MFS SINTERING

PIEZAS SINTERIZADAS
GUÍA TÉCNICA

¿QUE ES LA **METALURGIA DE POLVOS**?

El proceso de la METALURGIA DE POLVOS (PM) comienza con el mezclado de los distintos componentes del polvo, juntamente con el lubricante, hasta conseguir una mezcla homogénea. Posteriormente esta mezcla es prensada, normalmente en un utillaje específico desarrollado en MFS, para conseguir un compacto o pieza en verde, que posee la suficiente consistencia como para ser manipulada con seguridad.

Una vez moldeada, la pieza es calentada, generalmente en una atmósfera protectora en hornos especiales, hasta alcanzar una temperatura inferior al punto de fusión del constituyente principal de la mezcla del polvo. Durante esta etapa del proceso, sinterizado, las partículas individuales se sueldan, convirtiéndose en un sólido único confiriendo a la pieza sus propiedades finales. En algunos casos las piezas sinterizadas están sujetas a procesos adicionales –granallado, calibrado, mecanizado, tratamiento térmico, tratamiento superficial al vapor, impregnación etc.- con el fin de alcanzar tolerancias más estrechas y propiedades específicas para aplicaciones particulares, propiedades que no pueden conseguirse mediante el ciclo anteriormente indicado.

La METALURGIA DE POLVOS (PM) está desarrollando su crecimiento a una velocidad superior al resto de las tecnologías en competencia debido a que es capaz de ofrecer soluciones competitivas tanto en términos de resultados y costes.

La compactación en matriz rígida seguida del sinterizado es, con mucho, el proceso más ampliamente usado para la producción de piezas por la vía PM. Algunas de las ventajas tecnológicas de este proceso vienen recogidas en los puntos siguientes.

FACTORES FAVORABLES

- ✓ Formas definidas mecánicamente y buenas tolerancias: Obtención de piezas listas para su montaje.
- ✓ Nivel homogéneo y óptimo de las propiedades mecánicas.
- ✓ Alta productividad.
- ✓ Obtención de piezas auto-lubricadas.
- ✓ Combinaciones y compuestos metalúrgicos no producibles mediante las tecnologías tradicionales.
- ✓ Posibilidad de concebir piezas con formas no reproducibles por otros procesos sin sacrificar tolerancias o incluyendo in el ciclo de producción operaciones de acabado.

MATERIALES

La Metalurgia de Polvos ofrece al diseñador una amplia gama de oportunidades, ya que debido al hecho de que la materia prima es en forma de partículas, la composición y la estructura del material puede elegirse.

En el diseño de componentes mecánicos, en PM los materiales basados en hierro poseen la misma importancia que en los procesos convencionales. El diseñador tiene una gran oportunidad: Combinando composiciones y condiciones estructurales, existen soluciones factibles para todos los requerimientos.

En la elección de un material PM, el diseñador a de tener en cuenta un aspecto importante: las dimensiones de un componente, definidas en el comienzo del ciclo de producción por las dimensiones del utillaje, varían durante las siguientes etapas, principalmente durante el sinterizado. Los cambios dimensionales son provocados por un amplio número de factores. Algunos de ellos están bajo el control del suministrador (naturaleza del polvo, atmósfera y temperatura de sinterizado etc.),mientras que otras están relacionadas con las especificaciones definidas en los planos, como son la aleación de la composición, la densidad final de la pieza y los tratamientos térmicos, tales como el endurecimiento o endurecimiento superficial. La aleación de una composición y la densidad asociada no deberían ser consideradas como inamovibles por el cliente: el mismo nivel de propiedades, requisito de las condiciones de servicio, puede conseguirse por combinación de ambos factores, con los consiguientes grados de estabilidad dimensional al final del proceso.

MFS SINTERING

MATERIALES ESTANDAR - **TABLA COMPARATIVA**

DIN	ISO	(AFNOR)	MPIF	B.S
C00	P1024	FC 1064	F0000-10	A.201
D00	P1025	FC 1068	F0000-15	A.203
E00	P1026	FC 1072	F0000-20	
C01	P1034	FC 5064	F0005-20	
D01	P1035	FC 5068	F0005-25	
B10	P2023		FC0200-18	
C10	P2024	F10U364	FC0200-18	A.301
D10	P2026	F10U370	FC0200-24	
D11	P2045	F50U368	FC0205-40	
B11	P2053		FC0208-40	
C11	P2054	F80U366	FC0208-50	
C35	P1064	F 10 P64		

DIN	ISO	(AFNOR)	MPIF	B.S.
D35	P1065	F 10 968		
C36	P2094	F 10U3P66		
D39	P3086	F50N2U2D70		
C39	P3104			
D39	P3106	F50N5U2D70		
D30	P3076	F10-N2U2D-70		
E30		F10-N2U2D-72		
B50	P4013Z			
C50	P4033	FU-E10-76	CT1000-13	
C02		FC 05-64		
D02		FC05-68		
E02		FC05-72		

MFS SINTERING

ESPECIFICACIONES ESTANDAR DE MATERIALES SINTERIZADOS

Aplicación: Piezas estructurales

- HIERRO

	Composición química %								Densidad	Porosidad	Dureza	Resistencia radial *
DIN	C	Cu	NI	Mo	Sn	P	Fe	Otros elementos	(g/cm3)	Δv/v*100(%)	HB	N/mm2
Sint C00	<0.3	<0.1					Bal	2	6.4-6.8	15±2.5	>35	130
Sint D00									6.8-7.2	10±2.5	>45	190
Sint E00									>7.2	<7.5	>60	260

*valores representativos

Grados económicos con valores de elongación altos.
Piezas que requieren una deformación mecánicas tales como el remachado en montajes.
Piezas de bomba para quemadores de aceite.

