

Propiedades y características de una aleación de colada de aluminio

Jaime Esparza López, Rafael Colás Ortíz

FIME-UANL

rcolas@mail.uanl.mx

Rubén Torres González

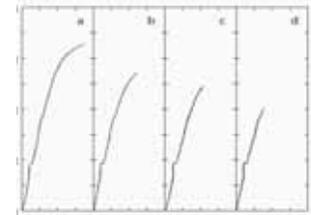
EIME, Universidad Autónoma de Coahuila

ruben_torres71@yahoo.com

Eulogio Velasco Santes, J. Salvador García-Luna M.

Nemak, S.A. de C.V., Libramiento Arco Vial Km 3.8, 66221 García, N.L.

evelasco@nemak.com



RESUMEN

Se diseñó una serie de experimentos para estudiar la variación de las propiedades mecánicas en una aleación Al-Si-Cu, tipo A319, en base a variaciones en composición química, cinética de solidificación y tratamiento térmico. Los resultados preliminares indican una fuerte dependencia de las propiedades mecánicas con respecto a la refinación microestructural, producto de la tasa de solidificación. Se obtuvo una mejora en las propiedades mecánicas de la aleación al reducir el tiempo y la temperatura de envejecimiento.

PALABRAS CLAVE

Aluminio, fundición, propiedades mecánicas, solidificación.

ABSTRACT

A serie of experimental trials were designed to study the variation in mechanical properties in an Al-Si-Cu, type A319, as a function of chemical composition, solidification kinetics and heat treatment. Preliminary results indicate a strong dependency of the mechanical properties with respect to microstructural refining, promoted by the solidification rate. An improvement of mechanical properties is found when the aging time and temperature are reduced.

KEYWORDS

Aluminium, casting, mechanical properties, solidification.

INTRODUCCIÓN

La industria automotriz ha impulsado el desarrollo de nuevas y mejores técnicas y prácticas de producción al requerir de nuevas y mejores piezas, capaces de asegurar el cumplimiento de estrictos requisitos de seguridad, al tiempo que permiten reducir el peso de las unidades y, con ello, el incremento en el desempeño del automóvil y el ahorro en combustible. Uno de los casos más exitosos ha sido la sustitución del hierro gris en la manufactura de motores de combustión.

La sustitución no se ha limitado a las cabezas de pistones, sino que se ha extendido al cuerpo del motor y se estudia la posibilidad de eliminar las camisas de las cámaras de combustión.

Las aleaciones empleadas en la industria automotriz deben asegurar buenas propiedades mecánicas. Es normal referir una cierta dureza, resistencia y ductilidad, sin embargo, hoy en día se pide un índice de calidad (Q) expresado en términos de la resistencia mecánica y la elongación a la fractura determinada en un ensayo de tensión:¹⁻³

$$Q = \sigma_f + d \log(\epsilon_f) \quad (1)$$

donde σ_f y ϵ_f representan el esfuerzo y la deformación a la fractura y d un parámetro empírico que, en el caso de aleaciones de colada Al-Si, toma el valor de 150 MPa, cuando el valor del esfuerzo se expresa en MPa y la deformación a la fractura en porcentaje.

El objetivo del presente trabajo consiste en presentar los resultados preliminares de un estudio realizado para determinar el efecto que diversos parámetros de proceso ejercen sobre las propiedades mecánicas de una aleación vaciada Al-Si-Cu. Entre los parámetros principales se estudia la variación en composición química, tratamiento térmico y la tasa de solidificación.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se llevaron a cabo una serie de pruebas de vaciado en una aleación de Al-Si-Cu, tipo A319. Se decidió establecer el contenido de cobre de la aleación en dos niveles, el del hierro en tres niveles y el uso o no de Sr como modificador del agregado eutéctico Al-Si. Se dejaron fijos el contenido de Si y el uso de Ti como refinador del tamaño de grano. Las aleaciones se prepararon en hornos de 250 kg de capacidad y se vaciaron en lingotes colocados sobre templaderas de aluminio. El diseño de los lingotes permitió la obtención de probetas de tensión a cuatro niveles de altura diferente.

