

WUOLAH



Danieladkins27

www.wuolah.com/student/Danieladkins27



Tema-1.pdf

Esquemas



3º Tecnologías de Fabricación



Grado en Ingeniería de Organización Industrial



**Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Campus de Móstoles
Universidad Rey Juan Carlos**

Tecnologías de polvos metálicos	Características	Ventajas	Altas producciones ya que los moldes y herramientas son caros		
			Se pierde muy poco material (97% de utilización)		
			Se pueden crear partes con porosidad		
			Mejor control dimensional que otros métodos		
			Se pueden automatizar		
			Técnica eficiente en términos de coste y energía		
			Empleo en metales de elevado punto de fusión y/o baja ductilidad		
		Inconvenientes	Los costes de las herramientas, equipo y polvos elevados.		
			Problemas para la conservación de los polvos (Se oxidan)		
			Problemas de explosiones de las partículas		
	Problemas de geometría. Los polvos no fluyen lateralmente fácilmente en la matriz				
			Se producen diferencias de densidad en las partes sobre todo en las complejas		
			Las aleaciones más comunes son con Hierro, Acero y aluminio		
			También se utiliza para cobre, níquel, y materiales refractarios como molibdeno y tungsteno		
	Características del polvo	Tamaño y distribución	El método más común son los tamices		
			Cuando más grande el número de tamiz más pequeñas son las partículas		
			Se establece el último número de tamiz que ha pasado		
			Otros métodos	Medición microscópica	
				Técnicas de rayos X	
				Se utilizan microscopios	
		Área de la superficie	Se utiliza como referencia una partícula esférica con $K_s=6$ por lo que todas las que no sean esféricas serán mayores		
			Cuando más pequeña sea la partícula más superficie de contacto tendrá el polvo por lo que se oxida más		
			Cuanto más pequeña se dificulta la alimentación del polvo		
Las partículas más pequeñas provocan una contracción más uniforme y unas mejores propiedades mecánicas					
Otras características		Fricción	La fricción afecta a la fluencia y al lleno de huecos pequeños		
			Se mide con el ángulo de reposo. (Se suelta polvo sobre un embudo y se ve el ángulo que forma la montaña con la mesa)		
			A más ángulo más fricción		
			Las partículas más pequeñas tienen más fricción debido a la superficie		
		Flujo	Las partículas redondas tienen menos fricción		
			Cuando menos fluya, más diferencias de densidad en la pieza lo cual no es deseable		
			Se mide con el tiempo que tarda una cantidad de polvo en pasar por un agujero		
		Densidad , porosidad y empaque	Para reducir la fricción se añaden lubricantes en pequeñas cantidades		
			Densidad real	Densidad de un bloque solido con el que está hecho la materia	
				Densidad del polvo una vez prensado	
Densidad aparente	Densidad del polvo vertido en el molde				
	Si Existen diferentes tamaños dentro de la muestra más densidad				
	Se pueden vibrar para aumentar el empaque				
Porosidad	Es la relación volumen de los huecos entre el volumen de las partículas.				
	Puede existir un problema con los poros internos de las partículas				
Composición química	Se distinguen entre metales puros o aleaciones				

Tecnologías de polvos metálicos	Etapa 1. Producción de polvos metálicos	Atomización	Es el método más común				
			Se aplica a cualquier metal en aleación o estado puro				
			Métodos	Agua	Es el más común		
					El metal fundido cae a través de un crisol y un chorro de agua a alta presión lo atomiza		
					Características	Mayor velocidad de solidificación y producción	
						Posibilidad de oxidación	
						Posibilidad de temple. (En aceros)	
			Geometría irregular				
			Posibilidad de reducción para eliminar óxidos y molienda				
			El tamaño depende en gran parte de la velocidad del chorro. Cuanto más rápido más pequeñas son las partículas				
		Gas	Características	Menor velocidad de solidificación, menos producción.			
				No se oxida porque se realiza en atmosfera inerte			
				Geometría más esférica			
		Centrífugo	El metal fundido cae en un disco que esparce el metal en todas las direcciones produciendo el polvo. (Atmosfera inerte)				
		Reducción química	Se reducen las partículas de óxido de hierro en polvo				
			Partículas esponjosas y porosas con tamaño uniforme				
		Electrodeposición	Son los más puros				
			Se producen en una celda galvánica				
		Precipitación					
		Molienda	Puede ser una operación primaria o secundaria. Crear los polvos o cambiar su forma o tamaño.				
			Objetivos	Cambiar el tamaño de partícula			
				Cambiar la forma de la partícula			
			Procesos	Deformación plástica			
Soldadura. (Más probable si las partículas son pequeñas o ductiles)							
Fractura (Más probable si las partículas son grandes)							
Aleación metálica	Se muelen con bolas duras que hacen que se fracturen los polvos y se unan por difusión						
	Proporcionan propiedades magnéticas o eléctricas						
	Sistemas dúctil-dúctil		Se parte de dos materiales muy dúctiles que muelen y se mezclan por deformación entre ellos				
			Cuando se han juntado se separan otra vez por lo que se obtiene una mezcla de los dos metales				
	Sistemas dúctil-frágil		Se utilizan para hacer refuerzos de matriz dúctil con refuerzo cerámico				
			Se introducen los dos metales en un molino. Mientras el material dúctil se deforma plásticamente y el frágil se parte y se adhiere a la matriz dúctil				
			Ventajas frente a la fundición	No se produce decantación debido al peso de las partículas cerámicas			
No se produce aglomeración . Mejor reparto de las partículas.							