- ACERO AL CARBONO

	Composición química %								Densidad	Porosidad	Dureza	Resistencia radial *
DIN	C	Cu	NI	Mo	Sn	P	Fe	Otros elementos	(g/cm3)	Δv/v*100(%)	HB	N/mm2
Sint C01	0.3-0.6	<0.1					Bal	2	6.4-6.8	15±2.5	>70	260
Sint D01									6.8-7.2	10±2.5	>90	320

*valores representativos

Baja densidad: propiedades autolubricadas. De acuerdo con su contenido en carbono pueden ser endurecidas o endurecidas superficialmente.
Aceros económicos con propiedades mecánicas medias.
Engranajes económicos, spacer.

MFS SINTERING

ESPECIFICACIONES ESTANDAR DE MATERIALES SINTERIZADOS

Aplicación: Piezas estructurales

- ACEROS ALEADOS AL COBRE

	Composición química %								Densidad	Porosidad	Dureza	Resistencia radial *
DIN	C	Cu	NI	Mo	Sn	P	Fe	Otros elementos	(g/cm3)	Δv/v*100(%)	HB	N/mm2
Sint C00	<0.3	<0.1					Bal	2	6.4-6.8	15±2.5	>35	130
Sint D00									6.8-7.2	10±2.5	>45	190
Sint E00									>7.2	<7.5	>60	260

*valores representativos

Susceptible de endurecimiento, endurecimiento superficial y trat. térmico al vapor.

Aceros al cobre económicos con propiedades mecánicas medias.

Vehículos utilitarios: Engranajes para bombas de aceite; barras de dirección, componentes de amortiguación.

- ACERO AL CARBONO Y AL COBRE

	Composición química %								Densidad	Porosidad	Dureza	Resistencia radial *
DIN	C	Cu	NI	Mo	Sn	P	Fe	Otros elementos	(g/cm3)	Δv/v*100(%)	HB	N/mm2
Sint C11	0.4-1.5	1.5					Bal	2	6.4-6.8	15±2.5	>80	320
Sint D11									6.8-7.2	10±2.5	>95	400
Sint c21		5-10							6.4- 6.8	15±2.5	>105	410

*valores representativos

Aceros al cobre con muy buenos resultados en ratios de coste/comportamiento mecánico. Grupo ampliamente usado en la metalurgia de polvos, pueden ser tratados térmica y superficialmente.

Vehículos utilitarios: Balancines, engranajes para bombas de aceite, rotores y stators para bombas de aceite con álabes, componentes de amortiguación.

Motocicletas: Levas de embragues.

Herramientas eléctricas portátiles: Componentes standard.

Misceláneos: Componentes para máquinas de coser, Engranajes para cadenas de transmisión.

MFS SINTERING

ESPECIFICACIONES ESTANDAR DE MATERIALES SINTERIZADOS

Aplicación: Piezas estructurales

- ACEROS ALEADOS AL NIQUEL-COBRE-MOLIBDENO

	Composición química %								Densidad	Porosidad	Dureza	Resistencia radial *
DIN	C	Cu	NI	Mo	Sn	P	Fe	Otros elementos	(g/cm3)	Δv/v*100(%)	HB	N/mm2
Sint C30	<0.3	1.5	1-5	0.8			Bal	2	6.4-6.8	15±2.5	>55	310
Sint D30									6.8-7.2	10±2.5	>60	370
Sint E30									>7.2	<7.5	>90	440

*valores representativos

Aceros para tratamientos térmicos, excelente resistencia al desgaste.
Vehículos utilitarios: Componentes de transmisión pesados, levas de distribución.
Herramientas manuales: Llaves, trinquetes, garras, mordazas

Sint C39	0.3-0.6	1.3	1-5	0.8			Bal	2	6.4-6.8	10±2.5	>90	360
Sint D39									6.8-7.2	10±2.5	>120	360

*valores representativos

Grados excelentes para fabricar piezas con altas y muy altas propiedades mecánicas, resistencia al desgaste e impacto. Pueden ser tratadas térmicamente.
Vehículos utilitarios: Anillos sincronizados, transmisión interna de la palanca de cambios, componentes de seguridad, anillos de amortiguación del volante de dirección, anillos arrancadores.
Herramientas eléctricas portátiles: Piezas de taladro de impacto eléctrico, engranes y piezas varias.
Misceláneos: Gatillos para escopetas, piezas para preamplificadores de radares.

MFS SINTERING

ESPECIFICACIONES ESTANDAR DE MATERIALES SINTERIZADOS

Aplicación: Piezas estructurales

- ACEROS ALEADOS AL FOSFORO/ACEROS ALEADOS AL COBRE Y AL FOSFORO

	Composición química %								Densidad	Porosidad	Dureza	Resistencia radial *
DIN	C	Cu	NI	Mo	Sn	P	Fe	Otros elementos	(g/cm3)	Δv/v*100(%)	HB	N/mm2
Sint C35	<0.3	1.5				0.3-0.6		2	6.4-6.8	15±2.5	>70	310
Sint D35									6.8-7.2	10±2.5	>80	330
Sint C36		1-5							6.4-6.8	15±2.5	>80	360
Sint D36									6.8-7.2	10±2.5	>90	390

*valores representativos

La adicción de fosforo al hierro actúa como un activador del sinterizado confiriendo buena calidad.
Aplicaciones similares a las de los aceros al cobre con una capacidad para la elongación excelente y buenas soldaduras en el caso de bajos contenidos de carbono.
Buena precisión dimensional después del sinterizado.