La cinética de solidificación de la aleación se registró mediante la inserción de termopares tipo K (cromel-alúmel), las distancias de referencia fueron de 1.5, 4.5, 7.5 y 10.5 cm a partir de la templadera. La lectura de los termopares se llevó a cabo en un sistema diseñado para el caso.⁴

Las piezas usadas para maquinar las probetas de tensión se trataron térmicamente, se usaron dos diferentes temperaturas de solubilización (480 y 490°C) por un periodo de cuatro horas y dos temperaturas de envejecido (210 y 230°C) a dos tiempos diferentes (2 y 4 hrs). Los valores de la resistencia mecánica y deformación a la fractura se obtuvieron a partir de las pruebas de tensión, con estos datos se calculó el valor de Q con la ecuación 1.

El estudio se complementa con el registro de diversos parámetros microestructurales como son el espaciado dendrítico secundario (EDS), el grado de modificación de la aleación y el tamaño de grano. Se destinaron varios lingotes para evaluar el envejecimiento por medio de mediciones de dureza en la escala Brinell.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se presentan y discuten únicamente los resultados encontrados al analizar sólo una de las condiciones de vaciado que consistió en el uso del alto nivel de cobre, el nivel más bajo de hierro y sin ningún tipo de elemento modificador. La composición química de la aleación vaciada se muestra en la tabla I. La temperatura de vaciado de los lingotes fue de 815°C. Las curvas de enfriamiento correspondientes a las cuatro posiciones indicadas en la sección anterior se presentan en la figura 1.

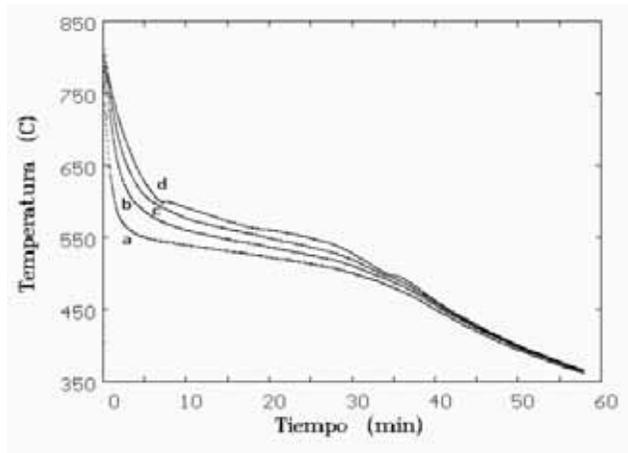


Fig. 1. Curvas de enfriamiento registradas en las posiciones a 1.5 (a), 4.5 (b), 7.5 (c) y 10.5 (d) cm a partir de la templadera.

Tabla I. Composición química del vaciado en porcentaje en peso.

Si	Cu	Fe	Mn	Mg	Zn	Ti
7.25	3.27	0.183	0.228	0.316	0.025	0.156

En la figura 2 se presentan las microestructuras observadas en las posiciones correspondientes a las condiciones de enfriamiento que se muestran en la figura 1.

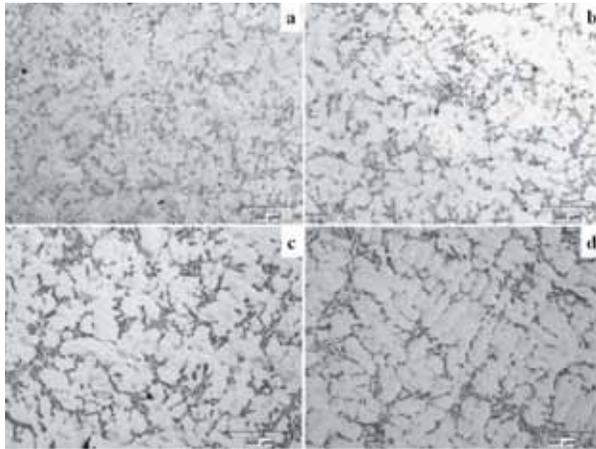


Fig. 2. Microestructuras correspondientes a las condiciones de enfriamiento de la fig. 1.

