



Moldes de arena en verde y otros procesos

0185 Metalurgia de aleaciones coladas base aluminio

Dr. Luis Enrique Jardón Pérez
Departamento de Metalurgia
Facultad de Química, UNAM

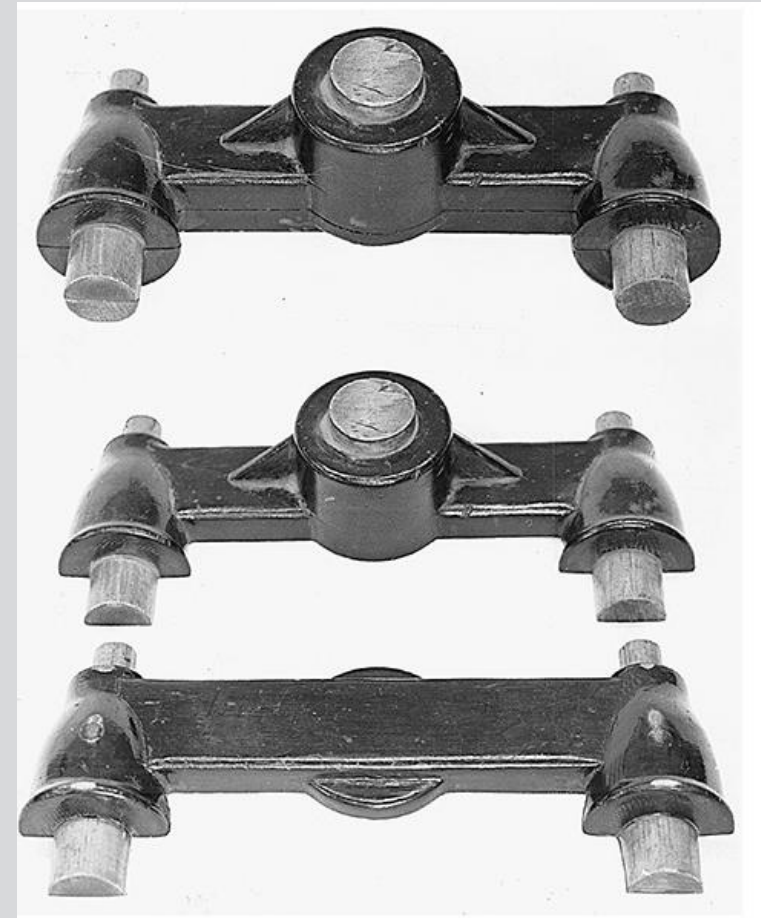
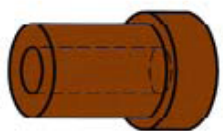
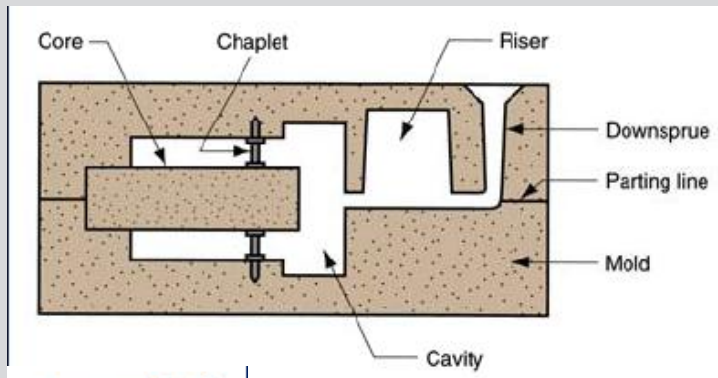


Modelos para fundición (Foundry Patterns)

Que son (función)

De que materiales están hechos

Consideraciones para su diseño





Modelo de resina epóxica

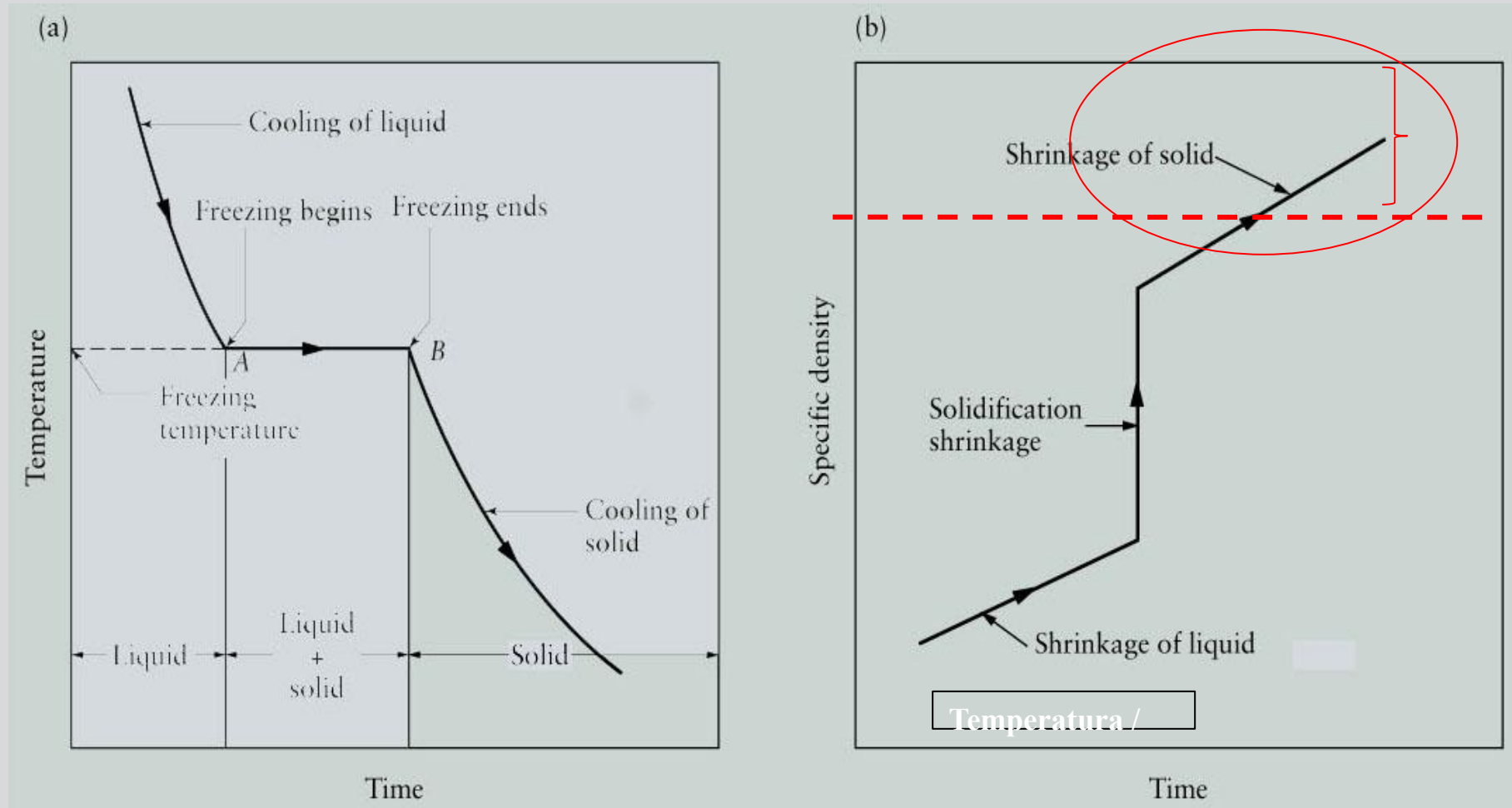
Modelo de madera



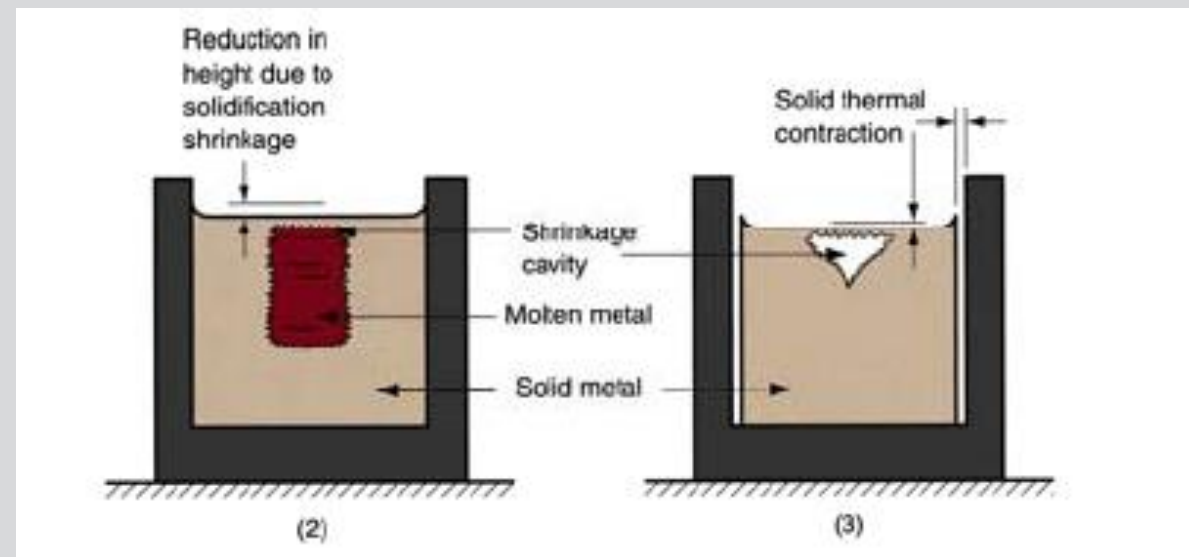
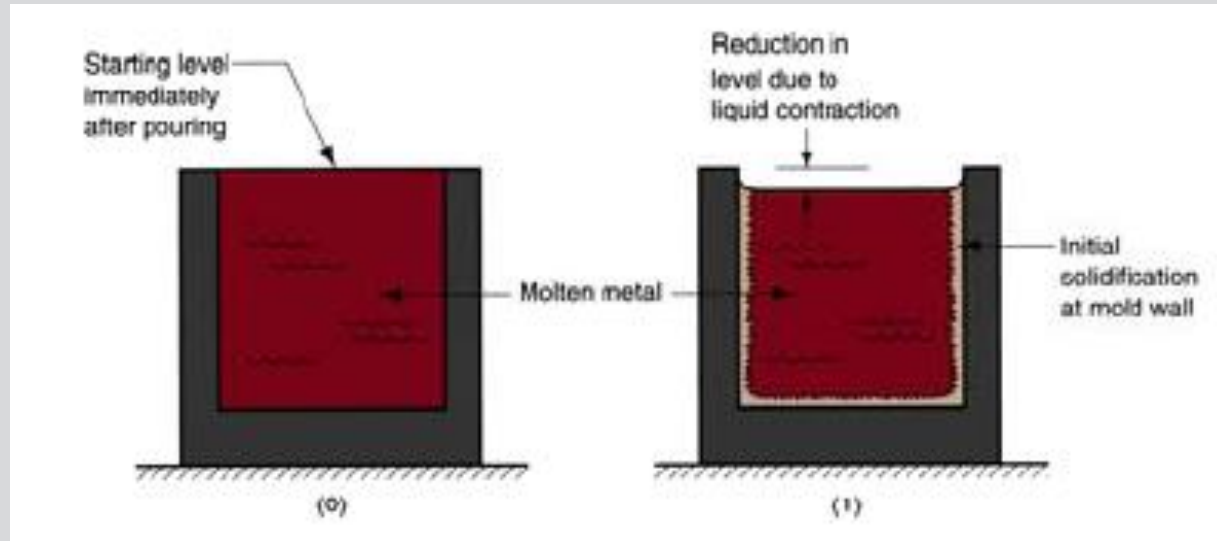
Fundamentos para el diseño de modelos

Contracción durante la solidificación

(a) Temperature as a function of time for the solidification of pure metals. Note that freezing takes place at a constant temperature. (b) Density as a function of time.