- BRONCES

	Composición química %								Densidad	Porosidad	Dureza	Resistencia radial *
DIN	C	Cu	NI	Mo	Sn	P	Fe	Otros elementos	(g/cm3)	Δv/v*100(%)	HB	N/mm2
Sint C50		bal			9-11			2	7.2-7.7	15±2.5	>35	150
Sint D50									7.7-8.1	10±2.5	>45	220

*valores representativos

Bronces mecánicos con altas prestaciones, muy buena maquinabilidad, características de fricción muy buenas, pieza en servicio en atmosferas de corrosión.
Misceláneos: Cojinetes especiales o altas prestaciones, anillos de toma de corriente en grúas, guías de barras de conexión de bombas.

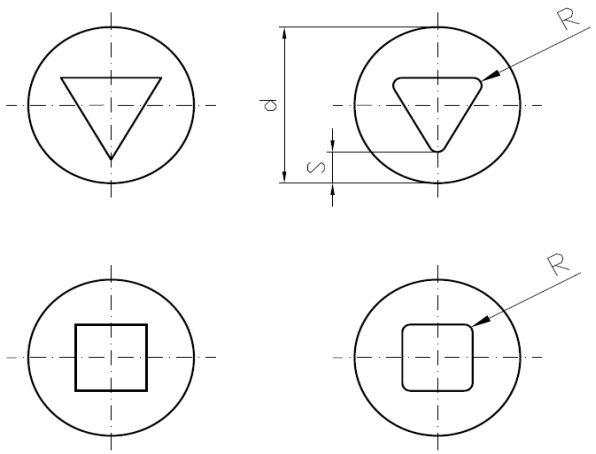
MFS SINTERING

DISEÑO

Existe un conjunto de reglas básicas que pueden ayudar al diseñador cuando considera la producción de piezas sinterizadas. A continuación vienen recogidas algunas de las más importantes.

DISEÑO

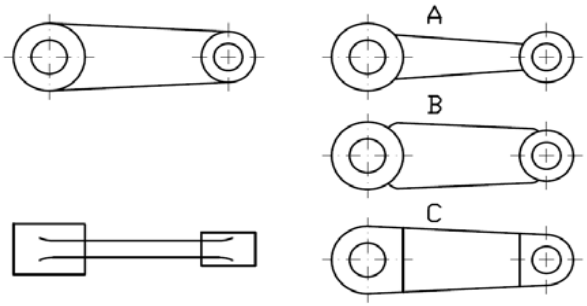
FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Las Secciones de las Piezas deberán ser tan anchas como sea posible: los espesores finos requieren paredes de utillajes finos, lo que incrementa la posibilidad de daño o rotura de este. Esto puede evitarse por varias vías tales como incrementar el diámetro exterior, modificando el diseño en el área del problema
(S = 0.1d si es posible no <2mm).

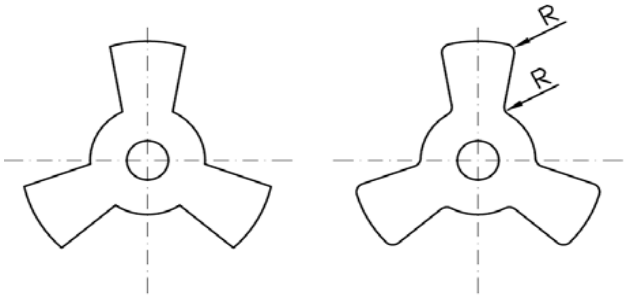
Donde se presentan **Aristas Vivas**, la pieza será más susceptible de agrietamiento. La presencia de radios permite un mejor llenado del polvo e incrementa la vida de la matriz.

FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



No son posibles **Uniones Tangentes** entre las distintas partes de la pieza. El utillaje debería ser muy esbelto y por consiguiente extremadamente frágil.

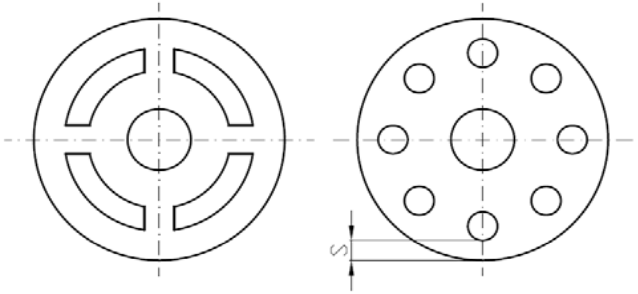
FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Sustitución de Radios en Aristas Vivas, Las aristas vivas han de evitarse con el diseño de radios siempre que sea posible ya que son zonas muy frágiles del utillaje.
Por otra parte los radios favorecen la resistencia de la pieza moldeada.

