

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA.



**“FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
DE MOLDES PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN DE
PLÁSTICO”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE
INGENIERO MECÁNICO.**

PRESENTADO POR:

VILLALTA CISNEROS, MANUEL ANTONIO.

CADENAS GONZALEZ, DANIEL ALFONSO.

CIUDADELA DON BOSCO

SEPTIEMBRE de 2002

INDICE

	Pag. No
I Introducción	i
II Objetivos	iii
III Alcances y Limitaciones	iv
IV Importancia y Justificación	v
V Proyección Social	vii
CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1 Breve Reseña Histórica sobre Plásticos, Prensas de Inyección y Moldes	2
1.1.1 Historia sobre los Plásticos y Maquinas de Inyección	2
1.1.2 Historia sobre los Moldes de Inyección	11
1.2 Principio de Funcionamiento de las Maquinas de Inyección	13
1.3 Plásticos y Polímeros	19
1.4 Nombres y Abreviaciones	22
1.5 Detección o Identificación de Materiales	24
1.6 Propiedades de Flujo	25
1.6.1 Viscosidad y Fluidéz de los Materiales Plásticos en Estado Fundido	25
1.7 Propiedades de Materiales Plásticos y Polímeros	33
1.7.1 Propiedades Físicas y Mecánicas de los Plásticos	33
1.7.2 Comportamiento Mecánico de los Materiales Plásticos	42
CAPITULO II: PROCESO DE DISEÑO PARA MOLDES DE INYECCION	51
2.1 Generalidades sobre los Moldes de Inyección	52
2.1.1 Clasificación de los Moldes de inyección	54
2.2 Diseño de Moldes de Inyección	56
2.2.1 Diseño de los Productos	56
2.2.2 Determinación del Numero de Cavidades	62
2.2.3 Coladas	73
2.2.4 Sistema de Enfriamiento	88
2.2.5 Sistema de Eyección	113

2.2.6	Sistema de Salida de Gases (O Ventilación)	144
2.3	Criterios de Diseño	148
CAPITULO III: SELECCIÓN DE MATERIALES PARA MOLDES		150
3.1	Aspectos Generales	151
3.2	Aceros para Moldes	155
3.2.1	Aceros de Cementación	162
3.2.2	Aceros para Bonificación	162
3.2.3	Aceros para Temple	164
3.2.4	Aceros Resistentes a la Corrosión	165
3.2.5	Materiales Especiales	167
3.3	Materiales Disponibles en el Mercado Nacional	168
CAPITULO IV: SELECCIÓN DE MATERIALES PARA MOLDES		169
4.1	Metodos de Maquinado	170
4.1.1	Maquinado por Torno y Fresa	170
4.1.2	Electroerocionado	179
4.1.3	Tecnología CNC	201
4.2	Tecnología del Pulido en la Fabricación de Moldes	230
4.2.1	Generalidades	230
4.2.2	Definición de Superficie Rugosa	230
4.2.3	Efectos de Pulibilidad de las Materiales para Moldes	231
4.2.4	Tecnicas de Pulido.	232
CAPITULO V: PROCESO DE TRATAMIENTO DE SUPERFICIE		238
5.1	Tratamiento Térmico.	239
5.1.1	Recocido Suave	239
5.1.2	Relevado o alivio de esfuerzos (Liberación de tensiones)	241
5.1.3	Templado	242
5.1.4	Temple Escalonado (Martemple)	247
5.1.5	Revenido	248
5.1.6	Temple Bainítico (Austemple)	250
5.1.7	Cementado	251
5.1.8	Nitruración	252

5.1.9	Tratamiento "Tennifer" (Tuffride)	254
5.1.10	Templado por medio de Flama	257
5.1.11	Tiempo de Calentamiento y tiempo de Mantenimiento para el Endurecimiento y Revenido.	257
5.1.12	Protección contra descarburizacion y oxidación	259
5.1.13	¿Que medion debe usarce para el Templado?	261
5.1.14	Aceros para Moldes y su Tratamiento Térmico.	262
CAPITULO VI: COMPONENTES ESTANDARES PARA MOLDES		269
6.1	Consideraciones básicas	270
6.1.1	Breve Historia de los Estándares	270
6.1.2	Normas DIN/ISO para los Componentes Estándar del Molde	272
6.2	Componente Estándar para Base del Molde	275
6.2.1	Bases para Moldes Preensamblados	275
6.2.2	Componentes Estándar Modulares	275
6.2.3	Moldes Seccionados	276
6.2.4	Sistema Modular para Insertar la Cavidad	277
6.2.5	Sistemas de Alineamiento	279
6.2.6	Buje de Autolubricacion	280
6.2.7	Elementos Centrado	281
6.2.8	Pilares de Soporte	282
6.2.9	Unidades de Enmarcado	283
6.2.10	Placas Estándar con Maquinado Adicional	284
6.3	Partes Estándar para el área de la Colada	285
6.3.1	Bujes de Colada	288
6.3.2	Boquillas Neumáticas	289
6.3.3	Boquillas Calientes	290
6.3.4	Sistema de Colada Caliente	292
6.3.5	Válvulas de Bebedero	294
6.3.6	Sistema de Colada Fría	295
6.4	Piezas Estándar para la Eyección	296
6.4.1	Pines Eyectores y Deslizadores	296
6.4.2	Componentes Motrices	299
6.4.3	Válvulas de Aire Poppets	301
6.5	Elementos Estándar para el Calentamiento del Molde	301
6.5.1	Elementos Eléctricos para el Calentamiento	301

6.5.2	Termocuplas	302
6.5.3	Núcleos Refrigerados y Pines Térmicos	303
6.5.4	Elementos Apropriados para el Enfriamiento	305
6.6	Componentes Estándar para la indicación de Presión	305
6.6.1	Transductores de Presión Directa	307
6.6.2	Transductores de Presión indirecta	308
6.7	Componentes Estándar utilizado entre el Molde y la Maquina	309
6.7.1	Sistema de Anclaje para Molde	310
6.7.2	Componentes Estándar para Conexiones entre el Molde y la Maquina	311
6.7.3	Manejo de los Moldes	312
6.8	Componentes Estándar para Aplicaciones Miselancias	313
6.8.1	Insertos para Marcas	314
6.9	Proveedores de Componentes Estandar	315
6.9.1	Componentes de Moldes de acuerdo a la norma DIN/ISO	315
6.9.2	Sistemas de Coladas Calientes y Boquillas Calientes	316
6.9.3	Componentes Eléctricos de Calentamiento	316
6.9.4	Componentes de Control para la Temperatura	316
6.9.5	Componentes medidores d Presión	317
CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		318
7.1	Conclusiones	319
7.2	Recomendaciones	321
Bibliografía y Fuentes de Consulta		326
Glosario Técnico		328
Anexos		333
Apéndice		342

I. INTRODUCCION

Respecto a la construcción de moldes de inyección, es imprescindible una etapa previa de diseño, con la cual se pretende alcanzar un diseño óptimo del molde y por consiguiente un buen rendimiento del mismo. Con el fin de lograr este objetivo se presenta en esta ocasión una recopilación de información relacionada con el diseño de moldes.

En el capítulo I, se dan a conocer conceptos sobre las propiedades de los materiales plásticos y su nomenclatura. A demás se describe el principio de funcionamiento de las maquinas de inyección.