Reservados todos los derechos. No se permite la explotación económica ni la transformación de esta obra. Queda permitida la impresión en su totalidad.

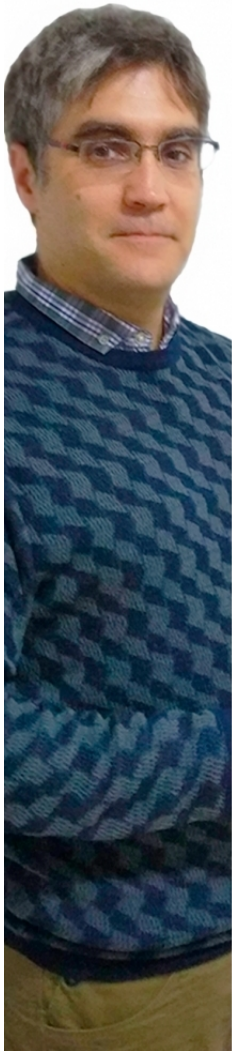
Tecnologías de polvos metálicos	Etapa 2. Compactación de los polvos metálicos	Tipos	Mezclado	Se pueden mezclar polvos de diferentes metales o aleándolos antes		
				El mezclado de partículas de un mismo material con distintos tamaños reduce la porosidad		
				Se emplean lubricantes para reducir la fricción (0,25-5%)		
				También se pueden añadir aglutinantes para mejorar la resistencia en verde		
			Produce el reordenamiento de las partículas ocupando menos espacio			
			Aumenta el número de contactos entre las partículas			
			La parte resultante tras la compactación se denomina compactación en verde			
			También se produce deformación plástica lo que reduce drásticamente la porosidad			
			Compactación Uniaxial	Características	Valido para piezas pequeñas	
					La presión debe superar al límite elástico	
		Se consigue deformación elástica, plástica y unión en frío				
		Etapas		Se carga el polvo en la matriz		
				Se ejerce presión en una única dirección		
		Ventajas		Con ayuda de un eyector se extrae la pieza		
				Se puede automatizar con un proceso en continuo		
		Inconvenientes		Se puede atascar el polvo o la pieza en la eyección		
				Si el polvo es muy duro puede dañar la matriz por fricción		
				No es útil para piezas esbeltas (alargadas) ya que se produce un gradiente en la presión y densidad		
		Tipos de prensas		Prensa efecto simple.	Un punzón, por un lado. (Da lugar a altos gradientes de presiones)	
					Prensa de doble efecto	La zona central de la pieza está menos compactada
				Prensa doble efecto		
				Matriz flotante	El punzón superior se mueve y la matriz es flotante	
				Prensa multinivel	Posee varios punzones actuados por sistemas diferentes para ejercer presiones diferentes. Mejora significativamente la homogeneidad de las densidades	
Compactación Uniaxial en caliente	Características	Menos límite elástico mayor deformación plástica				
		Aumenta la ductilidad				
	Ventajas	Mayor resistencia en verde y densidad				
		Se reduce el proceso de sinterizado				
		Se puede mecanizar en verde				
		Menor tamaño del poro y más redonda del poro				
		Distribución más homogénea				
Menor variación dimensional						
<u>Se calienta a 130º para que no varíe la densidad</u>						
Compactación isostática	Tipos	Prensado isostático en frío (CIP)	Se introduce el polvo en un molde de pared flexible (elastómero)			
			Se introduce el molde en un baño de agua (más común) o aceite presurizado			
		Prensado isostático en caliente (HIP)	El molde es metálico de alto punto de fusión			
			El fluido es un gas inerte de alta temperatura o fluido vítreo			
	Ventajas	Tº de hasta 1200º				
		Compactación de casi el 100%				
		Menos fricción				
	Inconvenientes	Mayor posibilidad de formas				
		Mayor uniformidad de las propiedades				
		Mayores densidades en verde				
Más lento						
Menor tolerancia dimensional						
Peor acabado superficial						
Proceso discontinuo						