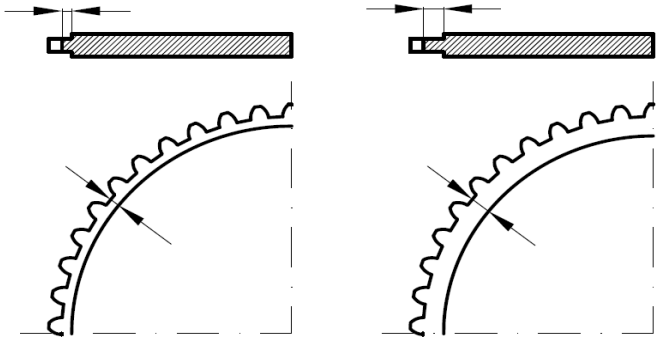
DISEÑO

FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



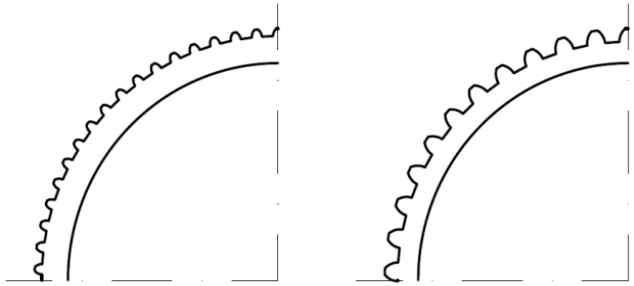
Agujeros y Paredes Gruesas. Es posible producir agujeros que ayudaran a aligeras la pieza reduciendo la superficie de prensado.
Es mucho más económico diseñar agujeros redondos que poligonales; la razón reside en que la fabricación del utillaje es mucho más sencilla.

FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Engranajes, Es importante recordar dejar bastante distancia entre el fondo del diente y el diámetro del cuello. Este espacio extra ayuda a robustecer el utillaje y permite obtener piezas más resistentes.

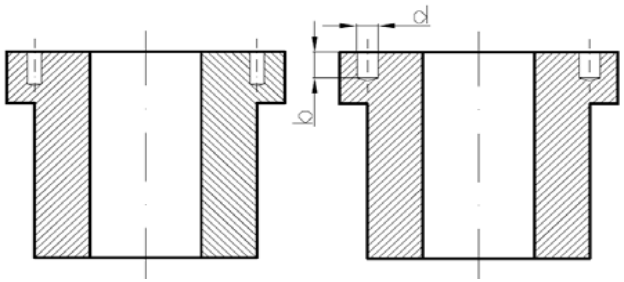
FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Deben evitarse dientes con módulos inferiores a 0.5mm ya que pueden no garantizar suficiente resistencia mecánica; adicionalmente el flujo del polvo durante la etapa de llenado se verá dificultado.
En los bordes es necesario un radio mínimo de 0.25mm para fabricar el utillaje.

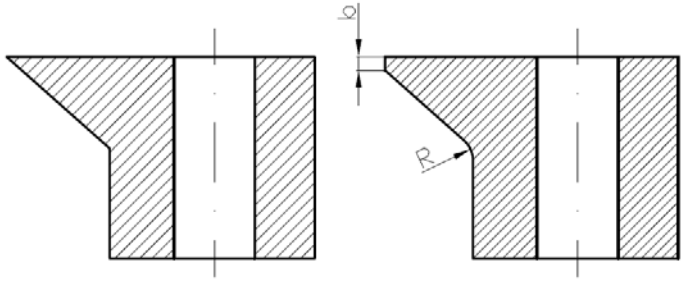
DISEÑO

FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



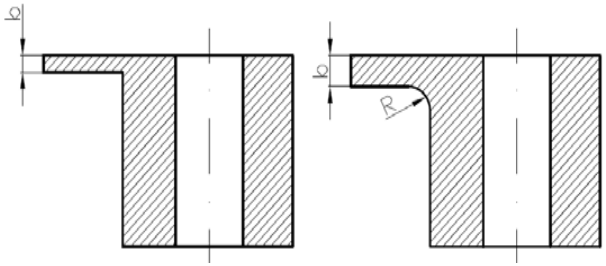
La relación entre el diámetro y la altura de los agujeros ciegos debe ser: d : b máx 1:2.

FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Las piezas cónicas causan daños en los punzones superiores durante el prensado. Es necesario una zona recta (b=1mm) que permita el correcto ajuste entre punzón y matriz.

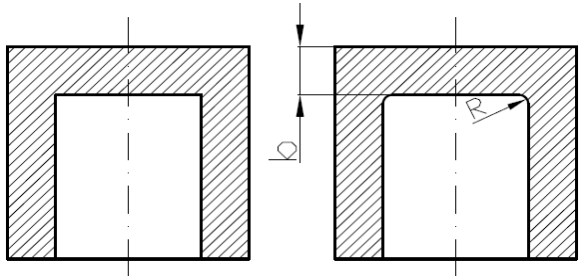
FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Las partes delgadas con amplias áreas de superficie son difíciles de producir: El problema reside en que hay grandes variaciones de densidad y en que las partes delgadas son frágiles y tienden a sufrir grietas durante la producción. Los espesores de las valonas deben aumentarse tanto como sea posible, y deben introducirse radios en el diseño de las aristas vivas.

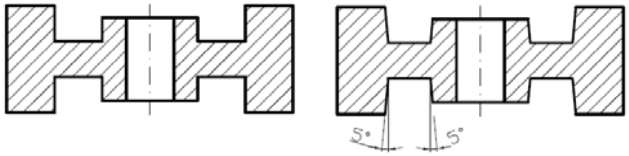
DISEÑO

FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



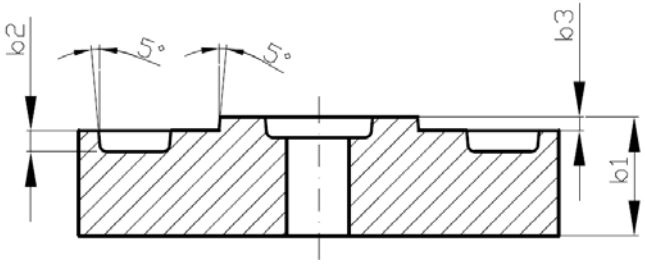
Altura b=2mm.
Un ligero radio además de favorecer el llenado de la matriz mejora la robustez de la pieza.

FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Son necesarios ángulos 5º para favorecer la expulsión de la pieza moldeada de la matriz, así como para simplificar el diseño del utillaje.

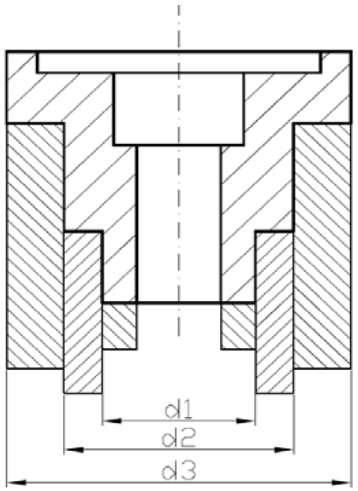
FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Perfiles como el de la figura, Se pueden producir con un solo punzón si b2 = 0.2. b1 y b3 = 0.1b1. El ángulo debería ser como mínimo 5º.

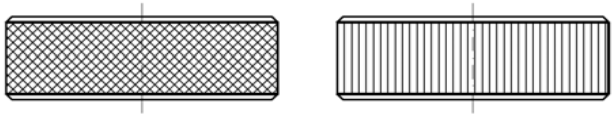
DISEÑO

FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



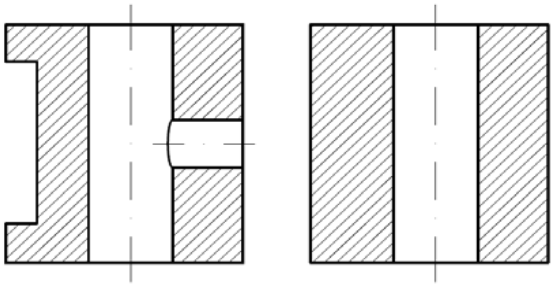
Punzones múltiples. Donde la anchura de los escalones lo permite, podrán usarse varios punzones. Una anchura mínima típica es 2mm.
Sin embargo, durante la etapa de diseño, debe tenerse en cuenta la resistencia del utillaje para evitar la deformación de los punzones durante la compresión. Siempre que sea posible, es preferible y a de tenderse a diseños con el menor número de punzones. Si la prensa no permite mas de un punzón inferior los escalones deberán ir incorporados en el diseño de la matriz.

FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Los moleteados adiamantados, no se pueden obtener mediante el prensado. Existe la alternativa del mecanizado posterior al sinterizado. Sin embargo es posible generar un moleteado con ranuras longitudinales (con una profundidad mínima de 0.3mm y aristas redondeadas con radios mínimos de 0.1mm). Los moleteados podrían ser reemplazados también por entre caras.

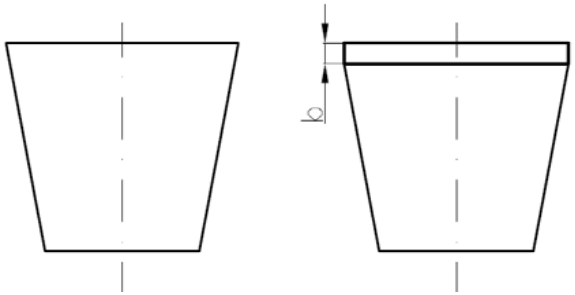
FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Las Ranuras, Rebajes y Agujeros transversales, no se pueden producir directamente en la etapa de prensado, por lo que deben ser mecanizados después del sinterizado.

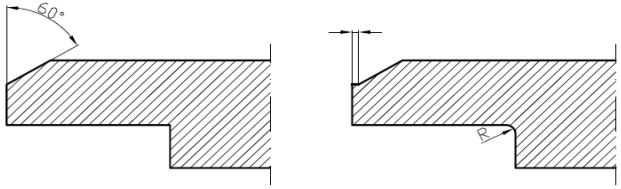
DISEÑO

FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Las piezas completamente cónicas pueden producir daños en los punzones superiores y la matriz durante el prensado.

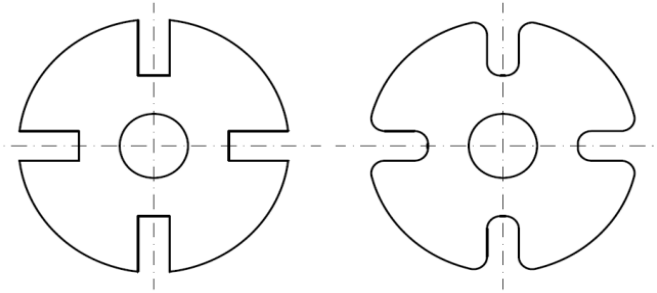
FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Deberían evitarse chaflanes superiores a 45º.

Para eliminar la arista viva debería diseñarse una pequeña zona plana sobre pieza y punzón para alargar la vida del utillaje.

