

Reciclado de insertos de carburo de tungsteno para el maquinado de piezas metálicas

Mónica Varela Jiménez¹, Misael Murillo Murillo¹, Joel Pozos Osorio²

¹Instituto Tecnológico de Puebla
Avenida Tecnológico 420
Col. Maravillas, Puebla, Puebla. 7222 México.

²Universidad Politécnica de Puebla
Tercer Carril del Ejido Serrano s/n
San Mateo Cuanalá, Juan C. Bonilla, Puebla, 72640 México.

monik.varela@hotmail.com

Resumen

La industria metal mecánica en sus procesos de fabricación utiliza grandes cantidades de insertos de carburo de tungsteno los cuales son desechados o vendidos juntamente con el desecho metálico. Durante el proceso de fabricación de los insertos de tungsteno se generan grandes impactos ambientales con la obtención del polvo pulvimetalúrgico a través de la industria minera ya sea superficial o subterránea. El objetivo principal es dar a conocer que existe una alternativa de reciclado de insertos de carburo de tungsteno por medio de un proceso mecánico que se expondrá en el desarrollo del artículo, también se darán a conocer los resultados obtenidos a través del maquinado de perno de acero grado 4140 tratado con una dureza de 32HRC. Se realizan pruebas de funcionamiento con distintas condiciones de corte comparando el maquinado inserto nuevo marca Sandvik calidad 4225 contra inserto reciclado marca Sandvik con recubrimiento y sin recubrimiento. Los resultados obtenidos de la reutilización de insertos recuperados han sido satisfactorios.

Palabras clave: insertos metálicos, carburo de tungsteno, impacto ambiental, reciclado, reuso.

1. INTRODUCCIÓN

El mecanizado se desarrolló de forma paralela a la revolución industrial en los siglos XVIII y XIX para culminar en el siglo XX. Se sabe que las grandes inversiones de capital en las industrias metalúrgica y militar estimularon las economías de la pre-revolución industrial. Fue en el siglo XX, cuando la mayor parte de los materiales para herramienta de corte eran de acero al carbono (1.2%

de carbono y endurecido hasta 66HRC). Así, el filo de corte de la herramienta podía alcanzar temperaturas de 200°C a 250°C durante el mecanizado.

Frederick Taylor, en 1898, descubrió que en los aceros aleados con aproximadamente un 5% de tungsteno (W), existía una relación entre el tratamiento térmico y el rendimiento de la herramienta. Esto dio lugar al descubrimiento del acero rápido. Después, Taylor mejoró la composición de acero rápido, aumentando el contenido de tungsteno (W) hasta aproximadamente un 19%.

Después de realizar diferentes experimentos con mayores contenidos de tungsteno (W), cobalto (Co), cromo (Cr); se obtuvieron mejores aleaciones de estos metales, los cuales provocaron el descubrimiento de la herramienta estelita. Este material para herramienta tenía un límite de 800°C en la temperatura de operación.

Paralelamente, se desarrollaron al mismo tiempo que otros metales, los carburos cementados, también conocidos como sinterizados. Este descubrimiento fue producto de la pulvimetalurgia, que modificaba los contenidos de carburos de gran dureza, a más del 90% en material y aglomerante. Los primeros tipos de carburo cementado se basaron en el carburo de tungsteno como partículas duras y en cobalto como aglutinante. En estos materiales los primeros filos de corte eran excelentes y trajeron consigo una gran mejora en el mecanizado de hierro fundido y aluminio. Esto llevó a una búsqueda intensiva en el

campo de las herramientas de carburo cementado, basándose en la forma y geometría de las herramientas enterizas de acero rápido, se soldaron pequeñas placas de carburo cementado en el alojamiento de los mangos de la herramienta para constituir el filo de corte [1].

Desde 1930, el metal duro ha sido utilizado ampliamente para el mecanizado. A partir de entonces, se han realizado constantes desarrollos que han dado como resultado diversas composiciones y métodos de fabricación de diversas calidades de metal duro (resistencia al desgaste y tenacidad) que actualmente se utilizan en el corte de metales.