En el capítulo II, se tratan temas relacionados con el diseño de los productos a ser moldeados, determinación del número de cavidades, diferentes tipos de coladas, sistemas de enfriamiento, sistemas de eyección y sistemas de salidas de gases.

En el capítulo III, se describen varios materiales para la construcción de moldes, a demás se detallan propiedades y características de estos con relación al moldeo por inyección. El conocer las propiedades de los materiales para la construcción de moldes, es básico para su respectiva selección, por lo cual se detallan tablas de los diferentes aceros, con sus propiedades físicas, químicas y su nomenclatura.

En el capítulo IV, trata de los procesos de mecanizado utilizados en la construcción de los diferentes elementos que componen un molde. Todos los componentes de un molde son sometidos a uno o varios procesos de maquinado para lograr una forma específica y por consiguiente su función. Por esta razón a lo largo de este capítulo se desarrollan temas como: torneado, fresado, electroerocionado, tecnología CNC y algunos procesos de acabado de superficie.

En el capítulo V, como un complemento al proceso de maquinado se tienen los procesos de tratamiento térmico, con los cuales se logran cambios en las propiedades de los materiales; por lo que es de gran importante el conocimiento de las especificaciones técnicas sobre la aplicación de tratamiento térmico para los diferentes materiales para la construcción de moldes, dichas especificaciones se incluyen en el presente avance.

En el capítulo VI, se describen los principales componentes estandarizados para moldes debido que en la actualidad el proceso de fabricación de moldes esta tan avanzado que se cuenta con elementos normalizados (estandarizados) para la fabricación rápida y segura de moldes de alta eficiencia. Por esta razón se proporciona al lector una base sobre los diferentes componentes normalizados existentes en el mercado.

Esta información se presenta en forma de gráficos, esquemas, representaciones y ejemplos de calculo, los cuales pueden ser interpretados y analizados, de una manera fácil con el objetivo de despertar el interés en el lector interesado en el diseño de moldes.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- ✓ Documentar el proceso de diseño y construcción de moldes para el proceso de inyección de plástico.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

Para el área de Diseño:

- ✓ Señalar los criterios necesarios para la selección del material para el molde.
- ✓ Señalar el proceso de diseño del sistema de enfriamiento.
- ✓ Señalar posibles diseños de los elementos para moldes y métodos para su selección.

Para el área de Construcción:

- ✓ Describir los procesos de fabricación de moldes para inyección de plástico.
- ✓ Señalar los métodos de tratamiento térmico y sus aplicaciones.
- ✓ Describir los métodos de acabado superficial y sus aplicaciones.
- ✓ Recolectar información sobre los **elementos normalizados** para moldes de inyección.

III. ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCES

- ✓ Recolectar la información necesaria para el diseño y construcción de moldes para el proceso de inyección de plástico.
- ✓ Plasmar en un documento información organizada y actualizada para el diseño y construcción de moldes para el proceso de inyección de plástico de manera que sirva como material de consulta a la industria metalmecánica orientada a dicho fin y además a otras personas interesadas en el tema.
- ✓ Se pretende con la investigación desarrollar una mayor productividad en el área del plástico, ya que se reducirá la pérdida de tiempo que se pueda tener por un mal diseño y construcción del molde. La reducción de tiempo perdido se transforma en ganancias para la industria de transformación del plástico así como también para la industria metal-mecánica.
- ✓ La información estará orientada a los niveles gerenciales, jefes de mantenimiento, supervisores y personal operativo.

LIMITACIONES:

- ✓ La investigación estará limitada a información bibliográfica, consulta a Internet e investigación de campo.
- ✓ El documento estará orientado a los talleres de la industria Metal – Mecánica dedicados al diseño y construcción de moldes para el proceso de inyección de plástico.
- ✓ Con el presente documento no se pretende estandarizar los procesos de diseño y construcción de moldes para el proceso de inyección de plástico, sino proporcionar un material para consulta referente a las áreas fundamentales de Diseño y Construcción de moldes.

IV. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.

IMPORTANCIA.

Según entrevistas realizadas a las personas encargadas de los talleres, manifiestan tener problemas con el diseño de moldes en las siguientes áreas: sistema de refrigeración y selección del material para el molde estos temas entre otros.

Estas áreas son muy importantes para el buen diseño de un molde ya que el material del molde debe ser seleccionado dependiendo del material a inyectar entre otras consideraciones. Si el sistema de refrigeración es inadecuado se corre el riesgo de que las piezas inyectadas por ejemplo se deformen, se encojan o se formen parcialmente (no llena)

Si el sistema de refrigeración falla las piezas inyectadas se dañan por consiguiente se incrementan los costos de producción por desperdicio en las fabricas encargadas de transformar el plástico.

Otro tema importante son los elementos normalizados, ya que en la industria metal-mecánica se ve reflejada la necesidad de información sobre este tema¹.

Existe un interés a nivel de todas las empresas en que exista una publicación titulada “Fundamentos para el Diseño y Construcción de Moldes para el Proceso de Inyección de Plástico” porque de alguna manera es favorable para el desarrollo la industria en todo el país¹.

¹ Según resultados de la encuesta realizada en la fase de anteproyecto.

JUSTIFICACIÓN:

Actualmente en nuestro país, la industria del plástico se encuentra en una etapa de desarrollo, lo cual implica que debemos de actualizar los procesos de fabricación con el objetivo de alcanzar un mayor nivel de competitividad en una sociedad con vista a la globalización; en donde que las empresas reciban información actualizada juega un papel importante, sobre todo en nuestro país, ya que a través de la encuesta realizada se refleja dicha necesidad, es ahí donde nos disponemos a elaborara una publicación titulada “Fundamentos para el Diseño y Construcción de moldes para el Proceso de Inyección de Plástico” con el objeto de contribuir a la Industria Metal-Mecánica en su desarrollo.

Se opto por tema de moldes de inyección, debido a que este es el más complejo, de manera que teniendo conocimiento de dicho tema, se tiene la capacidad par diseñar y construir los otros tipos de moldes. Ejemplo : moldes de compresión, moldes para soplado y moldes para roto moldeo.

V. PROYECCIÓN SOCIAL.

Entre los sectores objetivos podemos mencionar:

- Educación.
- Industrias.
- Asociaciones industriales.

Educación:

En el sector educación se vería beneficiado tanto las universidades, institutos tecnológicos, institutos vocacionales e institutos de formación profesional. Con la elaboración de una publicación titulada “Fundamentos para el Diseño y Construcción de Moldes para el Proceso de Inyección de Plástico” ya que esta publicación contribuirá de gran manera como una fuente de información actualizada de conocimientos teóricos y prácticos.

La Universidad Don Bosco será beneficiada ya que su biblioteca contará con esta información que será ampliamente consultada por los estudiantes del técnico en plásticos y otras personas que estén interesadas en investigar sobre el tema de Diseño y Construcción de moldes para el Proceso de Inyección de Plástico. A demás se Brinda a los docentes del área de plástico un documento de soporte para la enseñanza del Diseño y Construcción de Moldes para el Proceso de Inyección de Plástico.

Industrias:

El sector dedicado a la construcción de moldes (Industria Metal-Mecánica) será beneficiado con una publicación que contendrá una recopilación de información actualizada sobre el diseño y construcción de moldes, en el cual se detallara por ejemplo:

La forma de seleccionar el material para el molde, tratamiento térmico aplicable así como también la forma de aplicarlo, procedimiento de mecanizado. Estos entre otros temas.

