

# Pauta Control 2 – Primavera 2021

## Ingeniería de Materiales II – Materiales para la Ingeniería

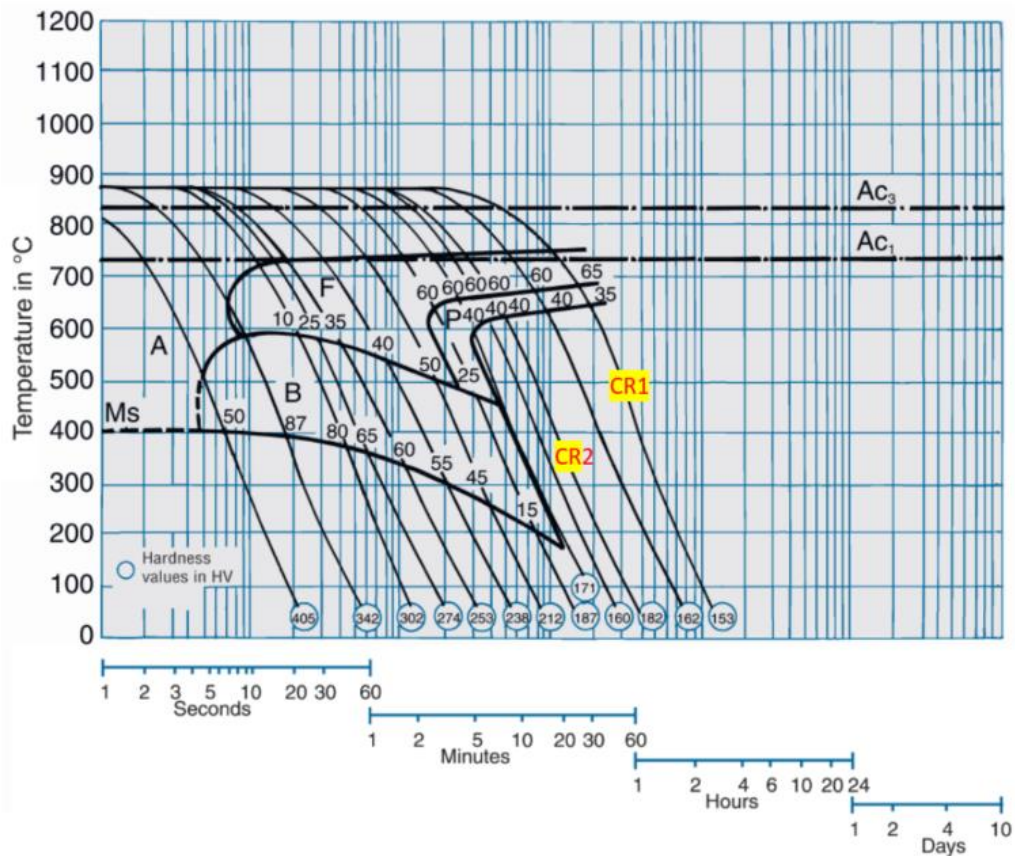
Profesor: Ali Akbarifakhrabadi, Auxiliar: Matías Bahamondes

Ayudantes: Gaspar Fábrega, Vania González

### P1)

La figura muestra el diagrama de transformación de tiempo-temperatura continua y templado curva de una herramienta de acero (acero 21MnCr 5; 0.21%C 1.3% Mn y 1.2% Cr). Explica porque curvas de enfriamiento CR1 y CR2 resulta a dureza Vickers (HV) de 153 y 182. (20%)

### Continuous time-temperature-transformation diagram



CR1 genera un 65% de ferrita y un 35% de perlita. CR2 genera un 60% de ferrita y un 40% de perlita. La microestructura de perlita es más resistente que la ferrita debido a la presencia de cementita. Al ser más resistente, también tiene una mayor dureza, por ende, la condición de enfriamiento que genere una mayor cantidad de perlita será la que tenga una mayor dureza, en este caso CR2.

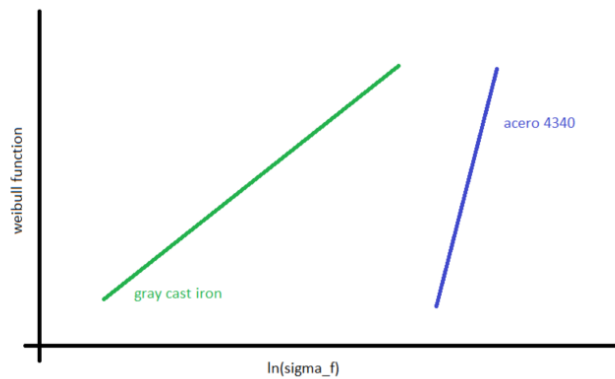
Además, en CR1 se alcanza la temperatura final en más tiempo que en CR2, por lo tanto, CR2 posee una mayor tasa de enfriamiento. Una mayor tasa de enfriamiento genera una estructura más fina. Al ser más fina es más resistente y tiene mayor dureza.

El efecto en conjunto de un mayor porcentaje de perlita y una microestructura más fina hace que CR2 presente una mayor dureza, tal como lo muestra el diagrama CCT para el acero 21MnCr5.

## P2)

*Esquemáticamente dibujar y comparar los gráficos log-log de la probabilidad de fallo (Weibull) de un hierro fundido gris (gray cast iron) y un acero 4340 y justifica su respuesta. (20%)*

Se presenta a continuación un esquema del gráfico log-log para ambos aceros.



