



Foto: <http://investor.nobelbiocare.com>

## ► Pulvimetalurgia En Busca de Nuevos Materiales

Camilo Marín Villar  
Periodista Metal Actual

Gracias a los polvos metálicos se han desarrollado aleaciones 'superduras' que, incluso, pueden rallar el diamante.

*La compactación y sinterización de polvos metálicos de grano fino, en piezas con formas complejas, promete revolucionar el desarrollo y diseño de los materiales del futuro.*

En el tema de nuevos materiales, varias de las grandes mejoras e innovaciones del siglo pasado se han realizado gracias al desarrollo de la pulvimetalurgia (PM); el éxito de esta técnica se debe a que abre la posibilidad de fabricar piezas de alta calidad de formas complejas con dimensiones cercanas a las del producto final y con mejores propiedades mecánicas, por su mayor homogeneidad y control del tamaño de los granos; factores esenciales para lograr la formación de enlaces fuertes entre las partículas y en consecuencia, incrementos en la dureza y tenacidad de los materiales.

La tecnología PM es una realidad industrial, lo suficientemente madura como para asumir un papel preponderante en el desarrollo de materiales avanzados, para la

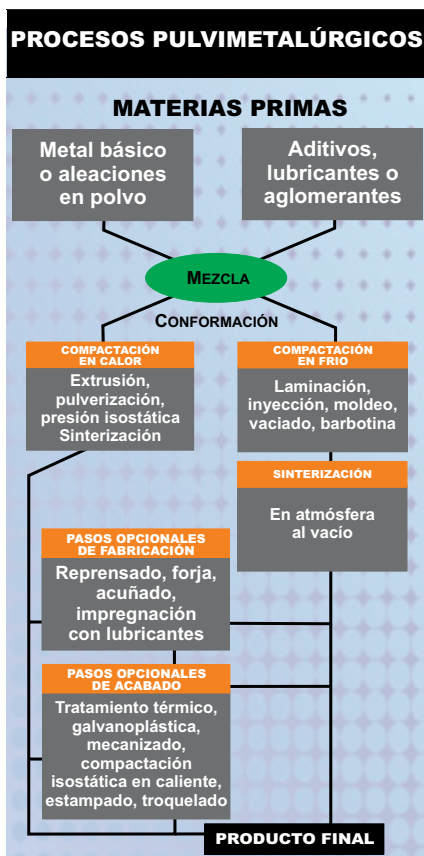
obtención de piezas metálicas, de difícil manufactura, con excelentes tolerancias, de alta calidad y en grandes series.

En este proceso se preparan aleaciones mezclando los polvos metálicos secos, en ocasiones, combinados con otros elementos como cerámicos o polímeros, prensándolos a alta presión y calentándolos después a temperaturas justo por debajo del punto de fusión del metal principal durante el tiempo suficiente para que se enlacen las partículas de los diferentes polvos; el resultado es una aleación sólida y homogénea con propiedades especiales. El desperdicio de materiales es reducido; admite combinaciones o mezclas poco comunes, y permite lograr grados de porosidad y permeabilidad controlados.

Estas características hacen que la pulvimetalurgia se identifique como un proceso eficiente, de alta productividad, con ahorro de energía y materias primas. Consecuentemente, la tecnología de polvos, está creciendo y reemplazando métodos tradicionales para conformar piezas metálicas como la fundición y la forja. Además, es una técnica de manufactura flexible y útil para un amplio rango de aplicaciones, como por ejemplo compuestos resistentes al desgaste, filamentos de tungsteno para ampolletas, restauraciones dentales, rodamientos auto-lubricantes, engranes de transmisión para automóviles, componentes eléctricos, refuerzos para tecnología nuclear, implantes ortopédicos, filtros, pilas recargables, y piezas para aeronaves. Otros ejemplos son los discos de esmerilar, brocas y herramientas de corte y desbaste.