Asociaciones Industriales (ASIPLASTIC)

Esta asociación será beneficiada con dicha publicación, ya que su biblioteca contara con material bibliográfico actualizado para ser consultado por sus asociados u otras personas interesadas en el tema de diseño y construcción de moldes.

CAPITULO I

**GENERALIDADES SOBRE LOS MATERIALES
PLÁSTICOS Y MAQUINAS DE INYECCIÓN.**

1.0 GENERALIDADES SOBRE LOS MATERIALES PLÁSTICOS Y MAQUINAS DE INYECCIÓN.

Este capítulo, contiene información histórica sobre los materiales plásticos, prensas de inyección y moldes; así como también se dan a conocer conceptos sobre las propiedades de los materiales plásticos y su nomenclatura. Además se describe el principio de funcionamiento de las máquinas de inyección.

1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA SOBRE PLÁSTICOS, PRENSAS DE INYECCIÓN Y MOLDES

1.1.1 HISTORIA SOBRE LOS PLÁSTICOS Y MAQUINAS DE INYECCIÓN.

La necesidad de dar forma (o moldear) al barro, al vidrio y a otros materiales para hacer recipientes u objetos de uso común, ha estado presente en la vida del hombre desde las más remotas civilizaciones.

Con estos materiales, convertidos en “plásticos” mediante procesos de mayor o menor grado de dificultad, se elaboraron objetos que demostraban un gran talento artístico y habilidad en los métodos de fabricación.

En su significado moderno el término “material plástico”, se refiere a una serie limitada de materiales no metálicos de naturaleza orgánica, obtenidos de sustancias naturales o sintéticas.

Durante la segunda mitad del siglo XIX, las necesidades siempre crecientes de una civilización que estaba desarrollando sobre bases científicas, impulsaban a químicos e investigadores hacia la búsqueda de nuevos materiales para reemplazar las resinas naturales, goma, caucho y fibras textiles, los cuales eran cada vez más difíciles de obtener.

El trabajo experimental y compuestos, dio como resultado el descubrimiento de, algunas veces accidental, de nuevos productos. Así, a lo largo del tiempo, las resinas naturales conocidas y usadas desde los tiempos antiguos (por ejemplo: la colofonia, goma laca, goma de copal, hule natural) fueron sustituidas por las resinas artificiales o sintéticas que entonces aparecieron y que has sido obtenidas por reacciones químicas de sustancias de sustancias no resinosas.

En 1868, John Wesley Hyatt, impresor de Estados Unidos, mientras buscaba un sustituto para el marfil, preparó una mezcla de nitrato de celulosa y alcanfor. Al tratar la mezcla bajo presión y en presencia de solventes, obtuvo una sustancia que llamó “celuloide”. El celuloide puede ser considerado como el primer material plástico derivado de una sustancia natural, la celulosa, que puede ser obtenida del algodón, la madera u otra materia vegetal.

Pocos años después, Hyatt empezó a producir el celuloide comercialmente. Sin embargo, el uso de este material tenía dos limitaciones: una por ser fácilmente inflamable y otra por tener un bajo punto de fusión. (véase Fig. 1.1)

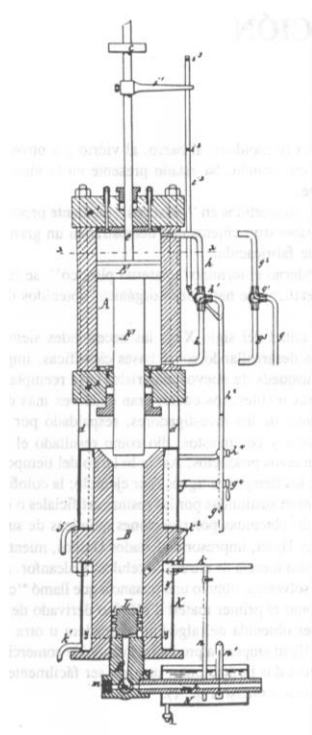


Fig. 1.1 Reproducción de un diseño original de la máquina a pistón, patentada por Hyatt en 1872. El material, colocado en una cámara B era empujado por el pistón F y bajo la acción del calor y la presión, era forzado (extruido) a través de un aboquilla. El enfriamiento por agua de la boquilla permitía extruir continuamente barras de celuloide.

En 1909, Leo Baekeland, químico estadounidense de ascendencia belga, en su laboratorio cerca de Nueva York, concluyó una investigación sobre productos resinosos obtenidos por condensación del fenol con formaldehído.

La resina así obtenida tenía una característica peculiar: inicialmente era fusible y soluble, pero bajo la acción del calor y un catalizador, se convertía en una sustancia dura, infundible e insoluble. Esta resina sintética, empleada para preparar los primeros compuestos para moldeo de termofijos, fue llamada “bakelita”, en honor a su descubridor (véase Fig. 1.2)

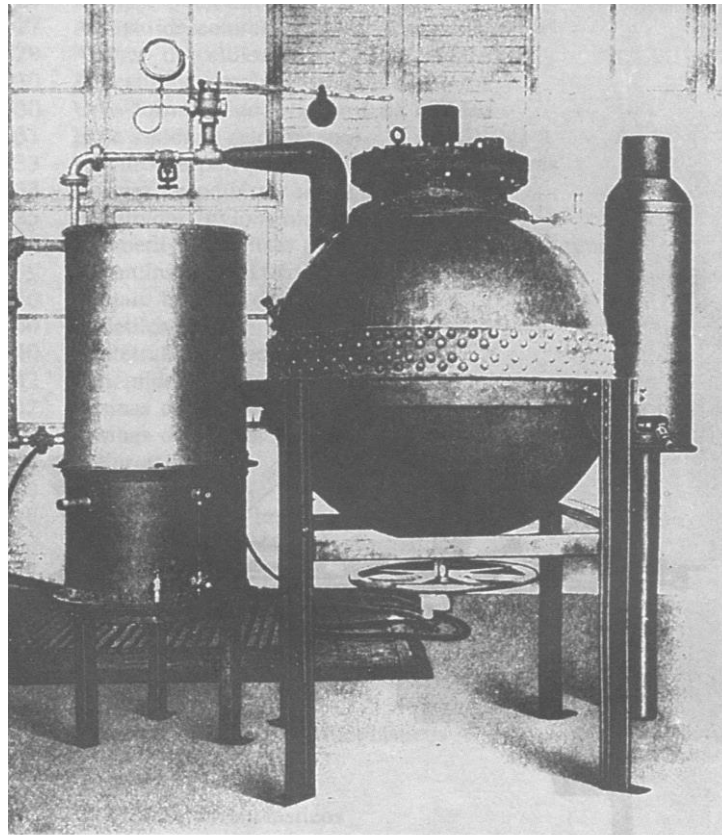


Fig. 1.2 Autoclave adaptada para la preparación de la resina fenol-formaldehído (1920). La autoclave era calentada por medio de una camisa de vapor y estaba provista en la parte superior de una gran abertura(boca de acceso o registro). Por la válvula del fondo se extraía la resina condensada.

El éxito de los experimentos de Hyatt y Baekeland, quienes pueden considerarse como los pioneros de la industria de los plásticos, se debió en parte al trabajo previo de científicos e investigadores de Europa y Estados Unidos quienes establecieron los fundamentos de la investigación en el campo de los productos polimerizados.

