

EFECTO DEL SOLUBILIZADO EN LA ESTRUCTURA DE LA ALEACION CuCrZr

Mayo Diaz, Mariano A., Maffía Ernesto G.

ProInTec I&D, Departamento de Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, (UNLP), 1900, BA, Argentina

marianoadolfo@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El solubilizado es un método que se utiliza para aumentar la resistencia y dureza de aleaciones metálicas utilizando calentamientos durante tiempos relativamente cortos. Este tratamiento térmico consiste en obtener una solución sólida a partir de una aleación, con una cantidad sustancial de componentes endurecedores disueltos en la matriz que después serán forzados a precipitar por toda la matriz en forma fina y dispersa. En cualquier aleación tratable térmicamente, cuanto mayor sea la cantidad de ingredientes endurecedores puestos en solución sólida, mayor será la potencialidad de la aleación para el endurecimiento.

La solución sólida se prepara mediante un "solubilizado" del metal. Este término indica que el material a tratar debe calentarse a temperaturas dentro de la región monofásica del diagrama correspondiente y estas varían con la aleación utilizada, pero pueden considerarse generalmente aquellas temperaturas que estén ligeramente por debajo del punto de fusión de la aleación. En cuanto al tiempo, este será dependiente de la temperatura, y cuanto mayor sea la temperatura de tratamiento, más corto debe ser el tiempo de retención. Después de haber formado la solución sólida, debe evitarse que los ingredientes endurecedores precipiten nuevamente en forma ineficaz; esto sucede cuando se deja enfriar la aleación lentamente a través del intervalo de temperaturas en donde la precipitación se forma rápidamente.

El tratamiento térmico de solubilizado en la aleación CuCrZr tiene como objetivo disolver el Cr y del Zr en el cobre para después hacerlos precipitar. Por un lado, el Cr lo hace en forma elemental y el Zr como compuestos Cu_xZr , en las imperfecciones de la matriz de cobre. El efecto de esta precipitación se pone de manifiesto, en este caso, con medidas de dureza. El objetivo de este trabajo es determinar el tiempo y la temperatura óptima de tratamiento térmico de endurecimiento por precipitación y su resistencia a la degradación ante la aplicación de múltiples ciclos térmico.

PARTE EXPERIMENTAL

El material utilizado en este trabajo es un producto comercial de la aleación CuCrZr (C18150) obtenido de una empresa que se dedica a la fabricación de aleaciones de base cobre. La misma fue adquirida en calidad de solubilizada y envejecida con una dureza de 81 HRB. Las durezas relevadas fueron hechas mediante un equipo marca BSG, en la escala HRB según lo recomendado por la norma ASTM E 18 para aleaciones base cobre, utilizando una carga de 100 kg y un penetrador de bolilla 1/16". La tabla 1 muestra los valores de composición química dados por la especificación C18150 publicada en el sitio web matweb.com; asimismo en el laboratorio se realizó una medición utilizando un equipo de fluorescencia de rayos X (Bruker - Titan, S1) para corroborar si el material en cuestión tiene la composición química dada por las especificaciones de la literatura americana. Por los tratamientos térmicos se utilizaron hornos a resistencia, sin atmósfera controlada.

Tabla 1. Composición química de la aleación CuCrZr C18150.

Elementos aleación	de	Composición aleación nominal de Matweb.com*1 C18150 según [%]	Composición medida en laboratorio [%]
Cr		0.5 - 1.5	1.03
Zr		0.05 - 0.25	0.14
Si		0.20 - 0.35	0.16
otros			0.35
Cu		Resto (98.25 - 99.45)	Resto (98.32)

RESULTADOS Y DISCUSION

Se realiza un estudio de la cinética de disolución de precipitados endurecedores, partiendo de una muestra en estado de solubilizada y envejecida de la aleación CuCrZr. En la figura 1 puede observarse claramente que la velocidad de disolución de solutos, en los estadios iniciales del ciclo térmico, (representada por la pendiente de las curvas) aumenta con la temperatura. La aplicación de temperaturas crecientes en cada ciclo de solubilizado y temple, promueve un ablandamiento del material, cada vez a tiempos más cortos. El resultado es una solución sólida extremadamente blanda, en una condición ideal para el conformado en frío. Estos datos nos muestran lo riesgoso de los calentamientos inesperados en piezas fabricadas con materiales, pues se genera una significativa pérdida de propiedades debido a la elevadísima velocidad de disolución de los precipitados endurecedores.