Es claramente apreciable como el EDS se reduce de 29.3, 45.4, 86.7 y 100 μm según la distancia a partir de la templadera se incrementa en 1.5, 4.5, 7.5 y 10.5 cm respectivamente. La refinación en el EDS conduce a un incremento en propiedades mecánicas tanto en la condición de vaciado, como al ejecutar los tratamientos térmicos, figura 3 y tablas II y III.

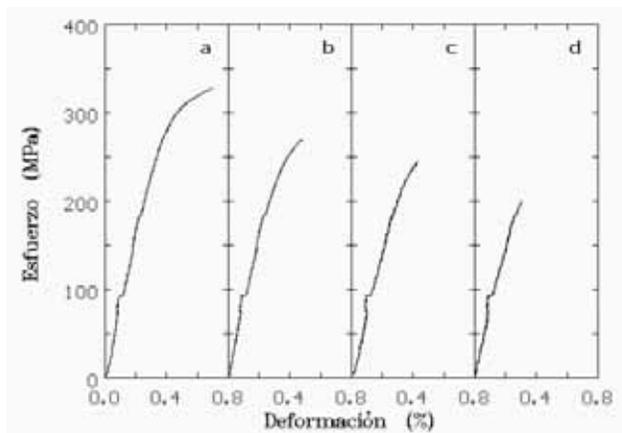


Fig. 3. Curvas esfuerzo-deformación para el material solubilizado a 480°C por cuatro horas y envejecido a 210°C por cuatro horas.

Tabla II. Características mecánicas de la posición inferior (a) del vaciado.

Temperatura (°C)		Tiempo (hrs)	σ_f (MPa)	ϵ_f (%)	Q
Solución	Envejecido				
-	-	-	229.1	1.64	261.3
480	210	2	340.4	0.75	321.7
		4	327.3	0.70	304.1
	230	2	297.8	0.77	280.7
		4	284.1	1.10	290.3
490	210	2	349.0	0.64	319.9
		4	336.4	0.68	311.2
	230	2	291.2	0.75	272.4
		4	240.9	0.47	191.7

Tabla III. Características mecánicas de la posición superior (d) del vaciado.

Temperatura (°C)		Tiempo (hrs)	σ_f (MPa)	ϵ_f (%)	Q
Solución	Envejecido				
-	-	-	151.1	0.61	118.9
480	210	2	191.5	0.30	113.1
		4	199.5	0.30	121.1
	230	2	200.2	0.36	133.7
		4	191.3	0.37	126.6
490	210	2	218.0	0.37	153.2
		4	222.2	0.38	159.2
	230	2	215.5	0.42	159.0
		4	192.7	0.35	124.3

Los valores de Q presentados en estas dos tablas se calcularon a partir de la ecuación 1. En las curvas de tensión, figura 3, se aprecian una serie de escalones a valores cercanos a 100 y 200 MPa que se atribuyen a fallas en el extensómetro empleado durante las pruebas, que no tienen que ver con el comportamiento intrínseco del material. El primer renglón en cada tabla indica los valores obtenidos en los ensayos con el material en su condición de vaciado.

En las tablas II y III se aprecia el incremento en el esfuerzo a la fractura, a costa de la ductilidad, con

el tratamiento térmico al comparar las propiedades en la condición de vaciado.

La variación del esfuerzo y de la deformación a la fractura, así como el índice de calidad en función de las condiciones de vaciado y de tratamiento térmico se presentan respectivamente en las figuras 4 a 6. En ellas se puede apreciar claramente como el índice de calidad (Q) y las propiedades mecánicas se incrementan conforme se refina la estructura, debido al aumento en la velocidad de enfriamiento. Las mejores condiciones se encuentran, en esta condición particular, cuando el material se somete al envejecimiento por dos horas a 210°C, la temperatura de solubilización parece tener un efecto secundario.

