

MÓDULO I: FUNDICIÓN y SINTERIZADO

TEMA 4: Sinterizado

TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

DPTO. DE INGENIERÍA MECÁNICA

Universidad del País Vasco – Euskal Herriko Unibertsitatea



- 1. Características de los productos sinterizados**
- 2. Proceso de sinterización**
- 3. Diseño de piezas sinterizadas**
- 4. Variantes del proceso**
- 5. Comparativa con otros procesos de fabricación**
- 6. Cuestionario tutorizado**
- 7. Oportunidades laborales: empresas y productos**

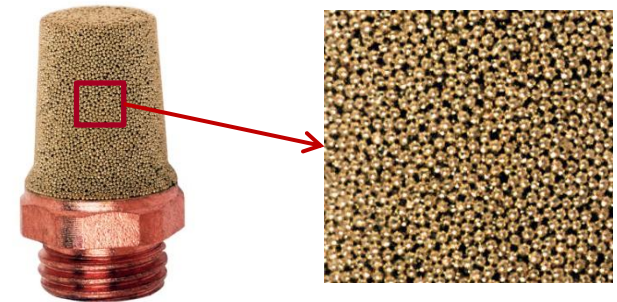
1. Características de los productos sinterizados

EL SINTERIZADO ES UN PROCESO QUE PARTE DE MATERIAL EN POLVO Y MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE PRESIÓN Y TEMPERATURA CONSIGUE LA UNIÓN DE LAS PARTÍCULAS:

- **VENTAJAS**
 - Pureza de los materiales de partida.
 - Piezas con porosidad uniforme y controlada.
 - Alto control en la composición del material.
 - Se consiguen piezas próximas a su forma final.
 - Posibilidad de fabricar piezas en prácticamente cualquier material, incluyendo combinaciones de materiales diferentes y materiales cerámicos.
- **LIMITACIONES**
 - Alto coste del material en polvo.
 - Limitaciones de diseño.
 - Limitaciones de tamaño de las piezas.
 - El material en polvo es muy nocivo para las personas → Necesario protección.



Bielas de automoción fabricadas por sinterizado partiendo de acero en polvo.



Silenciador neumático fabricado a partir de bronce en polvo

1. Características de los productos sinterizados

EL SINTERIZADO ES UN PROCESO QUE PARTE DE MATERIAL EN POLVO Y MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE PRESIÓN Y TEMPERATURA CONSIGUE LA UNIÓN DE LAS PARTÍCULAS:

- **VENTAJAS**
 - Pureza de los materiales de partida.
 - Piezas con porosidad uniforme y controlada.
 - Alto control en la composición del material.
 - Se consiguen piezas próximas a su forma final.
 - Posibilidad de fabricar piezas en prácticamente cualquier material, incluyendo combinaciones de materiales diferentes y materiales cerámicos.
- **LIMITACIONES**
 - Alto coste del material en polvo.
 - Limitaciones de diseño.
 - Limitaciones de tamaño de las piezas.
 - El material en polvo es muy nocivo para las personas → Necesario protección.



Casquillos de bronce autolubricados:
Se sinterizan con una porosidad controlada y posteriormente se impregnan con lubricante

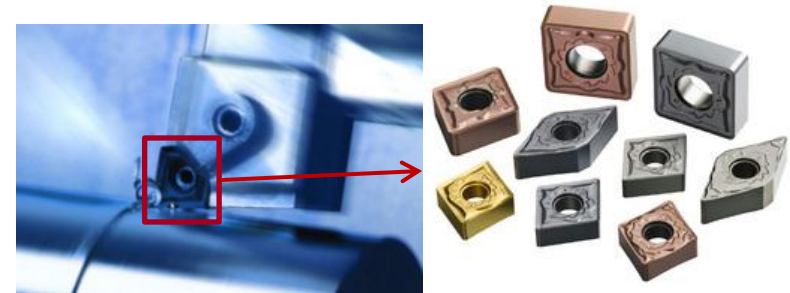


Bombas de aceite para diferentes fabricantes de automoción

1. Características de los productos sinterizados

EL SINTERIZADO ES UN PROCESO QUE PARTE DE MATERIAL EN POLVO Y MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE PRESIÓN Y TEMPERATURA CONSIGUE LA UNIÓN DE LAS PARTÍCULAS:

- **VENTAJAS**
 - Pureza de los materiales de partida.
 - Piezas con porosidad uniforme y controlada.
 - Alto control en la composición del material.
 - Se consiguen piezas próximas a su forma final.
 - Posibilidad de fabricar piezas en prácticamente cualquier material, incluyendo combinaciones de materiales diferentes y materiales cerámicos.
- **LIMITACIONES**
 - Alto coste del material en polvo.
 - Limitaciones de diseño.
 - Limitaciones de tamaño de las piezas.
 - El material en polvo es muy nocivo para las personas → Necesario protección.



Plaquetas de corte para herramientas de mecanizado. Se sinterizan en diferentes materiales: cerámicas, metal duro, diamante policristalino,...

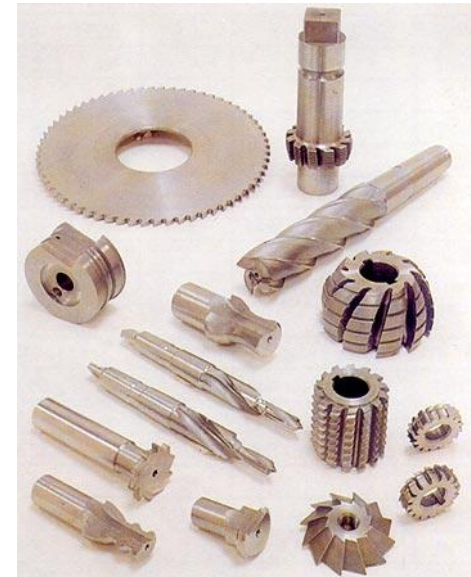


Imán permanente de un disco duro fabricado por sinterizado.

1. Características de los productos sinterizados

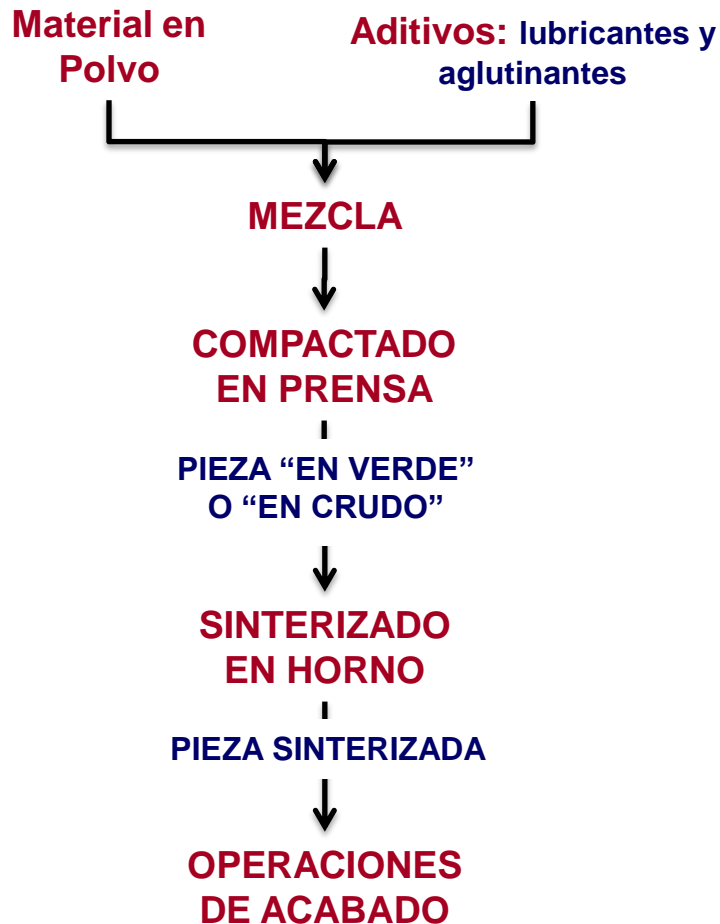
EL SINTERIZADO ES UN PROCESO QUE PARTE DE MATERIAL EN POLVO Y MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE PRESIÓN Y TEMPERATURA CONSIGUE LA UNIÓN DE LAS PARTÍCULAS:

- **VENTAJAS**
 - Pureza de los materiales de partida.
 - Piezas con porosidad uniforme y controlada.
 - Alto control en la composición del material.
 - Se consiguen piezas próximas a su forma final.
 - Posibilidad de fabricar piezas en prácticamente cualquier material, incluyendo combinaciones de materiales diferentes y materiales cerámicos.
- **LIMITACIONES**
 - Alto coste del material en polvo.
 - Limitaciones de diseño.
 - Limitaciones de tamaño de las piezas.
 - El material en polvo es muy nocivo para las personas → Necesario protección.



ACEROS PULVIMETALÚRGICOS: Cada vez más utilizados en herramientas utillajes. Se eliminan los problemas que surgen cuando el acero se solidifica en lingotes, como variaciones locales en la composición química y formación de segregaciones.

PASOS EN LA FABRICACIÓN DE UNA PIEZA SINTERIZADA:



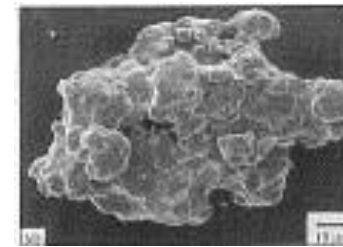
Fabricación de plaquetas de corte mediante sinterizado

FABRICACIÓN DEL POLVO:

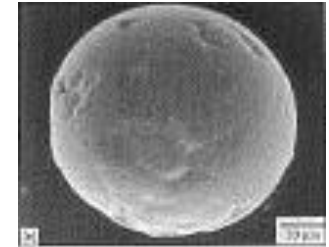
- Existen diversas formas de fabricar material en polvo.
Las más utilizadas son:
 - Atomización: solidificando material fundido que previamente se ha pulverizado.
 - Métodos químicos: Mediante reducción de óxidos de diferentes materiales.
- El método de fabricación de material en polvo influye en el tamaño y forma de las partículas. Las partículas más esféricas se consiguen por atomización de gas. Los otros métodos generan partículas más irregulares.
- El tamaño de polvo utilizado en operaciones de sinterizado oscila entre 10 μm hasta 400 μm , siendo un tamaño habitual alrededor de 100 μm .
- El tamaño y forma de las partículas influyen en la fase de compactado posterior.



Partícula polvo de hierro
obtenido por reducción



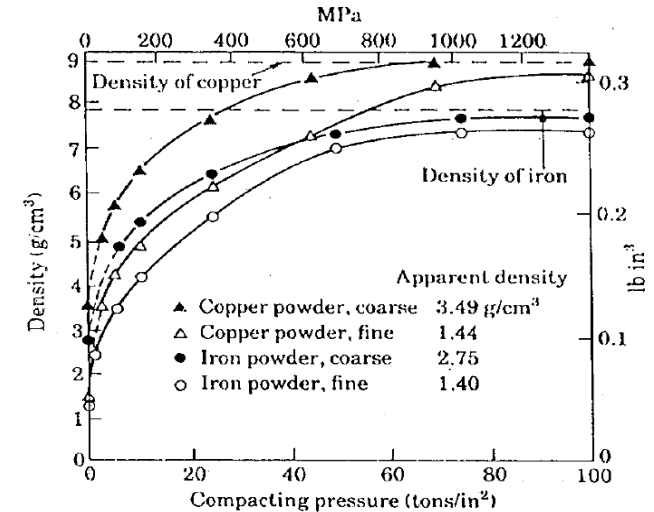
Partícula obtenida por
atomización con agua