AHORA QUE YA TIENES LOS APUNTES,
NECESITAS **UN PROFESOR PARTICULAR**

Academia **Cartagena99**

91 515 13 21 -689 45 44 70
www.cartagena99.com

Tecnologías de polvos metálicos	Etapa 3. Sinterizado	Sinterización en estado sólido	Proceso a alta temperatura por debajo del punto de fusión (70%-90%) por la que las partículas se unen por difusión.		
			La variables son la temperatura, el tiempo y la atmósfera del horno (Sin oxígeno para hierro y aleaciones. A ves con vacío)		
			Se produce por una reducción de la energía superficial		
			Etapas	Aproximación	Los granos se aproximan
				Formación de cuellos	Mediante el transporte de masa se van rellenando los poros formando cuellos.
				Crecimiento de cuellos-Densificación	
			Mecanismos	Densificación- crecimiento del grano y redondeo de poros	Quedan mini poros redondos que concentran menos tensiones
				Difusión superficial	
				Difusión en volumen	
				Difusión en fase vapor	
	Difusión en borde de grano				
	Hornos empleados	Flujo plástico			
		Continuos			
		Discontinuos	Mufla Vacío		
		Sinterización en fase líquida	Otro tipo de sinterizado mejorado		
			Se añade un metal que funde a la temperatura de sinterizado del normal		
			Rellena mejor los poros		
			Puntos eutécticos	Temperatura más baja a la que funde la matriz	
			Etapas	Formación de la fase líquida	La fase del metal blando funde y se adhiere a los límites de grano
				Reorganización de las partículas	
Procesos de solución/precipitación				La fase líquida puede disolver parte del sólido y precipitar mejorando la difusión	
Densificación final				No queda casi porosidad	
Características			Se consiguen densidades más altas		
			Se favorece la difusión por disolución		
	Control de la porosidad secundaria				
	Se requiere control de la fase líquida para no perder estabilidad dimensional				
		Se produce más cambio dimensional			
		Permite materiales compuestos complejos de obtener por colada			



Tecnologías de polvos cerámicos	Etapas	1. Obtención del polvo	Síntesis + Molienda	Reacción en atmosfera no inerte para formar óxido		
				Una vez oxidados se muelen		
			Molienda	Se muelen bien por ser frágiles		
		2. Conformado	Compactación de polvos	Compactación isostática	Caliente (HIP)	
					Fría (CIP)	
				Compactación uniaxial		
			Slip casting (Moldeo por Barbotina)	La pulpa suele estar formada por una mezcla de polvo y agua. 25-40%		
				Hay que tener en cuenta la viscosidad del slurry (viscosidad de sólidos en suspensión en líquidos)		
				Piezas huecas.		
			Tape casting	Permite fabricar láminas		
			Powder Injection Molding (PIM)	Mezcla de polvo con aglutinante que se inyecta.		
				También se emplea para metales		
				Método caro para cerámicas avanzadas		
				Al extraer la pieza se conoce como pieza en marrón		
				Ventajas	Buenas tolerancias dimensionales	
					Propiedades mecánicas muy buenas	
					Alta capacidad de producción	
					Partes pequeñas	
		Formas complejas				
		Desventajas		Alto coste		
			Disponibilidad limitada de polvos pequeños			
		Agente aglomerante (Binder)	Baja viscosidad			
			Material orgánico (Mezcla de polvos)			
			Mezcla con el polvo: feedstock			
			Eliminación del aglomerante	Tipos	Puede ser antes de la sinterización o después	
					Eliminación térmica	
					Reacción catalítica	
Extracción del agente aglomerante o eliminación con disolventes						
se realizan orificios para extraerlo del interior de la pieza						
Posibilidad de formación de grietas						
3. Sinterizado	En estado sólido	Manual, moldeo por compresión.				
		Las cerámicas son difíciles de sinterizar				
		Coeficiente de difusión bajo				
		Necesidad de utilizar polvos muy pequeños				
	Temperaturas elevadas y atmosferas inertes					
	Se añaden aditivos para mejorar la sinterabilidad					
	En fase líquida	Cerámicas más tenaces				
Temperaturas más bajas						
	Se añaden óxidos metálicos					
Sinterización por reacción	Baja temperatura los átomos reaccionan entre ellos como el carburo de silicio					