La industria de los plásticos dio sus primeros pasos en los Estados Unidos, cuando la compañía Celluloid Mfg. Co., se estableció en 1872 para producir barras y tubos de celuloide y mas tarde, en 1910, cuando la empresa General Bakelite Co. Produjo los primeros polvos de fenol-formaldehído para moldeo de termofijos.

No es posible describir en un breve resumen el vertiginoso progreso de los materiales plásticos desde los principios de este siglo hasta nuestros días. Pues ese desarrollo esta lleno de frecuentes descubrimientos y de innumerables aplicaciones. En la tabla No 1.1 es interesante apreciar las fechas de aparición de los materiales plásticos. Estos son productos versátiles, por lo cual actualmente se usan como material básico en muchas industrias para transfórmalos en productos terminados.

Si se examinan las siguientes figuras (de la Fig. 1.3 a la 1.9), que muestran máquinas y moldes usados en los años treinta para el moldeo de los primeros plásticos que aparecieron el en mercado (como: bakelita, celuloide, poliestireno), puede apreciarse fácilmente la evolución de estos indispensables medios de producción.

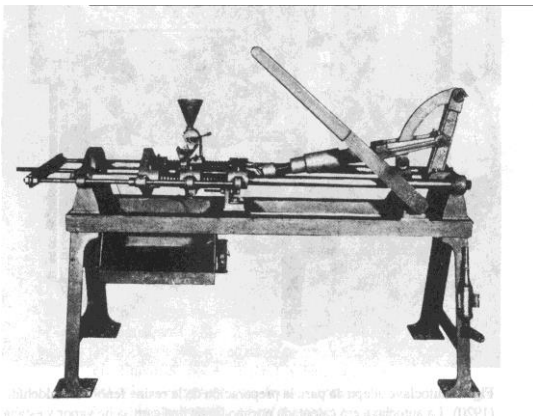


Fig. 1.3 . Prensa manual para la inyección de materiales plásticos, construida en 1931 por Hydraulic Press Mfg. Co (EUA).

En los años que siguieron a la Primera Guerra Mundial (1920), químicos e investigadores estudiaron la estructura molecular de los polímeros (o

macromoléculas). Se crearon nuevos materiales sintéticos en los laboratorios de las principales industriales químicas, así como en las universidades europeas y estadounidenses.

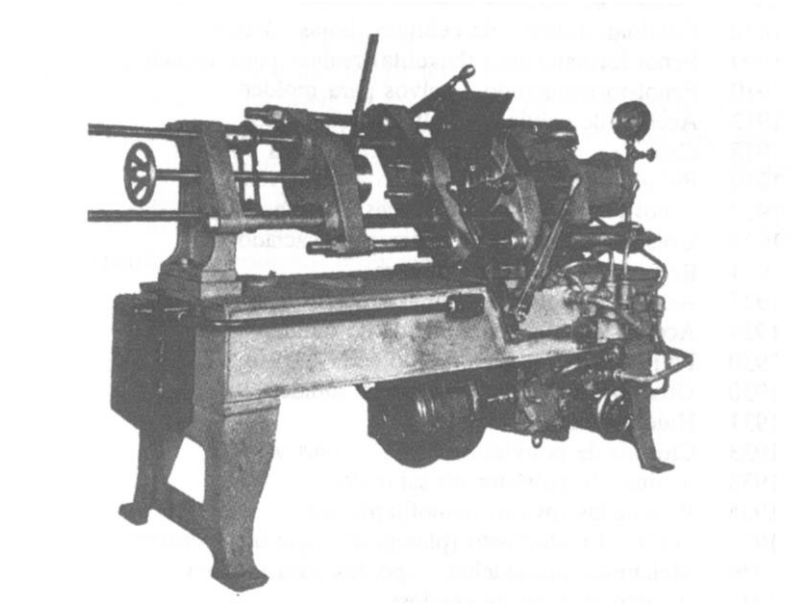


Fig. 1.4. Prensa para la inyección de materiales plásticos, construida en 1934 por Hydraulic Press Mfg. Co (EUA). El molde se cerraba manualmente en tanto que el grupo de inyección era actuando por un sistema hidráulico.

Los nombres de famosos científicos, como S.V. Lebedev, H. Staudinger H. Mark, O. Bayer, Giulio Natta (Premio Nobel en 1963) entre otros, son piedras angulares en el camino de la nueva ciencia de los polímeros.

Como consecuencia lógica de los descubrimientos científicos y nuevas realizaciones, la industria química descubrió, produjo y comercializó nuevos materiales (véase Tabla 1.1), casi siempre bajo nombres que los usuarios encontraban difíciles de pronunciar. Sin embargo, dichos materiales probaron poseer características físico-químicas muy importantes: fáciles de moldear, buenas propiedades aislantes, bajo peso específico, etc.

TABLA 1.1 Fechas de aparición de los materiales plásticos en los mercados Americano y Europeo.

1872	Celuloide(nitrato de celulosa) hojas - barras
1909	Fenol-formaldehído (bakelita) resinas para vaciado
1910	Fenol-formaldehído - polvos para moldeo
1912	Acetato de celulosa - película fotográfica
1918	Caseína - formaldehído (galatita) hojas – barras
1918	Polímeros de acetato vinílico – adhesivos
1922	Fenol-formaldehído - cartones aislantes bakelizados
1924	Urea-formaldehído - resinas para vacio
1924	Resinas alquidálicas - pinturas
1927	Acetato de celulosa - hojas - barras y tubos
1929	Acetato de celulosa - polvos de moldeo
1930	Poliestireno - polvos de moldeo
1930	Urea-formaldehído - polvos de moldeo
1931	Hule sintético (cloropreno)
1933	Cloruro de polivinilo (PVC) - hojas y barras
1933	Resinas de poliéster no saturadas
1935	Poliámidas (nylon) monofilamentos
1936	Polimetil-metacrilato (plexiglas) hojas transparentes
1939	Melamina-formaldehído - polvo para moldeo
1940	Acetato butirato de celulosa
1940	Poliétileno
1940	Politetrafluoretileno (PTFE)
1942	Poliámidas (nylon) - gránulos para moldeo
1942	Resinas de silicón
1943	Resinas de poliéster saturadas
1946	Poliuretanos
1946	Resinas epóxicas
1948	Poliestireno alto impacto
1950	Polímeros termoplásticos fluorados
1954	Polipropileno
1956	Policarbonatos
1959	Resinas acetalicas
1960	Resinas alquidálicas y aditivos de moldeo
1960	Copolímeros ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno)
1962	Polimidas
1963	Elastómeros o hules termoplásticos
1965	polióxido de fenileno
1966	Polisulfonas
1967	Poliéster termoplásticos
1968	Pliimidas termofijo
1974	Resinas aramídicas (poliamidas aromáticas)
1978	Poli-arilatos
1982	Resinas politérmidas

De la materia prima básica (como: carbón, gas natural y petróleo) se obtiene a través de complicados procesos de química industrial, varios tipos de materiales plásticos: hules sintéticos, fibras textiles y resinas para usos varios.