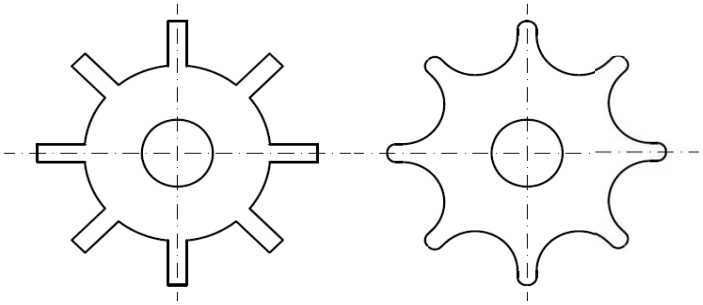
FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Evitar canales o ranuras especialmente estrechas y profundas ya que requieren la construcción de matrices con secciones muy reducidas y por consiguiente débiles.

DISEÑO

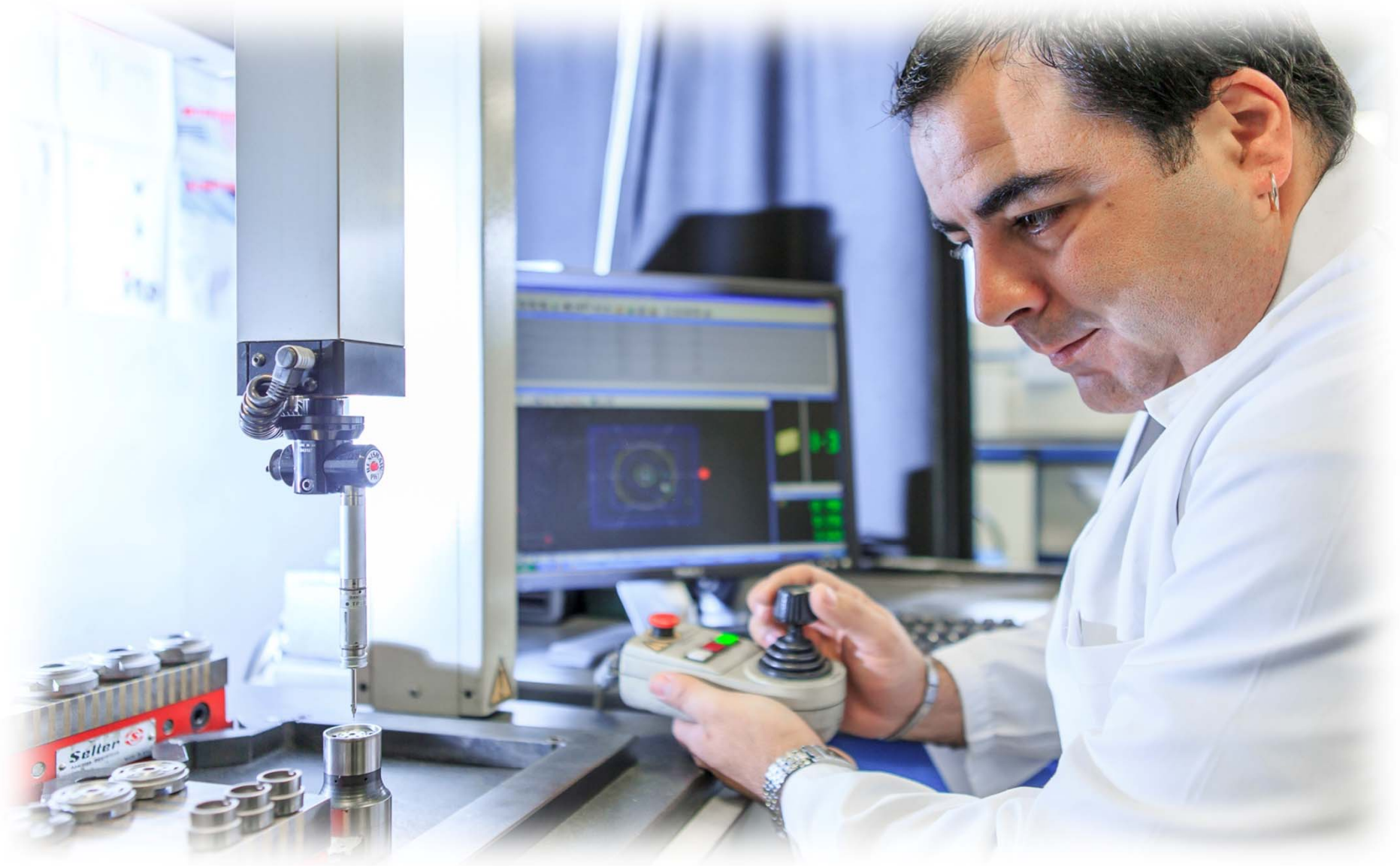
FORMA A EVITAR	FORMA DESEADA



Los dientes largos y estrechos dificultan el flujo de la mezcla del polvo durante el llenado de la matriz y provocan fragilidad en la matriz.

MFS SINTERING

PRECISION DIMENSIONAL



MFS SINTERING

PRECISION DIMENSIONAL

Las piezas producidas vía metalurgia de polvos son competitivas al nivel de costes principalmente porque pueden producirse formas complejas a precios económicos. Pero como en cualquier otro proceso de producción en masa, los mecanizados adicionales solo se pueden evitar si los requisitos de la aplicación se pueden conseguir con las tolerancias y limitaciones de forma propias del ciclo.

