

# Pep3

## **Deformación en Frío y Recristalización.-**

La deformación en frío es la que se realiza a temperaturas por debajo de la temperatura de recristalización ( $T_R \approx 0,4 \text{ ó } 0,5 T_f$ ) y produce, como toda deformación, un gran aumento de dislocaciones en su estructura cristalina. Como consecuencia la red atómica adquiere un importante nivel de distorsión, luego todas las propiedades dependientes de la estructura cristalina experimentan alteración, ellas son:

Resistencia a la tensión  
Límite elástico  
Dureza  
Ductilidad  
Conductividad eléctrica

La dureza y el límite elástico se incrementan en mayor grado que la resistencia a la tensión, principalmente en la primera etapa de la deformación (10 %). Este es un antecedente importante a considerar en las operaciones de alta deformación.

En relación a la ductilidad, ésta experimenta una gran disminución en el primer 10 % de reducción y después, la disminución, es menor. La distorsión de la estructura dificulta el flujo de electrones disminuyendo la conductividad eléctrica situación que es mayor en aleaciones que en metales puros.

En la deformación en frío la mayor parte de la energía utilizada para la deformación, se disipa como calor, una cantidad menor se almacena en la estructura como defectos creados durante el proceso. El proceso de recristalización corresponde a la situación que se desarrolla a continuación de la deformación en frío, una vez que se somete al material a un tratamiento térmico de recocido. Este proceso se compone de tres etapas:

Recuperación, recristalización y crecimiento de grano.

### **Recuperación.-**

Tiene lugar en la primera parte del recocido, más bien a baja temperatura, en ella se produce un alivio o reducción del nivel de esfuerzos internos producidos en la deformación en frío. La conductividad eléctrica sube notoriamente durante la recuperación, pero las propiedades mecánicas no experimentan cambio alguno.

Al suprimir la carga, después de algún grado de deformación, no se elimina toda la deformación elástica. Se supone que a consecuencia de las diferentes orientaciones de los cristales, al suprimir la carga, no todos los átomos recuperan sus posiciones. Sin embargo con un leve aumento de la temperatura esta situación se corrige y como consecuencia, al bajar las tensiones internas, se elimina la posibilidad de agrietamiento por corrosión bajo tensión.

### **Recristalización.-**

Esta etapa del proceso se realiza sólo si es necesario recobrar las propiedades iniciales, como por ejemplo para seguir deformando o bien porque el metal o aleación se debe emplear con las propiedades iniciales, pues el cambio de propiedades es muy importante.

Durante la recristalización se forman por nucleación y crecimiento granos o cristales libres de deformación, alcanzando posteriormente a todo el material y por lo tanto recobrando las

propiedades originales, es decir, las que el metal poseía antes de la deformación.

La temperatura a la que se inicia la recrystalización es dependiente de la temperatura de fusión del metal o aleación y del grado de deformación en frío. Para que se produzca recrystalización es necesaria una deformación en frío mínima de 2 a 8 %.

### **Crecimiento de grano.-**

Como se mencionó anteriormente la recrystalización se produce por nucleación y crecimiento, por tanto la predominancia de factores que afecten estos procesos producirán granos chicos o granos grandes. Los factores son la cantidad de deformación en frío, la temperatura de recocido, el tiempo a temperatura y el contenido de impurezas insolubles:

En el umbral de la cantidad de deformación en frío necesaria para recrystalizar, nuclean pocos granos y el tamaño resultante es muy grande. Esta característica es usada en la fabricación de monocristales. A mayor deformación en frío, mayor será la nucleación y por lo tanto el tamaño de grano se reducirá.

- La temperatura es un factor de crecimiento de grano, entonces una temperatura apenas sobre la mínima de recrystalización producirá granos más finos.
  - El tiempo a temperatura también favorece el crecimiento de grano pues como este es un proceso que opera por difusión, mientras más tiempo transcurra más grande será el grano.
- contribuye a afinar el grano al actuar como centros nucleantes y como barreras al crecimiento de grano.