El objetivo principal de este trabajo es proponer una metodología para reciclar los insertos de carburo de tungsteno que han sido desechados por la industria metal mecánica, para su uso en el maquinado de acero, en operaciones de semi desbaste y desbaste, previniendo de los impactos ambientales que implica el proceso de fabricación de los insertos de carburo de tungsteno.

2. FABRICACIÓN DEL METAL DURO

El metal duro es un producto pulvimetalúrgico que es fabricado por medio de un proceso cuidadosamente controlado. La estructura y su composición son muy importantes para obtener una calidad garantizada del producto y, consecuentemente un buen desempeño durante el mecanizado [2].

La fabricación del metal duro se lleva a cabo a través de los procesos: Producción del polvo, prensado, sinterizado, tratamiento de placa y recubrimiento.

2.1. Producción de polvo

La principal materia prima para la fabricación del metal duro es la mena de tungsteno (se denomina así a toda la acumulación de mineral con contenido valioso recuperable por algún proceso metalúrgico). Antes de ser aceptada para la producción, es sometida al chequeo del material en bruto, que cubre no solamente el análisis completo de los elementos, sino que también determina características físicas clave como estructura cristalina y tamaño de grano.

El primer paso de la fabricación es la preparación de una solución de polvo pulvimetalúrgico. Se realiza una mezcla con las partículas duras (Carburo de tungsteno, carburo de niobio, carburo de tantalio y carburo de titanio). Todas las partículas duras son mezcladas en grandes molinos de bolas hasta obtener granos muy pequeños. Posteriormente se le agrega el polvo de cobalto obteniendo una mezcla homogenizada de partículas duras y aglutinante. El control definitivo de las muestras es la comprobación de las características físico-

metalúrgicas y tecnológicas. Además se comprueba su estructura, porosidad, dureza, y resistencia a la flexión. Si los resultados de estas pruebas son positivos respecto a los requerimientos necesarios de calidad deseada, el lote molido pasa a la siguiente fase [3].

2.2. Prensado

Consiste en compactar en prensas de simple y doble acción utilizando matrices y punzones fabricados de carburo. La forma del punzón determina la forma del metal duro ya que puede ser triangular, redondo, cuadrado, etc. Algunas placas requieren ranuras rompevirutas que faciliten la evacuación del material durante el proceso de mecanizado. Para facilitar este proceso se le añade un lubricante al polvo. En el prensado, el polvo compactado toma la forma pero no las dimensiones que serán obtenidas durante el proceso de sinterizado. Esto es debido a que los poros representan el 50% de la masa compactada y la porosidad desaparece en el proceso de sinterizado, correspondiendo a una reducción lineal del 17 al 20%.

2.3. Sinterizado

Es un tratamiento en caliente que cierra los poros. Fija las partículas duras e incrementa su resistencia al desgaste. Consiste en producir una reacción entre las partículas duras y el aglomerante, elimina los poros de la masa compactada y posibilita el enfriamiento final de la placa sinterizada en forma correcta [4]. La reacción que se produce en este proceso se conoce como la fusión de sinterizado. Esto significa que cuando han sido alcanzadas temperaturas de 1400°C a 1600°C, el metal aglomerante se funde y se disuelve una cantidad considerable de carburos. La prueba final se realiza formando muestras de la carga. A las muestras obtenidas se les controlan dimensiones, porosidad, estructura y tamaño de grano, fuerza coercitiva, densidad, dureza y comportamiento de corte.

2.4. Tratamiento de la placa

Algunas placas son rectificadas para alcanzar tolerancias estrechas y espesores determinados. El círculo inscrito, dimensión, radios, chaflanes y ángulos se obtienen por medio de rectificado. Sin embargo, la mayoría de las placas son acabadas directamente en el prensado [5].