El grafito presente en el acero fundido gris hace que el material tenga una menor ductilidad que el acero 4340, debido a que las formaciones de grafito concentran esfuerzos. Al ser un material más dúctil y dependiente de la concentración de esfuerzos en su interior, posee una mayor variabilidad en su resistencia, por ende, un menor módulo de Weibull (curva verde con menor pendiente).

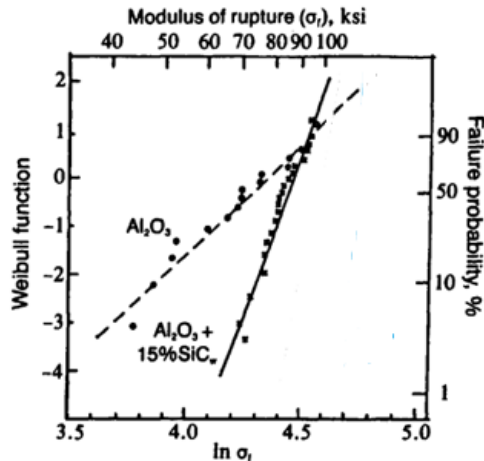
Por otra parte, los elementos aleantes en el acero 4340 entregan una mayor resistencia al material, por lo que en general su resistencia es mayor que en el caso del acero fundido gris y posee una menor variabilidad, lo que entrega un mayor módulo de Weibull (curva azul con mayor pendiente).

## P3)

*Hay una barra Alumina ( $Al_2O_3$ ) (crystallographic density:  $3.95 \text{ g/cm}^3$ , dimensions:  $10*5*5 \text{ cm}$ ) y una barra de Alumina con 15% de volumen SiC whiskers (crystallographic density de SiC:  $3.22 \text{ g/cm}^3$ , dimensions:  $10*5*5 \text{ cm}$ ).*

*Compara con justificación confiabilidad de las barras en un diseño mecánico(10%)*

*Si ambas barras tienen 5% porosidad, cuáles son sus pesos (10%)*



**Alúmina:** es una cerámica frágil, su resistencia es altamente variable debido a defectos internos como poros, lo cual se evidencia con un bajo módulo de weibull (menor pendiente en el gráfico).

**Alúmina con 15% SiC:** al agregar SiC en forma de bigotes o fibras cortas (whiskers) disminuye la variabilidad en la resistencia, aumentando su módulo de Weibull, por lo que en el gráfico la pendiente aumenta. Los whiskers actúan impidiendo la propagación de grietas a esfuerzos menores, por eso el cruce de las curvas se produce a un esfuerzo medio-alto.

Para determinar el peso de las barras, se calcula primero el volumen de estas:

$$V = 10 \cdot 5 \cdot 5 = 250 \text{ cm}^3$$

Luego, se tiene la densidad de la primera barra, pero no de la segunda, para esta última, la densidad será:

$$\rho_{\text{compuesto}} = \sum v_i \cdot \rho_i; \quad v_i: \text{fracción en volumen de la especie } i$$

$$\rho_{\text{barra } 2} = 0.15 \cdot 3.22 + (1 - 0.15) \cdot 3.95 = 3.8405 \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

Se sabe que un 5% del volumen es porosidad, el cual se puede considerar de densidad 0 ya que no poseen masa, considerando la ecuación anterior, se obtiene que la nueva densidad para cada barra será:

$$\rho_{\text{barra } 1} = 0.05 \cdot 0 + (1 - 0.05) \cdot 3.95 = 3.7525 \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

$$\rho'_{\text{barra } 2} = 0.05 \cdot 0 + (1 - 0.05) \cdot 3.8405 = 3.6485 \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

Por lo tanto, los pesos de cada barra serán:

$$m_{\text{barra } 1} = \rho_{\text{barra } 1} \cdot V = 3.7525 \cdot 250 = 938.125 \text{ [g]}$$

$$m_{\text{barra } 2} = \rho'_{\text{barra } 2} \cdot V = 3.6485 \cdot 250 = 912.119 \text{ [g]}$$

**P4)**

Explique cómo la porosidad de materiales cerámicos afecta su conductividad térmica. (20%)

Un material con poros es como una matriz con una segunda fase dispersa (poros=aire), donde la matriz es el material y la segunda fase son los poros. Dado que el aire tiene baja conductividad térmica, entonces mientras más poros se tenga, menor será la conductividad térmica (será más aislante) ya que la conductividad del material se puede obtener por la ley de mezclas. Además, viendolo según la relación de la capacidad térmica con la conductividad térmica, cuando un material tiene mayor capacidad térmica entonces tiene mejor conductividad térmica, por ende, cuando el material tiene porosidad su capacidad térmica baja, entonces su conductividad térmica también baja.

**P5)**

**Explicar el templado del vidrio y por qué el vidrio debe ser cortado o perforado antes de templar. (20%)**

Para templar el vidrio, éste se somete a temperaturas elevadas y luego se enfría rápidamente (generalmente aire) por el exterior pero en el interior el enfriamiento es más lento, por lo cual se generan esfuerzos de compresión en las zonas exteriores y de tracción en las interiores. Este proceso permite aumentar su resistencia y la resistencia al shock térmico.

Se debe cortar o perforar antes del templado pues se podría producir una fractura rápida debido a los esfuerzos residuales de tracción en el vidrio y la presencia de la grieta del corte. Al cortar luego de templar, el esfuerzo interno dentro del material se libera, generando instantáneamente la fractura.