Etapas de contracción



Solidification Contraction for Various Cast Metals

TABLE 10.1

Metal or alloy	Volumetric solidification contraction (%)	Metal or alloy	Volumetric solidification contraction (%)
Aluminum	6.6	70%Cu-30%Zn	4.5
Al-4.5%Cu	6.3	90%Cu-10%Al	4
Al-12%Si	3.8	Gray iron	Expansion to 2.5
Carbon steel	2.5-3	Magnesium	4.2
1% carbon steel	4	White iron	4-5.5
Copper	4.9	Zinc	6.5

Source: After R. A. Flinn.

Contracción para Al y sus aleaciones

Aleación de Al	% Contracción
Al puro	8.0
Al-4Cu-2Ni-Mg	5.3
Al -12Si	3.5
Al-5Si-2Cu-Mg	4.2
Al-9Si-Mg	3.4
Al-5Si-1Cu	4.9
Al-5Si-2Cu	5.2
Al-4Cu	6.8
Al-10Si	5.0
Al-7Si-Ni-Mg	4.5
Al-5Mg-Si	6.7
Al-7Si-2Cu-Mg	6.5
Al-5Cu	6.0
Al-11Mg-Si	4.7
Al-5Zn-Mg	4.7

Consideraciones para el diseño de modelos

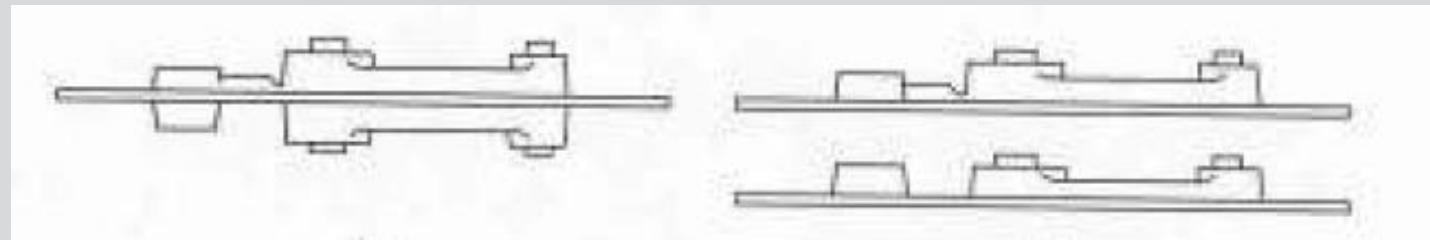
Patterns

➤ All dimensions of patterns are increased to account for the contraction (solid shrinkage) of the casting from the solidus to room temperature.

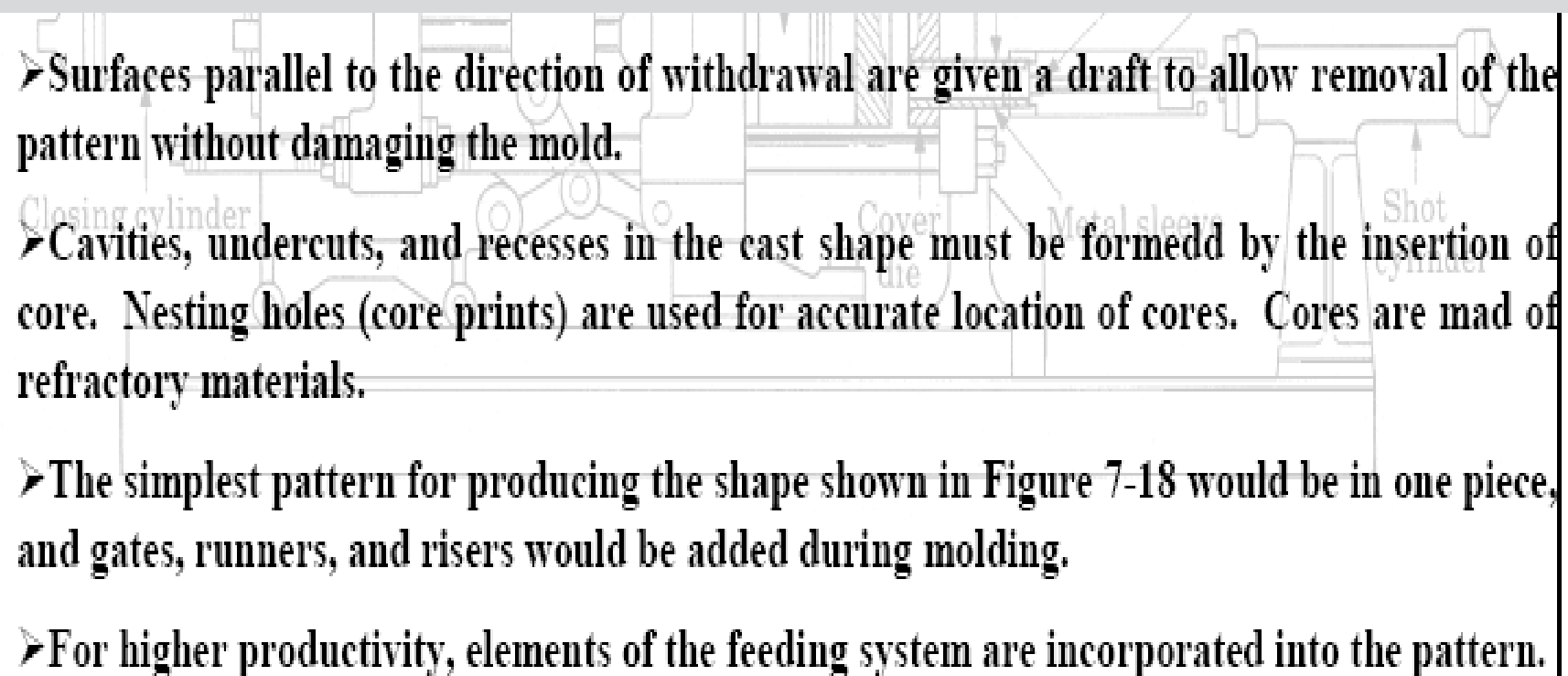
➤ If the casting is to be machined, an appropriate thickness (machining allowance) is added.

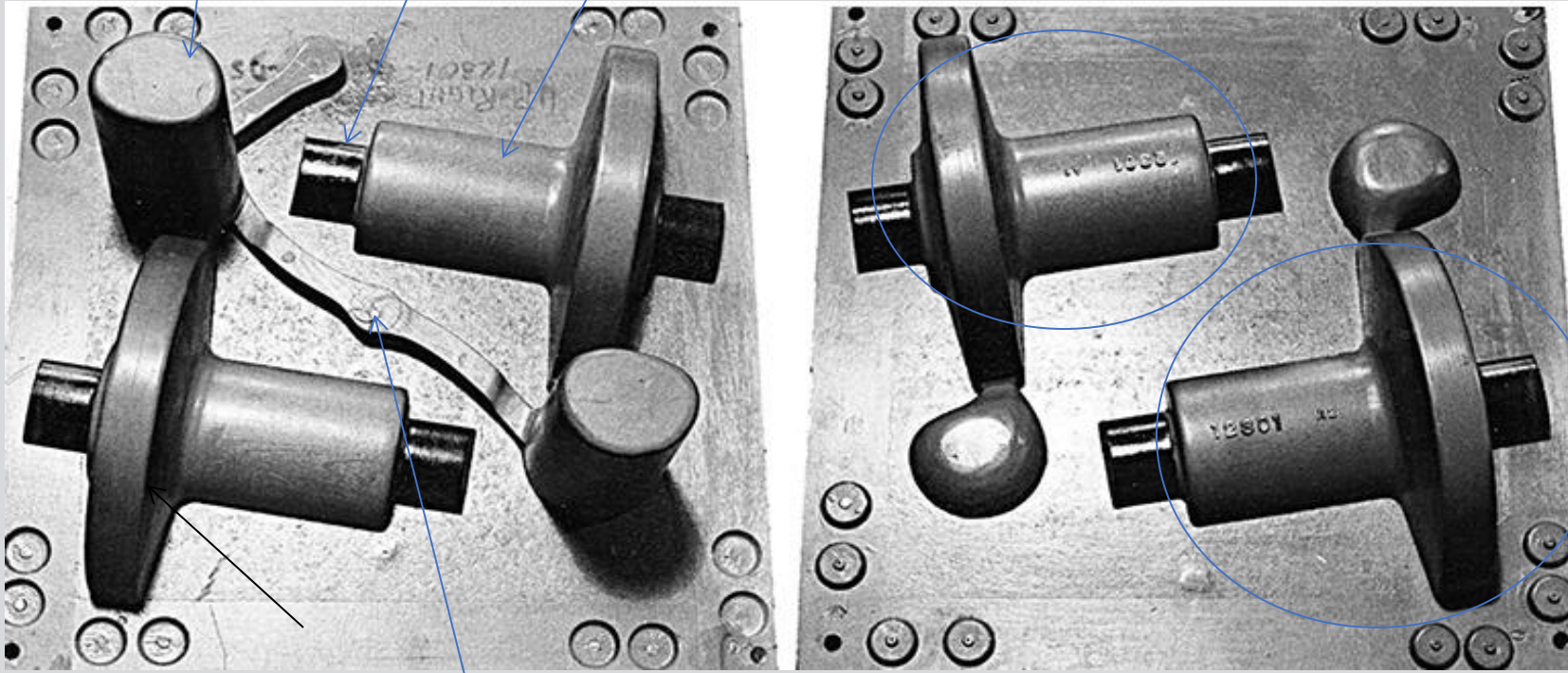
➤ Patterns are made of wood or a metal or strong plastic for greater durability and dimensional stability.

➤ For easy removability from the consolidated mold, patterns are made in two halves.



Consideraciones para el diseño de modelos

- 
- Surfaces parallel to the direction of withdrawal are given a draft to allow removal of the pattern without damaging the mold.
 - Cavities, undercuts, and recesses in the cast shape must be formed by the insertion of core. Nesting holes (core prints) are used for accurate location of cores. Cores are made of refractory materials.
 - The simplest pattern for producing the shape shown in Figure 7-18 would be in one piece, and gates, runners, and risers would be added during molding.
 - For higher productivity, elements of the feeding system are incorporated into the pattern.



