



Problema 3 (2 puntos)

Los aceros Dual Phase son actualmente muy utilizados en automoción gracias a su buena combinación de resistencia a la tracción y ductilidad. Estas propiedades se alcanzan gracias a que su microestructura está compuesta por una matriz ferrítica en la que se disponen «islas» de martensita.

a) Determine el tratamiento térmico al que es necesario someter a un acero para conseguir dicha microestructura y argumente si valdría cualquier tipo de acero.

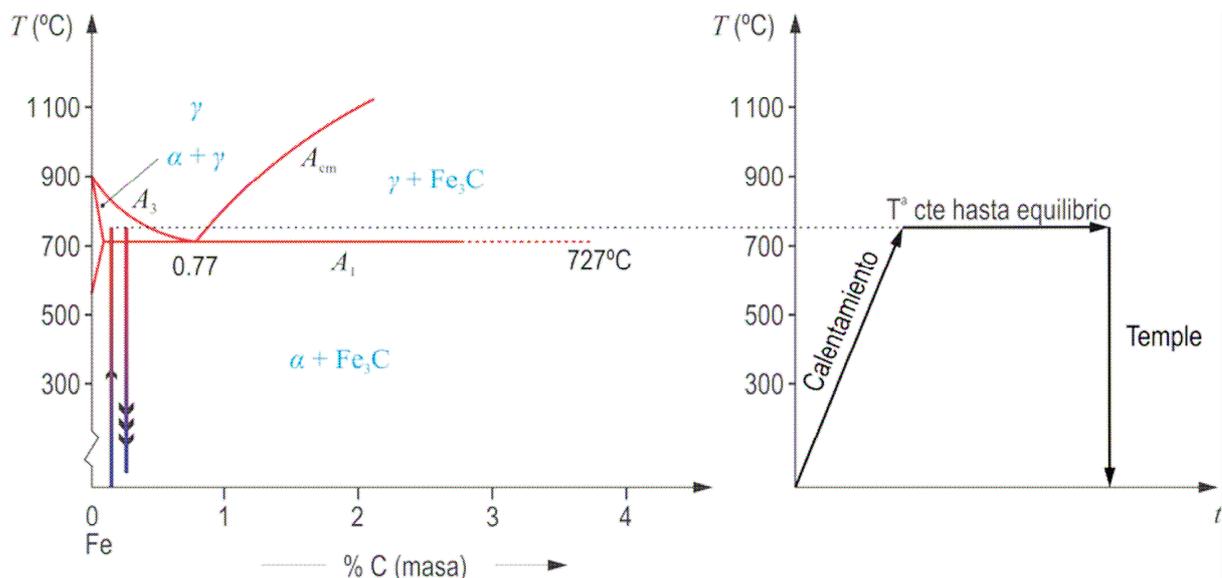
b) Imagínese que está interesado en fabricar una pieza de acero Dual Phase de modo que contenga un 40 % en masa de martensita. En la empresa en la que trabaja, se dispone de dos hornos que, por los elementos que allí se tratan, están permanentemente a las temperaturas de 870 y de 820 °C. Si desea fabricar varias piezas de este acero Dual Phase, determine cuál es el contenido en C del acero que debe escoger considerando que el tratamiento debe iniciarse con una austenización completa.

c) Si pudiese alterar la temperatura de los hornos en hasta 20°C, razone qué acero escogería entonces.

Suponga líneas rectas en el diagrama Fe-Fe₃C para realizar los cálculos.

a) Para obtener martensita hay que partir de γ , y realizar un temple. Como además se desea que la microestructura contenga α esta fase debe estar presente antes de realizar el temple, de modo que durante el enfriamiento rápido, la fase α permanece inalterada. Por tanto, previo al temple, debemos tener una estructura formada por $\alpha + \gamma$. Para conseguir esto, debemos partir de un acero hipoeutectoide al que le realizamos el siguiente tratamiento:

- Calentamiento hasta una temperatura entre A_1 y A_3 (región bifásica $\alpha + \gamma$) y mantenimiento de la temperatura hasta alcanzar el equilibrio.
- Temple.