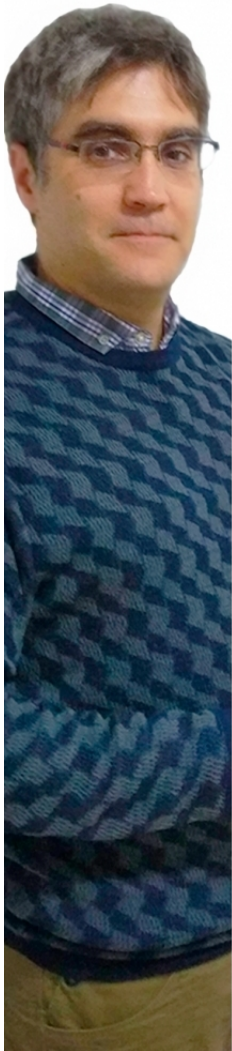
Proceso de fundido	Proceso de fundido	Calores necesarios para la fundición	Q1	Calor específico del sólido		
			Q2	Calor latente de sólido a líquido		
			Q3	Calor específico del líquido	(Calor por encima de la temperatura necesaria)	
		Defectos en la fundición	Reacciones con oxígeno			
			Formación de burbujas con gas disuelto			
	Fluidez	En los metales aleados NO hay una temperatura de fusión determinada sino un rango que se llama zona pastosa entre $T_{liquidus}$ y $T_{solidus}$				
		Es lo contrario a la viscosidad				
		Se mide con una espiral para ver hasta dónde llega el fluido				
		Colabilidad o capacidad de fundición	Viscosidad, tensión superficial, inclusiones, patrón de solidificación, diseño del molde, Material y superficie, Transferencia del calor del molde y velocidad de vertido			
			Tensión superficial			
	Inclusiones		Empeoran la colabilidad			
	Proceso de solidificación	Nucleación de granos	Un cleación heterogénea	Existen zonas preferenciales donde es más común de nucleen		
				Se da en zonas de inclusiones, paredes del molde, límites de grano de impurezas. Debido a que tienen mayor energía para nuclear		
				Requiere menor subenfriamiento		
			Nucleación homogénea	No existen lugares preferenciales		
		Requiere subenfriamiento				
		A mayor velocidad de enfriamiento mayor velocidad de nucleación y menor crecimiento de grano.				
		Crecimiento de granos	Se orientan en la dirección de flujo de calor			
			Frente de solidificación depende de :	Numero de nucleaciones. Cuantos más puntos de nucleación los granos serán más pequeños.		
				Velocidad de crecimiento. Cuando más lento se enfríe granos más grandes		
		Composición		Se forman granos con distintas composiciones.		
	Parámetros de la solidificación	Temperatura de colada				
		Velocidad de enfriamiento				
		Velocidad de enfriamiento	$t=B*(V/A)^2$ (B depende del material)			
		Sobrecalentamiento				
		Rango de solidificación				
	Microestructura	Zonas	Zona equiaxial o chill zone	Muchos puntos de nucleación heterogénea		
No hay dirección de evacuación de calor.						
Los granos son pequeños						
Zona columnar			Nucleación homogénea			
			Parte de los granos de la zona equiaxial			
Zona equiaxial interior			No suele formarse esa zona			
		Se forma cuando el enfriamiento es lento				
		Se produce nucleación homogénea en el centro en forma de granos equiaxiales				
Las zonas con granos equiaxiales son isotrópicas porque da igual la dirección de aplicación de la fuerza						
Las zonas con granos columnares son antrópicas porque influye la dirección de aplicación de la fuerza						
Formación de dentritas	Se forman en las aleaciones					
	Debido a velocidades lentas					
	Provocan microsegregación. Se separan los metales de la aleación.					
	Se pueden romper por agitación ya que son muy frágiles además disminuye la viscosidad.					
	Cuanto más materiales de aleación más dentritas					

