

Evolución del comportamiento al desgaste de capas de TiCN de ultrabajo coeficiente de fricción obtenidas por PVD

J.M. Guilemany^(a), S. Vizcaíno^(a), N. Espallargas^(a)

F. Montalà^(b), L. Carreras^(b), S. Bueno^(b)

(a). Ingeniería de Materiales. Dept. de Ingeniería Química y Metalurgia. Facultad de Química. Universitat de Barcelona, C/Martí i Franquès, 1, 08028 Barcelona. E-mail: vizcaino@material.qui.ub.es

(b). TTC, Av. Dr. Almera 85, 08205 Sabadell. E-mail: recobriments@grupttc.com

RESUMEN:

El presente trabajo muestra los resultados obtenidos en cuanto a la caracterización estructural y tribológica de capas de TiCN producidas por TTC en un reactor PVD. Asimismo se procede a la comparación de las características mostradas por estas capas bajo diversas condiciones de obtención.

Para la caracterización estructural y composicional de estas capas se han empleado técnicas de Microscopía Electrónica y EDS (para el análisis de la sección transversal de los recubrimientos) y GD-OES y DRX (para el análisis de su superficie libre). La caracterización tribológica de los recubrimientos se ha llevado a cabo a través del ensayo Ball-on-Disk (ASTM G99-90). Los resultados que se obtienen son el coeficiente de fricción, la energía involucrada en el proceso y el volumen perdido, anchura y profundidad de la huella de desgaste; estos tres últimos parámetros se determinan a través del análisis de los caminos con interferometría de luz blanca. Los resultados obtenidos muestran el excelente comportamiento de las capas, que presentan en las diversas condiciones ensayadas un ultrabajo coeficiente de fricción.

ABSTRACT:

This paper reports the results of the structural and tribological characterisation of different TiCN layers deposited by PVD techniques by TTC group. In order to analyse layer sections, scanning electron microscopy was used (with EDS analyser attached), whereas the analysis of the layers' surface were performed by means of GD-OES y XRD. Friction tests were carried out using a Ball-on-Disk (BOD) machine according to ASTM G99-90 procedure. The wear tracks produced in the coating were studied by SEM, and the damage produced in the layers was evaluated by means of SWLI (Scanning White Light Interferometry).

It is concluded that these layers show an excellent behaviour and an ultra low friction coefficient depending on their manufacturing parameters.

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de recubrimientos cerámicos obtenidos por técnicas de PVD aporta excelentes resultados en sectores industriales tan variados como herramientas de corte y conformado, estampación, troquelaría, moldes... confiriendo a estos útiles una excepcional combinación de propiedades (estabilidad química y dureza elevada, gran resistencia al desgaste, bajo coeficiente de fricción), de modo que a través de su aplicación se obtienen espectaculares aumentos en la vida útil de las herramientas y reducciones en los costes de producción.

Los desarrollos actuales en este tipo de capas se centran en la obtención de recubrimientos mejorados que son especialmente apropiados para condiciones de trabajo muy exigentes o para entornos altamente agresivos; esto es, nuevos nitruros, carbonitruros y carburos, combinaciones de éstos o bien, cambios y mejoras en la producción de los ya existentes.

Así pues, en el presente trabajo se describen los resultados en cuanto a caracterización estructural y tribológica de recubrimientos de Carbonitruro de Titanio (TiCN), desarrollados mediante Deposición Física de Vapor (PVD) –arco eléctrico modificado- mediante la adición de diversos gases reactivos.

2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LAS CAPAS

Se ha procedido al estudio de capas de TiCN obtenidas mediante adición, como gas reactivo portador de carbono, metano (TiCN_{met}) y acetileno (TiCN_{acet}). El análisis composicional de éstas tanto mediante GD-OES como a través de EDS muestra que ambas son capas de TiCN que, en la zona adyacente al sustrato, presentan una elevada proporción de nitruro.

El análisis de las capas por Difracción de Rayos X se muestra en las Figuras 1 y 2.