El rectificado se realiza con muelas de diamante. Se controla espesor, facetas paralelas, redondeamiento e inspección visual de roturas, marcas o fisuras, en las placas, respecto a la operación de rectificado. Estas se mejoran con el redondeamiento de las aristas de corte (ER). La forma, tamaño y aspecto superficial del

redondeamiento de las aristas es muy importante según el tipo de placa y su tamaño varía entre 0.02 a 0.08 mm.

2.5. Recubrimiento

Un metal duro recubierto proporciona una vida de 2 a 5 veces mayor a la herramienta, comparada con la de un metal duro convencional, para el mismo proceso de mecanizado. Garantiza una menor fricción y por lo consiguiente, una temperatura más baja en el filo de corte, lo que representa una vida de herramienta más larga.

Las mejoras de unión entre diferentes capas de recubrimiento y los sustratos de las placas han permitido obtener una variedad de metales duros recubiertos. Estos pueden tener una, dos, tres o incluso más capas, combinando las diferentes propiedades de cada tipo de material de recubrimiento [6].

Los grosores de los recubrimientos sobre las placas varían entre las 2 y 12 micras.

El recubrimiento CVD (deposición química de vapor) es un proceso automatizado y se realiza por medio de reacciones químicas de diferentes gases. Para ello, las placas se calientan a cerca de 1000°C. El proceso de recubrimiento CVD se adapta muy bien a los recubrimientos múltiples, debido a que el proceso es fácil de regular, en lo que respecta a los diferentes gases. Con el mismo proceso se pueden conseguir diferentes tipos de recubrimientos.

3. IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA INDUSTRIA MINERA.

Todos los depósitos de tungsteno son de origen magmático [7]. Durante el enfriamiento del magma, se produce cristalización diferencial, la Schelita (mineral formado por tungsteno y calcio) y wolframita (químicamente se trata del wolframio mixto de hierro y manganeso), que se encuentran a menudo en vetas, dentro de las grietas de la corteza terrestre a las que el magma ha penetrado. La mayoría de los depósitos de tungsteno se encuentran en España, Rusia, China, Portugal, Perú y Brasil. Cabe mencionar que China es el mayor productor de tungsteno. En 2009, China produjo el 81% de este metal y actualmente cuenta con el 61% de las reservas mundiales estimadas, que a este ritmo de extracción, agotará las reservas de tungsteno en 43 años [8].

Durante el desarrollo de la minería a nivel mundial se han generado beneficios sociales y económicos. Sin embargo, pocos sabemos acerca de los costos detrás de la explotación de los minerales [9]. La mayoría de los minerales de tungsteno contiene menos del 1.5% de wolframio y las plantas de tratamiento de los minerales están siempre cerca de la mina.

En este sentido, la primera actividad es la exploración del subsuelo para diferenciar los territorios con posibilidades de contener recursos minerales de explotación rentable. Una vez localizados los yacimientos, sigue la preparación de la tierra a ocupar.

Durante esta etapa puede surgir el conflicto entre los intereses de los propietarios de concesiones mineras (subsuelo) y los intereses de los terrenos (superficie) de tal forma que las tierras destinadas a las actividades agrícolas desaparecen lo que ocasiona problemas sociales. Cuando se consigue el acceso a las tierras, es posible iniciar la construcción de la infraestructura (vías de acceso a la mina y de comunicación local, obras de retención de agua y energía eléctrica e instalaciones para la operación de la unidad minera). Durante la extracción de los minerales se ha tecnificado el uso de maquinaria pesada de alta capacidad y el empleo de medios de transporte sofisticado ha provocado la demanda de mano de obra especializada para el manejo de equipo. Esto da como resultado una disminución de la plantilla de empleados, debido a que las grandes empresas requieren personal especializado [10].

Los accidentes laborales, los impactos ambientales en el agua, flora, fauna, aire y suelo, así como las afectaciones a la salud de los trabajadores y pobladores locales originan conflictos entre las comunidades y empresas.

