ductilidad
- Devolver las piezas trabajadas a su estado original (por ejemplo, después de pasar por la forja)
- Eliminar tensiones internas
- Afinar el grano
- El proceso se lleva a cabo en las piezas antes del templado, como preparación de la pieza

¿CÓMO?

- Calentar a temperatura muy alta 800°C (50°C por encima de la temperatura crítica)
 - Mantener en temperatura alta
 - Enfriar a una velocidad “media” (siempre al aire)
- ($V_{\text{temple}} > V_{\text{normalización}} > V_{\text{recocido}}$)



3. Tratamientos térmicos



4

Tratamientos superficiales

4. Tratamientos superficiales

2

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Las reacciones químicas **modifican la composición química** de los materiales.

Son tratamientos que se utilizan cuando se requiere una elevada dureza superficial y una buena dificultad o rigidez (tenacidad).

4. Tratamientos superficiales

TIPOS DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

- CEMENTACIÓN
- NITRURACIÓN
- PAVONADO
- GALVANIZADO



4. Tratamientos superficiales

CEMENTACIÓN

OBJETIVO:

- Aumentar la dureza superficial en aceros de menos de 0,2%C.
- Buena resistencia al desgaste (por ejemplo, en algunos tipos de engranajes, ej. motor de arranque coche)
- Núcleo con bajo %C y superficie dura

¿CÓMO?

- Aumentando el número de C en la superficie y dejando la composición interna tal y como está.
- Dos procesos: carburación superficial y temple +revenido
- Se usa cementante: una materia rica en carbono
- Después de la cementación, siempre se aplica el templado y revenido

Temperatura de mantenimiento de los procesos se realiza por tamaño muestral (900°C aprox):
Normalmente 0,2-1,5 mm
1-8h

<https://www.youtube.com/watch?v=Md62LmCAcC0>

4. Tratamientos superficiales

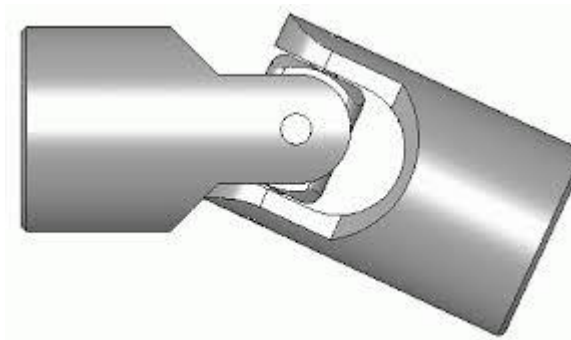
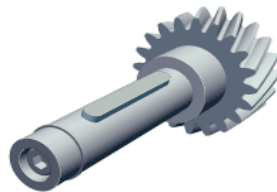
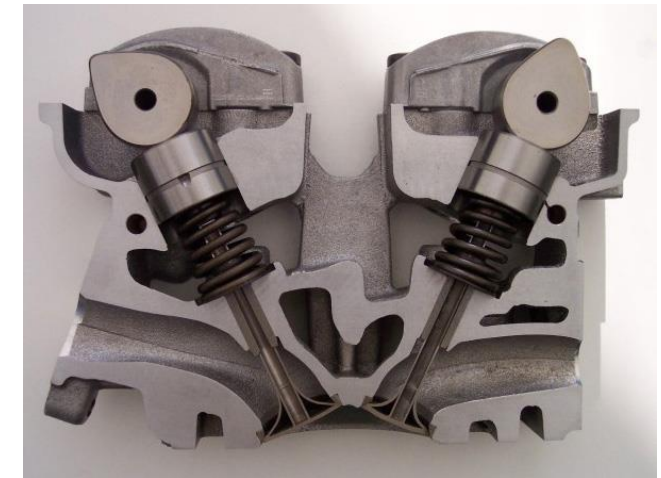
CEMENTACIÓN

APLICACIONES:

En piezas que transmiten mucho esfuerzo y sufren mucho desgaste:

- En elementos de motor y máquina.
- En piezas de automóviles.