### Fabricación de Polvos

La pulvimetalurgia comienza con la fabricación de los polvos metálicos; y aunque todos los metales pueden producirse en forma de polvo, no todos cumplen con las características necesarias para poder conformar una pieza.



Los dos metales más utilizados para la producción de polvo para la fabricación de componentes son el cobre y el hierro; como reemplazo del cobre se utilizan el bronce para hacer cojinetes porosos y el latón para pequeñas piezas de maquinaria, además se combinan latón y acero para partes estructurales; también, aunque en menor proporción, se emplean polvos de acero inoxidable, níquel, plata, tungsteno, tantalio, titanio, cobalto, zirconio, grafito, aluminio y diferentes carburos y óxidos metálicos.

La selección y aplicación de un polvo dependen del tipo de material y los objetivos que se quieran alcanzar, por esto, en la industria se eligen los polvos según su forma, tamaño y distribución de las partículas, además de su pureza, densidad, velocidad de flujo y compresibilidad, ya que estas características determinan las propiedades finales de las piezas.

Para la producción de polvos metálicos existen diversos procedimientos, la fabricación se realiza por métodos químicos y electrolíticos; pero sobre todo por pulverización de metales líquidos mediante chorro de aire comprimido o con chorros de vapor de agua.

- **Pulverización Líquida:** Con este método, el metal fundido es separado en pequeñas gotas que luego son congeladas rápidamente antes de que se vuelvan a fusionar entre ellas o con una superficie sólida. Después se desintegran al someterlas al impacto de fuertes flujos de gas (se usan comúnmente aire, nitrógeno y argón) o de líquido (normalmente agua). La principal ventaja de la pulverización es su flexibilidad, pues al modificar diferentes parámetros del proceso se puede controlar el tamaño de las partículas y producir polvos de diferentes grados de finura; es el método más utilizado para metales que tienen bajos puntos de fusión, como estaño, plomo, zinc, cadmio y aluminio.
- **Reducción en Estado Sólido o Reducción de Óxido:** Este proceso ha sido durante mucho tiempo el más utilizado para la producción de polvo de hierro; la materia prima seleccionada es macerada o triturada, mezclada con carbón y pasada por un horno continuo; este método crea una especie de esponja de hierro que después se tritura nuevamente, se separan los materiales no metálicos y se tamiza para producir el polvo; debido a que no se hace ningún refinamiento, la pureza del polvo depende de la pureza de la materia prima. Este es el único método práctico disponible para producir polvos de metales refractarios, como tungsteno y molibdeno, también es una técnica económica para producir polvos de hierro, níquel, cobalto y cobre.
- **Electrólisis:** El metal a pulverizar, que actúa como ánodo, se sumerge en tinas con un electrolito; mientras los tanques actúan como cátodos, el hierro o metal se mueve de los ánodos hacia los cátodos depositándose

como un polvo fino que puede posteriormente utilizarse con facilidad. Es el método más adecuado para producir polvos muy puros, principalmente de hierro y cobre.

Además de estos tres procesos, hoy hay muchos otros que tienen una creciente aceptación en la industria metalúrgica, debido a sus aplicaciones; las más reconocidas son las técnicas de Electrodo Rotatorio y Trituración, básicamente procedimientos mecánicos, útiles para la pulverización de algunos metales frágiles como el manganeso y el cromo.

Estos métodos, solos o combinados, permiten obtener partículas de polvo de casi cualquier metal o aleación. Tras su obtención, generalmente se deben secar y en algunas ocasiones se les aplican tratamientos térmicos antes de ser utilizados en la producción de componentes.