AHORA QUE YA TIENES LOS APUNTES,
NECESITAS **UN PROFESOR PARTICULAR**

Academia **Cartagena99**

91 515 13 21 -689 45 44 70
www.cartagena99.com

Proceso de fundido	En la pulvimetalurgia el defecto era la porosidad			
	Defectos	Proyecciones metálicas: Aletas, rebabas, ampollas y superficies rugosas.		
		Cavidades: Redondeadas o Rugosas, Internas o externas. Producidas por contracción o gases.		
		Discontinuidades. Producidas principalmente por tamaño grueso, microsegregaciones en dendritas o puntos fríos por donde se juntan dos flujos.		
		Superficie defectuosa como pliegues, traslapos, arena adherida y escamas de óxido.		
		Fundición incompleta. Falta de material, fugas, temperatura baja o vaciado lento		
		Fallos dimensionales. Tolerancia inapropiada para la contracción.		
	Inclusiones			
	Problemas de la contracción	Tipos	Contracción previa a la solidificación (se evita con el uso de mazarotas)	
			Durante el cambio de fase	
		Durante la etapa de enfriamiento		
	Coeficiente de expansión térmica.	Suele ser positivo		
		En la fundición gris y la fibra de carbono es negativo		
	Rechupes	Zonas vacías de material solidificado		
		Se produce en la última zona a solidificar		
		Se evitan con	Enfriadores en moldes de arena que dejarán huecos	
			Modificaciones del material del molde	
	Agrietamiento en caliente	Se empeora si la arena no tiene buena colapsabilidad		
		Se produce por la incapacidad de contracción, por ejemplo si la pieza se pega al molde.		
	Causas	Porosidad	Debido a	Contracción en las dendritas
Presencia de gases en el metal				
Gases producidos por una reacción				
Acumulación de gases en zonas de porosidad				
Soluciones		Colar en vacío		
		Empleado de gases inertes		
		Enfriar más rápido		
		Con presión isostática en caliente		
Reacción del gas para crear impurezas que se eliminan				
Segregación		Se produce en las aleaciones		
	Son diferencias en la composición de diferentes zonas de una pieza			
	Pueden ser	Microsegregación diferencias entre superficie y núcleo de las dendritas.		
		Macro segregación	Común	Elementos de menor punto de fusión en la zona central
Inversa			Lo contrario fuera del núcleo	
Por gravedad	Diferencia según su densidad			



Moldeo por colada	Características	Ventajas	Permite la fabricación de piezas más complejas que en pulvimetalurgia		
			Mayor versatilidad en tamaño de piezas		
			Producción en grandes cantidades		
			Coste variable pero relativamente más bajo que en otras técnicas		
			Menor número de componentes		
		Desventajas	Propiedades inferiores a la deformación plástica		
			Queda porosidad.		
			Las propiedades dependen de la dirección del grano.	Cuando más rápido se enfríe más gruesos y largos	
				Dirección opuesta al enfriamiento	
			Anisotropía		
	Menor precisión dimensional que en pulvimetalurgia debido a las contracciones y dilataciones en los cambios de temperatura.				
	Son frecuentes los defectos de colada como segregaciones y porosidad				
	Calidad superficial variable		Peor en molde arena		
		Mejor en molde metálico			
	Elevado coste inicial.				
	Etapas	Molde y preparación	Complejidad por la contracción	Mazarotas	Reserva de metal fundido que hace que llene el molde a medida que se va contrayendo
			Comprobar el llenado de todos los huecos		
		Fusión del metal	Eleva la temperatura para que sea más viscoso		
		Vertido o colada	Puede ser por gravedad o a presión	Puede ser Continuo	
			Discontinuo		
Proceso de solidificación					
Extracción de la pieza	Incluir Eyectores				
	Lubricando la matriz				