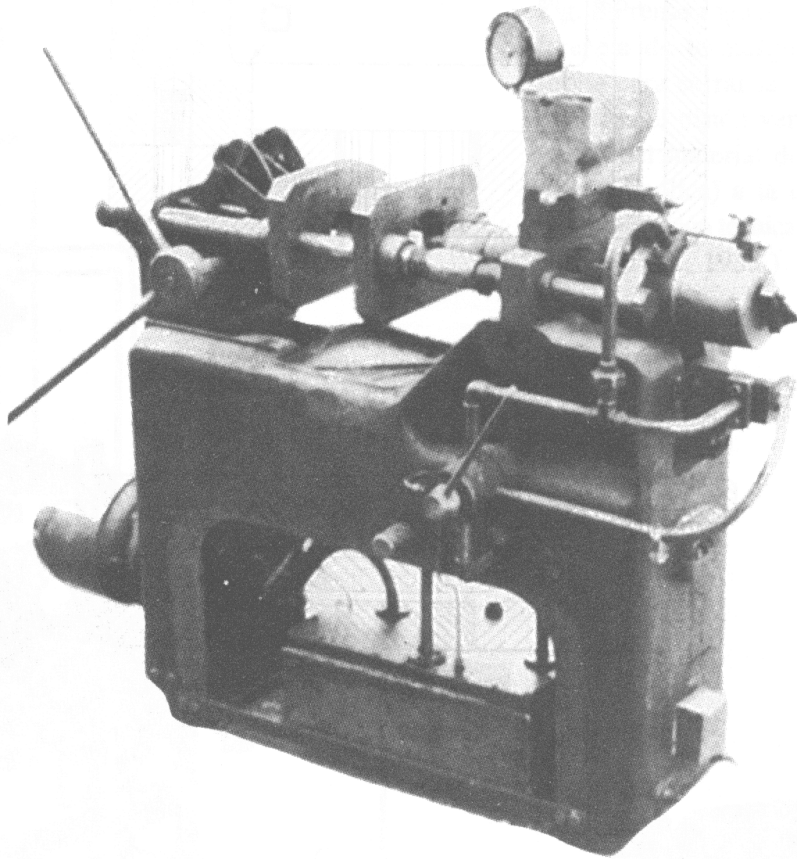


Fig. 1.5 Prensa para el moldeo por inyección de materiales plásticos construida en 1947 por Negri Bossi (modelo NB 28). EL cilindro de inyección era actuado mediante un sistema hidráulico autónomo con distribuidor con leva, mientras que el molde se cerraba manualmente accionando la rodillera.

También los constructores de máquinas para la transformación de los plásticos, siguen el progreso tecnológico y ofrecen máquinas de moldeo bien equipadas con sistemas de mando y regulación cada vez más confiables y precisas.

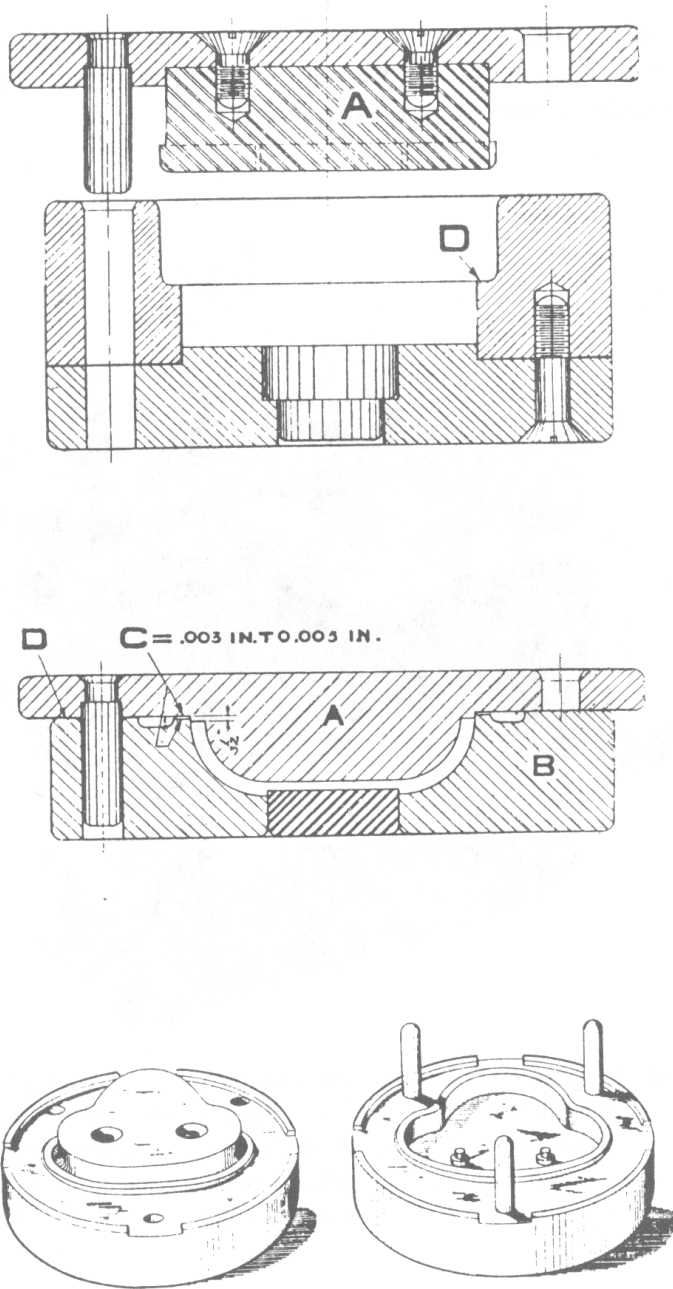


Fig. 1.6 Molde para moldeo a compresión de resinas fenólicas. Eran definidos como “moldes móviles” porque la operación de apertura del molde, la extracción de la pieza moldeada y la dosificación de la nueva carga de “bakelita” se hacía a mano, sobre un banco al lado de la máquina

Las figuras aquí reproducidas (de la Fig. 1.3 a la 1.9) provienen de antiguos libros técnicos, publicaciones o catálogos de productores de plásticos y constructores de maquinaria.

Todo este material contribuyó a la difusión de los conocimientos acerca del moldeo de plástico de la que entonces era una tecnología naciente.

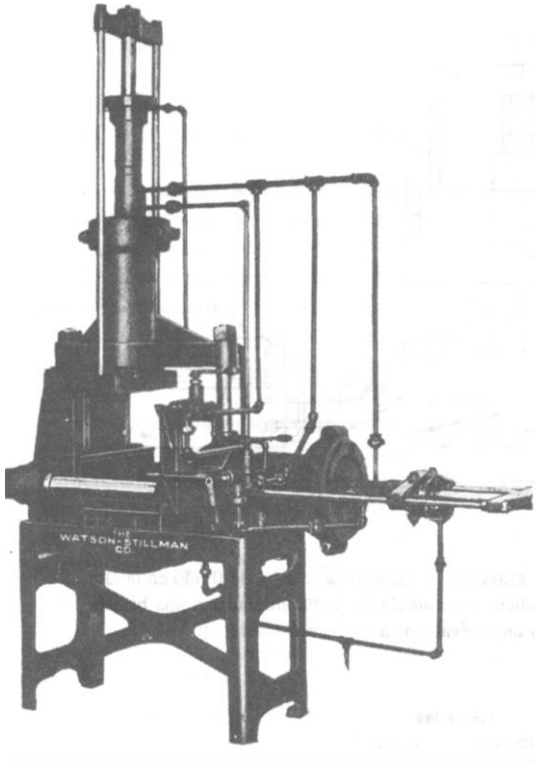


Fig. 1.7 Prensa angular para el moldeo por transferencia de termofijos. El pistón horizontal servía para cerrar las dos mitades el molde, mientras el pistón vertical actuaba la transferencia del material de moldeo (por ejemplo: resina fenólica) a la cavidad del molde. (De una publicación técnica de BAKELITA CORP., Nueva York, 1935.)