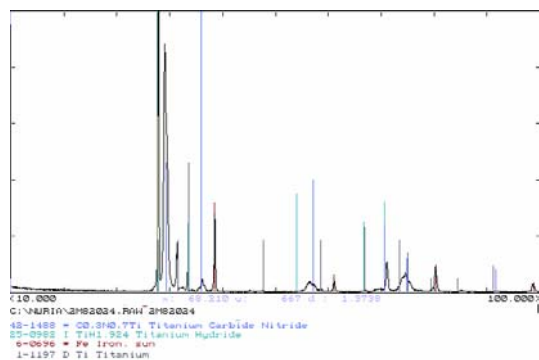


FIGURA 1. Espectro de Rayos X de la capa de TiCN_{met}

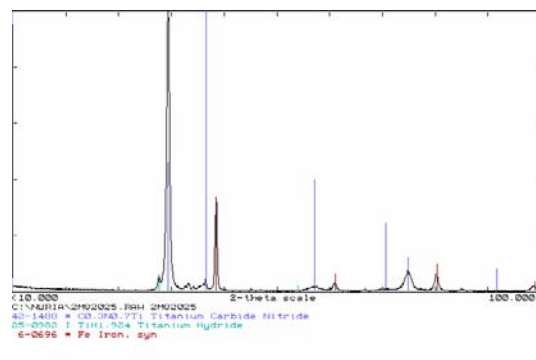


FIGURA 2. Espectro de Rayos X de la capa de TiCN_{acet}

En ellas se aprecia la presencia de las fases cristalinas de TiCN cuya estequiometría es $C_{0.3}N_{0.7}Ti$ –se observa que en ambos casos el crecimiento preferencial se produce sobre el plano (111)-, además de la presencia de algunos picos de hierro correspondientes al acero de la matriz. Cabe destacar la existencia de picos que se asignan al Hidruro de Titanio ($TiH_{1.924}$), que se halla en mayor proporción en la muestra de $TiCN_{met}$. Aunque todo indica que la principal diferencia entre ambas capas es la proporción de este compuesto, no se puede afirmar con rotundidad debido a que varios de sus picos de difracción se solapan con los del Titanio metálico.

El análisis de su sección transversal se muestra en las Figuras 3 y 4, en ellas aparecen capas continuas y perfectamente adheridas de TiCN cuyo espesor medio es de $2\mu m$ para ambos tipos de capa.

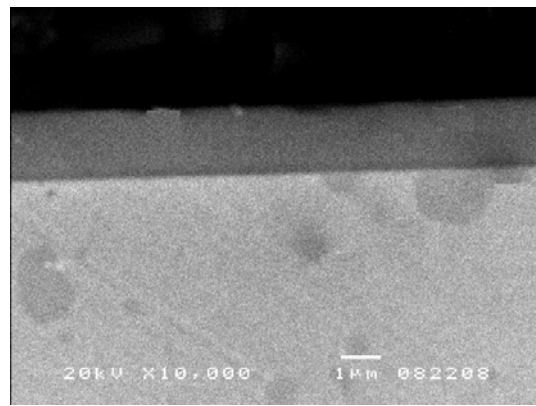
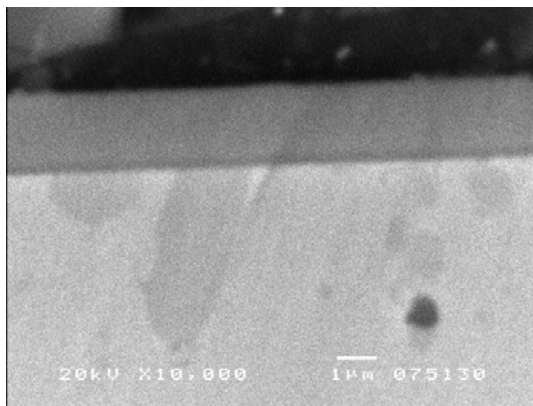


FIGURA 3. Imagen SEM de la capa de $TiCN_{met}$ FIGURA 4. Imagen de SEM de la capa de $TiCN_{acet}$

3. CARACTERIZACIÓN TRIBOLÓGICA

Los ensayos tribológicos se han llevado a cabo a través del ensayo Ball-on-Disk, según norma ASTM G99-90, donde una contraprobeta esférica de metal duro se pone en contacto con la superficie de la muestra a ensayar aplicándose una carga de 5N. El ensayo se lleva a cabo a 20°C y una humedad relativa del 15-20%. Las muestras sometidas a este ensayo presentan una superficie cuya rugosidad es inferior a $0.2\mu m$ (pulido especular).

Los caminos de desgaste producidos en los recubrimientos se han estudiado mediante SEM (Jeol JSM-5310) y el daño causado a las capas ha sido evaluado mediante interferometría de luz blanca (SWLI Zygo NewView 100).

Así, los resultados obtenidos para los dos tipos de probeta ensayados se resumen en la Tabla 1.