En la operación de barrenación y voladura se ocasionan los siguientes impactos: generación de residuos, ruidos y vibraciones, asolvamiento de los cuerpos, afectación a los sistemas acuáticos, exposición de los minerales contaminantes, reducción en el nivel freático, reducción en la disponibilidad y calidad del agua [11].

La minería subterránea crea espacios bajo la tierra en los cuales trabajan los seres humanos. Las condiciones de trabajo son las siguientes; humedad ambiental, temperatura del aire, presencia de radiaciones nocivas o de gases explosivos, presencia de agua, formación de polvo y la emisión de ruido depende tanto del mineral como de la roca encajante, la profundidad de la mina y el uso de maquinaria, afectando la seguridad y salud de los mineros [12].

4. METODOLOGÍA DE RECICLADO DE INSERTOS DE CARBURO DE TUNGSTENO

La producción de insertos nuevos de carburo de tungsteno implica el consumo de grandes cantidades de recursos y energía, además de producir impactos ambientales de difícil cuantificación e identificación.

El consumo aproximado global de insertos es de 5 millones anuales de euros y se producen de 1.2 a 1.4 millones de insertos anualmente. Actualmente se recicla del 15 a 30% en Turquía, Alemania, Estados Unidos, entre otros.

Mundialmente, el consumo de herramientas de corte de carburo de tungsteno es del 30 % en América, 30% en Asia y el 40% en Europa [13].

Los segmentos que consumen herramientas de corte son: 35% talleres mecánicos, 35% industria automotriz, 10% industria aeroespacial, 5% sector de moldes y matrices y 5% industria médica [14].

En la ciudad de Puebla el promedio de venta de insertos es de 500,000 piezas anuales y ninguna empresa tiene contemplado el reciclado, Ya que actualmente los insertos son desechados junto con el desperdicio metálico.

El consumo de insertos en la ciudad de Puebla se divide en tres grupos. El primer grupo corresponde, aproximadamente 67,000 piezas mensuales consumidas, y se localiza en empresas como Volkswagen, Racini y frenos entre otras. El segundo grupo consume cerca de 11,700 piezas mensuales y corresponde a empresas medianas como: Benteler, S.K.F, Federal Pistones, Bonasa, Flowserver, por poner algunos ejemplos. El tercer grupo está compuesto por pequeñas empresas como: Industrial Tamto, Maquinados Industriales esféricos, Ibayro, Cepama, entre otras y tiene un consumo aproximado de 1,500 piezas.

De acuerdo al objetivo planteado, a través del reciclado de los insertos de carburo de tungsteno se lograrán reducir considerablemente los impactos ambientales que implica el proceso de fabricación de insertos de carburo de tungsteno, Prevenir desechos contaminantes, aprovecharlos para un segundo uso en operaciones de semi desbaste y desbaste para maquinar piezas metálicas.

Por todo lo anterior, para el reciclado de insertos de carburo de tungsteno se considera la siguiente estrategia metodológica.

1.- Recolección y selección de insertos desechados de empresas del ramo metalmeccánico.

2.- Clasificación, mediante inspección del tipo de desgaste de cada inserto.

3.- Análisis y evaluación de la recuperación del inserto.

4.- Limpieza de los insertos por la técnica de sand blast.

5.- Aplicación del proceso de lapeado.

6.- Inspección del lapeado.

7.- Recubrimiento del inserto recuperado.

8.- Realización de pruebas de funcionamiento de los insertos recuperados.

5. PARTE EXPERIMENTAL

El desarrollo experimental se realizó de acuerdo a la estrategia metodológica.

1.- En la recolección de los insertos participaron dos empresas: Maquinados Industriales Esféricos y

SKF, proporcionando 40 muestras de insertos marca Sandvik que utilizan en sus procesos de maquinado de piezas en operaciones de acabado superficial los cuales han sido desechados. Se realizó una selección de muestras visual utilizando una lupa 10X.

