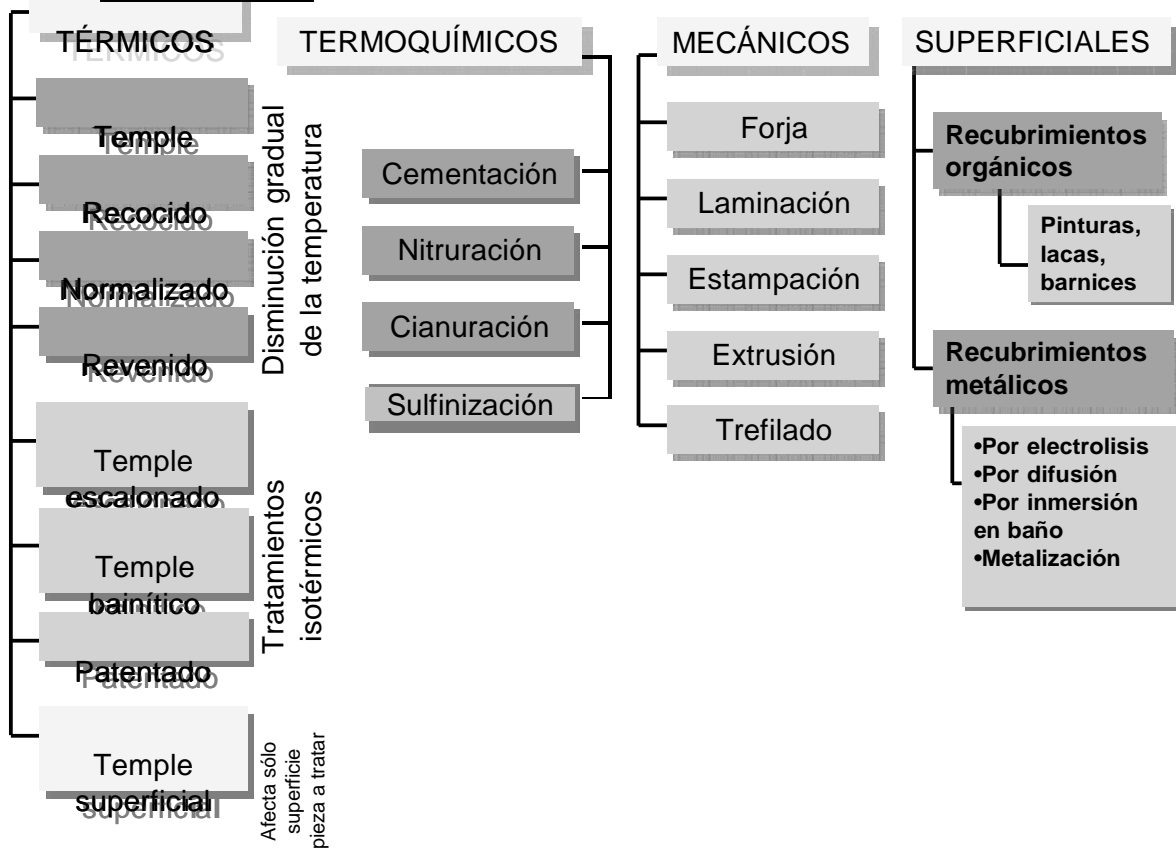


## TRATAMIENTOS DEL ACERO PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES



### TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Se clasifican según profundidad del tratamiento así como la velocidad a la que se enfría la pieza:

#### **A) Tratamientos que afectan a la totalidad de la pieza a tratar:**

##### 1. Tratamientos con disminución gradual de la temperatura:

- 1.1. **TEMPLE:** Enfriamientos súbitos (a gran velocidad) empleando agua o líquidos refrigerantes. Tiene como finalidad aumentar la dureza, la resistencia mecánica y el límite elástico del acero tratado.
- 1.2. **NORMALIZADO:** Enfriamientos lentos, al aire, para aceros con muy bajo contenido en carbono (<0,25 % C), con objeto de homogeneizar su estructura y eliminar tensiones internas.
- 1.3. **RECOCIDO:** Enfriamientos muy lentos, inicialmente en el horno y posteriormente al aire. Tiene como finalidad ablandar el material para procesos de mecanizado (mejorar su ductilidad y maleabilidad).
- 1.4. **REVENIDO:** es un tratamiento complementario del temple y posterior a éste. Se calienta el acero templado sin llegar a la temperatura de austenización y se deja enfriar en el horno o al aire para eliminar tensiones internas y mejorar su ductilidad y tenacidad.