## Elaboración de Componentes

Una vez obtenidos los polvos metálicos, el proceso para conformar una pieza por pulvimetalurgia se puede resumir en tres etapas:

- **Dosificación y Mezcla:** Los polvos metálicos se deben mezclar con sus respectivas adiciones (dependiendo de las propiedades deseadas para la pieza terminada), para crear una mezcla homogénea de ingredientes. Generalmente, para obtener las características requeridas es necesario mezclar polvos de tamaños y composiciones diferentes; igualmente, se pueden añadir aditivos que actúen como lubricantes durante el compactado o aglutinantes (estearato de zinc) que incrementen la resistencia del compactado crudo. El tiempo de mezclado puede variar desde unos pocos minutos hasta varios días, dependiendo del material y de los resultados deseados.
- **Compactado:** Esta es la operación más importante dentro de la metalurgia de polvos, en ella se introduce la mezcla en un molde de acero o carburo rígido y se compacta bajo presión hasta obtener una pieza con la forma y el tamaño deseado. La mayor parte del compactado se hace en frío, aunque hay algunas aplicaciones para las cuales la mezcla se presiona en caliente; la compresión en caliente produce mayor exactitud de la

pieza. El objetivo de la presión es unir las partículas, generar enlaces entre los átomos e incrementar la densidad de la mezcla. En teoría, si un polvo se comprime lo suficiente, alcanzará el 100 por ciento de la densidad y la resistencia del metal original al ser sinterizado.

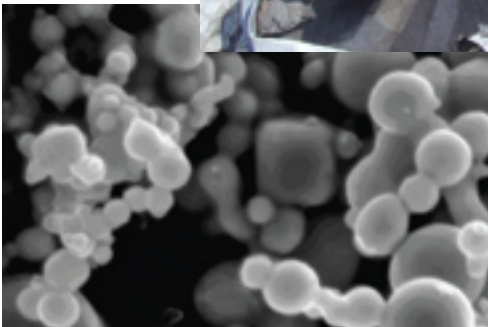
- **Sinterizado:** En esta etapa la mezcla comprimida adquiere la resistencia y fuerza definitiva. Las piezas se introducen en un horno con temperatura controlada que no excede el punto de fundición del metal base (entre el 60 y 90 por ciento antes de la fusión), con esto se logra la difusión atómica del material y la unión entre los diferentes polvos, lograda durante el proceso de compactación, y se fortalecen los enlaces metalúrgicos para formar una pieza uniforme con propiedades especiales. En la mayoría de los casos se usan hornos eléctricos pero si se necesitan temperaturas superiores, se utilizan múltiples tipos de hornos, todo depende de los polvos que se empleen, por lo que existen tantas temperaturas de sinterización como materiales utilizados.

Por lo general, para los metales más comunes, se utilizan las siguientes temperaturas de sinterización (ver tabla 1).

## Materiales y aplicaciones

Según explicó el Ingeniero Héctor Mosquera, experto de la Unidad de Materiales y Manufacturas de la Universidad Nacional de Colombia, aunque, son diversos y muy variados los materiales desarrollados con polvos metálicos, desde hierros tradicionales hasta superaleaciones sofisticadas, en los últimos 25 años, la PM se ha enfocado en crear compuestos de alta tecnología, entre los que se destacan, la obtención de aleaciones resistentes que puedan trabajar a alta temperatura. Estas aplicaciones son especialmente importantes en la industria del transporte, en particular en la aeronáutica, y en la producción de energía.

Foto: www.alibaba.com



► El tamaño, forma y distribución de los polvos metalúrgicos afectan las características de las piezas a producir. En especial la finura de los polvos se refiere al tamaño de la partículas las cuales se encuentran entre las 36 y 850 micras.

Materiales	Grados °C
Hierro / Acero	1.100 – 1.300
Aleaciones de Aluminio	590 – 620
Acero inoxidable	1.000 – 1.200
Cobre	750 – 1.000
Latón	850 – 950
Bronce	740 – 780
Metales Duros	1.200 – 1.600
Carburo de tungsteno	1.480
El tiempo de sinterizado varia entre 20 y 40 minutos.	

Tabla 1.