2.- Se clasificaron los insertos de acuerdo a su desgaste presentado utilizando microscopio U-BHF con un objetivo 10X, los insertos presentaron desgastes de incidencia, fisuras térmicas, mella, deformación de fillos, etc.

3.- Se midió el desgaste de los insertos y se recuperaron 20 insertos.

4.- La limpieza de los insertos se realizó en una cabina de sand blast marca NTEC y polvo de óxido de aluminio.

5.- El proceso de lapeado se realizó con una máquina afiladora marca EWAG y con herramienta de afilado copa de diamante.

6.- Se inspeccionó el lapeado con un comparador óptico marca Mitutoyo modelo PJ-A 300.

7.- El recubrimiento que se le aplicó a los insertos DNMG 150608 PF y DNMG 150608 MR corresponde a Balinit Futura (recubrimiento extra duro basado en nitruro de titanio aluminio).

8.- Las pruebas técnicas de funcionamiento se realizaron en el taller de maquinado de la empresa Numa Ingeniería. Se compararon los resultados de un inserto nuevo marca Sandvik contra los de un inserto reciclado recubierto y sin recubrimiento marca Sandvik, en la operación de desbaste y semi desbaste en el maquinado de perno acero 4140 tratado con dureza 32HRC.

6. RESULTADOS DE PRUEBAS DE TORNEADO

Después de realizar el desbaste y semi-desbaste sin refrigerante en una máquina Romi C-420 de control numérico, en pernos de material AISI 4140 tratado (Dureza: 32 HRC) con un diámetro de 25 mm, se obtuvieron los resultados que se presentan en las Tablas 1 a la 4, para geometrías de acabado (PF) y desbaste (PR y MR), respectivamente.

Tabla 1. Resultado de pruebas de maquinado con inserto nuevo e inserto reciclado recubierto PF.

Fabricante	Maquinado actual	Maquinado inserto reciclado
Sandvik	Calidad 4225	Con recubrimiento futura
Inserto	CNMG 120408 PR	DNMG 150608 PF
Velocidad de corte	200 m/min	150 m/min
RPM	2500.00	2000.00
Avance	0.25 mm/rev	0.25mm/rev
Profundidad	2 mm	1mm
Longitud de corte	100mm	15mm
Número de pasadas	1	4
Tiempo de mecanizado	4 min	1.5 min
Número de fillos	4	4
Número de piezas/filo	60	90
Criterio de cambio	Desgaste incidencia	Desgaste incidencia

Tabla 2. Resultado de pruebas de maquinado con inserto nuevo e Inserto reciclado recubierto MF

Fabricante	Maquinado actual	Maquinado inserto reciclado
Sandvik	Calidad 4225	Recubrimiento Futura
Inserto	CNMG 120408 PR	DNMG 150608 MR
Velocidad de corte	200 m/min	150 m/min
RPM	2,500	2,000
Avance	0.25 mm/rev	0.4 mm/rev
Profundidad	2 mm	1 mm
Longitud de corte	100mm	15mm
Número de pasadas	1	4
Tiempo de mecanizado	4 min	0.80 min
Número de filos	4	4
Número de piezas/ filo	60	80
Criterio de cambio	Desgaste incidencia	Desgaste incidencia

Observaciones: Buen control de virutas.

Tabla 3. Resultado de pruebas de maquinado con inserto nuevo e inserto reciclado sin recubrimiento.

Fabricante	Maquinado actual	Maquinado inserto reciclado
Sandvik	Calidad 4225	sin recubrimiento
Inserto	CNMG 120408 PR	DNMG 150608 MR
Velocidad de corte	200 m/min	150 m/min
RPM	2500.00	2000.00
Avance	0.25 mm/rev	0.3 mm/rev
Profundidad	2 mm	2mm
Longitud de corte	100mm	15mm
Número de pasadas	1	4
Tiempo de mecanizado	4 min	1.20 min
Número de filos	4	4
Número de piezas/ filo	60	60
Criterio de cambio	Desgaste incidencia	Desgaste incidencia

Tabla 4. Resultado de pruebas de maquinado con inserto nuevo e inserto reciclado sin recubrimiento PF.

