



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 12 – NOVIEMBRE DE 2008

“LA PULVIMETALURGIA DENTRO DE LA FAMILIA PROFESIONAL DE FABRICACIÓN MECÁNICA”

AUTORIA SEBASTIÁN DÍAZ BECERRO
TEMÁTICA FABRICACIÓN MECÁNICA
ETAPA FORMACIÓN PROFESIONAL

Resumen

La Pulvimetalurgia o Metalurgia de los polvos se imparte en el ciclo formativo de grado superior Producción por fundición y pulvimetalurgia. Este ciclo formativo al igual que toda la Formación Profesional está en un proceso de reforma que afecta a todo el Estado. Actualmente en Andalucía este ciclo está pendiente de desarrollar.

Palabras clave

Pulvimetalurgia, Metalurgia de los polvos, Fabricación Mecánica, sinterizado, ciclo formativo, módulo profesional, objetivos generales, capacidades terminales.

1. INTRODUCCIÓN.

Como hemos mencionado antes la Pulvimetalurgia o Metalurgia de los polvos se enseña en el ciclo formativo de grado superior Producción por fundición y pulvimetalurgia. Concretamente en los módulos: 1 Definición de procesos de fundición y pulvimetalurgia y 4 Ejecución de procesos de pulvimetalurgia.

El módulo 1 es impartido por un profesor de la especialidad Organización y Proyectos de Fabricación Mecánica en el primer curso del ciclo y consta de 7 horas semanales.

El módulo 4 es impartido por un profesor de la especialidad Mecanizado y Mantenimiento de Máquinas en el primer curso del ciclo y consta de 6 horas semanales.

2. OBJETIVOS GENERALES DEL CICLO.

Los objetivos generales del ciclo (Decreto 46/1997, de 18 de febrero; BOJA nº 50) relacionados con estos módulos son los siguientes:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 12 – NOVIEMBRE DE 2008

- Interpretar y analizar la documentación técnica utilizada en organización, ejecución y control de los procesos productivos de fundición y pulvimetalurgia.

- Comprender y aplicar las técnicas y tecnologías utilizadas en los procesos productivos de fundición y pulvimetalurgia.

- Analizar los procesos empleados en la fabricación por fundición y pulvimetalurgia, comprendiendo su interdependencia, secuenciación, relacionándolos con los equipos, materiales, recursos humanos y productos implicados en su ejecución, y evaluar su importancia económica.

- Seleccionar y valorar críticamente las diversas fuentes de información relacionadas con su profesión, que le permitan el desarrollo de su capacidad de autoaprendizaje y posibiliten la evolución y adaptación de sus capacidades profesionales a los cambios tecnológicos y organizativos del sector.

- Utilizar y buscar cauces de información y formación relacionada con el ejercicio de la profesión que le posibiliten tanto el conocimiento y la inserción en el sector como la evolución y adaptación de sus capacidades profesionales a los cambios tecnológicos y organizativos del mismo.

3. CAPACIDADES TERMINALES.

Según Decreto 46/1997, de 18 de febrero (B.O.J.A nº 50) las capacidades terminales relativas al módulo 1 *Definición de procesos de fundición y pulvimetalurgia* son las siguientes:

- 1) Analizar la documentación técnica relativa al producto que se debe fabricar (planos de conjunto, planos constructivos e informaciones técnicas) para realizar el estudio de fabricación.
- 2) Aplicar técnicas de análisis del trabajo al estudio de métodos y tiempos que optimicen la fabricación mecánica.
- 3) Analizar y desarrollar procesos de fundición y pulvimetalurgia, a partir de los requerimientos del producto, determinando las materias primas, los procedimientos de fabricación y las máquinas y medios de producción que posibiliten la fabricación en condiciones de calidad, rentabilidad, considerando los requerimientos exigidos al producto.
- 4) Determinar los costes de fabricación de un proceso de fundición y pulvimetalurgia.
- 5) Idear soluciones constructivas que permitan realizar el utillaje específico para la fabricación en procesos de fundición y pulvimetalurgia.

Según Decreto 46/1997, de 18 de febrero (B.O.J.A nº 50) las capacidades terminales relativas al módulo 4 *Ejecución de procesos de pulvimetalurgia* son las siguientes:

- 1) Analizar los materiales y productos mecánicos disponibles en el mercado, sus propiedades y aplicaciones en la fabricación por pulvimetalurgia.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 12 – NOVIEMBRE DE 2008

- 2) Analizar el funcionamiento de máquinas, instalaciones y utillajes para la elaboración de piezas en la fabricación por pulvimetalurgia.
- 3) Analizar las condiciones de trabajo propias de cada técnica o procedimiento de pulvimetalurgia, en lo que afecta al producto y a los medios de producción: instalaciones, equipos, máquinas, herramientas, útiles de control y medios auxiliares.
- 4) Operar y poner a punto las máquinas y equipos que intervienen en el proceso de fabricación por pulvimetalurgia, en condiciones de seguridad.
- 5) Analizar los programas y acciones de mantenimiento de los medios de producción.