Aunque el utillaje de prensado puede obtenerse con un alto nivel de tolerancia, la operación de prensado y el posterior sinterizado están controlados por complicados mecanismos. Cada etapa introduce cambios que alteran las dimensiones y restringen las tolerancias de la pieza final.

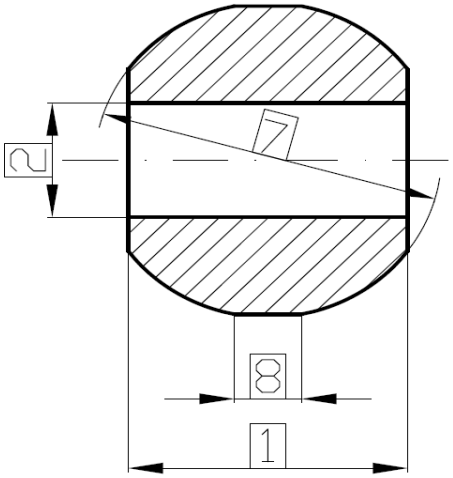
En las dimensiones creadas en dirección transversal a la presión no se obtiene tanta precisión como aquellas dimensiones que son paralelas al eje de la presión. Sin embargo la precisión y tolerancias obtenidas en la etapa de sinterizado pueden ser mejoradas sustancialmente mediante la introducción de operaciones adicionales tales como el calibrado, acuñado etc.

A continuación vienen recogidos algunos de los factores, comunes a todos los materiales, que contribuyen a la precisión dimensional en una pieza producida por METALURGIA DE POLVOS:

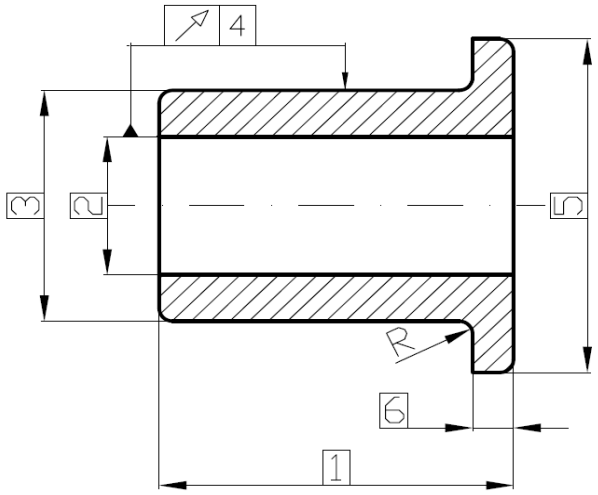
- Holgura entre las distintas partes del utillaje.
- Deformaciones elásticas de las partes del utillaje y la prensa.
- Uniformidad en el llenado del polvo de la matriz.
- Segregación de los elementos de aleación.
- Fricción del polvo contra las paredes del utillaje durante la compactación.
- Densidad en verde (Densidad de la pieza antes de la etapa de sinterizado).
- Composición química.
- Condiciones de sinterizado.

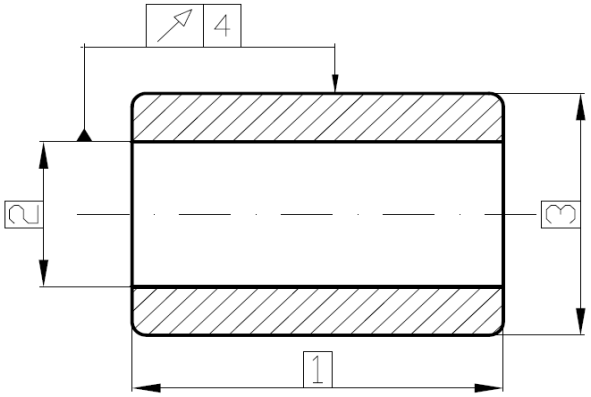
Por último, indicar que los tratamientos térmicos, debido a las transformaciones que sufre la estructura del material, también introducen cambios y dispersiones dimensionales.