Moldes Permanentes	Para cobre, cinc y aluminio el molde puede ser de acero (lo más común)			
	Puede incluir partes (núcleos o corazones) desechables de arena o aglomerados			
	Características	Mejores tolerancias dimensionales por el rápido enfriamiento		
		Mejores acabados superficiales	Superficie de contacto lisa	
		Mejores propiedades mecánicas	Debido a la velocidad de enfriamiento no se forman granos que reducen resistencia	
		Formas complejas (menores a 25kg)		
	Moldes	Generalmente metálicos (pueden ser de grafito)		
		Son caros		
		Se usan lubricantes		
		Se calientan para	Reducir el daño térmico Mejorar la fluidez	
		Problemas	Erosión por el metal fundido al caer	
	Corrosión			
	Reacción química			
	Puede ser	Manual	La más común	
		Semiautomático	Realizando el vertido manualmente pero el cierre del molde automático	
		Automático		
	Tipos	Fundición de Vacío	Mediante vacío se absorbe material con un molde Formas complejas con paredes delgadas y propiedades uniformes	
		Fundición hueca	Se vierte en un molde se espera a que solidifiquen las paredes y se vierte lo restante (parecido a slim casting) Fundiciones huecas de paredes delgadas	
			Se inyecta aire para que ayude al metal a rellenar las partes	
			El molde se llena rápidamente	
			Altos costos de equipo, bajos de mano de obra	
			Maquinado posterior nulo o escaso	
			Muy empleado en Aluminio, Zinc, Magnesio y cobre	
Características		Molde caro no deben notarse las juntas Alta transmisión de calor		
		Presión controlada para evitar flujos turbulentos que provoquen burbujas		
Fundición a presión en matriz (Die casting) Metales ligeros como aluminio, magnesio, zinc y latón.		Tipos	Proceso en cámara caliente	El metal fundido se encuentra en una cámara caliente y donde un pistón hidráulico lo empuja al interior de un molde El metal se mantiene a presión hasta que solidifica Presión más elevada Metales menor punto de fusión
			Proceso en cámara fría	Presiones más elevadas Metales de alto punto de fusión
		Capacidades	Partes fuertes de calidad	
			Formas complejas	
			No suele requerir operaciones de maquinado Espesores muy delgados	
Centrífuga		Centrífuga verdadera	Piezas de simetría cilíndrica Problemas de densidades. Las impurezas ligeras se quedarán en la superficie interior.	
		Semicentrífuga	Figuras con simetría rotatoria como ruedas dentadas o con radios	
			Los bordes tienen mayor densidad y mejores propiedades La parte central suele ser eliminada por las impurezas. (Como un donut)	
		Centrifugado	No son piezas de revolución. La fuerza centrífuga conduce el metal por unas cavidades hasta los moldes en los extremos de la circunferencia	
Squeeze casting		Similar al moldeo por compresión de plásticos		
		Se producen gases en disolución por la alta presión (se evitan soldaduras)		
		Alta transferencia de calor que produce microestructuras finas con buenas propiedades		
		Se utilizan eyectores		
Características		Buen acabado superficial y rellenado de formas complejas Automatizable		

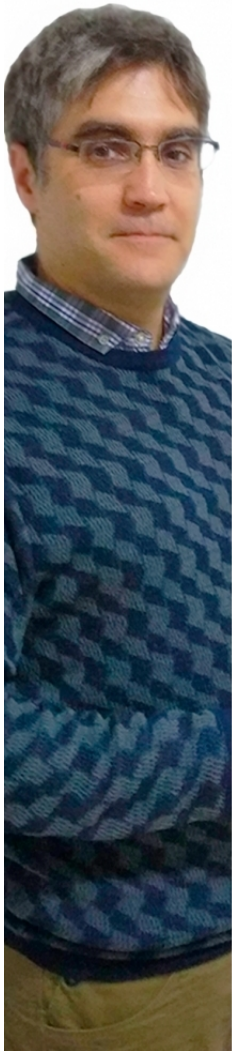
Moldes desechables	Molde de arena	El proceso más utilizado			
		Es muy versátil			
		Modelos	Copa de vaciado, bebedero, canales de alimentación, respiraderos.		
			Corazones machos o núcleos.	Se utilizan para crear cavidades en las piezas. Se sujetan con piezas que pueden fundir con el material o quedar incrustadas	
			Se deben diseñar teniendo en cuenta la contracción del metal		
		Características de la arena	Es refractaria		Elementos de alto punto de fusión
			Se puede compactar manualmente o con herramientas para que sea resistente		
			Permeabilidad	Mejora la evaporación de gases	
	La presencia de aglutinantes baja la permeabilidad			Enfría lentamente	
	Estabilidad térmica				
	Empeora el acabado superficial				
	Colapsabilidad	Influye en las contracción si no colapsa la pieza puede agrietarse.0			
	Fundición de modelo evaporativo	Se trata de un modelo en espuma que se elimina quemando al verter el material			
	Otros moldes desechables	Moldeo a la cera perdida (Investment Casting)	Ventajas	Buen acabado superficial y tolerancia dimensional.	
				Muchas formas	
			Desventajas	Muchas aleaciones	
				La cera se puede reutilizar	
Proceso		Coste, tiempo y tamaño			
		Prepieza			
		Las piezas se colocan en árbol para fabricar varias			
		Baño en suspensión cerámica slurry.			
Cuando se queda la forma se funde la cera para dejar el hueco					
Se rellena con metal					
Cuando solidifica se rompe el molde					
Colada continua					