Engranajes, levas, coronas, ruedas dentadas, articulaciones en carda, tallos de cilindro...



4. Tratamientos superficiales

NITRURACIÓN

Consiste en introducir nitrógeno en la superficie de la pieza.

OBJETIVO:

- En materiales con C% normalmente alto
- Se consigue una superficie muy dura
- Aumentar la resistencia a la corrosión
- Reducir el coeficiente de fricción
- Aumentar la resistencia al desgaste
- Resistencia a la fatiga

¿CÓMO?

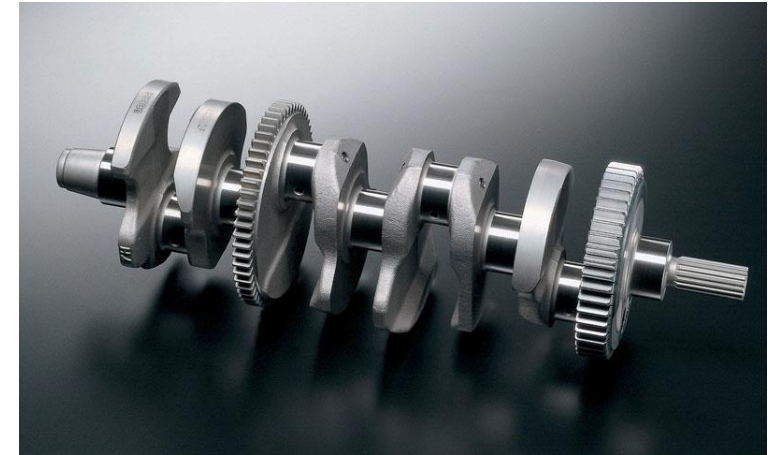
- Calentar 500-580°C
- Introducir nitrógeno. Atmósfera de amoníaco que al descomponerse desprende nitrógeno.
- Mantener a alta temperatura
- Enfriar

4. Tratamientos superficiales

NITRURACIÓN

APLICACIÓN:

- En piezas sometidas a fuerte fricción y carga.
- Pistas de rodamiento, árboles de lava, sinfín engranajes, camisas cilindro, herramientas de forja (moldes)



<https://www.youtube.com/watch?v=XsWoJLAhUiU>

4. Tratamientos superficiales

PAVONADO

Crear una capa controlada de óxido, capa protectora contra la corrosión

OBJETIVO:

Aumentar la resistencia a la corrosión

¿CÓMO?

2 formas:

- En frío:
 - Meterlo en ácido. La más utilizada pero no la más adecuada.
- En caliente:
 - Calentar 450°C
 - Meter en aceites especiales
 - Crear una capa más fuerte y dura más.



<https://www.youtube.com/watch?v=Rh4K-KXPeLQ>
<https://www.youtube.com/watch?v=Yxf1pqdbtUo>

4. Tratamientos superficiales

GALVANIZADO

OBJETIVO:

Aumentar la resistencia a la corrosión

¿CÓMO?

Recubrimiento de la pieza con membranas de zinc.

- 1 - Calentar 440-460°C metiendo en zinc fundido
 - Se consiguen capas más sólidas
- 2 - Zincado: añadir el zinc electrolíticamente



<https://www.youtube.com/watch?v=yFElu7SuV2s>

5

Ejemplo

5. Ejemplo

ENGRANAJE



1. Comprar la barra de acero
RECOCIDO.
Facilita el mecanizado.



2. Mecanizar +
TEMPLE + REVENIDO
Aumentar la dureza



3. **CEMENTACIÓN**
Aumentar la dureza
superficial



**Mondragon
Unibertsitatea**

Goi Eskola
Politeknikoa

Eskerrik asko
Muchas gracias
Thank you

Olatz Insausti

oinsausti@mondragon.edu

Iraitz Ferreira

iferreira@mondragon.edu

Aitor Urzelai

aurzelaib@mondragon.edu

Loramendi, 4. Apartado 23
20500 Arrasate – Mondragon
T. 943 71 21 85
info@mondragon.edu