Como ejemplos, conviene mencionar las aleaciones de aluminio que soportan rangos de temperatura de entre 230 a 375 °C, incluso, existen materiales en desarrollo que tienen como meta soportar trabajos industriales de hasta 500 °C, estas aleaciones compiten con las de titanio, de mayor densidad, más difíciles de mecanizar y de mayor precio.

Por supuesto, la aleación refractaria líder de titanio, fabricada a través de pulvimetalurgia, es la Ti-6Al-4V; el éxito alcanzado por ésta, es consecuencia de combinar unas excelentes propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión con una baja densidad. La mayor limitación es su alto costo, tanto de manufactura como de mecanizado.


Así mismo, Mosquera destacó que, hoy por hoy, la tecnología PM ha logrado desarrollar excelentes aceros rápidos de alta aleación del tipo refractarios, utilizados principalmente en la fabricación de herramientas de corte. La principal propiedad es que cuentan con una alta resistencia, dureza y tenacidad, acompañada de una buena resistencia al desgaste.

Los más utilizados son los S.A.E./A.I.S.I M2, M3, M4 y D7, comercializados en Colombia, los cuales, además ofrecen microestructuras finas y homogéneas, que les proporciona uniformidad frente al cambio dimensional durante el tratamiento térmico de endurecimiento final y una notable aptitud para el rectificado. Todas estas ventajas hacen que, aunque el proceso pulvimetalúrgico es más costoso, el rendimiento de la pieza es mayor, y, por tanto, el empleo de piezas de acero sinterizado puede ser finalmente más rentable.

Igualmente, la PM ha permitido fabricar diversas superaleaciones, entre ellas las de base Níquel, que se utilizan para obtener piezas de formas complejas para la industria aeronáutica. Una de las primeras superaleaciones comerciales fue Nimonic 75, denominada así porque puede trabajar a 750 °C. Posteriormente, se desarrolló la aleación Nimonic 90 que incorpora más titanio y aluminio, lo que amplió excepcionalmente sus propiedades.

# metabo®

## Herramientas Eléctricas Industriales

Tecnología Alemana 



### Pulidoras



EXCELENTES VENTAJAS EN CORTE Y DESBASTE

- Modelos en 4 1/2", 7" y 9" en 110V ó 220V
- Robusto motor METABO "Marathon"
- Embrague de seguridad METABO S-Automatic
- Diseños ergonómicos • Óptima refrigeración
- Escobillas de carbón autodesconectantes
- Mango antivibrador • Sistema "Quick"
- Variedad de discos abrasivos METABO

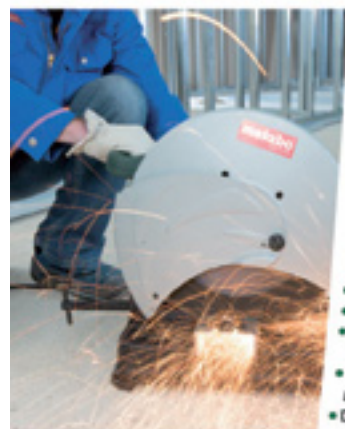


### Satinadoras



PARA SATINAR Y PULIR PROFESIONALMENTE

- Aplicación en aceros inox y otros metales, para superficies planas o tubulares.
- Sistema electrónico "VTC" de onda plena
- Escobillas de carbón autodesconectantes
- Robusto motor METABO "Marathon"
- Rodillo de apoyo para guiado exacto
- Arranque suave y velocidad variable
- Protección contra sobrecargas
- Amplio abanico de accesorios METABO



### Tronzadoras



PARA TRONZAR DE FORMA RÁPIDA Y EFICIENTE

- 2,300 Watts de superpotencia en 110V ó 220V
- Aplicación en aceros, metales no férreos y fundición
- Robusto motor de engranaje con rodamientos de bola para soportar grandes esfuerzos
- Dispositivo de sujeción rápida con adaptación a inglete hasta 45°
- Disco METABO de 14" (350 mm)