La figura 1 muestra que todas las curvas presentan un comportamiento asintótico y convergente a 30 ± 5 HRB. Este comportamiento indica el tiempo total del tratamiento térmico de solubilizado, el cual debe ser valorado con sumo cuidado. Este tiempo total se determina donde la velocidad de disolución disminuye, con tendencia cero. Este valor indica el fin de la disolución de solutos para una temperatura determinada y de seguir con el tratamiento, comenzaran a degradarse otras características de la estructura, como ser el tamaño del grano.

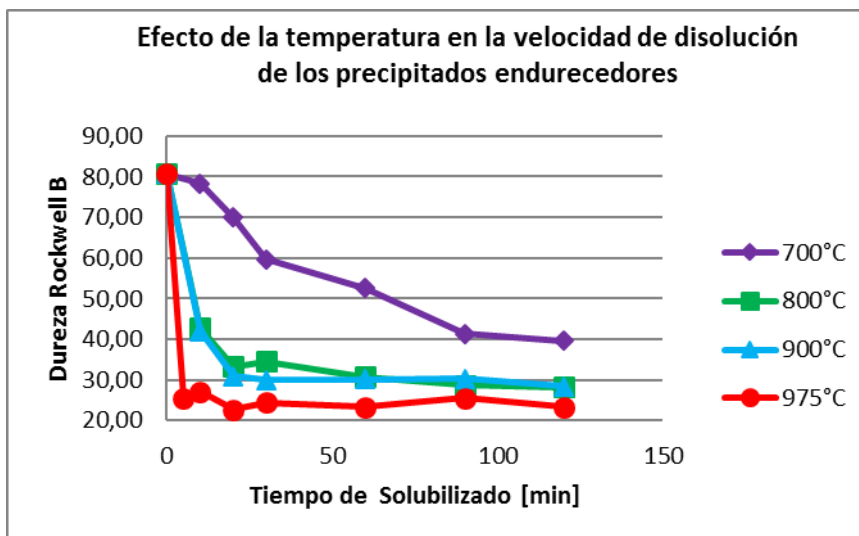


Figura 1. Valores de dureza para muestras sometidas a ciclos de solubilizado a diferentes tiempos y temperaturas

En la figura 2, los valores resultantes de dureza exhibidos por las muestras solubilizadas a 975°C, luego de un ciclo de envejecido a 500°C durante 3 horas, indican que, tanto en cortos como en extensos tiempos de solubilizado, la dureza no se modifica demasiado. Esto sugiere que el volumen total de precipitados endurecedores disponibles ya a los 5 minutos de solubilizado, es constante y único, pues se observa que aun continuando el tratamiento hasta los 120 minutos no se producen cambios significativos en la dureza final.