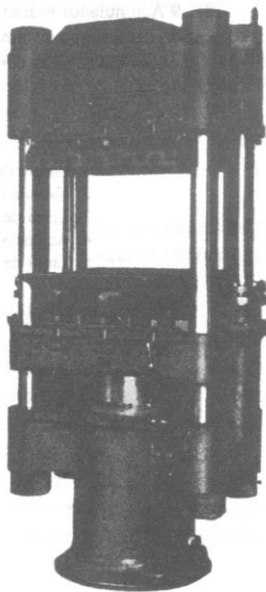


Fig. 1.8 Prensa para el moldeo de termofijos. La prensa era considerada "semiautomática" porque los moldes eran fijados permanentemente sobre las patinas móvil y fija de la máquina. Estaba prevista la posibilidad de variar el claro de apertura entre las patinas, la carrera de la platina móvil y los pernos de extracción. (De una publicación técnica de BAKELITA CORP. Nueva York; 1935.)

En la actualidad los plásticos están lejos de ser considerados como simples sustitutos de los tradicionales materiales metálicos o aislantes. El uso de los plásticos abarca muchos sectores de la actividad industrial, como la electromecánica, las telecomunicaciones y los transportes, etc. Donde su papel como materiales innovadores de ingeniería ha sido ampliamente probado y universalmente demostrado.

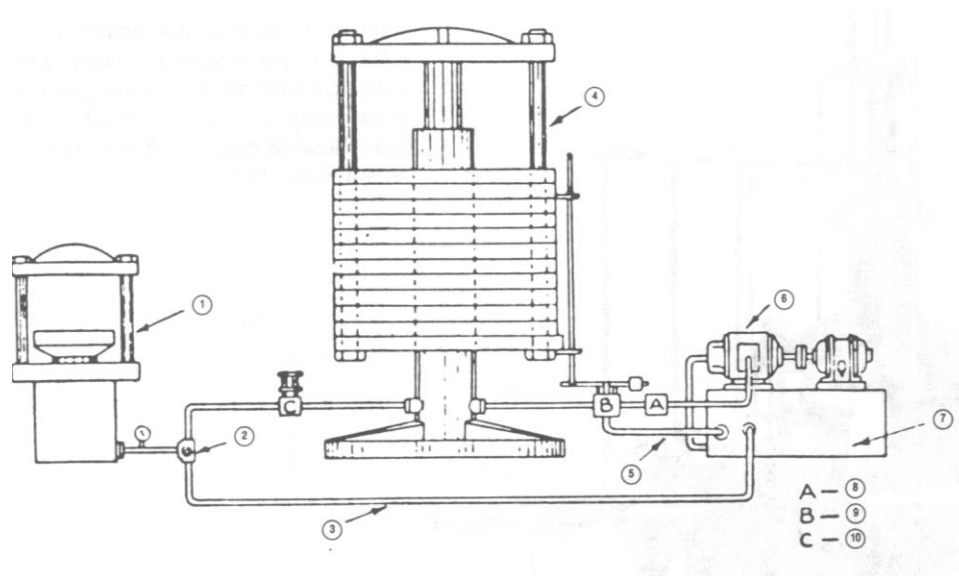


Fig. 1.9 Acumulador hidráulico por gravedad. Constituía la reserva de fluido en la alta presión del antiguo sistema hidráulico. El acumulador podía alimentar a una batería de prensas hidráulicas conectadas en derivación, a la misma tubería.

1.1.2 HISTORIA SOBRE LOS MOLDES DE INYECCIÓN

El desarrollo de moldes para máquinas de inyección inicio con la aparición del moldeo por compresión a mediados del siglo XIX; En 1872 es presentada la primer máquina de este tipo.

El número de aplicaciones inyectadas era creciente y que desarrollar métodos para hacer posible el moldeo exitoso de todas ellas.

En 1929, Shaw Insulator Co. produce un molde con desenrosque automático de 24 cavidades para piezas de material termofijo. Posteriormente, se practican tratamientos en herramientas para solucionar problemas operativos.

En 1938, Arthur W. Logozz de GE Co. inicia el cromado para cavidades.

Para facilitar la construcción de moldes se hizo necesaria la estandarización de componentes básicos (ver figura 1.10) y 1942, Quarnstrom, fundador de la empresa DME, asume esa tarea para facilitar construcción y mantenimiento de las herramientas.



Fig. 1.10 Placas, Pernos Y Expulsores Estandarizados.

Con el objeto de hacer más productivos los moldes de inyección se comenzaron a utilizar materiales diversos y aleaciones de Cobre - Berilio. En 1946, la empresa Wachusett Tools & Dies ya los incorporaba en sus diseños.

La aplicación de algunas innovaciones en moldes de inyección estuvo limitada por la existencia de máquinas en que pudieran colocarse, dando lugar a la creación de nuevas empresas, como Husky Injection Molding Systems en Canadá, con el desarrollo de nuevas tecnologías, como sistemas de colada caliente.

En 1962 inició el desarrollo de dichos sistemas, con la participación de Alex Seres en la empresa INCOE, evolucionando de manera importante para hacer posible hoy su empleo en moldes de alta productividad.

La geometría, complejidad y modularidad en muchas piezas de plástico, han exigido al diseñador de moldes, la incorporación de mecanismos y dispositivos que faciliten el desmoldeo. Así, han surgido moldes con correderas, núcleos móviles y corazones colapsibles.

En la actualidad existen moldes de dos o más niveles que permiten una mayor producción en la misma máquina, pero con requerimientos especiales en la unidad de cierre.

Durante los últimos años, se han ofrecido al mercado sistemas para cambio rápido de moldes, con los cuales se ahorra el tiempo invertido en dicha actividad y brinda mayor seguridad a las personas involucradas.

Del mismo modo, se encuentran disponibles sistemas de cambio rápido de producto, que eliminan la necesidad de operaciones más complejas, gracias a la estandarización de componentes en los moldes.

1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LAS MAQUINAS DE INYECCIÓN

Recordemos que el proceso de moldeo por inyección consiste esencialmente en: calentar el material termoplástico que viene en forma de polvo o gránulos para transformarlo en una masa “plástica” en un cilindro apropiado llamada “cilindro de plastificación” y así inyectarlo en la cavidad del molde, del cual tomará la forma.

Debido a que el molde es mantenido a una temperatura inferior al punto de fusión del material plástico, después de que éste es inyectado se solidifica con rapidez. En este momento el proceso del ciclo se ha completado y se expulsa la pieza moldeada.

