

**Tesista:** Diego Colombo

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

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

**Tema:** “Recubrimientos PVD de TiN y CrN sobre fundiciones de hierro con grafito esferoidal: influencia de las características del sustrato y del recubrimiento sobre las propiedades mecánicas y la resistencia al desgaste”

**Director de tesis:** Dr. Juan M. Massone.

**Co-director de Tesis:** Ing. Osvaldo J. Moncada.

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

**Fecha de Defensa:** 22 de marzo de 2013

**Jurados:** Dra. Adriana Marquez (Universidad de Buenos Aires)

Dra. Sonia Bruhl (Universidad Tecnológica Nacional, Concepción del Uruguay)

Dr. Adrián Cisilino (Universidad Nacional de Mar del Plata)

### **Resumen de Tesis:**

La fundición de hierro con grafito esferoidal (FE) es un material de aplicación creciente para la producción de componentes mecánicos merced a los costos de producción relativamente bajos y a la amplia gama de propiedades mecánicas que es posible obtener a través de un adecuado ajuste de la composición química y la microestructura. La aparición de las fundiciones esferoidales austemperadas (ADI) ha permitido la sustitución de aceros aleados, fundidos o forjados, y tratados térmicamente en aplicaciones muy diversas, tales como engranajes y otros componentes de la industria agrícola y del transporte.

Por otra parte, es ampliamente sabido que el comportamiento de piezas sometidas a desgaste, fatiga y/o corrosión depende fuertemente de las características de la superficie, principalmente dureza, rugosidad, coeficiente de fricción y tensiones residuales, todas mejorables mediante tratamientos superficiales. Sin embargo, cualquier tratamiento superficial que implique la exposición de ADI a temperaturas elevadas durante tiempos prolongados puede producir transformaciones en la microestructura ausferrítica, con la consecuente alteración de sus propiedades mecánicas, dado que se trata de una estructura metaestable.

La aplicación de recubrimientos duros en capas muy delgadas por Deposición Física de Vapores (PVD) es un medio efectivo para mejorar las propiedades de superficie de piezas tratadas térmicamente. La relativamente baja temperatura del proceso PVD (250 a 500°C), respecto a otros tratamientos superficiales, propicia su empleo sobre piezas de ADI.

Hasta el momento, son muy escasas las referencias bibliográficas respecto a la aplicación de recubrimientos PVD sobre ADI y su comportamiento mecánico. No existe información respecto a la influencia del conteo nodular, la temperatura de austemperado y el modo de terminación superficial de los sustratos sobre las propiedades del producto ADI recubierto. No existen referencias en cuanto al efecto de los parámetros del proceso

PVD sobre la microestructura de los sustratos y las propiedades de los recubrimientos, cuando se realizan deposiciones a baja temperatura en equipos industriales. Existe muy escasa información respecto a la resistencia al desgaste del producto ADI recubierto.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo de tesis es estudiar la influencia de las características del sustrato y del proceso de deposición sobre las propiedades mecánicas y la resistencia al desgaste del producto ADI recubierto con TiN y CrN mediante técnicas PVD.

Inicialmente se analizó el efecto de distintas combinaciones de parámetros sobre la microestructura de los sustratos (porcentaje en volumen de austenita retenida, dureza) y las propiedades de las muestras recubiertas (fases presentes, orientación preferencial, topografía superficial, espesor de película, morfología, dureza, tensiones residuales, adherencia), buscando combinaciones de parámetros que optimicen las propiedades de los recubrimientos sin degradar la microestructura de los sustratos.

Se encontró que deposiciones realizadas a temperaturas del orden de los 300°C con tiempos de hasta 240 minutos producen recubrimientos con buenas características en cuanto a espesor, dureza, tensiones residuales y adherencia sin producir cambios significativos en la microestructura de los sustratos de ADI, mientras que deposiciones realizadas a temperaturas por encima de los 400°C provocan una marcada degradación de la microestructura ausferrítica, incluso para un tiempo de exposición de 45 minutos.

Luego de obtener combinaciones de parámetros óptimas, se analizó la influencia de las características de los sustratos (conteo nodular, temperatura de austemperado, método de terminación superficial) sobre las propiedades de las muestras recubiertas.

Se encontró que el conteo nodular, la temperatura de austemperado y el método de terminación superficial no influyen en la orientación preferencial, el espesor de película, la morfología y las tensiones residuales de los recubrimientos. Por su parte, la topografía superficial y la dureza de las muestras recubiertas están afectadas por las características de los sustratos. La adherencia de los recubrimientos no está influenciada por la temperatura de austemperado de los sustratos, mientras que el conteo nodular y el método de terminación superficial ejercen cierta influencia.

Finalmente, se analizó el coeficiente de fricción y el comportamiento a la fatiga de contacto por rodadura (FCR) de ADI de alta resistencia recubierto con TiN y CrN, teniendo en cuenta la influencia del método de terminación superficial de los sustratos y del material del recubrimiento.

Se encontró que el coeficiente de fricción de las muestras recubiertas con TiN es similar al de las muestras sin recubrir, mientras que el de las muestras recubiertas con CrN es significativamente inferior. Los distintos métodos de terminación superficial empleados no afectan el coeficiente de fricción de las muestras recubiertas. Los ensayos de FCR realizados utilizando presiones hertzianas máximas de 1400 MPa provocaron fallas en las muestras sin recubrir y recubiertas con TiN y CrN. La vida a la FCR de las muestras recubiertas resultó inferior a la de las muestras sin recubrir para las distintas condiciones de terminación superficial empleadas.

En consecuencia, puede decirse que el desarrollo del presente trabajo de tesis permitió avanzar en el conocimiento del comportamiento mecánico del producto ADI recubierto mediante técnicas PVD y en el entendimiento de los fenómenos involucrados en la interacción sustrato-recubrimiento.