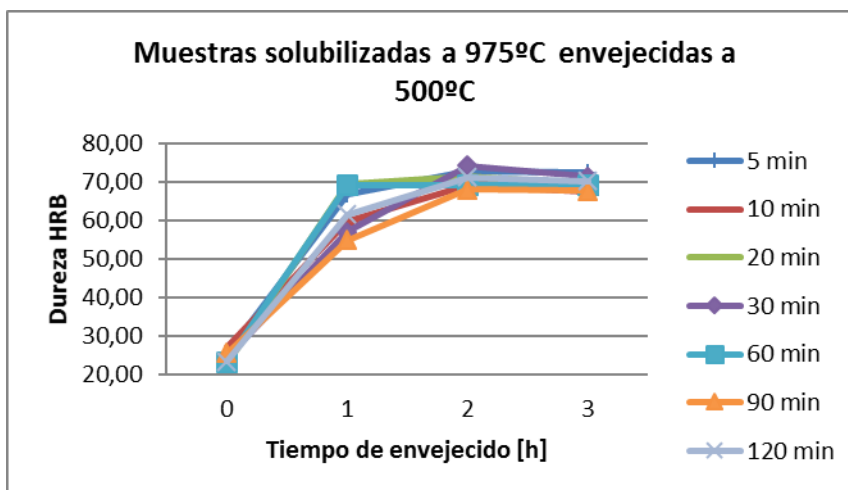


Figura 2. Valores de dureza para muestras solubilizadas a 975°C durante diferentes tiempos y envejecidas a 500°C en 3 ciclos consecutivos de 1 hora cada uno.

Aplicación de ciclos múltiples de solubilizado y envejecido: su efecto en la estructura

Se someten muestras, ya solubilizadas y envejecidas, a tres ciclos térmicos de endurecimiento por precipitación. Los ensayos muestran una evolución creciente de la dureza, hecho que es muy evidente en aquellas solubilizadas a 900°C durante 10 minutos (color celeste en el gráfico de la figura 3). Los resultados sugieren que cada ciclo

completo aporta precipitados coherentes al siguiente ciclo, generados en cada nuevo ciclo de solubilizado y temple, por causas no conocidas