Pattern Allowances

A pattern is slightly larger than the part of which it is a replica because of the following allowances:

- (a) **Tolerancias por contracción** (Solid shrinkage allowance)
- (b) **Tolerancias por maquinado** (Machining allowance)
- (c) **Tolerancia sppor ángulo de salida** (Draft- It is the taper) provided on surfaces parallel to the direction of withdrawal of the pattern from the mold to prevent crumbling of the mold surfaces. The taper varies from 0.25 to 2 degrees.
- (d) **En ocaciones tolerancias por pintura** (Paint allowances)

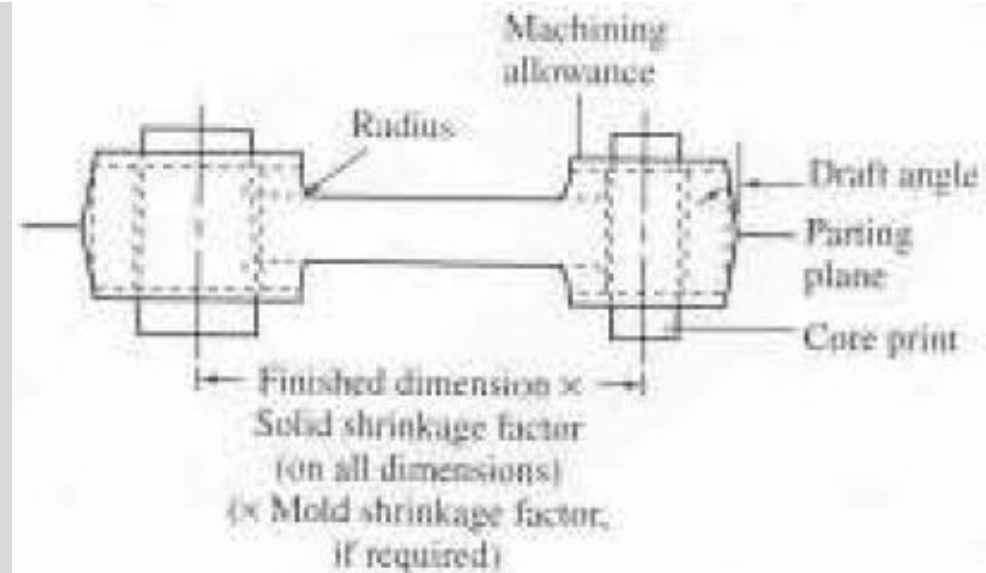
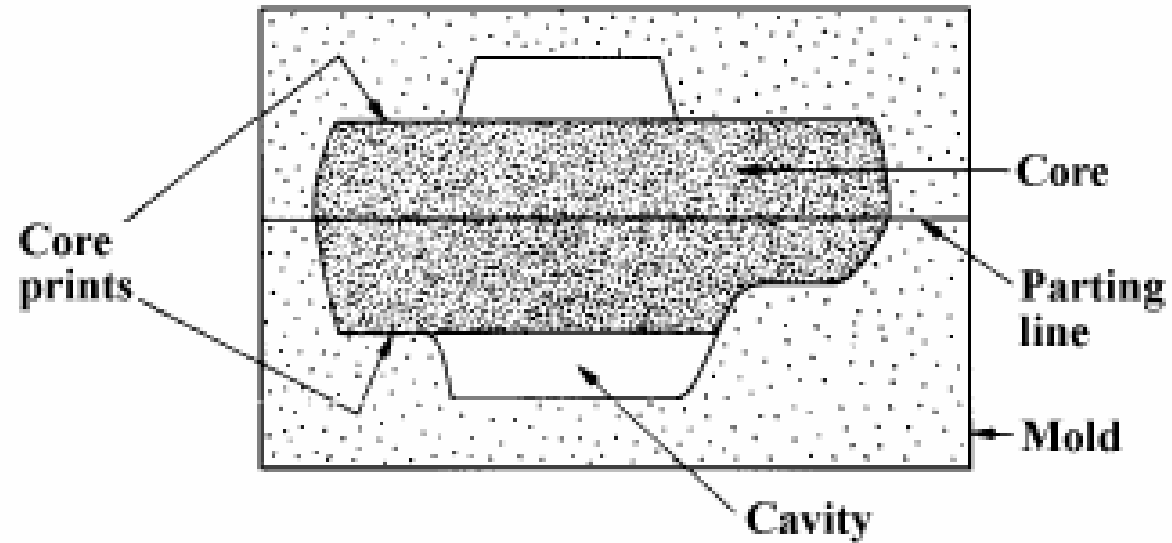
TABLE 2. Typical Pattern Machining Allowances for Sand Casting

(The allowances are in inches per side. For internal surfaces such as bores, the allowance is about $\frac{1}{32}$ in. greater and is negative.)

Material Cast	Overall Length of External Surfaces			
	0 to 12 in.	12 in. to 24 in.	24 in. to 42 in.	42 in. to 60 in.
Aluminum alloys	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{3}{16}$

Pattern Design Considerations

- Shrinkage allowance
- Machining allowance
- Distortion allowance
- Parting line
- Draft angle



Typical Shrinkage Allowance

Metal or alloy	Shrinkage allowances mm / m
Aluminum alloy	13

Typical Pattern Machining Allowance

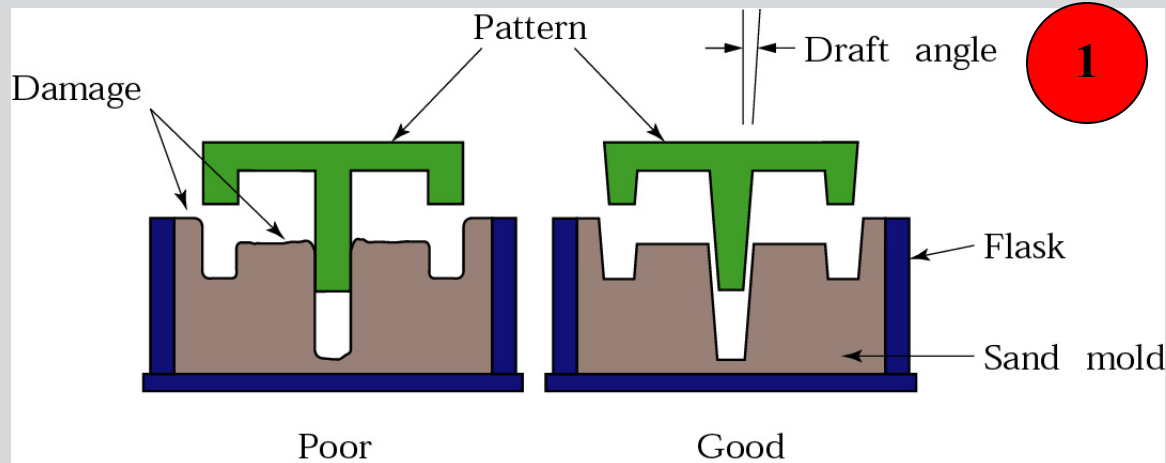
Pattern size, mm	Allowances, mm		
	Bore	Surface	Cope side
For nonferrous alloys			
Up to 76.....	1.6	1.6	1.6
76 - 152.....	2.4	1.6	2.4
152 - 305.....	2.4	1.6	3.2
305 - 510.....	3.2	2.4	3.2
510 - 915.....	3.2	3.2	4.0
915 - 1524.....	4.0	3.2	4.8



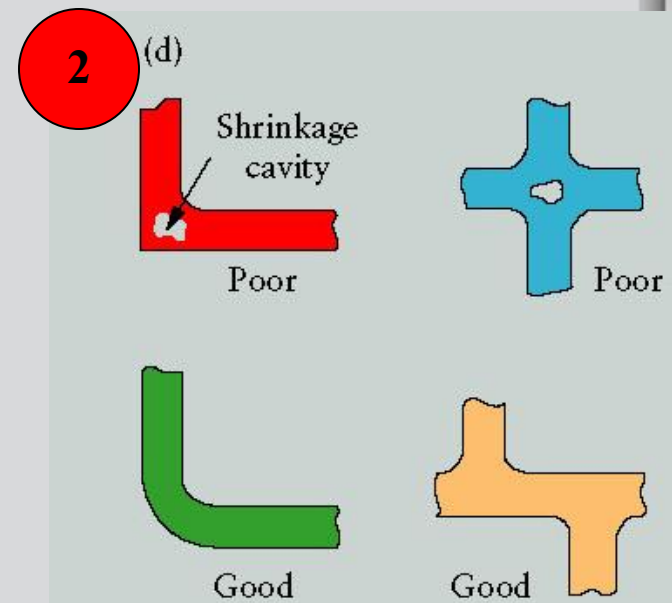
Defectos asociados al Diseño de modelos

Diseño de modelos

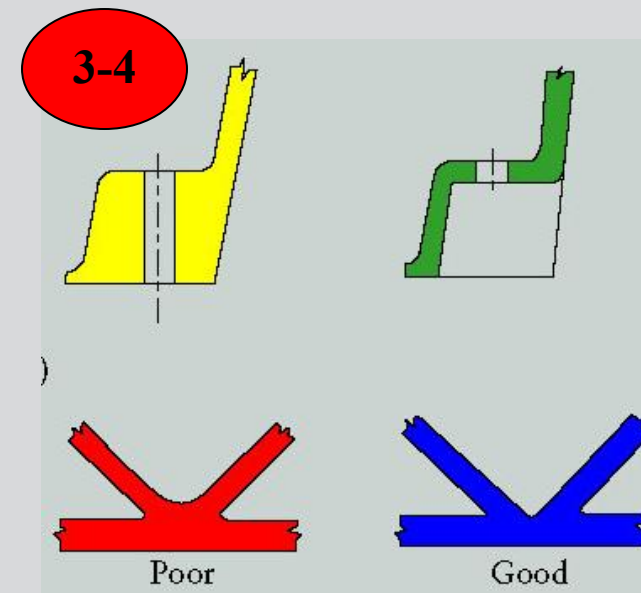
- 1) Proveer ángulos de salida de 1 a 3 grados para retirar el modelo del molde
- 2) Diseñar correctamente uniones L, T, X, mediante radios de curvatura, excesos o rediseño de la pieza, a menos que sean alimentadas por alimentadores
- 3) sugerir espesores similares en toda la pieza o planear una solidificación direccional
- 4) Intersecciones de cejas o pestañas deben tener espesores uniformes



