

**Tesista:** Martín Caldera

Ingeniero Mecánico. Fac. Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP)

**Título al que aspira:** Doctor en Ciencia de Materiales, UNMdP

**Tema:** “FUNDICIONES ESFEROIDALES DE PEQUEÑO ESPESOR; PRODUCCIÓN, ESTRUCTURA Y PROPIEDADES”

**Director de Tesis:** Ing. Jorge A. Sikora

**Co-director de Tesis:** Dr. Juan M. Massone

**Lugar de Trabajo:** INTEMA, División Metalurgia, Facultad de Ingeniería, UNMdP

**Fecha de Defensa:** 1 de diciembre de 2006

**Jurados:** Dr. José Porto Lopez (INTEMA, UNMdP-CONICET)

Ing. Héctor Dall’O (UNMdP)

Dr. Luis de Vedia (UNSAM - CNEA).

**Resumen de Tesis:**

En la actualidad, el desarrollo de piezas de Fundición Esferoidal de Pequeño Espesor, (FEPE), ocupa el interés de una parte importante de la comunidad científica, dedicada al estudio de nuevas tecnologías.

Como todo nuevo producto, las FEPE requieren un adecuado desarrollo antes de ser aplicadas masivamente a escala industrial. Su principal particularidad microestructural es poseer un conteo nodular (número de nódulos de grafito por unidad de área) hasta un orden de magnitud mayor que el de las Fundiciones Esferoidales (FE) de espesores convencionales. Resulta así, de interés científico, estudiar la influencia de la diferencia del conteo nodular en las propiedades del material. La variación en el conteo nodular se debe fundamentalmente a las altas velocidades de enfriamiento alcanzadas por las piezas delgadas. Estas velocidades, también pueden favorecer la aparición de defectos de colada, tales como: inclusiones, microrechupes, carburos, etc; los cuales afectan las propiedades de las FEPE.

Los aspectos estudiados hasta el presente por la comunidad científica, están referidos principalmente a: i) lograr adecuados diseños de moldes y sistemas de alimentación para mejorar los métodos de producción y las propiedades de piezas de FEPE, ii) estudiar los procedimientos de colada y las características del caldo líquido para obtener piezas de FEPE sanas, iii) caracterizar las propiedades mecánicas mediante

ensayos estáticos de tracción y dureza, iv) realizar estudios económicos y de factibilidad de uso.

En relación con la estructura, uno de los aspectos que requiere ser estudiado en profundidad, es la forma de evitar la presencia de carburos en la matriz. Es bien conocido que la formación de dichos carburos se ve favorecida por la suma de factores termodinámicos (principalmente asociados a la composición química) y cinéticos (favorecidos por la alta velocidad de enfriamiento motivada por el pequeño espesor).

En la primera etapa de este trabajo de tesis se estudió la forma de disolver los carburos generados en el proceso de colada, empleando tratamientos térmicos simples y económicos. Los resultados mostraron que dichos carburos pueden evitarse, en piezas de FEPE coladas con composición química adecuada, o bien eliminarse por tratamiento térmico, aún en aleaciones con elevado contenido de elementos formadores de carburos.

En una segunda etapa, los esfuerzos se dirigieron a la evaluación de propiedades mecánicas poco estudiadas hasta el momento, centrándose los estudios en el comportamiento de la FEPE frente a propiedades de impacto y fatiga.

Los ensayos de impacto, realizados sobre probetas mecanizadas a partir de FE que presentan una variación marcada del conteo nodular, permitieron establecer que, a igual tamaño de probeta, el comportamiento es marcadamente diferente dependiendo del tamaño de la pieza colada. Los resultados mostraron que a medida que el espesor de la pieza disminuye (lo que implica un aumento del conteo nodular), también disminuye la resistencia al impacto en el “upper shelf” y la temperatura de transición dúctil-frágil. Por otro lado, los estudios de impacto realizados sobre probetas de distinto tamaño indicaron que, al igual que lo sucedido con otros materiales, el tamaño influye sobre los valores de resiliencia obtenidos.

En una tercera etapa se estudió la resistencia a la fatiga de las FEPE. Para ello fue necesario readaptar una máquina existente y modificar el diseño normalizado de las probetas planas de fatiga axial, a fin de adecuarlas a la ventana de funcionamiento de dicha máquina. Como resultado de los estudios, se pudo establecer que la disminución en el espesor de las FE trae aparejado un aumento en el límite y en la resistencia a la fatiga. Sin embargo, se pudo comprobar también que la presencia de defectos de colada (principalmente microrechupes) enmascaran los resultados obtenidos, generando una gran dispersión de valores. Debido a esto, se utilizó la teoría de mecánica de fractura para predecir la vida a la fatiga, tomando en consideración la presencia de defectos de colada.

Por último, se realizaron ensayos de fatiga sobre probetas compactas, a fin de determinar el comportamiento de las FEPE frente a la propagación de fisuras largas. De esta manera se determinó la influencia de la variación del conteo nodular de las FEPE en los valores de los parámetros de fractoténacidad cíclica, como el umbral de propagación ( $\Delta K_{th}$ ) y las constantes de Paris, “*C*” y “*m*”. Se observó que si bien los valores de “*C*” y “*m*” no tienen una tendencia definida al incrementarse el conteo nodular, el umbral de propagación disminuye con dicho incremento. Esto indica que el inicio de la propagación por fatiga de una fisura existente requiere menor sollicitación a medida que disminuye el espesor de la FE (aumenta el conteo nodular). Por otra parte, una vez iniciada la propagación de la fisura, las velocidades tienden a ser similares, independientemente del espesor de la FE.

Las conclusiones generales de la tesis sintetizan los resultados específicos y plantean las ventajas y desventajas de la utilización de piezas de FEPE en reemplazo de fundiciones nodulares de espesores convencionales y otros materiales de uso ingenieril. Actualmente, se encuentra en desarrollo un convenio cuyo objetivo es reemplazar una pieza automotriz (jaula portabolillas de junta homocinética de automóviles) construida tradicionalmente en acero, por FEPE.

*Palabras clave: Fundición esferoidal, Pequeño espesor, Fatiga, Conteo nodular*