4. ANTECEDENTES.

La Pulvimetalurgia o Metalurgia de polvos se puede definir como la técnica de producir polvos de metal y emplearlos para hacer objetos útiles. Los principios de la Metalurgia de polvos fueron aplicados desde el año 3000 A.C. por los egipcios para hacer utensilios de hierro. La utilización de polvos de oro, plata, cobre, latón y estaño para propósitos ornamentales era común durante la Edad Media.

En 1829, Woolaston publicó un artículo en el cual describía un proceso para producir platino compacto a partir de polvo con esponja de platino. Considerada la primera investigación científica en el campo de la Metalurgia de polvos, esto estableció los fundamentos de las técnicas modernas.

Es interesante notar que en el siglo XIX se producían más elementos metálicos en forma de polvo que en cualquier otra forma.

La invención de la lámpara eléctrica incandescente, por Edison, requirió el desarrollo de un adecuado material para filamento. Se utilizaron polvos de osmio, tantalio y tungsteno, pero los filamentos eran muy frágiles. Durante mucho tiempo había sido evidente que el tungsteno sería un filamento ideal para la lámpara eléctrica. Pero trabajar el tungsteno para darle la forma del alambre fino que era necesario estaba más allá de las posibilidades de la Metalurgia convencional a principios del siglo XX. Corresponde a Coolidge, en 1909, descubrir que el tungsteno puede trabajarse en cierto intervalo de temperatura y conservará su ductilidad a temperatura ambiente. El polvo de tungsteno finamente dividido se comprimió en forma de pequeños lingotes que fueron sinterizados a temperaturas inferiores al punto de fusión del tungsteno. Estos lingotes sinterizados eran frágiles a temperatura ambiente, pero podían trabajarse a elevadas temperaturas próximas a la de sinterizado. El material trabajado subsecuente a alta temperatura mejoraba su ductilidad hasta que se alcanzaba una etapa en que el metal era dúctil a temperatura ambiente y podía estirarse en forma de alambre con resistencia tensil adecuada.

El método Coolidge originó un nuevo método de fabricación para metales refractarios, como molibdeno, tantalio y columpio: también hizo que se desarrollaran carburos cementados y metales compuestos. Casi al mismo tiempo, se manufacturaron cojinetes de metal poroso, utilizando la técnica de Metalurgia de polvos.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 12 – NOVIEMBRE DE 2008

Inicialmente, todas las piezas M/P (abreviatura utilizada para representar la Metalurgia de polvos) eran pequeñas y las propiedades mecánicas más o menos comparables con los materiales convencionales; sin embargo, hoy día, piezas con más de 30 cm de diámetro y con un peso mayor a 23 kilos se producen en grandes cantidades. Un desarrollo importante ha sido el uso incrementado de piezas M/P grandes para la industria automotriz. Materiales con propiedades mecánicas sumamente superiores a las de los materiales convencionales se han desarrollado mejorando los tratamientos térmicos, las composiciones del polvo y los métodos de procesamiento para lograr densidades mayores. En las piezas M/P se puede obtener alta resistencia, ductilidad y tenacidad, de manera que la vieja idea de contar con piezas frágiles ya no es válida.

5. PRINCIPALES VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ESTE PROCESO DE FABRICACIÓN.

Las principales ventajas de este proceso de fabricación frente a otros son las siguientes:

1. *Exactitud de la composición química del producto final.* Esta queda garantizada, porque las segregaciones y preferentemente la volatilización de alguno de los componentes es casi imposible. A diferencia de lo que ocurre en la fusión.

2. *Exclusión de impurezas.* Si se parte de metales puros en polvo no existe ninguna necesidad de que el cuerpo en forma moldeada en el sinterizado se cargue de impurezas procedentes de los hornos o crisoles, o si lo hace, resulta de una magnitud mucho más reducida que al ser fundido, en cuyo caso el contacto con el crisol es mucho más íntimo. La temperatura de sinterización, mucho más baja que la necesaria para la fusión, reduce el peligro de la absorción de impurezas gaseosas de los hornos.