TOLERANCIAS TIPICAS DE CASQUILLOS

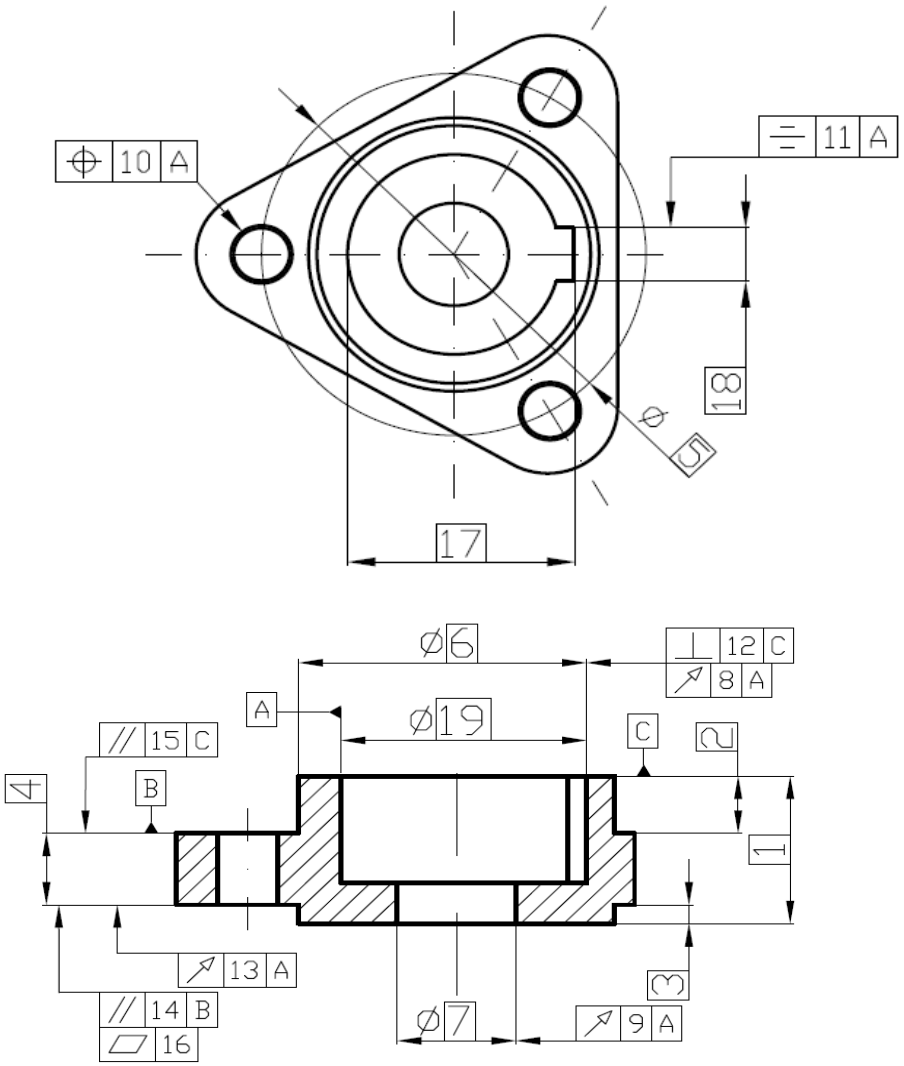


COTA Nº	SINTERIZADO	CALIBRADO
1	Js-13	Js-13
2	IT-9	IT-7
3	IT-9	IT-6
4	IT-8	IT-8
5	IT-9	IT-6
6	Js-13	Js-13
7	IT-13	IT-11
8	Js-13	Js-13





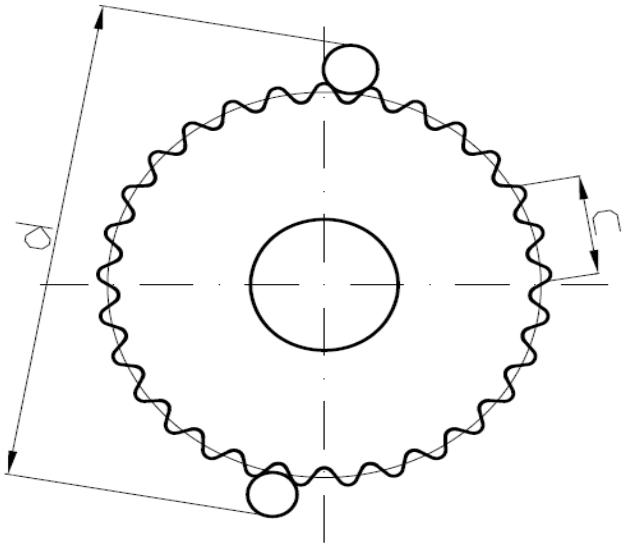
TOLERANCIAS TIPICAS DE PIEZA MECANICA

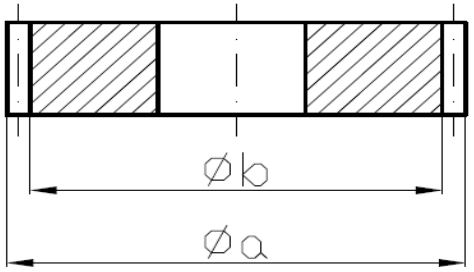


COTA Nº	SINTERIZADO	CALIBRADO
1	IT-13	IT-13
2	IT-12	IT-12
3	IT-11	IT-10
4	IT-13	IT-13
5	IT-10	IT-9
6	IT-9	IT-8
7	IT-8	IT-7
8	IT-10	IT-10
9	IT-8	IT-8
10	IT-11	IT-11
11	IT-10	IT-10
12	0.0015*h(2)	0.0010*h(2)
13	0.0020*Ø(6)	0.0015*Ø(6)
14	0.0025*Ø(6)	0.0020*Ø(6)
15	0.0020*Ø(6)	0.0015*Ø(6)
16	0.0015*Ø(6)	0.0010*Ø(6)
17	IT-11	IT-10
18	IT-9	
19	IT-9	IT-8

MFS SINTERING

TOLERANCIAS TIPICAS DE ENGRANAJES





CARACTERISTICAS	SINTERIZADO	CALIBRADO	
Diámetro de cabeza (a)	IT-10	IT-9	Calidad de tolerancia ISO-286-2
Diámetro de pie (b)	IT-10	IT-9	
Cota “k” entre dientes (c)	IT-10	IT-9	
Cota sobre rodillos (d)	IT-11	IT-10	
Error total de división (Fp)	7-8	6-8	Clase de precisión ISO-1328
Error total de perfil (ff)	8-9	7-8	
Error total de dispersión (fß)	7-10	7-10	
Error total compuesto (F”i)	8	7	
Salto diente a diente	7	6-7	

MFS SINTERING

MFS

SINTERING

SINTERING THE FUTURE

Carretera San Vicente, 10 / 48510 / Valle de Trapaga (Bizkaia) / SPAIN

T +34 944 863 812 F +34 944 863 953 E info@mfs-sintering.com

www.mfs-sintering.com