La duración del ciclo de trabajo varía, según el tipo de resina empleada y configuración de la pieza moldeada, de un segundo (para las máquinas más veloces que moldean piezas de más o menos cinco gramos) hasta algunos minutos (para las que moldean piezas de dos kilogramos o más)

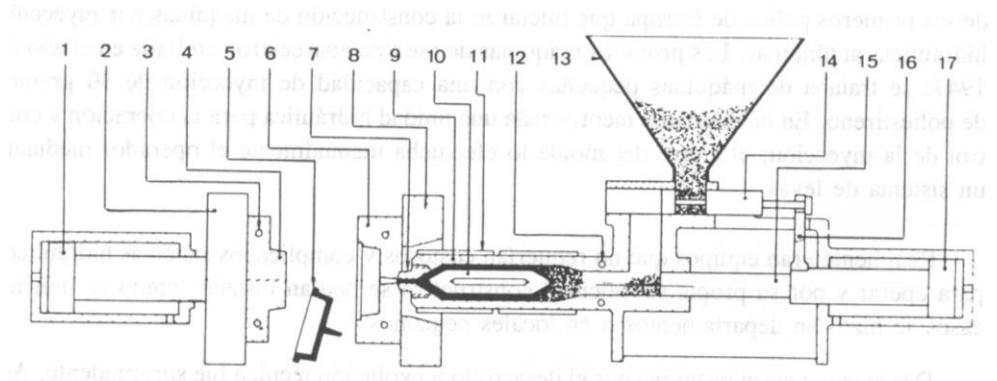


Fig. 1.11 Diagrama de una máquina de moldeo por inyección tipo pistón. Todos los componentes móviles de la máquina están representados al finalizar el ciclo. Nótese que la pieza moldeada (5) es expulsada del molde-1. Pistón de cierre del molde-2. Platina móvil-3.- Circuito de agua para el enfriamiento del molde-4. Medio molde móvil -5. Pieza moldeada.-6. Medio molde fijo-7. Boquilla -8. Platina fija-9. Cilindro de plastificación-10. Torpedo-11. Resistencia eléctrica para calentamiento del cilindro de plastificación-12. Circuito de agua para el enfriamiento del cilindro de plastificación-13. Tolva-14. Dosificador-15. Pistón de inyección-16. Brazo que actúa el dosificador-17. Pistón hidráulico e inyección.

El molde puede ser de una o más cavidades: se han construido moldes con 240 cavidades con resultado de piezas totalmente satisfactorias. Con pocas excepciones las piezas obtenidas por moldeo resultan totalmente terminadas, con tolerancias dimensionales muy cerradas. Por este motivo es posible afirmar que las máquinas de moldeo por inyección, son equipos de alta productividad.

A fin de dar una mejor explicación a todo lo dicho, examinaremos las siguientes figuras. La figura 1.11 representa el esquema básico de una máquina de inyección del tipo de pistón que ha finalizado su ciclo de trabajo; se ve la pieza moldeada (5) que ya fue expulsada del molde.

La figura 1.12 representa la misma máquina durante el ciclo de trabajo. En esta figura se nota el molde cerrado y el pistón (15) que ha terminado la inyección del material dentro del molde

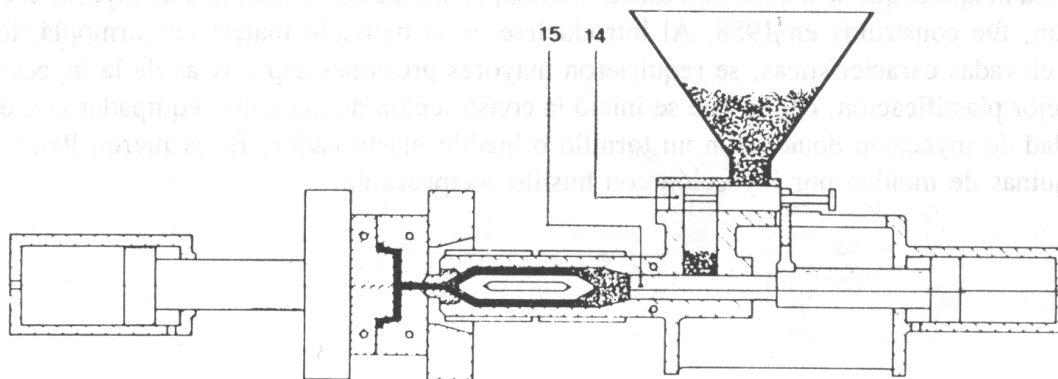


Fig. 1.12 Diagrama simplificado de una máquina de moldeo por inyección tipo pistón. Nótese que el molde está cerrado y el pistón (15) se encuentra en la fase final de la inyección, mientras que el dosificador (14) ha terminado la alimentación del material.

Refiriéndonos a las figuras citadas, las etapas o fases del proceso son las siguientes:

- a) Cierre del molde accionado por el pistón (1)
- b) Inyección del material al molde por medio del pistón (15) que, a su vez, es accionado por el pistón (17) del cilindro hidráulico. Debe tenerse en cuenta que el material inyectado no es el mismo que en ese momento cae de la tolva de alimentación al cilindro de plastificación, pues éste contiene una cantidad de material superior a la inyectada de aproximadamente cinco veces, con el propósito de permitir que ese material sea plastificado.

El torpedo (10) de la figura 1.11, colocado dentro del cilindro de plastificación (9), tiene como función empujar el material termoplástico contra la pared externa de la cámara de plastificación con el fin de facilitar y mejorar la plastificación del material.

Durante la fase de inyección, la corredera dosificadora introduce en el cilindro de plastificación cierta cantidad de material termoplástica. Dicha corredera es accionada durante la fase de inyección por un brazo movido por el pistón de inyección (17). En la figura 1.12 puede verse que el material dosificado cae sobre el pistón (15) y llegará al cilindro de plastificación en el momento que dicho pistón retorne a su posición primitiva.

En la práctica, la corredera dosificadora (14) alimenta al cilindro de plastificación con la cantidad de material que se debe inyectar, que corresponde al peso de la pieza moldeada. Por lo tanto el volumen del dosificador puede variarse en función del peso por moldear.

Siguen las otras etapas del ciclo.

- c) Pausa para el enfriamiento del material inyectado.
- d) Retorno del pistón (15) a su posición inicial
- e) Apertura del molde y expulsión de la pieza moldeada.

La máquina que se muestra en el diagrama, (Fig. 1.12) conocida como máquina de inyección con pistón, fue construida en 1958. Al introducirse en el mercado materiales termoplásticos con elevadas características, se requirieron mayores presiones específicas de la inyección y mejor plastificación, con lo que se inició la construcción de máquinas equipadas con una unidad de inyección dotado con un tornillo o husillo plastificador. Éstas fueron llamadas máquinas de moldeo por inyección con husillo recíprocante.

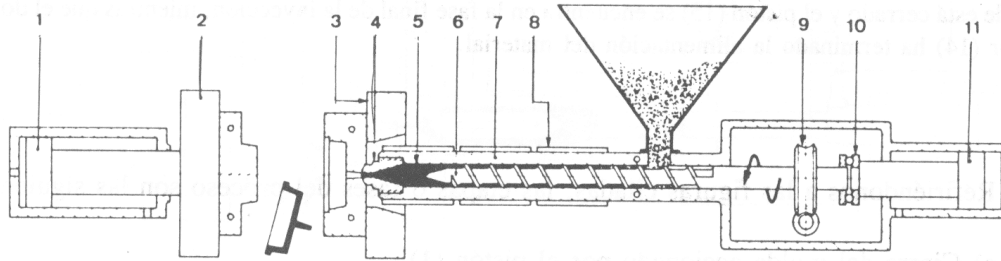


Fig. 1.13 Diagrama simplificado de una máquina de moldeo por inyección con husillo recíprocante. Todos los componentes móviles están representados al finalizar el ciclo. Nótese que el molde está abierto y el husillo (6) se encuentra en la posición final de la fase de plastificación. –1. Pistón de cierre del molde. –2. Platina móvil. –3. Platina fija. –4. Boquilla tipo libre. –5. Cámara de inyección. –6. Husillo de plastificación. –7. Cilindro de plastificación. –8. Resistencia eléctrica para el calentamiento del cilindro. –9. Reductor que actúa la rotación del husillo. –10. Balero (cojinete) axial. –11. Pistón hidráulico de inyección.