AHORA QUE YA TIENES LOS APUNTES,
NECESITAS **UN PROFESOR PARTICULAR**

Academia **Cartagena99**

91 515 13 21 -689 45 44 70
www.cartagena99.com

Conformado por deformación plástica	Empleo de fuerzas para la deformación plástica de metales partiendo de una geometría sencilla inicial		
	Ventajas	Velocidad del proceso muy alta	
		Fácilmente automatizable	
		Bajas pérdidas de material	
		Propiedades mejoradas	
	Desventajas	Limitaciones en formas	
		Los acabados pueden no ser bueno por el roce con la matriz pliegues o codos. Se pueden requerir altas potencias	
	Tipos de clasificación	Operaciones primarias o secundarias	
		Conformado en frío o en caliente	
		Deformación másica o en volumen	
	Variables	Potencia, Temperatura, Calidad superficial, Propiedades del material final	
	Endurecimiento por deformación en frío	Cuando la temperatura es inferior a la temperatura de recristalización ($0,6 \cdot T_f$)	
		Provoca	Incremento en la densidad de dislocaciones
			Coalescencia en interferencia de dislocaciones
			Bloqueo del movimiento de las dislocaciones en las fronteras de grano
	Cuanta más deformación más fuerza necesaria para seguir deformando		
	Recristalización	Proceso que requiere una temperatura por encima del 60% de la temperatura de fusión	
		Se reduce la energía interna con la creación de nuevos cristales	
		El efecto de las temperaturas depende de la deformación previa	
		Los nuevos cristales ya no tendrán dislocaciones ni deformación plástica por lo que se pierden las propiedades de la deformación plástica	
El proceso de deformación y recristalización es deformación en caliente lo que provoca la deformación continua ya que se produce simultáneamente la recristalización			
Temperatura del proceso	Conformado en frío: 30% de T_m	Más económico por la temperatura	
		Mejor calidad superficial(por ausencia de cascarilla)	
		Mejor resistencia al desgaste y fatiga	
		Menos contaminante	
		Direccionalidad de los cristales	
	Mayores esfuerzos para el procesado		
	Conformado intermedio 30-50% de la T_f		
	Conformado en caliente: 60% de la temperatura de fusión		
	Ductilidad reducida		
	Se producen tensiones residuales que se pueden eliminar con calor		



Conformado por deformación plástica

Conformados masivos o en volumen

		El material de partida puede ser un tocho lingote o placa.			
		La deformación plástica es mucho mayor que la elástica por lo que no hay casi recuperación			
Laminado	Tipos	Aplicación de fuerzas entre dos rodillos			
		Laminación en caliente si se requieren elevadas deformaciones			
		Se pueden obtener perfiles o láminas			
		Laminados planos	Para obtener laminas planas		
			Al reducirse el espesor la velocidad es más alta a la salida que a la entrada		
			Parámetros	Reducción de (d)	demás= $u^2 \cdot R$
				Relación de las velocidades	Igual que en fluidos
				Fuerza de fricción	Mayor en la entrada de los rodillos por lo que favorece el avance
				Sección de contacto entre rodillo y el material	
				Fuerza de laminación	Sección de contacto entre el rodillo y material
				Longitud de contacto proyectada	
				Par torsor	Fuerza por longitud
			Potencia		
		Distorsión de los rodillos	Reducción de la fricción		
			Reducción del área de contacto		
			Incrementar temperatura (Se reduce la tensión de fluencia)		
			Aplicación de tracción simultanea		
		Defectos	Reducción del espesor por etapas (varios rodillos)		
			Bordes ondulados	Son el resultado de la flexión del rodillo	
			Grietas	Falta de ductilidad del material. Puede ser en el centro o en los lados. Se suele remover posteriormente.	
Laminados de forma	Acocodrilado				
	La lamina se abre en dos .				
	Laminado de roscas				
		Laminado de perfiles			
		Laminado de anillos			
Forja	Características	Aplicación de fuerza de compresión (Por impacto o gradual) entre dos matrices			
		Más habitual. Tiene rebabas			
		Tiene menos porosidad y defectos de rechupe que la colada			
		Se debe tener en cuenta la contracción durante el enfriamiento			
		Menores perdidas que el mecanizado			
		Velocidad muy alta			
		Mayor resistencia que el mecanizado y orientación favorable de los granos			
	Tipos de matriz	Matriz abierta	Tiene el inconveniente de que el troncho roza con la matriz por lo que la deformación es uniforme. Abarrilamiento		
			Caso real	$F = K_f \cdot Y_f \cdot A$ Kf=coeficiente de fricción	
		Matriz de estampación	Características	Dificultad para el cálculo de fuerza necesaria Se debe tener en cuenta Kf. Se dificulta si la pieza es compleja	
			Formación de rebaba	Se requieren operaciones secundarias para eliminar la rebaba	
				Se pueden reducir añadiendo menos material	
			La rebaba ayuda al relleno del molde debido a la fricción		
		Es importante la deformación progresiva			
		Matriz cerrada sin rebaba			
Recalcado	Solo se deforma una parte de la pieza				
	3 veces el diámetro de la barra				
		Fabricación de cabezas de tornillos, clavos remaches			
Prensas	Mecánicas	Mayor velocidad de operación			