3. *Exactitud de las dimensiones de las piezas acabadas.* Las dimensiones finales de los productos sinterizados, dentro de muy estrechos límites pueden equipararse a las deseadas. El equiparamiento aún puede mejorarse después sensiblemente mediante el calibrado o estampado.

4. *Fabricación económica.* En las piezas sinterizadas tan sólo se producen ligeras pérdidas de material; sin embargo, en la fusión se pierde mucho material por diversas causas, entre las que se pueden citar la oxidación, las cabezas de colada o en los tratamientos posteriores y similares. Tampoco se hace necesario el mecanizado con arranque de viruta.

5. *Temperatura de obtención relativamente baja.* Además de las ventajas citadas, en muchos casos es posible consumir una menor cantidad de energía de calentamiento y emplear hornos de más bajas temperaturas, los cuales, en consecuencia, están sometidos a un menor desgaste y pueden ser de construcción mucho más sencilla con respecto a las pérdidas de energía por conducción y por radiación.

6. *En la sinterización siempre resulta más factible el empleo de atmósferas protectoras,* cuya composición puede ser controlada y mantenida constante con mayor facilidad. En la sinterización



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 12 – NOVIEMBRE DE 2008

también es más sencillo el trabajo en el vacío, que en la fusión; tanto más cuanto que los cuerpos que deben sinterizarse pueden ser tratados en el vacío en mayor cantidad y sin ningún movimiento.

7. *Sinterización continua.* Como los cuerpos moldeados se obtienen casi en su forma definitiva y generalmente en grandes cantidades por acción de una presión, a los efectos de la sinterización pueden pasar sin interrupción pieza por pieza o bien varias piezas juntas seguidas de otra cantidad igual, a una velocidad constante, por el mismo horno, por ejemplo a través de un tubo lleno de un gas reductor de un horno eléctrico tubular. En determinados períodos de tiempo pueden entrar en el horno solamente prensadas tantas piezas como se sacan en la parte opuesta, o sea, por la salida del horno. El paso a través del tubo puede efectuarse automáticamente por cintas de transporte (fabricación en serie).

8. *Economía de moldes y de hoyos,* que tan necesarios son en la fundición, y ahorro de la correspondiente mano de obra.

Aunque sólo sea de paso mencionaremos la fácil obtención de bimetales mediante la sinterización de capas superpuestas de diferentes polvos metálicos.

Frente a todas estas ventajas se puede señalar asimismo una serie de desventajas, las cuales, sin embargo, tan sólo resultan válidas para el actual estado de esta técnica. Asimismo, la aplicación del procedimiento cerámico a los metales en algún aspecto viene limitado, por lo menos en el actual estado de la misma.

1. *Las elevadas presiones del prensado.* en muchos casos requieren prensas hidráulicas enormes y costosas y herramientas de prensado muy caras. Esto ocurre especialmente cuando deben fabricarse piezas de grandes dimensiones, si bien el desenvolvimiento de los procedimientos de prensado y la eliminación de las dificultades todavía se hallan en su máximo apogeo.

2. *La irregular transmisión de la presión en el polvo metálico en el prensado.* Las piezas prensadas no están prensadas de una forma regular en todas sus partes. No obstante, como esta uniforme distribución de la presión es muy importante para el acabado final, por esta razón queda limitado el tamaño de los cuerpos que se pueden prensar.

3. *El elevado volumen del polvo, comparado con el de los cuerpos prensados obtenidos con el mismo.* Generalmente se debe contar con una proporción de compresión de 3:1, de lo que se deduce que el volumen interior del molde debe ser bastante mayor que el del cuerpo prensado que se obtiene.

4. *El dominio y control de la distribución del tamaño de grano en el polvo* requiere gran esmero y en muchos casos determina asimismo el precio del polvo metálico, por lo tanto, actúa encareciendo el proceso. Algo parecido ocurre en lo que respecta a la protección de los polvos contra la oxidación, tanto en el almacenaje como en su empleo, especialmente cuando se trata de polvos muy finos. En algunos casos aislados se ha llegado incluso a la producción de un clima artificial cuidadosamente controlado, en las naves donde se trabaja con los mismos.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 12 – NOVIEMBRE DE 2008

5. *El coste de por sí elevado de los polvos metálicos.*
6. *Las dificultades de la fabricación de piezas moldeadas más complejas.*
7. *Las piezas asimétricas se deforman fácilmente durante la sinterización.*

6. APLICACIONES.

Las técnicas de la Metalurgia de polvos se utilizan para producir metales refractarios, metales compuestos, metales porosos y combinaciones de metal-no metal, y como método de producción más eficaz para ciertas piezas.