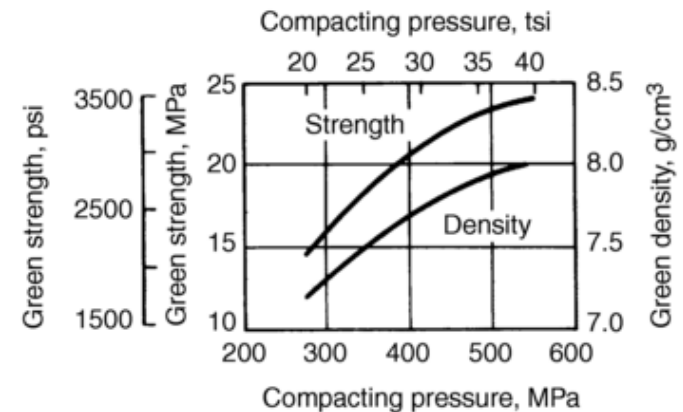
Partícula obtenida por
atomización con gas

COMPACTADO:

- Se basa en compactar el polvo con prensas hasta alcanzar la forma de la pieza. El resultado es la pieza “en crudo” o “en verde”.
- El objetivo es conseguir la forma, la densidad requerida y el contacto suficiente entre partículas para que se de el sinterizado en la operación posterior.
- También se busca dar una resistencia en verde a la pieza, para que pueda ser manipulada.
- En ocasiones se añaden aglutinantes para conseguir mayor resistencia en verde. Este aglutinante se eliminará después en el horno.
- A medida que el compactado se realiza a mayores presiones:
 - La densidad de la pieza obtenida es mayor, acercándose al 100%.
 - La resistencia en verde de la pieza aumenta.
 - La resistencia de la pieza sinterizada aumenta.



Variación de la densidad para 2 tamaños de polvo de hierro y cobre en función de la presión de compactado.

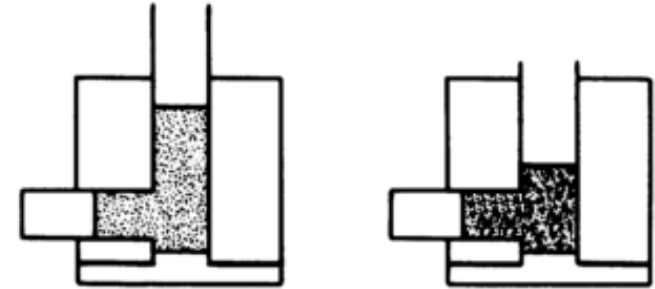


Variación de la densidad y la resistencia en verde de una probeta cilíndrica de cobre.

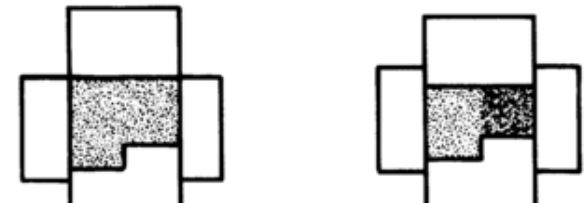
2. El proceso de sinterizado

COMPACTADO:

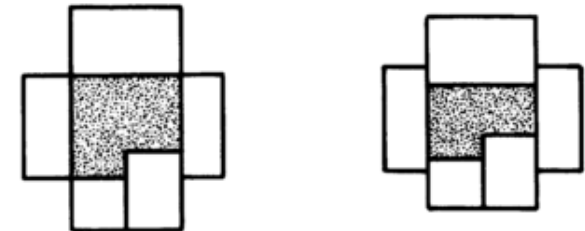
- En general, se busca un compactado lo más uniforme posible.
- Las partículas de polvo se compactan en dirección de la presión realizada.
- En ocasiones, se añade lubricante a la mezcla para facilitar el desplazamiento del polvo. Se elimina junto con el aglutinante (si existe) en la fase de sinterizado.
- En el caso de geometrías no simétricas o piezas de espesores diferentes, es importante diseñar los utillajes para que se realiza presión uniforme en toda la superficie de la pieza.
- El compactado se realiza en prensas mecánicas o hidráulicas (muy similares a las que se explicarán en el [Tema 6: Forja](#)).