			Puede aplicar fuerza pero no por mucha distancia
		Prensas hidráulicas	Más lentas
			Grandes esfuerzos durante todo el recorrido
		Neumáticas	Menos fuerza
			Baratas
		Falta de material para llenar el molde	
	Defectos de forjado	Exceso de material puede producir grietas. El material fluye de nuevo a las partes ya formadas.	
Extrusión	El material fluye por un orificio plásticamente		
	Se requieren metales dúctiles como Pb, Cu, Al y Mg		
	Se requieren lubricantes resistentes a altas temperaturas. No deben interferir con el material.		
	Características	Elevado desgaste de la herramienta, más si es en caliente	
		Se utiliza lubricante de vidrio fundido	
	Tipos	En frío o en caliente. En caliente se añaden lubricantes porque desgasta más la herramienta	
		Continuo/Discontinuo	(Más común en discontinuo)
		Inversa o directa. Se mueve la matriz o se mueve el material	
	Partes de una extrusora	Matriz: es la que sufre todo el desgaste	
		Contra-matriz	
Porta matriz			
Parámetros	Relación de extrusión	Más pequeña para materiales menos dúctiles	
	Velocidad, temperatura y rozamiento		
Estirado-Trefilado	Parecido a la extrusión pero en vez de empujar se tira		
	Diferencia entre Estirado-Trefilado	Estirado mayor diámetro con proceso más discontinuo	
	Características	Buena tolerancia dimensional y acabado	
		Propiedades mecánicas mejoradas	
		Capacidad de fabricación en masa o lotes	
		Alta velocidad	
	Material de partida	El material suele estar recocido para evitar tensiones previas y aumentar ductilidad	
		Limpieza para evitar dañar el molde	
		Afilado para facilitar la entrada inicial antes de estirar	
	Matriz	Suelen ser aceros o metales duros	
Consideraciones	La tensión de trefilado no debe exceder la de fluencia por ello se utilizan varias etapas		
	La reducción suele ser de 0,5 para barras y 0,3 para alambres		

	Conformados en láminas	Operaciones	Para laminas muy delgadas				
			Corte	Se produce por la cizalladura entre 2 bordes afilados			
				No se produce pérdida de material			
				El material no puede ser muy grueso porque si no va a deformar			
				Zonas	Redondeado	Parte donde toca la herramienta	
					Brullido	Zona plana	
					Rebaba	Donde se produce la fractura	
				Tipos	Cizallado		
					Troquelado	Parte resultante	
					Perforado	Parte con agujero	
				Parámetros	Juego	Es la distancia entre 2 punzones o puntos y matriz.	
						4-8%	
						Cuando más pequeño menos rebaba	
			Plegado	Tipos	Plegado de bordes		
					Plegado en V		
				Parámetros	ángulo de doblado		
					Radio de plegado	Lo más grande posible para concentrar menos tensiones	
						lo más pequeño posible para asegurar deformación irreversible	
					Ancho y espesor de la lámina		
					Fuerza de plegado		
			Trabajo de plegado				
			Embutición	Se crea un cuerpo ceco por medio del estirado de una chapa			
				Tipos	Estirado en paso único		
					Estirado en pasos sucesivos. (lo más común)		