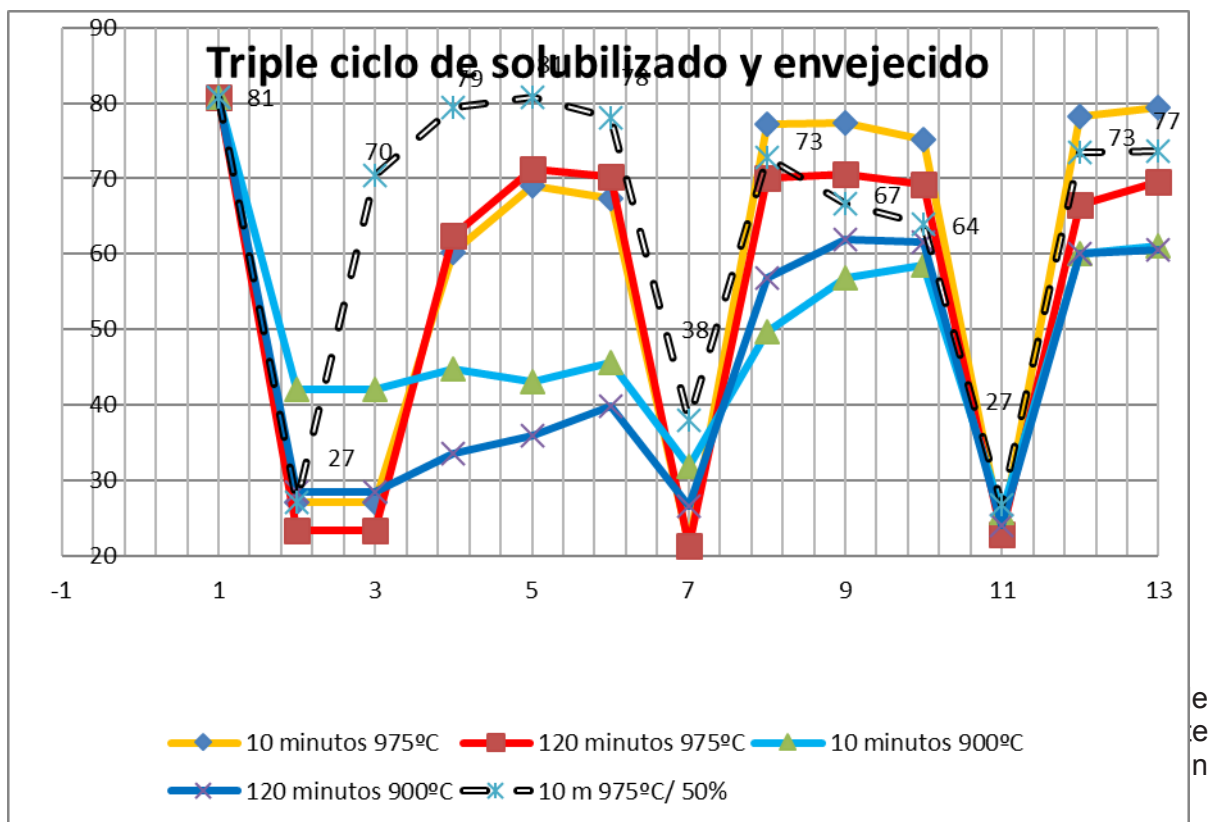


Figura 3. Valores de dureza para muestras que fueron sometidas 3 veces a ciclos de solubilizado a 900°C y 975°C durante diferentes tiempos y envejecidas a 500°C en 3 ciclos consecutivos de 1 hora cada uno de ellos.

Esta situación parece indicar que no se logra colocar en solución todo el soluto disponible para el envejecido en un solo ciclo térmico, pero la reiteración de los ciclos logra este cometido. Se observa que la estructura de la aleación resiste cuatro ciclos térmicos sin mostrar signo alguno de deterioro en la dureza.

Se comprueba también, que no solo es la alta temperatura la causante de la disolución de precipitados sino la reiteración de ciclos formados por la conjugación de “altas temperaturas de solubilizado aplicadas a tiempos muy cortos”. Esta condición opera generando una mayor disponibilidad de solutos endurecedores tras cada ciclo. Una explicación posible ante este evento podría ser que tener precipitados coherentes y no coherentes disponibles después de cada ciclo, aumenta el volumen de precipitados que van a solución.

También se demuestra que, aumentando el tiempo de permanencia a 975°C. (línea roja) no se consigue endurecer más la aleación pues cuando se somete una muestra a una temperatura de 975°C y tiempos de 120 minutos, el endurecimiento es constante en cada ciclo (como se observa en la línea roja del gráfico de la figura 3) lo que estaría indicando que no hay justificación para su utilización.

Quedan otras cuestiones a responder: ¿Que sucede en la microestructura sometida a tiempos muy prolongados a 975°C? La respuesta es que hay un volumen fijo y único de precipitados a disolver a cada temperatura y para ese volumen de precipitados, siempre habrá un único tiempo. Aplicar tiempos mayores (en este caso 120 minutos), no aportan mayor disolución de segundas fases.

Se comprueba también que una deformación plástica (60%) ayuda a la cinética de precipitación, comprobándose que la generación de defectos microestructurales influye en la cinética de precipitación.

CONCLUSIONES

Del estudio realizado sobre la aleación termotratable CuCrZr, resulta evidente que los sucesivos tratamientos térmicos de solubilizado y envejecido afectan de alguna manera la microestructura de la aleación

Por lo tanto, los ensayos realizados indican que para cada temperatura de solubilizado, hay un único tiempo de tratamiento. Estos dos parámetros, son las variables que determinan el volumen de precipitados endurecedores disponibles para aumentar la dureza en cada ciclo. Además se observa que la deformación plástica después del solubilizado aumenta la cinética de precipitación, al aumentar la cantidad de sitios de nucleación para los precipitados coherentes.

Bibliografía

- *ASM Metals Handbook- Tomo 02: Properties and Selection- Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials - Páginas 831 y 991 a 995*
- *ASM Metals Handbook- Tomo 06 - Welding, Brazing, and Soldering - Página 726 y 2063 a 2069*
- *William D. Callister, Jr.- Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales - Capítulos 5, 6, 7 y 11.*
- *Corson, Michael G. - USPTO: 1.658.186 - Copper alloy and process of producing and treating the same.*
- *Atomic scale investigation of Cr precipitation in copper. A. Chbihi , X. Sauvage, D. Blavette. Acta Materialia, Volume 60, Issue 11, June 2012, Pages 4575–4585*