Utillaje con dos punzones para compactado vertical y lateral



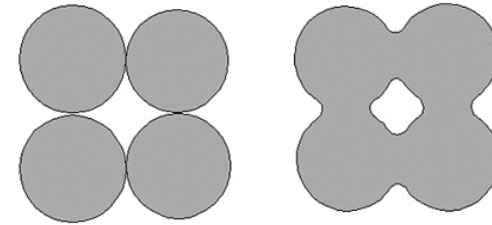
Compactado de una pieza de espesor variable con un único punzón inferior



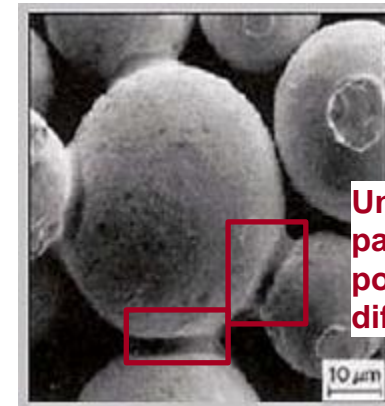
Compactado de una pieza de espesor variable con varios punzones inferiores

SINTERIZADO:

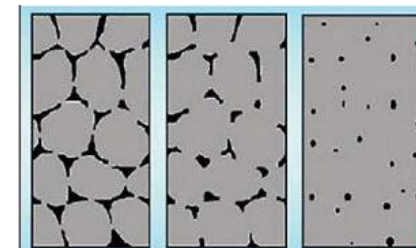
- Proceso que genera puentes de unión mediante difusión de átomos entre partículas de polvo.
- Como cualquier proceso de difusión, la unión entre partículas se acelera si se incrementa la temperatura y el contacto entre las mismas.
- La temperatura habitual en sinterizado es del orden del 70%-80% de la T^a de fusión.
- Para evitar la oxidación de las piezas, el proceso de sinterizado se realiza SIEMPRE en atmósfera controlada. Habitualmente reductora: Hidrógeno, monóxido de carbono o amoníaco.
- Durante el proceso de difusión en estado sólido se produce una contracción en la pieza que se suele tener en cuenta para su compensación.