Kalpakjian

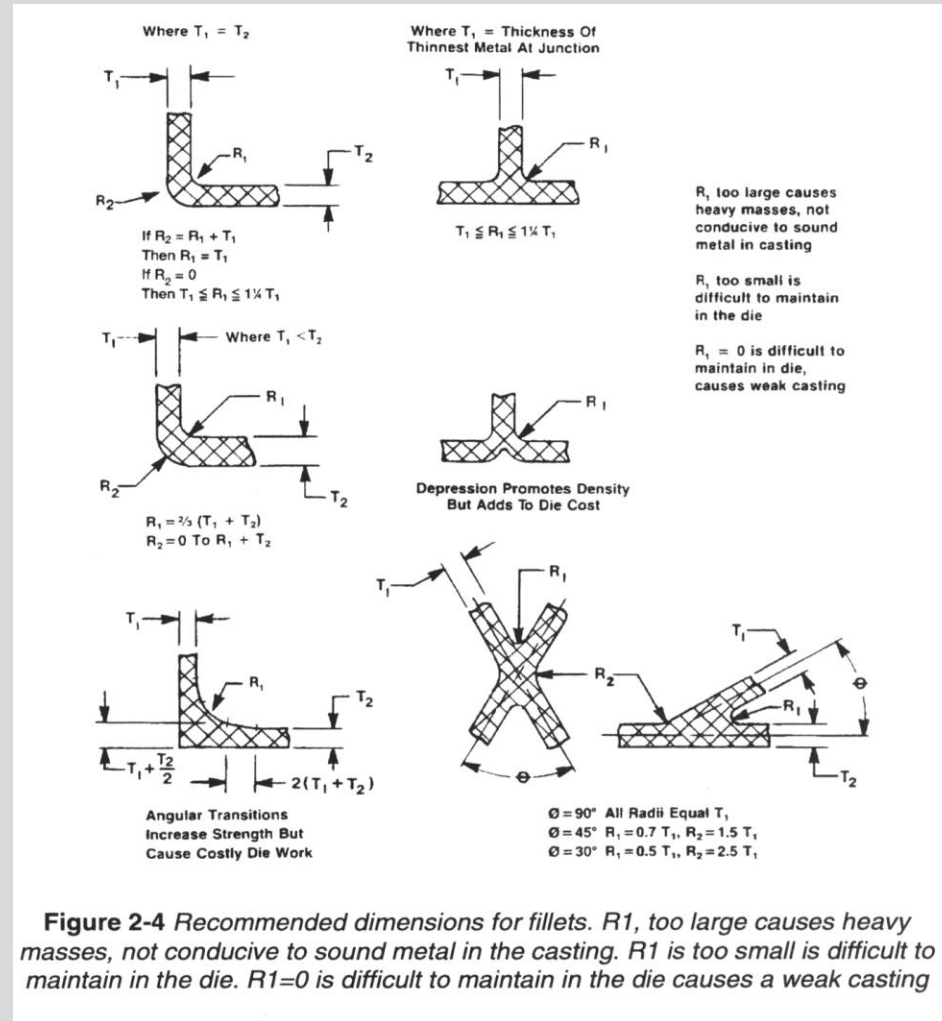
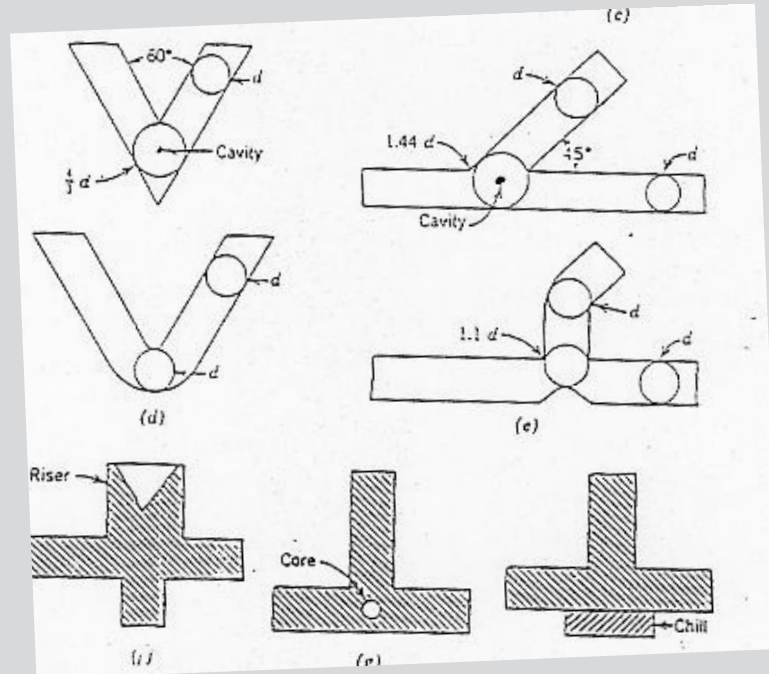
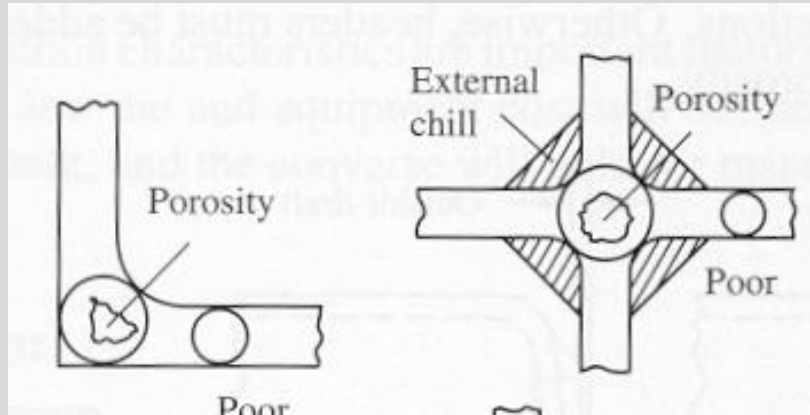


Kalpakjian



Kalpakjian

Diseño de secciones



Production of Aluminum Auto Parts

Main Characteristic	Casting Gravity ^A	Low-Pressure Die Casting ^B	High-Pressure Die Casting (Pores Free) ^C	Squeeze Casting ^D
Pouring/Filling Method	Ladle	Air pressure through stalk	High-speed and high-pressure injection by hydraulic piston	Relatively low-speed and high-pressure injection
Filling Time (s)	10-30	10-30	1	10
Operating Pressure (atm.)	1	1+(0.2-0.5)	100-500	500-1,000
Cycle Time (min.)	5-10	5-10	1-2	2
Die/Mold Temperature	High	High	Low	Low-medium
Dimensional Accuracy	+	++	+++	+++
Design Availability	+++	++	+	+
Productivity	+	++	+++	+++
Quality	+	++	+----	+++
Cost	+	+	+++	+++
Machining Required	Many	Many	Few	Few
Main Parts (other than wheels)	Intake manifold, cylinder block and head, piston	Cylinder block, cylinder head, suspension, member	Cylinder block, oil pan, cylinder head cover, transaxle case	Piston, disk-brake caliper, power steering toe control hub, knuckle

Defecto asociados al diseño de alimentadores

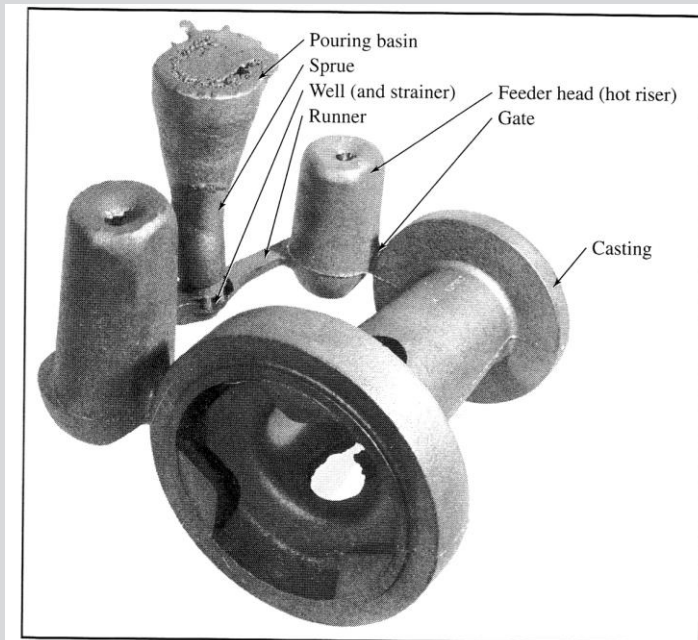
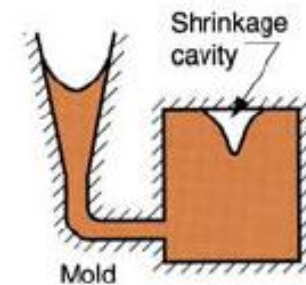


Figure 7-15 An example of a cored gray-iron casting showing sprue, runners, gates, and risers. Note the strainer configuration at the base of the sprue. (Courtesy Massey-Ferguson Brantford Foundry, Brantford, Ontario.)

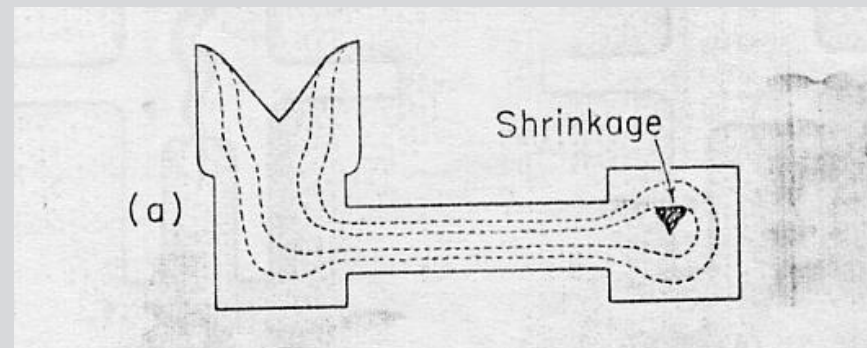
Shrinkage Cavity

Depression in surface or internal void caused by solidification shrinkage that restricts amount of molten metal available in last region to freeze

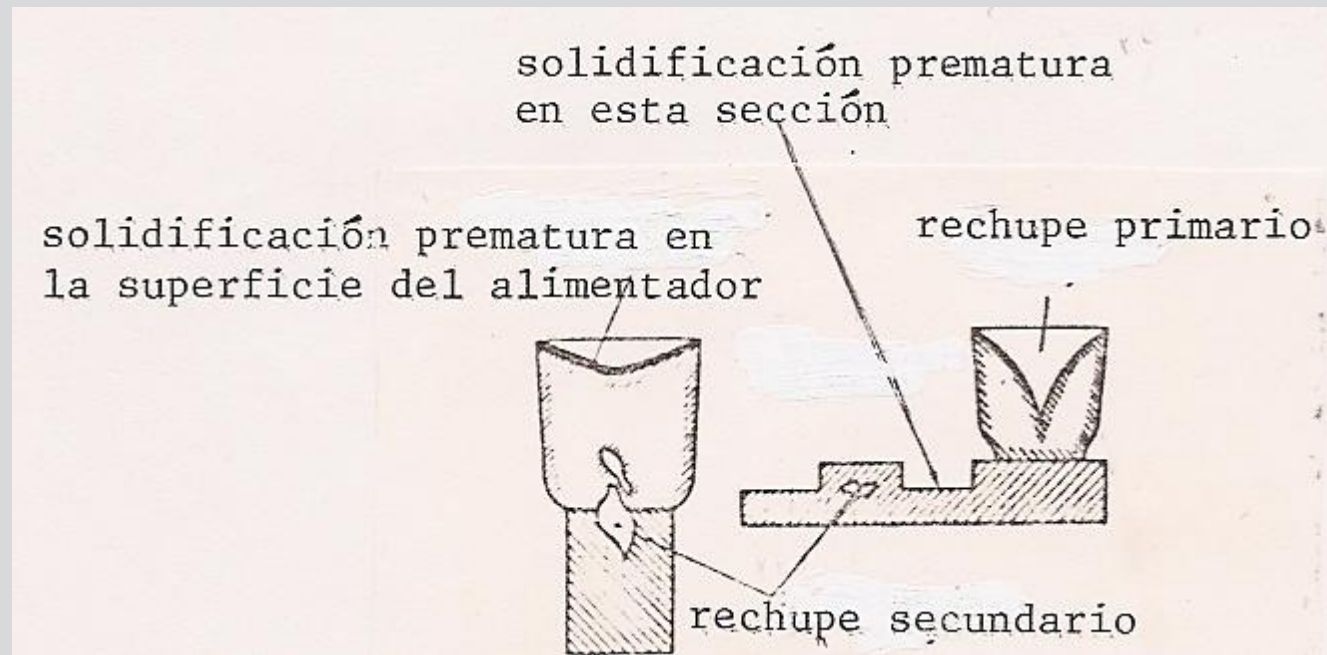


(d)