SERVICIO TÉCNICO - GARANTÍA - REPUESTOS ORIGINALES - ACCESORIOS

Importador exclusivo  
**DURESPO S.A.**  
 Bogotá: Autopista Norte N° 122 -78 PBX:(1) 603 62 62  
 Itagüí: Autopista Sur N° 29 - 97 PBX: (4) 444 62 62  
 Medellín: Cr 70 N° 44 B 72 PBX: (4) 444 62 62  
 metabo@durespo.com.co - www.durespo.com.co  
 Consulte por nuestros distribuidores autorizados en las principales ciudades del País

Otro de los usos frecuentes de los polvos metálicos es la sinterización de materiales con memoria de forma (EMF), que básicamente son aleaciones que pueden recuperar su forma original tras un simple calentamiento después de ser deformados plásticamente. También poseen efecto súper elástico y una capacidad elevada de amortiguamiento. Actualmente, los alambres súper elásticos han encontrado un amplio uso en la ortodoncia.

La pulvimetalurgia también se usa en gran medida en la producción de materiales con aplicaciones magnéticas empleados en la industria eléctrica y electrónica. Además, para crear metales duros que se utilizan extensamente en la fabricación de herramientas de corte para conformar y mecanizar; y en la minería para perforaciones y manipulación de mineral.

Los más recientes avances muestran que la tecnología de polvos se ha constituido en una valiosa herramienta en el desarrollo de materiales especiales, incluso en el terreno de los 'hardmaterials', así es como expertos ingenieros de la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA) han desarrollado el Diboruro

de renio, una nueva aleación 'superdura' a través de PM, el cual puede rallar el diamante con facilidad y se puede fabricar con relativa sencillez. Hasta ahora todos los materiales que competían con el diamante en dureza se fabricaban a altas presiones y temperaturas, por su parte el Diboruro de renio se obtiene de una mezcla de Boro y Renio por la que se hace pasar una corriente eléctrica (sinterización por resistencia).

Estos adelantos han hecho posible la fabricación de partes a través de la pulvimetalurgia con propiedades, en muchos casos, superiores a piezas fabricadas por los métodos tradicionales. Por ello, sin duda, son indiscutibles las ventajas y oportunidades para la industria, entre las que se destacan:

- **Limpieza metalúrgica:** La mínima presencia de óxidos y sulfuros en comparación a otros métodos de elaboración resulta en una mayor tenacidad y polichabilidad.
- **Uniformidad de estructura:** Debido al proceso de fabricación, se obtiene un producto de perfecta homogeneidad. Una mejor respuesta al tratamiento térmico, resulta en muy bajas modificaciones dimensionales,

menores deformaciones y perfecta isotropía de las propiedades en todas sus direcciones.

- **Resistencia al desgaste y dureza en caliente:** Los materiales pulvimetalúrgicos especiales para herramienta y altamente aleados, preservan su alta dureza en caliente, así como altísima resistencia al desgaste para ser aplicados en herramientas de corte, embutido, extrusión y conformado y roscado en frío.
- **Maquinabilidad:** Permiten excelente maquinado y rectificado, incluso, para grados que tienen alto contenido de Vanadio.
- Porosidad controlada.
- Tolerancias reducidas y acabado superficial de alta calidad.
- Por la calidad y pureza de los polvos producidos, se pueden obtener también piezas de alta pureza.
- No hay pérdidas de material.

Según el profesor Mosquera, aunque la industria nacional utiliza diariamente herramientas y piezas fabricadas por PM, quizás son dos o máximo tres las empresas que emplean la técnica para el desarrollo de sus productos, entre ellas se destacan Acerías Paz del Río, que cuenta con una de las plantas de sinterizado más grandes de Latinoamérica. La mayoría de las partes, herramientas y productos pulvimetalúrgicos, que se comercializan en Colombia son importados.