Polvo inicial → Polvo sinterizado



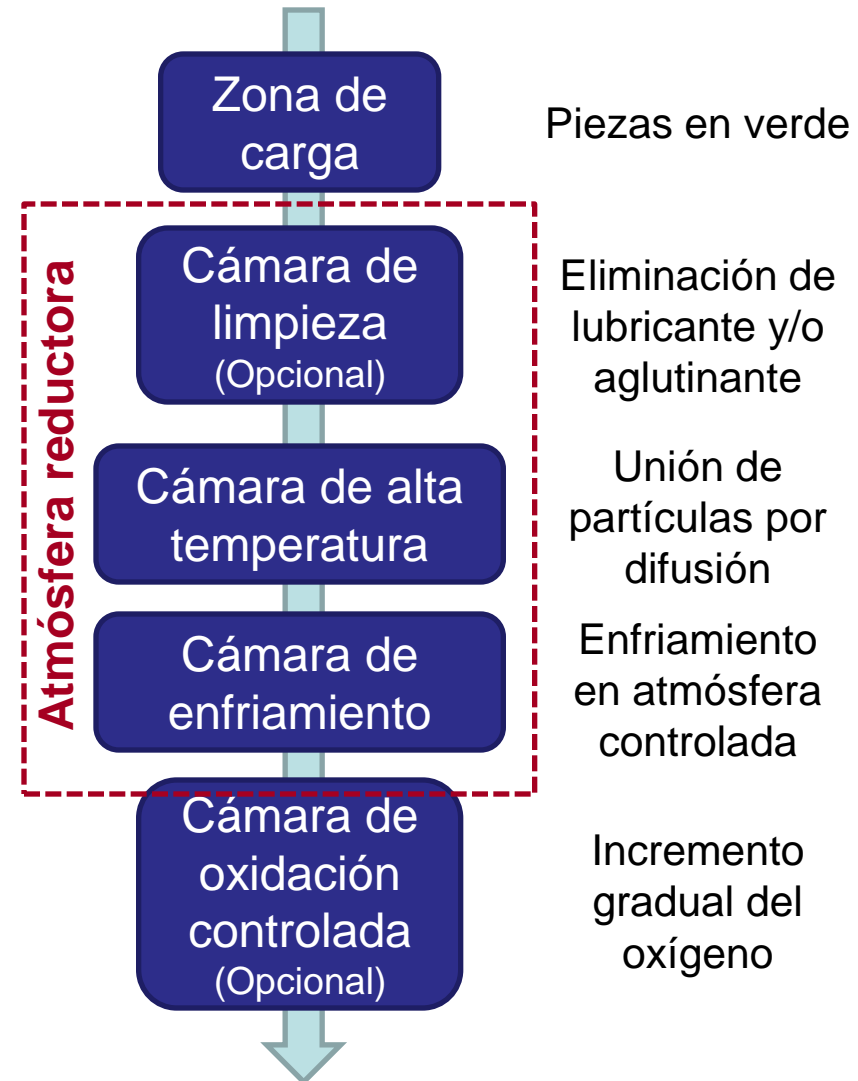
Unión de partículas de polvo por difusión



Estado inicial → Final

SINTERIZADO:

- El proceso de sinterizado convencional se realiza en hornos alimentados por cinta, en la cual se cargan las piezas en verde.
- Los hornos de sinterizado se dividen en varias cámaras:
 - Zona de carga: Donde se depositan las piezas en verde.
 - Cámara de limpieza (opcional): se incluye solamente si hay que eliminar aglutinante y/o lubricante.
 - Cámara de alta temperatura: Donde se da el sinterizado. Las temperaturas pueden ser entre 65 a 90% de la temperatura de fusión (Habitualmente entre 70-80%).
 - Cámara de enfriamiento: Donde se enfrían las piezas hasta temperatura ambiente.
 - Cámara de oxidación controlada (opcional): Se incrementa gradualmente la cantidad de oxígeno para evitar la oxidación descontrolada.