Figure 11.22 - Some common defects in castings: (d) shrinkage cavity



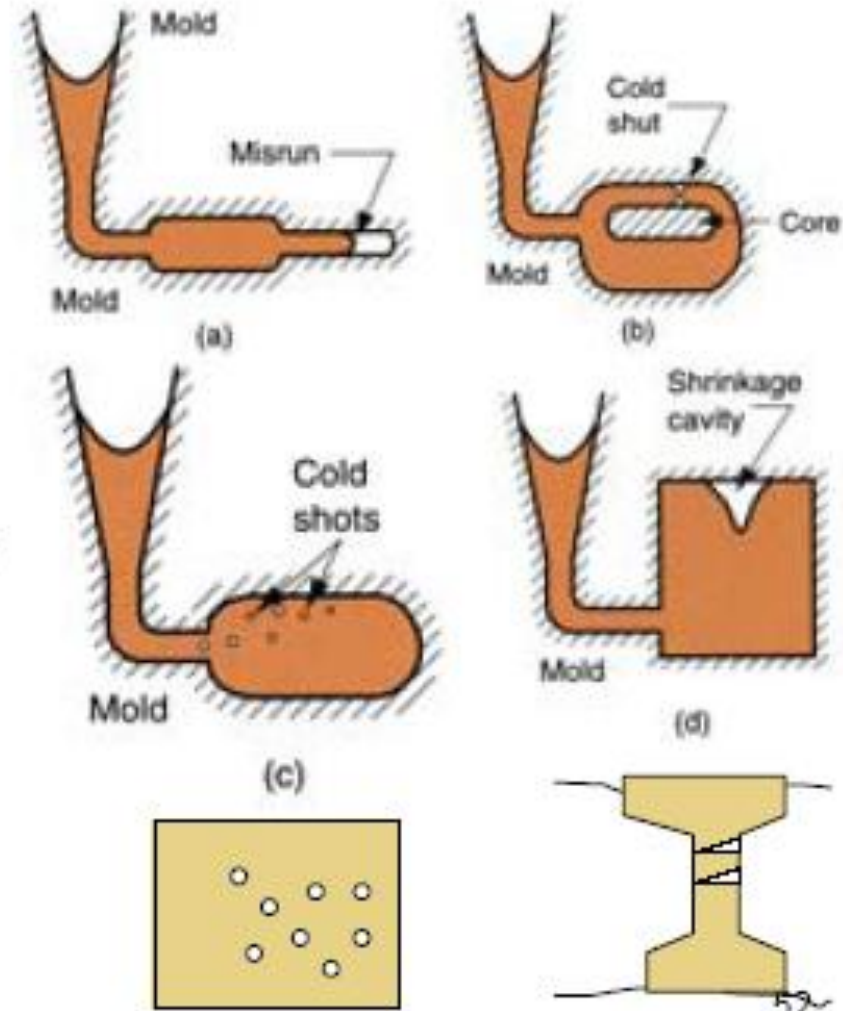
(a)



5. Casting Quality

- Casting defects

- a) Misruns
- b) Cold shut
- c) Cold shots
- d) Shrinkage cavity
- e) Microporosity
- f) Hot Tearing



Misrun

A casting that has solidified before completely filling mold cavity

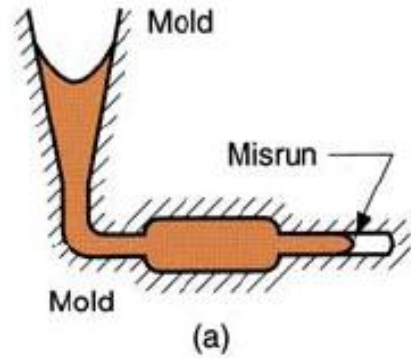


Figure 11.22 - Some common defects in castings: (a) misrun

Shrinkage Cavity

Depression in surface or internal void caused by solidification shrinkage that restricts amount of molten metal available in last region to freeze

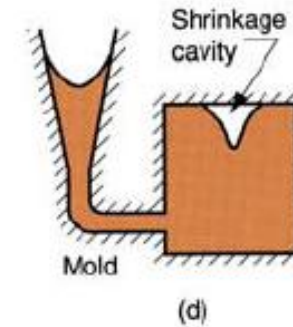


Figure 11.22 - Some common defects in castings: (d) shrinkage cavity

Cold Shut

Two portions of metal flow together but there is a lack of fusion due to premature freezing

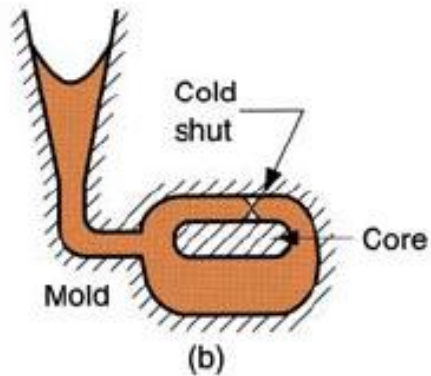


Figure 11.22 - Some common defects in castings: (b) cold shut

Pin Holes

Formation of many small gas cavities at or slightly below surface of casting

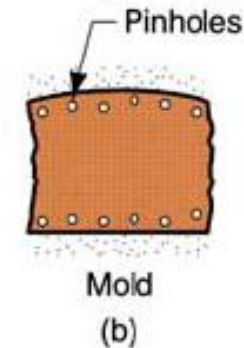
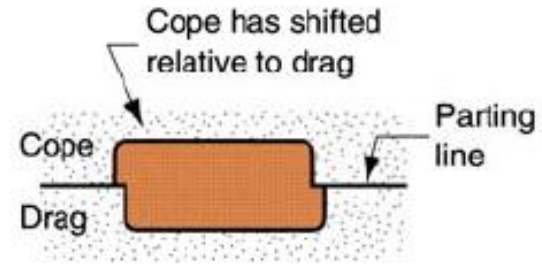


Figure 11.23 - Common defects in sand castings: (b) pin holes

Mold Shift

A step in cast product at parting line caused by sidewise relative displacement of cope and drag

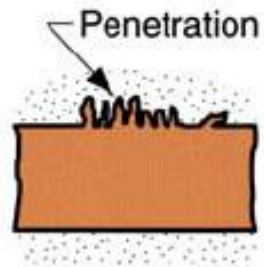


(f)

Figure 11.23 - Common defects in sand castings: (f) mold shift

Penetration

When fluidity of liquid metal is high, it may penetrate into sand mold or sand core, causing casting surface to consist of a mixture of sand grains and metal

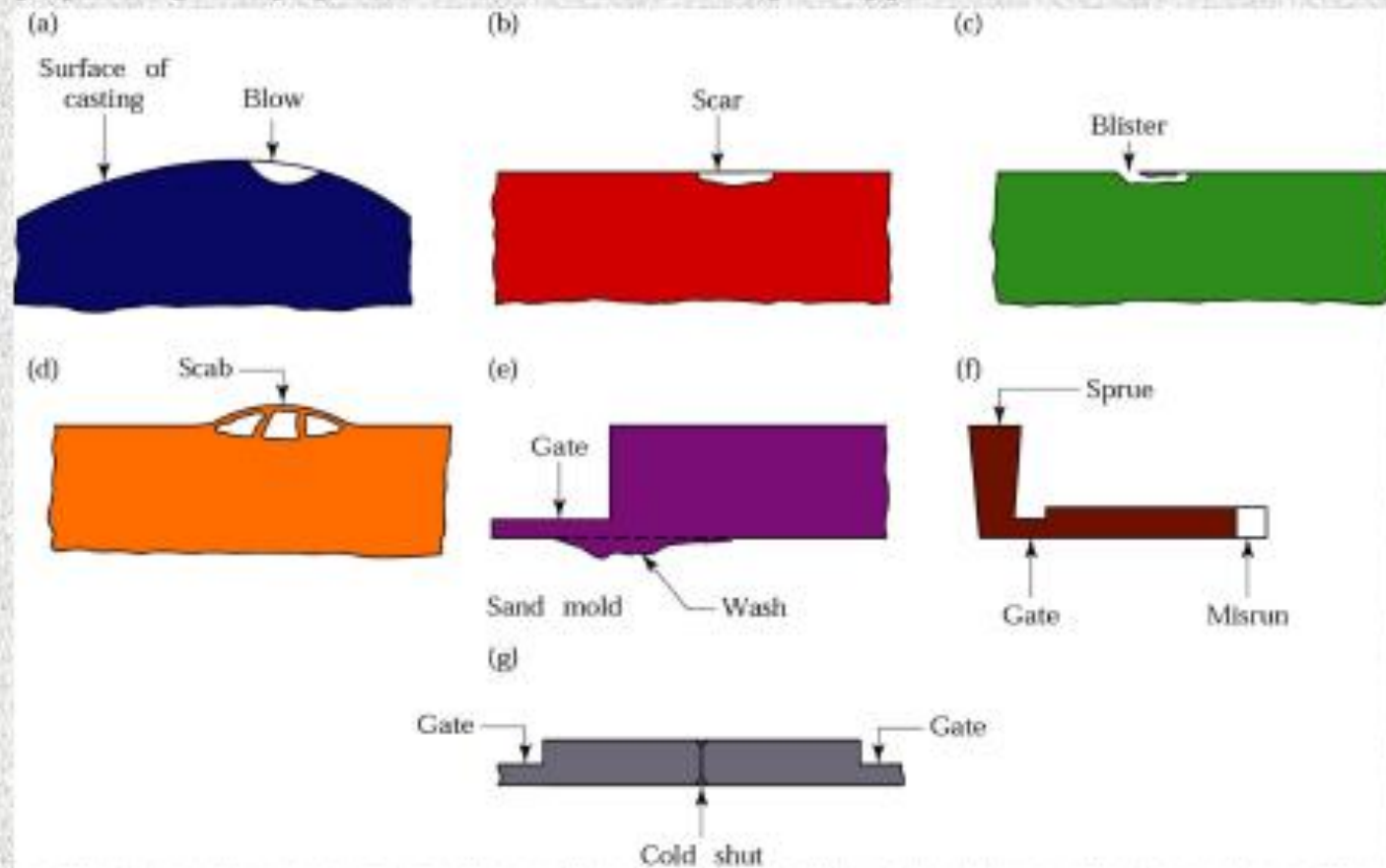


(e)

Figure 11.23 - Common defects in sand castings: (e) penetration

Casting Defects

Figure 10.12 Examples of common defects in castings. These defects can be minimized or eliminated by proper design and preparation of molds and control of pouring procedures. *Source: J. Datsko.*





Cálculo de modelos para fundición

Modelos: Es la representación física de la pieza a producir por un proceso de fundición.