Carga del ensayo	TiCN _{met}		TiCN _{acet}	
	5N	5N	5N	5N
Coefficiente de desgaste	0.08 (750) 0.41(250)	0.025 (750) 0.25(250)	0.320	0.333
Volumen perdido (mm³)	0.0069	0.0063	0.015	0.0079
Profundidad (μm)	1.1	1.1	1.9	1.6
Anchura (mm)	0.21	0.19	0.4	0.25
Diámetro bola (μm)	280	270	440	420

TABLA 1. Resumen de los resultados obtenidos en los ensayos de desgaste a fricción de los recubrimientos de TiCN obtenidos con metano y acetileno respectivamente.

Tal y como se observa, las capas de TiCN_{met} presentan un coeficiente de fricción inferior a 0.1 mientras que en las de TiCN_{acet} se sitúa alrededor de 0.32. Cabe destacar que para cualquiera de los sistemas estudiados se mantiene la integridad de la capa tras el ensayo de fricción, tal y como se observa en los perfiles de interferométricos mostrados en las Figuras 5 y 6, donde se aprecia que la profundidad de los caminos no es suficiente como para que se elimine por completo la capa de carbonitruro. Sin embargo, comparativamente, tanto el volumen perdido, como la profundidad y la anchura de la huella son muy inferiores para las capas de TiCN_{met} indicando un desgaste sobre éstas mucho menor.

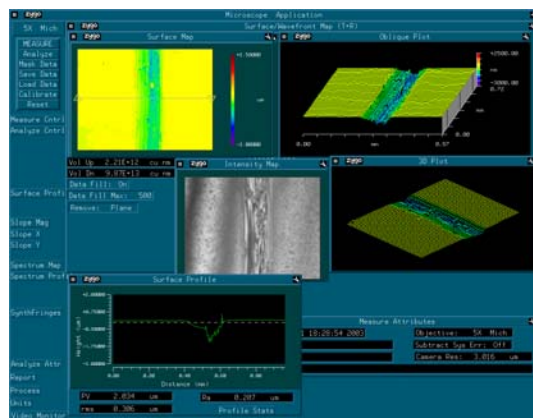


FIGURA 5. Imagen de SWLI para las capas de TiCN_{met}

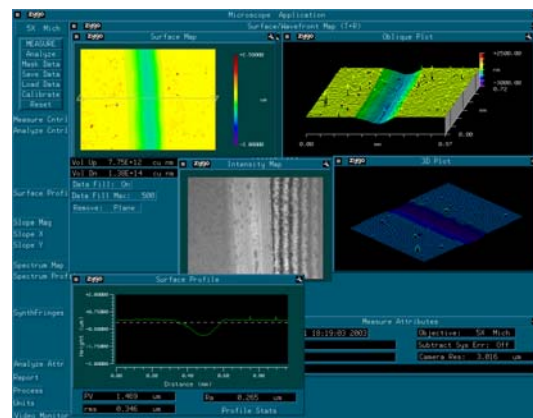


FIGURA 6. Imagen de SWLI para las capas de TiCN_{acet}

Así mismo se observa también que los recubrimientos sobre los que se produce menor desgaste son, a su vez, los que producen un desgaste mínimo de las

contraprobetas de metal duro (siendo este hecho importante, puesto que implica un desgaste de herramienta menor que con los carbonitruros obtenidos con acetileno). En cuanto al análisis de los caminos de desgaste cabe destacar que, mientras en el caso de la muestra obtenida con metano los caminos aparecen limpios y sin presencia de detritus (debido al pequeño desgaste producido sobre éstos), en el caso de que el gas reactivo sea acetileno, sí se encuentra detritus alrededor del camino (aunque no adherido sobre éste). Esto es debido al mayor desgaste producido y a la consiguiente eliminación de mayor cantidad de producto.

Se detecta también que el principal mecanismo de desgaste en ambos casos es la fricción pura debida al contacto de la superficie del recubrimiento con la contraprobeta de metal duro.

4. CONCLUSIONES

- Las capas de TiCN obtenidas diferentes condiciones muestran una estructura compacta y homogénea, con un espesor medio de $2\mu\text{m}$ en todos los casos.
- Cuando el gas empleado en la obtención de las capas es metano, se obtiene un recubrimiento con un coeficiente de fricción inferior a 0.1, con un pequeño desgaste en éste, que provoca un menor desgaste de herramienta, mientras que en las muestras obtenidas con acetileno el desgaste es muy superior. Esto puede ser debido a la presencia de hidruros de Titanio (o Titanio metálico) o bien a algún compuesto orgánico procedente de la polimerización del metano (que no se obtenga en el caso de la reacción con acetileno).
- Se descarta que la diferencia observada en los comportamientos esté relacionada con crecimientos preferenciales sobre una dirección cristalográfica determinada, puesto que ambas capas muestran crecimiento en dirección (111).