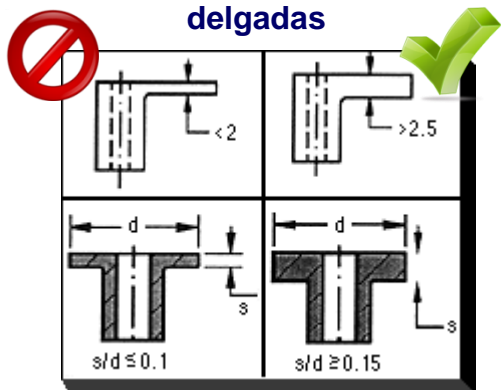


3. Diseño de piezas sinterizadas

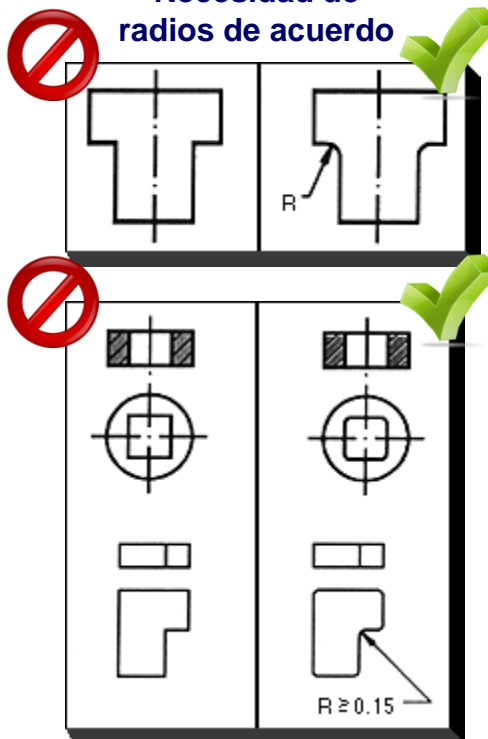
LIMITACIONES DE DISEÑO DE PRODUCTOS SINTERIZADOS

- EN GENERAL SE BUSCA UN DISEÑO QUE PERMITA COMPACTAR EL POLVO DE MANERA UNIFORME .
- Imposible compactar paredes muy delgadas o agujeros de pequeño diámetro.
- Necesidad de radios de acuerdo para mejorar el flujo de polvo.
- Necesidad de ángulos de salida en los extremos de las piezas.

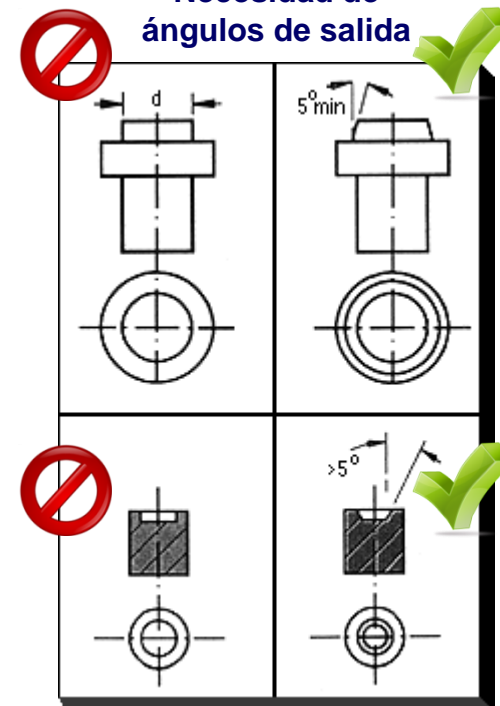
Limite en paredes
delgadas



Necesidad de
radios de acuerdo



Necesidad de
ángulos de salida



EXISTEN VARIANTES DEL PROCESO DE SINTERIZADO CONVENCIONAL:

- Estas variantes se emplean fundamentalmente cuando:
 - Se requieren piezas de densidades cercanas al 100%.
 - Se requiere compactar el polvo de forma homogénea en piezas complejas.
- Se trata de procesos más caros que el convencional.
- Los más extendidos son los que emplean compactado isostático en sus variantes: en frío o Cold Isostatic Pressing (CIP) y en caliente o Hot Isostatic Pressing (HIP).

COLD ISOSTATIC PRESSING (CIP):

- Se mezclan los polvos y se introducen en un molde elástico de neopreno, poliuretano,...
- Se sumerge el molde en un líquido (normalmente agua) y se incrementa la presión del fluido.
- Se sinteriza en horno convencional.

HOT ISOSTATIC PRESSING (HIP):

- Se mezclan los polvos y se introducen en un molde metálico flexible.
- Se introduce en una cámara de gas (normalmente Argón) a alta temperatura y presión.



Pieza de una bomba submarina de agua salada fabricada mediante HIP.