Materiales para la construcción de modelos

El número de piezas a realizarse con un modelo determinará el criterio de selección del material del mismo, que puede ser madera, metal, poli estireno,

Sin duda que la vida útil del modelo y su precisión son factores que influyen también para la selección del material.

Para moldear 10 veces o más, con un mismo modelo conviene hacerlo metálico (de aluminio o aleaciones de aluminio) que resisten mas el desgaste. Puede fabricarse también de bronce o de hierro gris ya que a veces el desgaste es excesivo cuando se tienen que calentar, como en el caso del modelo en cáscara.

Maderas:

Se tienen dos tipos de maderas:

- Duras: Maple, Encino y Ébano
- Blandas: Pino blanco, cedro, caoba y abeto

La utilización de cada uno de estos tipos de maderas esta en función de la cantidad de piezas que se fabricarán con el modelo. Las maderas duras tienen una magnífica resistencia a la abrasión, sin embargo como inconvenientes se tienen su fragilidad y la dificultad para ser trabajadas.

Es extremadamente importante mantener la humedad en la madera, es un valor bajo y constante para impedir el alabeo, el hinchamiento y las costosas reparaciones que tengan que hacerse a los modelos, durante su uso y aún antes, en lo que toca a corrección dimensional. Los modelos sueltos son generalmente de construcción de madera. Las placas modelo se construyen en ocasiones de modelos de madera, montados en una placa metálica o en otras completamente de madera, aun cuando lo mas recomendable es hacerlas completamente de metal. Los modelos maestros si son hechos generalmente de madera.

Metales

Los metales más usuales en la fabricación de modelos son: Hierro colado, bronce, aluminio y magnesio

Considerándose el sistema de moldeo en verde, a máquina y dependiendo del tipo de aleación en el metal, se tienen las siguientes cantidades prácticas del número de moldes que pueden hacerse a partir de modelos de diferentes metales, sin que estos sufran deformaciones que excedan del 0.010 pulg.

Hierro colado	90,000 a 140,000 moldes
Bronce	70,000 a 120,000 moldes
Aluminio	40,000 a 110,000 moldes
Magnesio	50,000 a 70,000 moldes
Compuestos	más de 110,000 moldes

Considerando las cifras antes mencionadas, se recomienda la utilización del hierro colado por su resistencia a la abrasión, a la deformación y alojamiento. Por lo que respecta al aluminio, existe una variedad grande de aleaciones de este metal que puedan utilizarse para fabricar modelos que son el duraluminio, alto silicio, etc.

Plásticos

Los más usuales en la fabricación de modelos son las resinas epóxicas y la resina poliéster reforzada con fibra de vidrio. Otros son los plásticos acrílicos, el polietileno, el estireno, el acetato. La resistencia a los agentes químicos, su moldeabilidad y propiedades a la abrasión hacen de la fibra de vidrio y de las resinas epóxicas un material muy adecuado para la fabricación de modelos. Algunos modelos hechos con estas resinas resisten hasta 40,000 moldeadas sin presentar alteraciones dimensionales.

Otros

Se tienen materiales como la cera, el yeso, el concreto refractario, el barro y el más moderno la espuma plástica. El uso de cada uno de estos materiales es bastante específicos y depende del tipo, tamaño y de la cantidad de piezas por hacerse.

Tipos de modelos

Existen varios tipos de modelos los cuales se utilizan, dependiendo de los requerimientos en cuanto al tipo, tamaño y peso de la pieza a fabricar, el volumen de producción, la fundición y las facilidades de fabricación:

- Modelos sueltos.
- Modelos sueltos con sistema de colada incorporada.
- Modelos placa modelo.
- Modelos especiales
- Modelo con caja de corazones.

MODELOS SUELTOS.

Pueden considerarse a este tipo de modelos con acoplamiento simple de las piezas a fabricarse en las cuales se han incorporado las tolerancias y las plantillas de los corazones. Cuando se utilizan este tipo de modelos la línea de partición del molde debe hacerse a mano. El sistema de coladas y alimentación también se hace a mano y finalmente la separación de modelo y molde se efectúa también manualmente teniendo necesidad de aflojar previamente el modelo para poder separarlo del molde, consecuentemente en ese momento se tiene una variación dimensional. Aún cuando la utilización de este tipo de modelo es cosa común en nuestro medio, en la mayoría de los casos podría eliminarse su utilización, ya que la producción de moldes que se obtiene es baja y costosa.

MODELOS SUELTOS CON SISTEMA DE COLADA INCORPORADO.

Son una mejora de los modelos simples, ya que siendo el sistema de colada parte del modelo, elimina la necesidad del trabajo a mano para hacer dicho sistema. Con este tipo de modelos se obtiene una más rápida elaboración de moldes para pequeñas cantidades de piezas.

MODELOS PLACA MODELO

La producción de cantidades grandes de piezas pequeñas, requiere el uso de este tipo de modelos. En estos la parte superior y la parte inferior del modelo están montadas en los lados opuestos de una placa de metal o de madera que siguen la línea de partición. Las placas modelo también se hacen de una sola pieza, caso en el cual tanto la placa como los modelos se hacen colados en moldes de arena o de yeso, en este caso se llaman placas modelo integrales. El sistema de colada generalmente va incorporado en la misma placa. Placa modelo generalmente se utilizan en máquinas de moldeo para obtener máxima velocidad de fabricación aún cuando en ocasiones son susceptibles de ser utilizados en bancos de moldeo con pizonetas manuales.

El costo de fabricación de estas placas modelo se justifica por el aumento en la producción y la obtención de mayor exactitud dimensionalmente en las piezas coladas. Una importante limitación en la utilización de este sistema es el peso del molde que puede ser manejado por el moldeador, que oscila entre 40 a 50 kg,

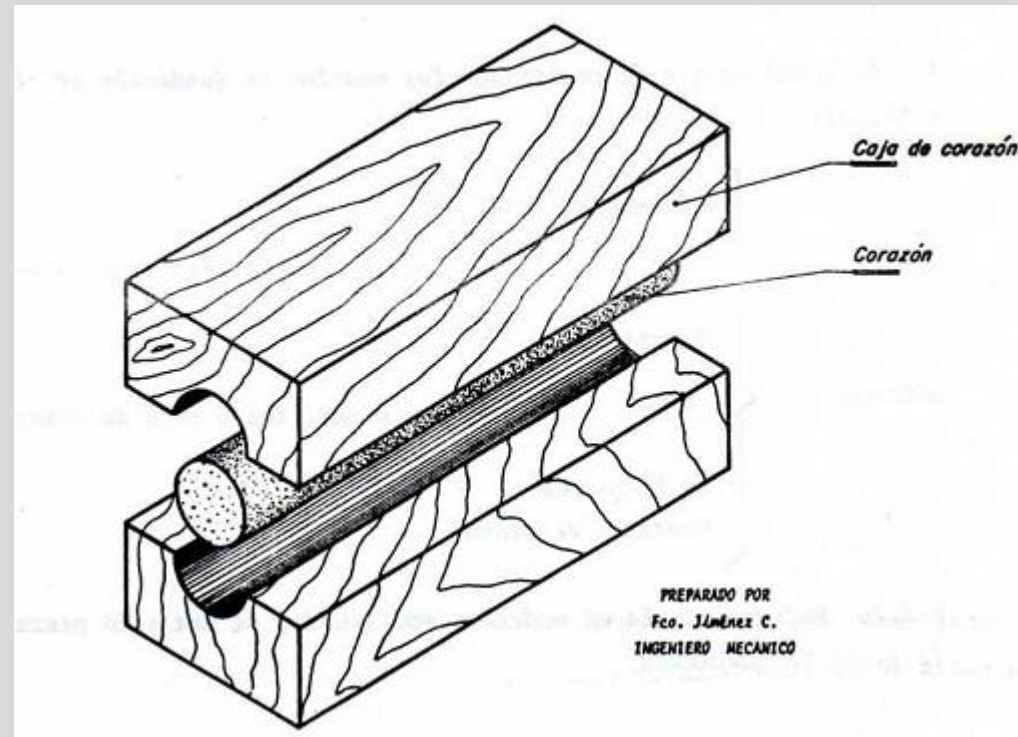
PLACAS SUPERIOR E INFERIOR

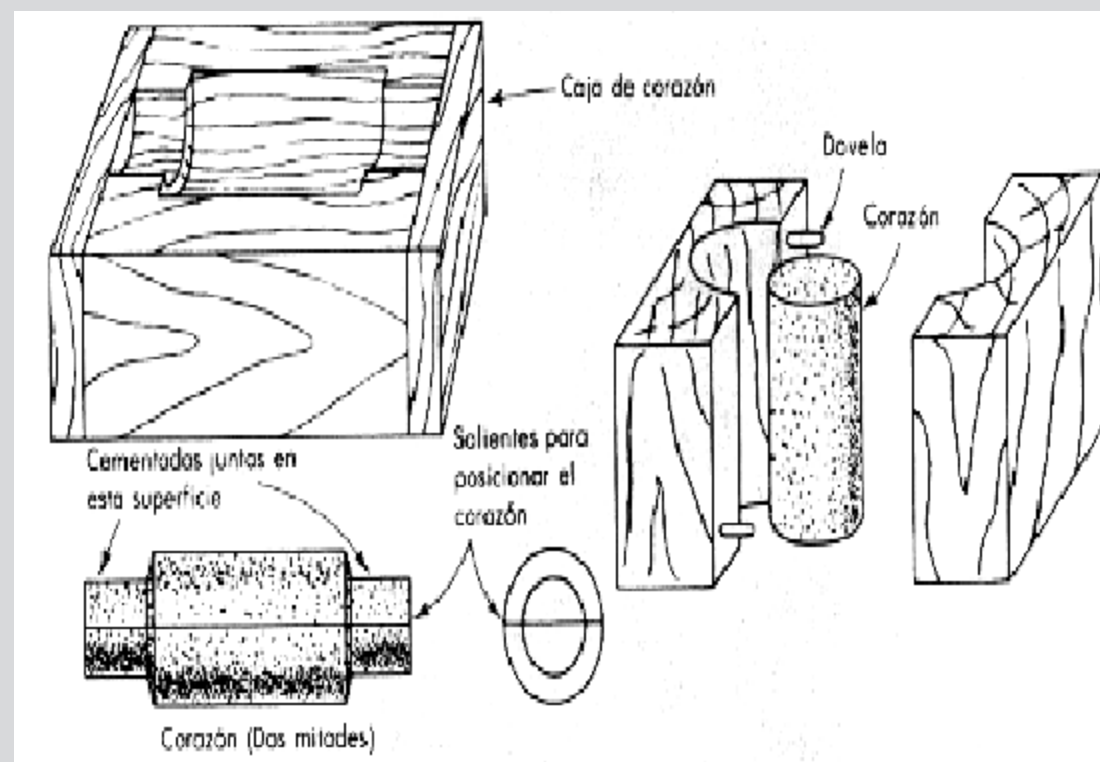
Consisten en modelos de la parte superior e inferior de la pieza montados en diferentes piezas. Así las mitades inferior y superior de los moldes pueden ser elaboradas al mismo tiempo por diferentes trabajadores y/o en diferentes máquinas. El moldeo de piezas coladas medianas o grandes con la utilización de máquinas de moldeo se facilita bastante con este tipo de equipo de modelos.