Los altos puntos de fusión de los metales refractarios hacen imposible utilizar las técnicas convencionales de fusión y colado. El empleo del método de polvos para manufactura de filamentos de tungsteno se relacionó anteriormente. Esta técnica ofrece el único método práctico de producir molibdeno, tantalio y otros metales del mismo grupo.

Uno de los usos relevante de la Metalurgia de polvos es la combinación de materiales duros en una matriz metálica, lo cual sirve de base para los productos de carburo cementados. En la producción de herramientas de corte de carburo cementado se comprime y presinteriza una adecuada mezcla de los carburos de tungsteno, tantalio y titanio con cobalto como cementador. En este estado, los materiales pueden cortarse, maquinarse y esmerilarse hasta la forma final. El comprimido se somete luego a una operación de sinterizado a alta temperatura durante la cual el cobalto líquido cementa las partículas duras de carburo formando una pieza sólida. Las herramientas de carburo cementado son notables por su alta resistencia compresiva, su dureza al rojo y su resistencia al desgaste. Como son relativamente frágiles, se emplean generalmente como puntas soldadas a una herramienta de acero; se utilizan también como forros para aplicaciones resistentes al desgaste.

Otros ejemplos en esta aplicación son discos de esmerilar impregnados de diamante, brocas y herramientas de desbaste. Estas constan de diamantes embutidos en carburos cementados o metales y aleaciones más plásticas.

Las combinaciones metal-no metal han tenido amplia utilización en la manufactura de diversos materiales de fricción, como revestimientos para embrague, y zapatas para freno. Estos materiales contienen una matriz metálica de cobre o bronce para obtener conductividad de calor, plomo o grafito para formar una zapata que ajusta uniformemente durante la operación, y sílice o esmeril con fines de fricción. El hierro se agrega algunas veces para incrementar la fricción y evitar el aferramiento. Las combinaciones cobre-grafito se utilizan como escobillas colectoras de corriente y en cojinetes de bronce poroso y hierro.

Los metales compuestos son combinaciones de metal que retienen las características de cada metal para aplicaciones específicas. La Metalurgia de polvos es particularmente útil para aleaciones de metales no solubles en el estado líquido o que forman monotécticos. La fundición tiene a producir una



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 12 – NOVIEMBRE DE 2008

aleación de dos capas a menos que utilice técnicas especiales, mientras que las mezclas homogéneas se producen fácilmente de los polvos. La industria eléctrica emplea los metales compuestos en la producción de contactos de servicio pesado, los cuales combinan la alta resistencia a la abrasión y formación de arco de un metal refractario (como tungsteno) con la alta conductividad de plata o cobre. Asimismo, las cualidades de lubricación del plomo se combinan con la capacidad para transportar cargas de cobre en los cojinetes de cobre-plomo.

La porosidad controlada de las piezas de polvo de metal ha originado la producción de cojinetes, engranes y filtros porosos. Los cojinetes de autolubricación se hacen de polvo de bronce con porosidad controlada después de sinterizar. Los poros se llenan más tarde con aceite. Durante la operación, la carga sobre el cojinete y el calor incrementado producido por la pieza en movimiento dentro del cojinete obligan al aceite a salirse de los poros para proporcionar lubricación automática y uniforme. Los cojinetes de autolubricación se utilizan extensamente en la industria automotriz y en máquinas lavadoras, refrigeradores, relojes eléctricos, y muchos otros equipos. Los engranajes de metal poroso se emplean en bombas para aceite por sus propiedades de lubricación. Los filtros de metal, utilizados en la industria química, son similares al tipo cerámico, pero tienen mayor resistencia a los choques mecánicos y térmicos.

Finalmente, en muchas aplicaciones, del uso de las técnicas de la Metalurgia de polvos resulta una manufactura más económica de la pieza. Donde las condiciones de carga no son severas, los engranajes pequeños, levas, palancas y otras piezas de hierro, acero, latón o bronce pueden moldearse a partir de polvos para reducir en mucho o eliminar completamente el alto costo y el tiempo de maquinado y otras operaciones de formado; por ejemplo, los engranajes de una bomba de aceite tipo engrane deben tener dientes involutos exactamente formados o la bomba será ineficaz. El engrane maquinado se corta de un pedazo de metal fundido por un maquinista experto con aproximadamente 64 % del metal perdido en virutas. Por otro lado, cualquier hombre con cierta experiencia puede llenar una tolva y operar una prensa, la cual, a su vez, puede producir cientos de estos engranajes con exactitud dimensional y con menos del 1 % del metal como desperdicio.