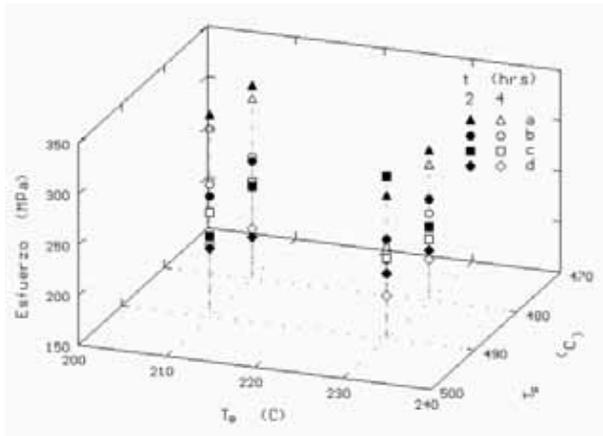


Fig. 4. Variación del esfuerzo a la carga máxima (σ_f) en función de las condiciones de vaciado y de tratamiento térmico.

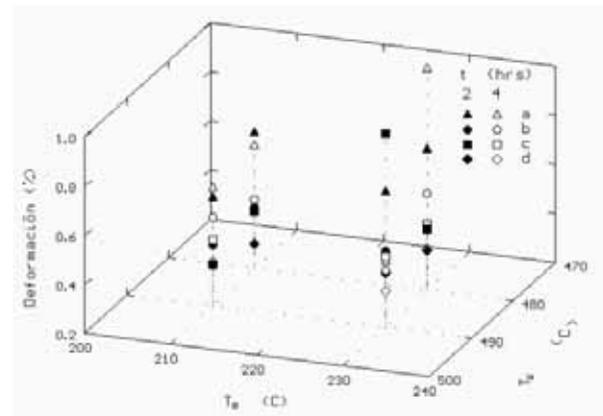


Fig. 5. Variación de la deformación a la fractura (ϵ_f) en función de las condiciones de vaciado y de tratamiento térmico.

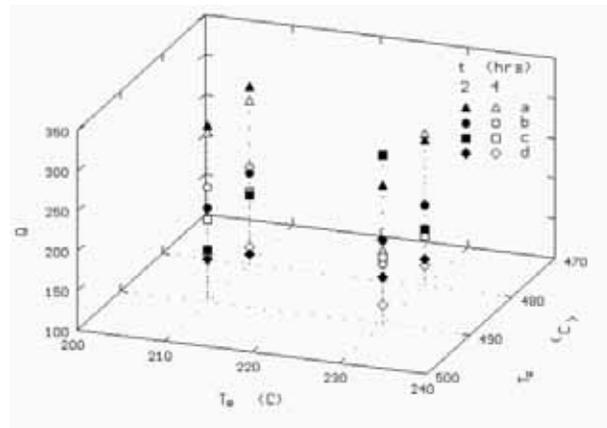


Fig. 6. Variación del índice de calidad (Q) en función de las condiciones de vaciado y de tratamiento térmico.

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados indican el fuerte efecto que ejerce la refinación microestructural sobre las propiedades mecánicas en la aleación de vaciado Al-Si-Cu tipo A319. La refinación microestructural se atribuye al incremento en la tasa de enfriamiento que resulta de forzar la solidificación mediante el uso de una templadera de aluminio. La mejor combinación de propiedades se obtiene al envejecer al material por dos horas a 210°C; el efecto de la temperatura de solubilización parece ser secundario.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Programa de Mejoramiento del Posgrado de la SEP.

REFERENCIAS

1. M. Drouzy, S. Jacob y M. Richard, AFS Int. Cast Met. J., 5, 43 (1980).
2. C.H. Cáceres, Int. J. Cast Met. Res., 10, 293 (1998).
3. C.H. Cáceres, Int. J. Cast Met. Res., 12, 367 (2000).
4. E. Velasco, J. Talamantes, S. Cano, S. Valtierra, J.F. Mojica y R. Colás, Metall. Mater. Trans., 30B, 773 (1999).