La fabricación de placas modelo separadas superior e inferior es la más costosa, pero usualmente se justifica por el aumento considerable de producción y la facilidad de fabricación de piezas grandes que no pueden manejarse con el equipo de placas modelo.

CAJAS DE CORAZONES

Aún cuando en ocasiones no se les clasifique como modelos, las cajas de corazón son una parte esencial del equipo de modelos para elaborar una pieza que requiera corazones. Las cajas de corazones se construyen de madera y de metal (hierro gris).





Fabricación de Corazones

El corazón o macho es toda aquella porción del molde preparada por separado y que el objeto de crear un hueco al insertarse en el molde.

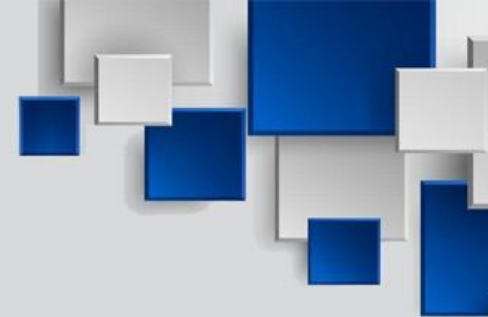
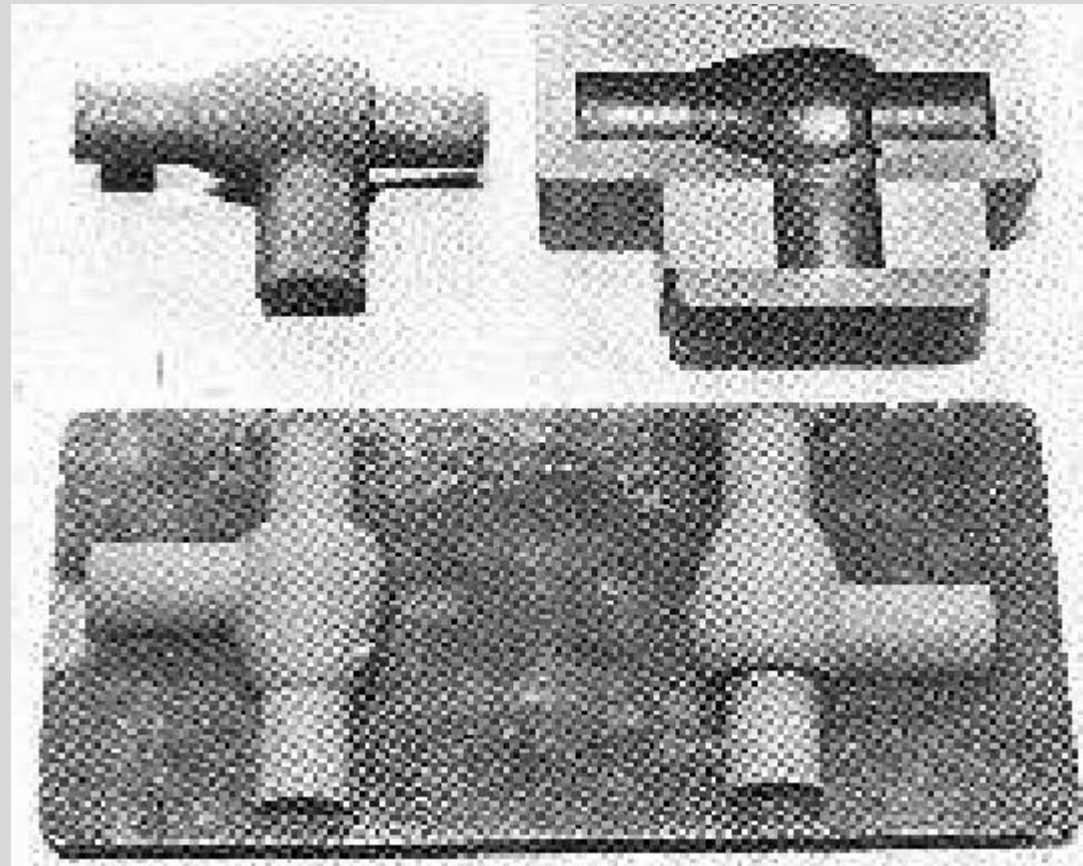
El corazón es una sección costosa del molde, ya que hay que utilizar siempre una nueva arena para controlar mejor sus propiedades, tales como: resistencia al choque con el metal al ser vertido en el molde, resistencia a la abrasión, permeabilidad colapsabilidad o desmoronado, resistencia a las altas temperaturas (refractariedad) y elasticidad (para permitir la libre contracción de metal solidificante). Los corazones van colocados en el molde sobre unas plantillas de apoyo, a fin de evitar movimientos del corazón durante el vaciado del metal líquido al interior del molde.

La fabricación de los corazones, que puede ser bajo varios procesos, es una operación importante y decisiva para la obtención de una pieza con las propiedades y características deseadas, por lo que debe controlarse muy de cerca su elaboración.

Utilizando cajas de corazones.

Estas cajas pueden ser de madera, metálica o de plástico, son secciones acoplables por medio de espigas de unión, en cuya parte hueca se apisona la arena, pudiéndose utilizar armaduras de refuerzos o varillas para aumentar la rigidez y resistencia del corazón. Para su extracción de este se quitan las mordazas de sujeción de las secciones que componen la caja corazón y por medio de un mecanismo vibratorio a base de ligeras percusiones sobre la caja se origina una holgura a fin de separar las dos secciones y desmoldar el corazón fabricado, colocando éste sobre una placa de secado.

Estas cajas pueden ser para elaborar un corazón o varios de acuerdo al número de impresiones con que ésta cuenta,



Utilizando máquinas de compresión neumática o máquinas sopladoras.

Este es un sistema rapidísimo y sirve para grandes producciones de corazones en serie; se emplea arena sílica aglomerada, la caja de corazón es generalmente metálica y cuenta con canales especiales para dar salida al aire. El relleno y la compresión de la arena se realizan en pocos segundos mediante la inyección de la arena por medio de aire comprimido en la caja de corazones, que es apretada automáticamente por medio de las mordazas accionada neumáticamente o mecánicamente, por el cabezal soplante y se inyecta la arena.

Corazones a base de silicato de sodio-CO₂

Este proceso requiere del silicato de sodio . La arena que se utiliza puede ser de cualquier granulometría y la cantidad de silicato de sodio, en porcentaje con respecto al peso de la carga de arena, varía del 2 al 6%. El tiempo de mezclado del silicato de sodio y arena es aproximadamente de 5 minutos.

El corazón se obtiene colocando la mezcla de arena y silicato de sodio en la caja corazón, se apisona y se hacen unos vientos o respiraderos con un alambre o una varilla, de acuerdo al tamaño del corazón para que sea inyectado el bióxido de carbono (CO₂) y reaccione con el silicato de sodio, para que se endurezca o fragüe el corazón, mediante la siguiente reacción:



Corazones en cáscara (Shell-Molding).

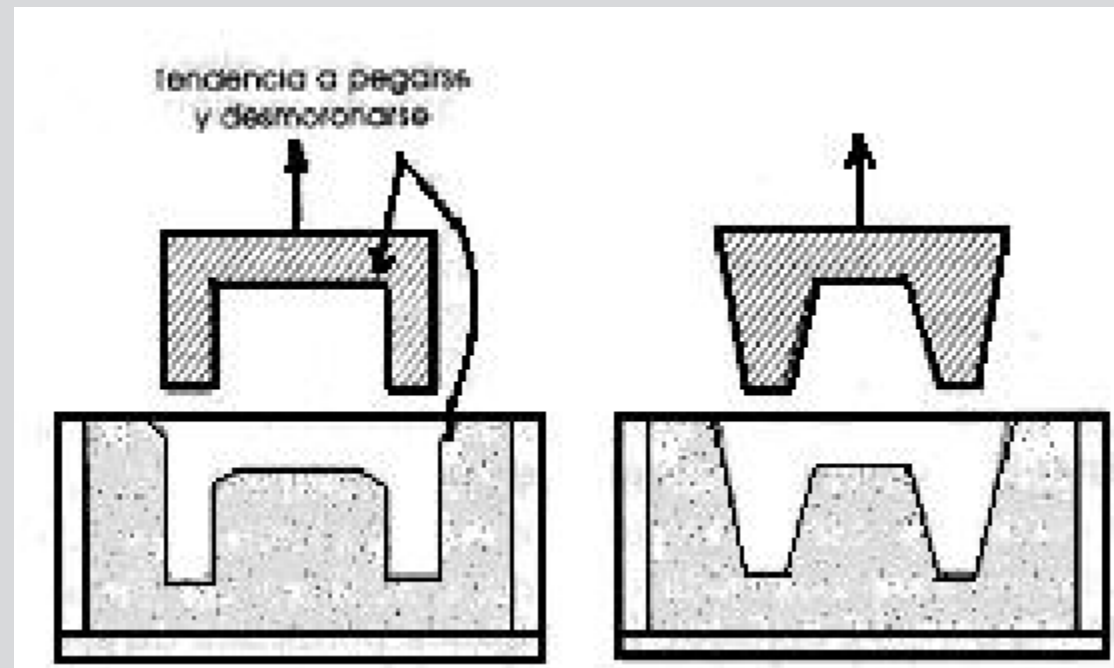
Este proceso deriva su nombre del empleo de moldes ó corazones delgados en forma de cáscara ó concha. Comparando este proceso con los demás procedimientos, presenta las siguientes ventajas:

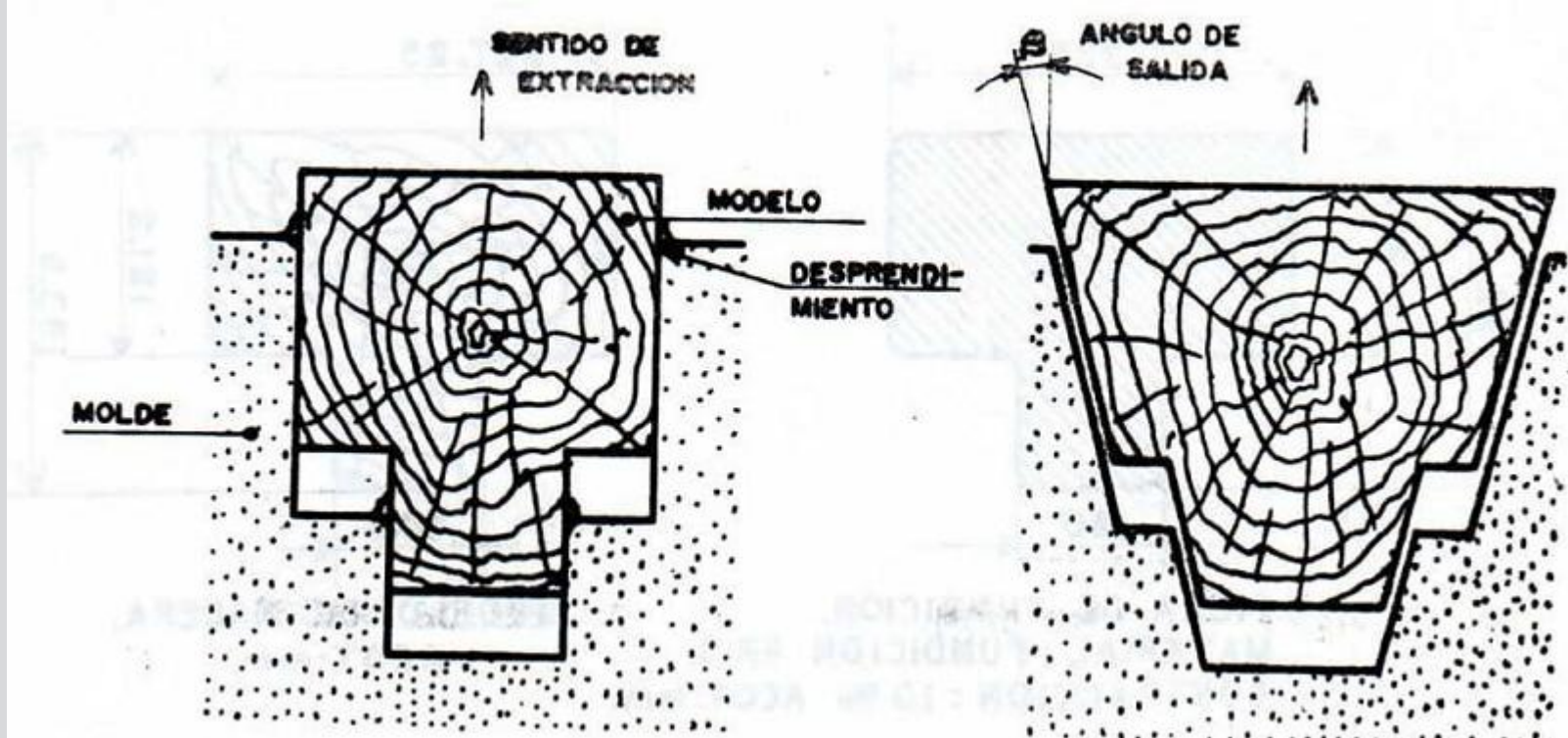
- Máxima libertad en la configuración de piezas.
- Gran exactitud con respecto a los demás métodos de fundición.
- Posibilidad de aplicación en casi todas las aleaciones técnicamente en material del molde y las condiciones en fundición.
- Se suprime la rebaba a lo largo de las juntas de separación entre moldes.

Un buen modelo de fundición debe cumplir con los siguientes requisitos:

ÁNGULOS DE EXTRACCIÓN.

Al tener preparado el molde es necesario abrirlo en 2 o más partes para poder extraer el modelo, para lo cual es necesario que este tenga en todas sus caras normales a la línea de partición, una inclinación que permita su extracción, sin que el modelo arrastre arena consigo.



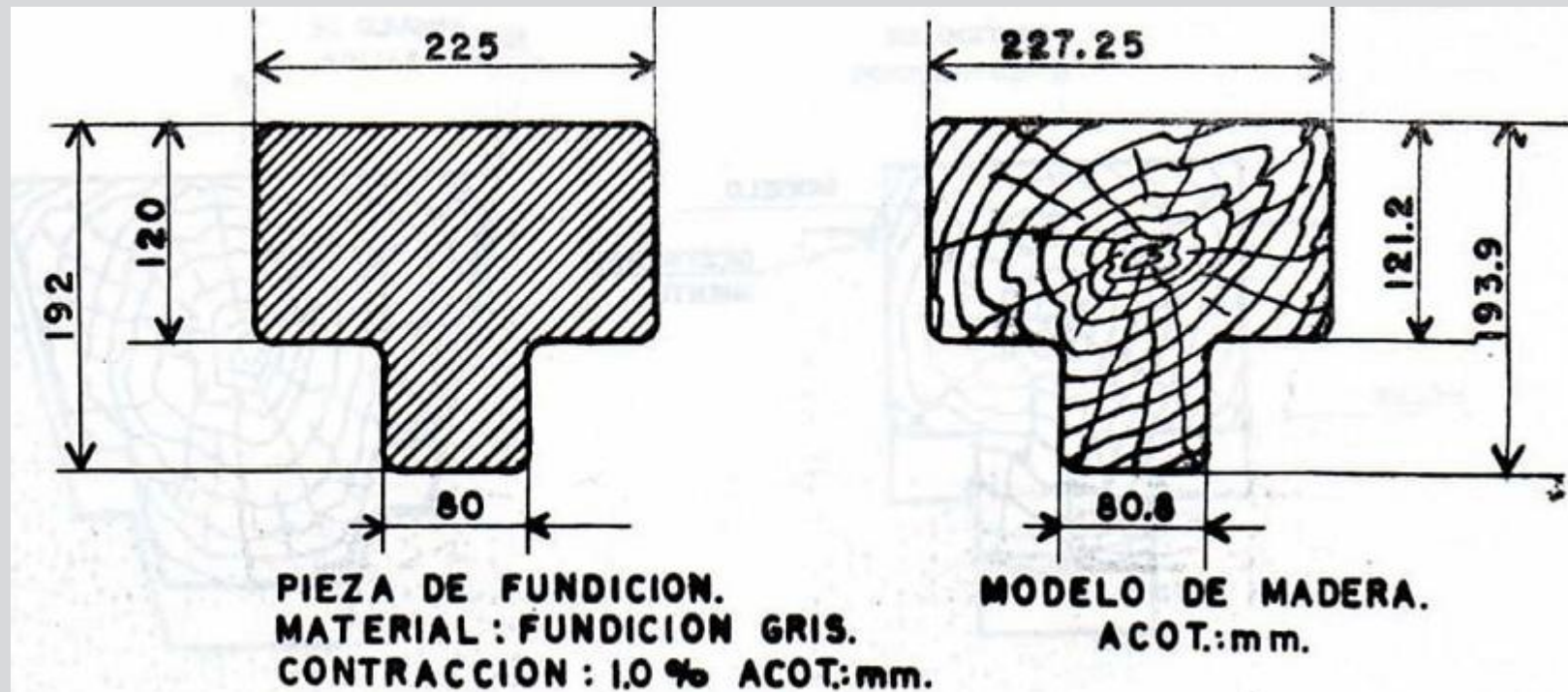


ALTURA DEL MODELO	ÁNGULOS DE SALIDA Y PENDIENTES
De 1 a 10 mm	3°
De 11 a 20 mm	2°
De 21 a 35 mm	1°
De 36 a 65 mm	0° 45'
De 66 a 150 mm	0° 30'
De 151 a 250 mm	1.5 mm
De 251 a 400 mm	2.5 mm
De 401 a 600 mm	3.5 mm
De 601 a 800 mm	4.5 mm
De 801 a 1000 mm	5.5 mm

Ángulos de salida y pendientes

CONTRACCIÓN METÁLICA.

Al solidificar los metales o aleaciones se contraen y disminuyen su volumen, este fenómeno origina una reducción en las medidas de la pieza, por lo cual los modelos al ser proyectados, deben contener en sus dimensiones el por ciento de contracción del metal o aleación.



En la tabla se dan algunos valores de contracción metálica, para aplicarlos a las dimensiones del modelo, en función del metal en que será vaciada la pieza.




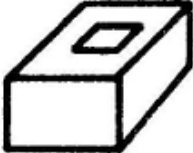
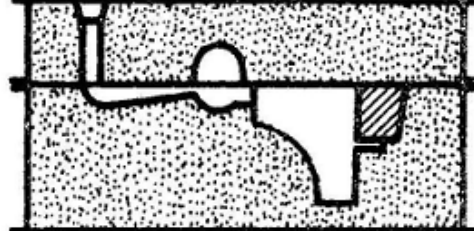




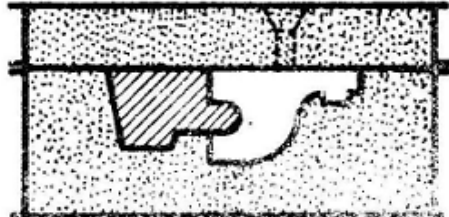

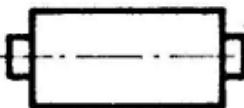


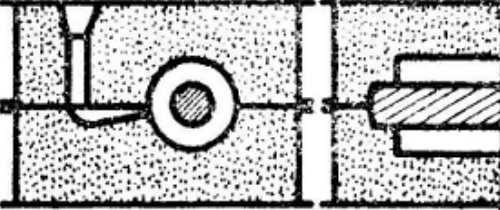
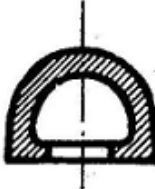


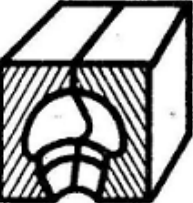
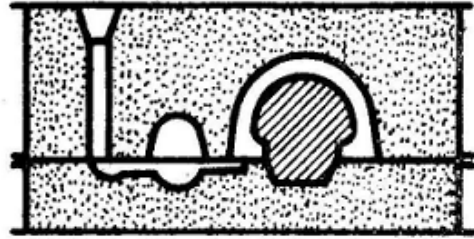
Valores de contracción metálica	
Metal	% de contracción
Fundición gris	0.5 a 1.2
Fundición blanca	1.2 a 2.0
Acero moldeado	1.5 a 2.0
Bronce de estaño	0.8 a 2.0
Bronce rojo	0.8 a 1.6
Latón	0.8 a 1.8
Aleaciones de zinc	1.0 a 1.5
Aluminio	0.5 a 1.0
Aleaciones de aluminio	1.0 a 2.3


SOBRE ESPESORES DE MAQUINADO.

Al proyectar las dimensiones para un modelo también se debe tomar en cuenta aquellas superficies que se maquinan, a fin de dar un sobre espesor de material para el maquinado.

FORMAS QUE FACILITEN EL MOLDEO.

Al diseñar las formas de los modelos se deben prever que el modelo se facilite. Esto en ocasiones implica que la forma del modelo no sea semejante a la pieza

Piezas a obtener A	Modelos B	Corazones C	Cajas de Corazones D	Moldes terminados E
<p>1</p> 				
<p>2</p> 				
<p>3</p> 				
<p>4</p> 				

MODELOS	Dimensión original
Ángulo de salida ( S)	+
Contracción del sólido	+
Tolerancia por maquinado	+
Tolerancia por pintura del modelo	-
Tolerancia por pintura del molde	+