2. Tratamientos isotérmicos con disminución de la temperatura en intervalos de tiempo. (la pieza se mantiene durante cierto tiempo a una determinada temperatura)

- Temple escalonado o martempering. En aceros hipoeutectoides (con media o baja templabilidad) que requieran gran resistencia al desgaste (con este tratamiento se consigue más profundidad de temple) . Se obtiene martensita y es necesario después realizar un revenido. El inconveniente es que es un tratamiento más caro que el temple normal, ya que para mantener la temperatura constante se deben introducir las piezas en baños de sales.
- Temple bainítico o austempering. En aceros hipoeutectoides. Se obtiene bainita y no hace falta realizar revenido después.
- Patentado o patenting. En aceros de 0,3 a 0,85 % C para el estirado en alambres. (Se suele acompañar este tratamiento de un recocido de regeneración cuando comienza a aparecer acritud en el proceso de trefilado). Se obtiene perlita fina.

### **B) Tratamientos superficiales (afectan sólo a la superficie de la pieza a tratar):**

Temple superficial: a la llama, por inducción, por rayo láser, por bombardeo electrónico.

## **DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS MÁS IMPORTANTES**

### **1.1. TEMPLE**

- Temperatura límite (crítica) de temple: temperatura mínima que debe alcanzar un acero para que toda su masa pueda transformarse en cristales de austenita. En la práctica se sobrepasa la temperatura  $A_3$  o  $A_{cm}$  en  $50^\circ\text{C}$ . El tiempo de permanencia dependerá del espesor de la pieza (aprox. por cada 1mm 1 min)
- Velocidad crítica de temple: velocidad mínima de enfriamiento de un acero para que la austenita se transforme en martensita. Depende del contenido en carbono del acero (a mayor % C menor será esta velocidad) y también de si el acero está aleado con otros materiales (los aceros aleados tienden a desplazar las curvas TTT hacia la derecha y a disminuir esta velocidad)
- Factores que influyen en el temple:
  - o tamaño de las piezas: mayor espesor dificulta el enfriamiento del interior
  - o composición del acero: aceros con  $<0,2\%$  C no se pueden templar
  - o temperatura y medio de enfriamiento.
- Templabilidad: aptitud o cualidad de un acero para facilitar la penetración del temple. Su determinación nos permitirá conocer el diámetro crítico de la pieza a templar (máximo diámetro para que el interior de la pieza tenga el 50 % de martensita) y por tanto el resultado del tratamiento realizado.

Determinación de la templabilidad de un acero:

- Tiñendo la sección transversal de la pieza templada con nital (ácido nítrico y etanol), de modo que se colorea la zona templada.
- Estudiando la dureza a lo largo de la sección transversal de la pieza tratada
- Por medio del ensayo de Jominy (página 91 libro texto)

**Con los tratamientos de temple la estructura resultante siempre tiene una parte de martensita.**

### 1.3.- **RECOCIDO**

Se clasifican en función de la temperatura máxima a la que se calienta el acero y en función de las condiciones y velocidades de enfriamiento:

a) Con calentamientos a temperaturas superiores a la de austenización:

- Recocido de regeneración o de austenización completa: para aceros hipoeutectoides. Se calienta de modo que todo el material se transforme en austenita y se enfría lentamente (hasta 500° C) de manera que la austenita se transforma en ferrita y perlita de grano grueso. Después se enfría al aire.
- Recocido globular de austenización incompleta. Para aceros hipereutectoides y aceros aleados usados en herramientas. Se calienta el acero de modo que sólo la ferrita se transforma en austenita (la cementita no se transforma y adopta la forma de glóbulos incrustados en la austenita). Se hace luego un enfriamiento lento en el horno hasta que la austenita se transforma (500° C) y después se enfría al aire.

b) Con calentamientos a temperaturas inferiores a la de austenización (subcríticos).

- Recocido globular subcrítico: se enfría muy lentamente hasta 500° C y después al aire. Se consigue frente al anterior una cementita de estructura globular más perfecta. (La cementita que forma parte de la perlita en forma de láminas adopta ahora una estructura en forma de glóbulos- se forma perlita sorbítica).
- Recocido de ablandamiento o de homogenización: se calienta el acero a una temperatura de 700 a 725° C y se deja enfriar al aire. Se emplea en aceros después de la forja o laminación, generalmente en aceros aleados de gran resistencia para devolverles sus propiedades mecánicas iniciales.
- Recocido de estabilización o de relajación de tensiones: se calienta la pieza a 100-200° C durante un tiempo muy prolongado (100 h o más). Con ello se pretende eliminar las tensiones internas que quedan en las piezas.