Fabricante	Maquinado actual	Maquinado inserto reciclado
Sandvik	Calidad 4225	sin recubrimiento
Inserto	CNMG 120408 PR	DNMG 150608 PF
Velocidad de corte	200 m/min	150 m/min
RPM	2500.00	2000.00
Avance	0.25 mm/rev	0.5mm/rev
Profundidad	2 mm	1mm
Longitud de corte	100mm	15mm
Número de pasadas	1	4
Tiempo de mecanizado	4 min	1min
Número de filos	4	4
Número de piezas/ filo	60	75
Criterio de cambio	Desgaste incidencia	Desgaste incidencia

Observaciones: El inserto sin recubrimiento no es capaz de soportar la profundidad de corte de 2 mm, la pieza se calienta, el avance de 0.5 mm/rev ocasionó que la pieza se calentara, ocasionó vibración y no hubo buen control de viruta.

7. CONCLUSIONES

La estrategia metodológica propuesta para el reciclado y reutilización de insertos de carburo de tungsteno, resultó adecuada, contribuyendo así a reducir los impactos ambientales generados en su producción. Dicho lo anterior, se pueden contemplar ahorros en recursos naturales, energía, contaminación y utilización del agua, etc.

Con respecto a las pruebas de funcionamiento los resultados obtenidos en el maquinado realizado con los insertos reciclados recubiertos, éstas funcionaron suficientemente bien con diferentes avances dando como resultado reducción en el tiempo de fabricación de la pieza y mayor número de piezas por filo. Para los insertos sin recubrimiento las pruebas se realizaron con diferentes avances, no se pudo controlar la salida de viruta, la pieza se calentó y se presentó vibración, los resultados fueron regulares. Concluyendo lo anterior se puede mencionar que los insertos reciclados recubiertos Futura funcionan bien en el maquinado de acero 4140 tratado en operaciones de semi desbaste y desbaste. Finalmente, se puede afirmar que la aplicación de esta metodología es factible técnica y económicamente, para empresas que deseen la reducción del impacto ambiental, de las operaciones de producción de insertos.

8. REFERENCIAS

- [1] Sandvik. (2002). *Introducción a las herramientas de corte*. Suecia: Sandvi, Coromant.
- [2] Coromant. (2006). *Introducción al mecanizado*. Sandviken: Coromant.
- [3] Coromant, S. (2008). *Introducción al mecanizado moderno*. Suecia.
- [4] Kenametal. (1999). *Materiales de corte*. USA: Kenametal.
- [5] Becerra, R. (2001). *Industrial con diamante. Herramientas*, 2-16.
- [6] Balzers. (2009). *Las virutas calientes ahorran dinero*. BENELUX: Balzers N.V./S.A.
- [7] Hartman, H. (1987). *Introductory mining*. USA: Sons.
- [8] Fajardo, W. (22 de Septiembre de 2010). Edmed adquiere opción sobre yacimiento de tungsteno en Portugal. *La revista minera*, págs. 15-25.
- [9] Sánchez, M.T. (1991). *Yacimientos Minerales*. México: Atlas Nacional de México.
- [10] Jimeno, C. (2003). *Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras*. Perú.
- [11] Azcarate J.E. (1982). *Introducción a la metodología de investigación minera*. Instituto geológico y minero de España. Madrid. España
- [12] Anton. D. (2001). Impactos ambientales de los tajos y canteras en *Minería subterránea* (págs. 126-150). USA.
- [13] Kenneth V. Sundh. (2008). *Eficiencia y calidad*. Suecia: Metalworking world.
- [14] Lindqvist, P. (2006). La búsqueda continua de la excelencia industrial. *Revista de negocios y tecnología de Sandvik Coromant*, 30-35.