5. Comparativa con otros procesos de fabricación

COMPARATIVA DEL SINTERIZADO CON OTROS PROCESOS DE FABRICACIÓN

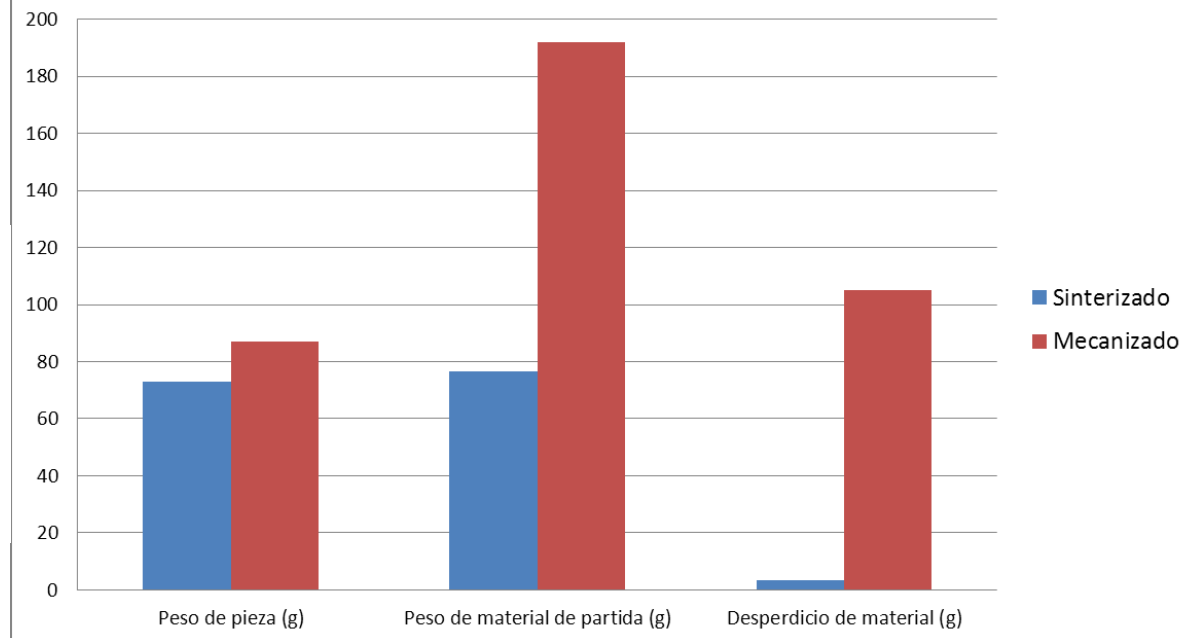
- El sinterizado se utiliza en aplicaciones donde se busca obtener una pieza prácticamente acabada y con una composición del material determinada.
- En estos casos, el sinterizado puede ser un proceso muy competitivo en coste.
- Dado que el material en polvo es caro, el sinterizado suele ser competitivo en producción de tiradas altas de piezas pequeñas-medianas, donde el coste del material no supere el 20-30% del coste total por pieza.

Ejemplo: Bomba de aceite para un automóvil de tamaño medio



- Producción Anual: 3.800.000 piezas
- Energía consumida por pieza:
 - Sinterizado: 0,141 MWh
 - Mecanizado: 0,281 MWh
- Diferencia total al año: 532 MWh

Comparativa de pesos de piezas



7. Oportunidades laborales: empresas y productos

FMD, Fabricación Metales Duros, S.A.L.

Fabricación de útiles y herramientas de metal duro

Localización: Zorrozaurre (Bilbao)

www.fmd-hm.com

METASINT, Metales Sinterizados, S.L.

Fabricación de útiles y herramientas en diferentes materiales (Fe, Cu, Ni...)

Localización: Munguía (Bizkaia)

www.metasint.com

FERSINT, Férricos Sinterizados, S.L.

Fabricación de materiales férricos sinterizados

Localización: Trapagaran (Bizkaia)

www.fersint.com

STADLER, S.A.

Fabricación y comercialización de piezas metálicas sinterizadas

Localización: Oñati (Gipuzkoa)

www.stadler.es



Herramientas de metal duro (FMD)



Piezas metálicas sinterizadas (Stadler)