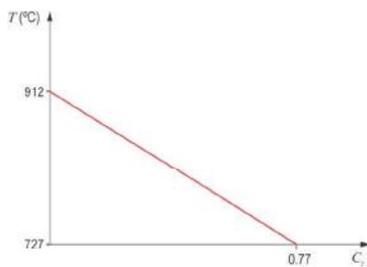
Para una composición determinada, podremos conseguir aceros Dual Phase de diferente contenido en martensita sin más que emplear diferentes temperaturas en la región $\alpha + \gamma$.



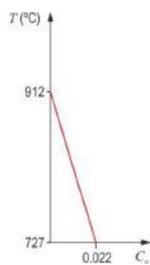
b) Como el enunciado indica que se debe realizar un austenizado previo (todo el acero debe pasar a estructura austenítica), emplearemos para ello el horno a mayor temperatura, empleando el de menor temperatura para conseguir la mezcla de $\alpha + \gamma$ previa al temple.

Necesitamos calcular las composiciones de α y γ para las temperaturas de 870 y 820 °C (suponiendo líneas rectas en el diagrama) para así poder aplicar la regla de la palanca a dichas temperaturas.

Calculemos las ecuaciones de la recta A_3 (recta que separa las regiones γ y $\alpha + \gamma$) y la que divide las regiones α y $\alpha + \gamma$.



$$C_{\gamma} = \frac{-0.77 \cdot T + 702.24}{185}$$

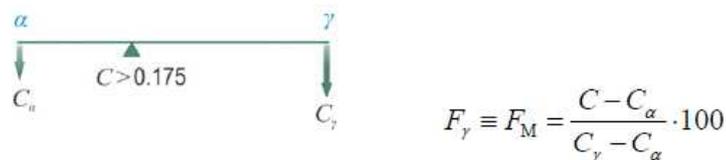


$$C_{\alpha} = \frac{-0.022 \cdot T + 20.064}{185}$$

Calculamos ahora cuál debe ser el contenido mínimo de C del acero para que pueda austenizarse completamente a 870 °C:

$$C_{\gamma(870^{\circ}\text{C})} = \frac{-0.77 \cdot 870 + 702.24}{185} = 0.175\% \Rightarrow C > 0.175\% C$$

Como el horno a 820 °C se emplea para conseguir la mezcla de α y γ previa al temple, veamos qué cantidad de γ (que se transformará en martensita al temple) se obtiene para el acero del 0.175 % C, sabiendo que contenidos mayores en C darán lugar a mayores contenidos de austenita.



$$C_{\alpha(820^{\circ}\text{C})} = \frac{-0.022 \cdot 820 + 20.064}{185} = 0.011\%$$

$$C_{\gamma(820^{\circ}\text{C})} = \frac{-0.77 \cdot 820 + 702.24}{185} = 0.38\%$$

Sustituyendo:

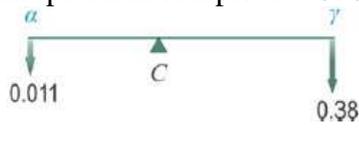


$$F_{\gamma} \equiv F_M = \frac{0.175 - 0.011}{0.38 - 0.011} \cdot 100 = 44.44\% > 40\%$$

por lo que con los hornos a estas temperaturas no se puede obtener el material buscado.

c) Una posible solución sería incrementar la temperatura del horno usado para austenizar, lo que permitiría disminuir el contenido en C para austenizar todo el material.

Previamente calcularemos la composición del acero que necesitaríamos para que a 820 °C consigamos un 40 % M. Después calcularemos la temperatura necesaria para austenizarlo, y si esa temperatura cumple $T < 870 + 20$ °C, habremos solucionado el problema.


$$F_{\gamma} \equiv F_M = \frac{C - 0.011}{0.38 - 0.011} \cdot 100 = 40 \Rightarrow C = 0.159\% \text{ C}$$

La temperatura necesaria para austenizarlo sería:

$$C_{\gamma} = 0.159 = \frac{-0.77 \cdot T + 702.24}{185} \Rightarrow T = 873.79 \text{ °C} < (870 + 20) \text{ °C}$$

Problema 2 (1,5 puntos)

Considere un acero no aleado de 0.4 % C ($A_1 = 730$ °C, $A_3 = 780$ °C, $M_s = 320$ °C y $M_f = 60$ °C).