Los pequeños imanes permanentes de Alnico de aluminio, níquel, cobalto y hierro pueden hacerse de polvos o por fundición. La aleación fundida es difícil de maquinar, y el terminado a las dimensiones finales debe hacerse mediante un esmerilado tedioso. Estos imanes pueden moldearse de los polvos directamente al tamaño y forma final y sus dimensiones mantener aceptables tolerancias durante el sinterizado. Además, un tamaño más fino de grano y una resistencia mecánica mayor se obtienen en los imanes sinterizados.

7. EVOLUCIÓN DEL SECTOR.

El sector de fundición sufre un proceso de adecuación de su estructura y de los mecanismos de actuación ante la evolución de la demanda que esta teniendo lugar. Las principales líneas de actuación que se están dando son las siguientes:

- Un aumento de la capacidad de diseño.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 12 – NOVIEMBRE DE 2008

- Mejoras en los procesos productivos.
- Mejora de la productividad y de la eficiencia global.
- Colaboración y vinculación con otros agentes tecnológicos, como: industrias de apoyo competitivas; centros tecnológicos especializados en áreas prioritarias que, teniendo en cuenta las necesidades de las empresas, les permiten acceder a las tecnologías idóneas para competir y centros educativos enfocados hacia las necesidades de personal de las empresas.

La mayor automatización de los sistemas de producción y de control de las variables del proceso, la mayor complejidad en las instalaciones de transformación, así como, la incorporación creciente de los autocontroles de calidad en su desarrollo, produce un enriquecimiento horizontal y vertical de los puestos de trabajo, con un incremento de la responsabilidad en la programación de instalaciones, en la intervención creciente sobre los parámetros del proceso y en el incremento de la calidad del mismo.

El incremento de la competencia y mayores exigencias del mercado, en materia de calidad, llevan a dedicar importantes recursos a los sistemas de control de calidad (ensayos, equipos de medida, certificaciones, etc.), que afectan a todo el proceso productivo.

Los alumnos que terminen estos estudios deberán tener una formación en informática que le permita utilizar diferentes programas de aplicación, así como consultar bases de datos de materiales y su control. En materia de planificación, sus conocimientos informáticos deben permitirle realizar y utilizar gráficos y diagramas de producción. Igualmente, deberá conocer los sistemas de programación de equipos.

La calidad adquiere una importancia primordial, destacando el concepto de calidad total, lo que implica la supervisión y seguimiento del proceso de forma continua, demandándose un técnico con un alto grado de polivalencia y conocedor del proceso en su conjunto que le permita la interrelación con otros técnicos.

La formación en calidad debe enfocarse a conseguir una concepción global de la misma y unos conocimientos en materiales, máquinas, medios y sistemas de control que le permitan actuar en este campo permanentemente.

8. BIBLIOGRAFÍA.

8.1. Bibliografía.

Coca Rebollero, P. y Rosique Jiménez, J. (2002). *Tecnología mecánica y metrotecnica*. Madrid: Editorial Pirámide.

Howard, E.D. (1962). *Tratado práctico de fundición*. Madrid: Editorial Aguilar.

Lasheras Esteban, J.M. (1997). *Tecnología mecánica y metrotecnica*. San Sebastián: Editorial Donostiarra.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 12 – NOVIEMBRE DE 2008

Morris, J. (1961). *Procesos modernos de fabricación*. Barcelona: Editorial Labor.

Wirt Suárez, F. (1957). *Tecnología mecánica*. Madrid: Editorial Aguilar.

8.2. Legislación.

- R.D. 2418/1994, de 16 de diciembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Producción por Fundición y Pulvimetalurgia y las correspondientes enseñanzas mínimas.
- R.D. 1635/1995, de 6 de octubre, por el se adscribe el profesorado de los Cuerpos de Profesores de Enseñanza Secundaria y Profesores Técnicos de Formación Profesional a las especialidades propias de la Formación Profesional Específica.
- R.D. 777/1998, de 30 de abril, por el que se desarrollan determinados aspectos de la ordenación de la formación profesional en el ámbito del sistema educativo.
- D. 46/1997, de 18 de febrero, por el que se establecen las enseñanzas correspondientes al Título de Formación Profesional de Técnico Superior en Producción y Pulvimetalurgia en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- O. de 25 de septiembre de 1997, por la que se establecen orientaciones y criterios para la elaboración de proyectos curriculares, así como la distribución horario y los itinerarios formativos de los Títulos de Formación Profesional Específica, que se integran en la Familia Profesional de Fabricación Mecánica.

Autoría

- Sebastián Díaz Becerro.
- I.E.S. La Rosaleda, Málaga, Málaga.
- E-MAIL: sebastdiaz@hotmail.com