Básicamente, esto se debe a que los polvos metálicos son costosos y difíciles de almacenar, al igual que los equipos para su producción. Además, los métodos tradicionales (fundición y forja) son procedimientos mucho más económicos.

En general, en un futuro no muy lejano habrá que impulsar tanto esta tecnología como muchas otras para la modernización de la industria colombiana, para lo cual se requiere hacer un análisis profundo de costos, de producción y de mercado, pero a simple vista, la PM se ve como una

► Algunos productos fabricados por este procedimiento son: filtros metálicos, carburos cementados, engranes y rotores para bombas, escobillas para motores, cojinetes porosos, magnetos y contactos eléctricos.



Foto: www.turktoz.gazi.edu.tr



► Las partes de metal en polvo pueden volverse a comprimir después del sinterizado. La recompresión puede hacerse en prensas compactadoras o en prensas ordinarias.

buena oportunidad para investigar y desarrollar materiales que generen no sólo riqueza sino también desarrollo tecnológico para el país.

La pulvimetalurgia es un método a tener en cuenta para fabricar muchas de las piezas que normalmente utiliza la industria, tanto la nacional como la internacional. Las propiedades mecánicas alcanzadas en estas piezas son a veces inalcanzables por cualquier tipo de fabricación, trayendo beneficios importantes tanto en lo económico (costos de piezas y mantenimiento) como en funcionamiento de la máquina que utilice la pieza fabricada por este método.

Está claro que a medida que los conocimientos en esta materia aumenten, aparecerán muchas más aplicaciones para la PM, la mayoría de los usos actuales se basan en la eficiencia de los procesos. El futuro promete novedosos materiales que combinen el ahorro de los costos y factores como la calidad, dureza, control de dimensión y la capacidad de formar piezas exclusivas.

Recientes, investigaciones sobre los polvos metálicos ofrecen esperanza para aplicaciones aun más diversas, incluyendo aleaciones magnéticas de alta solidificación, aleaciones nuevas para aeronaves y estructuras de alta dureza involucrando micro estructuras a escalas muy pequeñas.

En este sentido, es de esperarse que la demanda cada vez mayor de materiales con altas especificaciones, así como de nuevas aleaciones, abran paso a que la pulvimetalurgia se convierta en una de las tecnologías de procesamiento de materiales de mayor crecimiento en la industria. ▲

#### Fuentes:

- **Héctor Mosquera.** Profesor de la Unidad de Materiales y Manufacturas de la Universidad Nacional de Colombia. [hmosqueram@unal.edu.co](mailto:hmosqueram@unal.edu.co).
- **Cerámica de los metales.** Autor Franz Skaupy. Editor Reverte, 1995.
- **Tecnología de los Metales para Profesiones Técnico-Mecánicas.** Autor: Hans Appold. Editorial Reverte, 1994.
- **Tecnología de los oficios metalúrgicos.** Autores A. Leyensetter, G. Würtemberger, Carlos Sáenz de Magarola Editor Reverte, 1974.
- <http://cipem.uniandes.edu.co/> [www.siame.gov.co/](http://www.siame.gov.co/) [www.cga.com.co/](http://www.cga.com.co/) <http://materiales.eia.edu.co/>



**Más Que Soldadura**

**EL MEJOR SERVICIO POST - VENTA  
DEL PAIS EN EQUIPOS DE:**

**S  
O  
L  
D  
A  
R**



**C  
O  
R  
T  
A  
R**

**[www.soldarco.com](http://www.soldarco.com)**

**Cali:** Carrera 4 No. 21 - 73  
PBX: (2) 889 4597 Fax: (2) 896 2509  
[ventascali@soldarco.com](mailto:ventascali@soldarco.com)

**Bogotá:** Carrera 27 No. 7 - 84  
PBX: (1) 237 0673 Fax: (1) 237 0615  
[ventasbogota@soldarco.com](mailto:ventasbogota@soldarco.com)