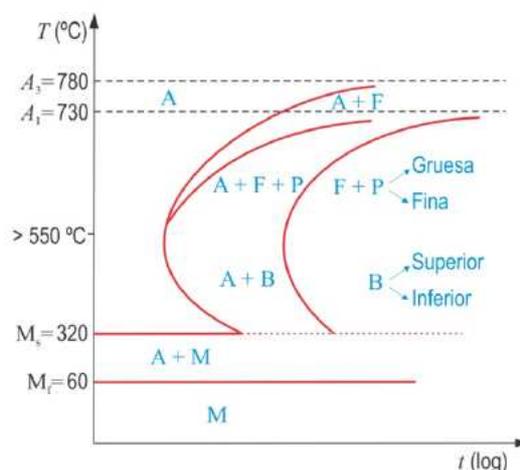
Una barra ($\varnothing 25$ mm) de este acero se ha templado en aceite y ha resultado una microestructura no homogénea: el núcleo de la barra tiene la microestructura propia de un acero normalizado, y la zona superficial tiene estructura de temple perfecto. En la zona entre núcleo y periferia, la microestructura es intermedia entre las anteriores.

a) Dibuje el diagrama TTT y el diagrama CCT del acero (para este acero no se presenta transformación bainítica en enfriamiento continuo).

b) Superponga sobre el diagrama CCT de este acero las curvas de enfriamiento que han seguido cada una de las tres regiones obtenidas en la barra.

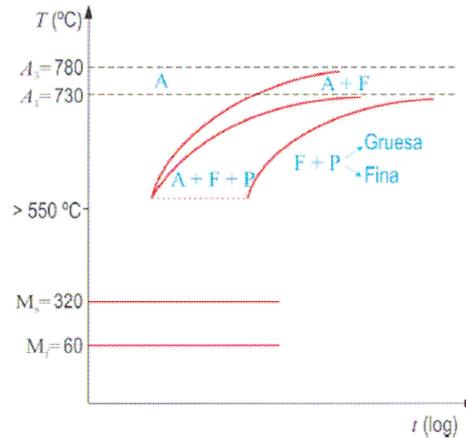
c) Dibuje en un mismo círculo (imitando la sección transversal de la barra) las tres microestructuras obtenidas.

a) Se trata de un acero hipoeutectoide no aleado, por lo que su diagrama TTT será:

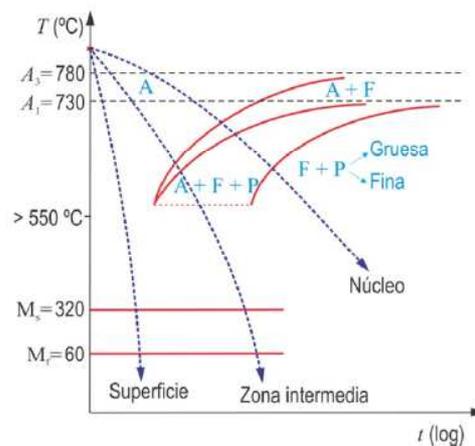




En cuanto al diagrama TC, como se trata de un acero no aleado, se inhibe la transformación bainítica, resultando por tanto un diagrama del tipo:



b) El enfriamiento será más rápido en la superficie, y más lento en el núcleo, por tanto:



c) Las microestructuras que podremos observar en una sección de la barra serían las mostradas en la imagen. Las líneas discontinuas que se han dibujado para separar las diferentes regiones (núcleo, zona intermedia y superficie) son, como no puede ser de otro modo, meramente ilustrativas (no se verán en la microestructura real).