**Con los tratamientos de recocido la estructura resultante siempre es ferrita-perlita o perlita-cementita de grano más o menos grueso, de escasa dureza y gran plasticidad.**

## OTROS TRATAMIENTOS

### 1.- TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS

Son tratamientos que varían la composición química superficial de los aceros mediante la adición de otros elementos y con aporte de calor, con objeto de mejorar sus propiedades superficiales. Los principales tratamientos termoquímicos son:

<b>Cementación</b>	Consiste en aumentar la cantidad de carbono de la capa superficial, mediante difusión. Se introduce la pieza en un medio carburante a temperatura elevada y una vez que se incrementó su contenido en carbono se somete la pieza a diferentes tratamientos térmicos para mejorar su tenacidad y dureza superficial.
<b>Nitruración</b>	Se somete la pieza a una corriente de amoníaco a temperatura inferior a la de cementación, por lo que no suele ser necesario un tratamiento térmico posterior. El nitrógeno aportado no se difunde en la red sino que suele formar nitruros con los elementos químicos del acero aleado, aumentando notablemente la dureza superficial del acero tratado
<b>Cianuración o carbonitruración</b>	Es una mezcla de cementación y nitruración, incrementando la cantidad de carbono y nitrógeno en la superficie de la pieza a tratar.
<b>Sulfinización</b>	Consiste en añadir una pequeña capa superficial a la pieza de azufre, nitrógeno y carbono (estos dos últimos en menor cantidad), al introducir la pieza a tratar en un baño con sales de los anteriores elementos.

#### Aplicaciones:

- **Cementación:** en aceros con bajo contenido en carbono para obtener piezas resistentes al desgaste y los golpes (gran dureza superficial pero que conserven gran tenacidad)-por ejemplo ejes y levas.
- **Nitruración:** en piezas sometidas a gran desgaste y resistente a la fatiga y la corrosión-por ejemplo pistones, cigüeñales,....
- **Cianuración:** también para aceros con medio y alto contenido en carbono, para mejorar su resistencia y dureza superficial.
- **Sulfinización:** para mejorar la resistencia la desgaste al favorecer la lubricación y reducir el rozamiento. (Partes de herramientas sometidas a rozamiento).

### 2.- TRATAMIENTOS MECÁNICOS

Se trata de modificar la forma de un elemento metálico por deformación plástica, aplicando al material una fuerza externa superior al límite elástico del material. El conformado se puede realizar en frío o en caliente.

<b>Conformado en caliente</b>	<b>Conformado en frío</b>
Se generan grandes deformaciones con menor aporte energético Mal acabado superficial (suelen sufrir oxidación)	Mejora de las propiedades mecánicas (aumenta resistencia y reduce ductilidad) Mejor acabado superficial

Las técnicas de conformado más comunes son:

- **Forja:** conformado de una pieza golpeándola fuertemente. La forja contribuye a la eliminación de irregularidades en la pieza y al afino del grano.
- **Laminación:** consiste en pasar una preforma metálica entre dos rodillos, reduciendo el espesor de la pieza.
- **Extrusión:** empleado para fabricar elementos tubulares que deben pasar por un orificio más estrecho aplicando una fuerza de compresión mediante un émbolo.
- **Trefilado:** empleado para fabricar alambres o piezas de pequeño diámetro, aplicando una fuerza de tracción a una pieza sujeta con mordazas.

### 3.- RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

Utilizados para mejorar la resistencia a la oxidación y corrosión de los aceros. Los recubrimientos superficiales metálicos generalmente también mejoran la dureza superficial y por tanto su resistencia la desgaste.

- **Metálicos:** realizados mediante diferentes procedimientos:
  - o Electrolisis: la pieza que se pretende recubrir se coloca como cátodo, como ánodo el metal a recubrir y de electrolito una disolución de sus iones. Se utiliza para el aluminio, magnesio y titanio, principalmente.
  - o Mediante inmersión de la pieza a tratar en un baño del metal a recubrir fundido. Los más empleados son el estaño, el cinc, el aluminio y el plomo.
  - o Metalización: proyección del metal fundido pulverizándolo sobre la superficie del otro.
- **Orgánicos:** mediante la aplicación de pinturas, lacas y otras sustancias polímeras.

Otro tipo de protección contra la oxidación y corrosión sería también aplicar un tratamiento termoquímico en el que se introduciría la pieza en un medio que contiene los átomos del metal a difundir a elevada temperatura y por difusión los átomos de dicho metal pasarían a formar parte de la estructura superficial del acero a tratar. Mediante este procedimiento se recubren superficialmente piezas de acero con cromo, boro, aluminio y cinc.

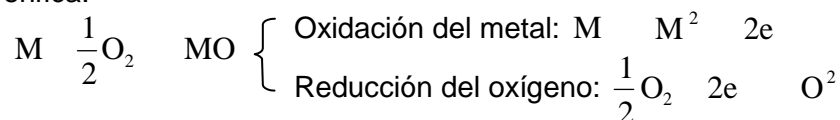
Algunos de los recubrimientos **más empleados** son:

- **Cromado:** recubrimiento de la superficie del acero con cromo mediante electrolisis o por difusión.
- **Galvanizado:** acero recubierto de una pequeña capa de cinc, mediante un baño de cinc fundido o por electrolisis.
- **Estañado u hojalata,** sustituido actualmente por la **aluminización:** acero recubierto de una capa de estaño (o aluminio), normalmente mediante inmersión en un baño de estaño fundido.

## PROCESOS DE OXIDACIÓN Y CORROSIÓN EN METALES

### OXIDACIÓN

La oxidación es un proceso electroquímico en el que los átomos metálicos pierden electrones. Cuando este proceso ocurre en contacto con el oxígeno, este último gana los electrones perdidos por el metal convirtiéndose en un ión que al combinarse con el metal dan origen al óxido del material. Por ejemplo, para un metal divalente (valencia 2) se verifica:



El óxido aparece en la superficie y se pueden presentar varios casos:

- Que la capa de óxido sea porosa y permita que la oxidación siga avanzando (como le ocurre al magnesio o al hierro)
- Que la capa de óxido sea adherente e impermeable y proteja al metal (como ocurre con el aluminio o el cromo)

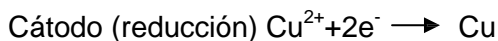
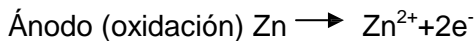
Así, la velocidad y energía de oxidación para cada elemento varía y al alear un metal de fácil oxidación con otro más difícilmente oxidable, este último protege al primero, como ocurre en el caso de los aceros inoxidables, aleados principalmente con cromo.

## CORROSIÓN

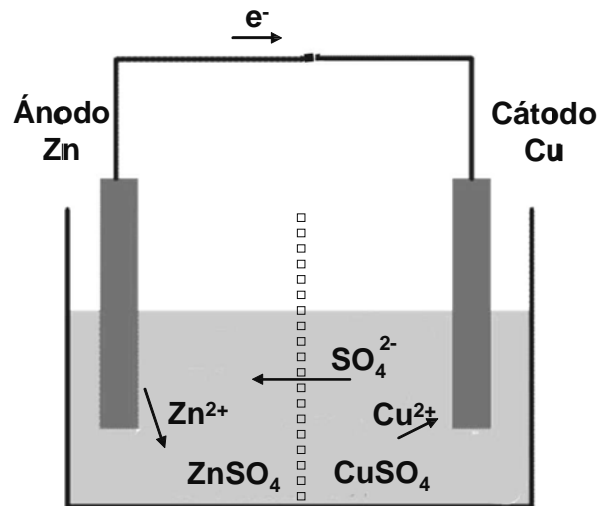
Es un caso especial de oxidación en el que al encontrarse en un ambiente húmedo y conductor de la electricidad, la capa de óxido no se deposita sobre el material protegiéndolo del avance de la oxidación, sino que este se disuelve (corroe). El proceso de corrosión normalmente está basado en la formación de celdas electroquímicas, en las que aparece un ánodo (lugar donde se ceden electrones-se produce la oxidación) un cátodo (aquel que recibe los electrones-se produce una reducción) y un electrolito o medio conductor a través del cual se mueven los iones.

### CELDA GALVÁNICA

Si colocamos dos metales sumergidos en una solución acuosa de sus iones (llamada electrolito) y separados por un tabique poroso que sólo permita el paso del ión  $(SO_4)^{2-}$  y unimos eléctricamente ambos metales, las reacciones químicas que se producirán serán:

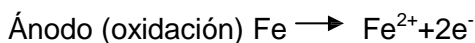


Este es el principio de funcionamiento de una pila eléctrica. Para conocer qué metal hará de ánodo y cual de cátodo se debe conocer el potencial de electrodo de cada uno, actuando de cátodo el de mayor potencial.



### CORROSIÓN

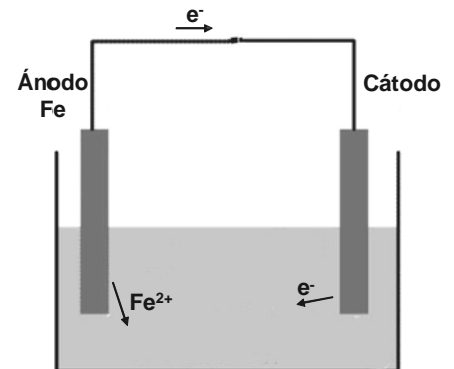
El metal se disuelve al actuar como ánodo. Las reacciones químicas serán:



Cátodo (reducción):



c) con iones metálicos disueltos en el electrolito:



### ELECTROLISIS

Forzamos el sentido de circulación de los electrones, creando una diferencia de potencial entre ambos electrodos y empleando como electrolito una solución con iones del metal que queremos emplear para recubrir. De esta forma el Fe actuaría de cátodo sobre el que se depositaría el metal colocado en el ánodo.