La figura 1.13 muestra el esquema básico de una máquina de moldeo por inyección con husillo recíprocante (reciprocating-screw injection moulding machine). En el dibujo se puede ver que la unidad de cierre es igual a la de una máquina tipo pistón, en tanto que la unidad de inyección es sustancialmente nuevo. De hecho, el cilindro de plastificación y su correspondiente pistón fueron sustituidos por el cilindro (7) y el husillo (6).

La corredera dosificadora también fue eliminada ya que la dosificación se lleva a cabo por el husillo que gira en el cilindro.

Ahora examinaremos rápidamente las fases de operación de este tipo de máquinas.

- a) Cierre del molde por el pistón (1).
- b) Inyección: el pistón (11) empuja hacia delante el husillo (6), que se mueve con movimiento axial en el cilindro (véase Fig. 1.14), transfiriendo el material plastificado de la cámara de inyección a la cavidad del molde.
- c) Plastificación: terminada la fase de inyección, el husillo empieza a girar accionado por el motorreductor (9). De este modo, se realiza la fase de plastificación, durante la cual el material termoplástico es transferido de la tolva a la cámara de inyección (5).

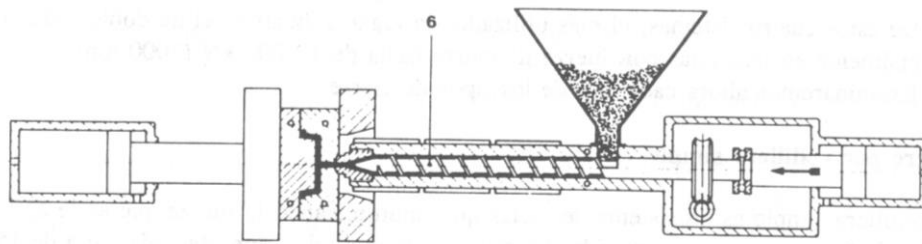


Fig. 1.14 diagrama simplificado de una máquina de moldeo por inyección con husillo recíprocante. Nótese que el molde está cerrado, mientras que el husillo (6) está al final de la cámara de inyección.

Durante esta transferencia, el material se plastifica por efecto del calor generado por las resistencias eléctricas (8). Al proceso de plastificación contribuye también el calor producido por la fricción del material en su recorrido de la tolva a la cámara de inyección. De hecho, también la energía mecánica suministrada por el motor al husillo para su rotación se transforma en calor.

El regreso del husillo (durante la fase de plastificación) se verifica por el empuje provocado por el material termoplástico al ser transportado a la cámara de inyección por el mismo husillo y no por efecto de ningún sistema externo. Las subsecuentes etapas del ciclo son:

- d) Pausa para el enfriamiento de la pieza inyectada.
- e) Apertura del molde y expulsión de la pieza moldeada.

Recopilando, la secuencia de las fases o etapas descritas anteriormente son:

- a) Cierre del molde;
- b) Inyección;
- c) Plastificación (dosificación del material en la cámara de inyección);
- d) Pausa para el enfriamiento de la pieza moldeada (solidificación);
- e) Apertura del molde y expulsión de la pieza moldeada.

1.3

PLÁSTICOS Y POLÍMEROS

En el transcurso del último siglo la química aplicada ha avanzado y avanza a pasos tan agigantados, que la mayor parte de nosotros permanecemos indiferentes a los avances de la misma.

Y eso mismo ocurre en el caso concreto de los termoplásticos. A nadie impresiona ya un teléfono de plástico coloreado, o las botellas reciclables de agua mineral que cada día encontramos sobre nuestra mesa... Objetos muy simples que han revolucionado nuestra estética y confort y que eran impensables hace tan sólo unos 50 ó 60 años.

Al objeto de introducirnos técnicamente en este mundo a continuación encontrareis una breve descripción técnica de estos materiales.

Se entiende por la definición genérica de plásticos aquellos polímeros que, bajo la influencia del calor, son capaces de aumentar su viscosidad (entendida ésta como la capacidad de fluir) en estado semisólido o estado viscoelástico y de adoptar una forma que, una vez enfriados son capaces de mantener.

Microscópicamente están formados por cadenas de polímeros. Podemos establecer un primer criterio de clasificación relativo a la estructura química del polímero y al proceso a partir del cual se ha formado.

Polímeros originados por un proceso de polimerización propiamente dicho.

En este tipo de procesos, uno o más monómeros se enlazan por efecto de un catalizador. En esta reacción química, no se produce ningún subproducto. Este tipo de proceso es común a mucho de los plásticos conocidos como polipropileno, polietileno, metacrilato, etc...

Cuando el polímero está formado por un solo tipo de monómero se denomina homopolímero, cuando hay dos copolímero y cuando hay tres termopolímero.

Polímeros originados por un proceso de policondensación.

En este tipo de procesos se originan subproductos procedentes de radicales de los monómeros que forman parte del polímero creado. En otras palabras, se enlazan monómeros distintos que para poder unirse entre sí deben desprenderse de algo cada uno. Ejemplos de este tipo de reacción de polimerización es el proceso de fabricación de poliamidas y policarbonato.

Polímeros originados por un proceso de poliadición.

Es una poli condensación de la cual resulta un polímero con un orden estricto y fijo de los monómeros que lo forman. Un caso típico de producto resultante de este proceso es la espuma de poliuretano.

No obstante, el principal criterio de clasificación se basa en la distribución en el espacio de las cadenas, cuando el plástico está solidificado. En función de dicha distribución espacial se puede hacer la siguiente clasificación de los plásticos:

- ✓ ELASTÓMEROS
- ✓ TERMOESTABLES (también conocidos como termo endurecibles)
- ✓ TERMOPLÁSTICOS

Elastómeros :

Se caracterizan por una fácil degradación frente al calor y una irreversibilidad del proceso de moldeado, esto es, una vez moldeados no se pueden volver a utilizar como materia prima.

Sus características microscópicas basadas en una organización espacial de las cadenas del tipo "muelles de colchón" influyen en el comportamiento macroscópico del mismo caracterizado por una gran flexibilidad (entendida como la capacidad de un sólido de recuperar su forma original tras finalizar un esfuerzo de compresión o de flexión). De hecho, con frecuencia se mezclan con algún termoplástico para conferirle unas mayores propiedades de flexibilidad e impacto.

En cuanto a su procesabilidad se moldean con técnicas similares a las de la industria del caucho, aunque existe una variedad denominada termoplásticos elastómeros que pueden procesarse como termoplásticos.

Termoestables :

La organización espacial de las cadenas es similar a la de una red de pescador. Durante el proceso de moldeo se aplica calor para activar la reaccionabilidad de los monómeros de las cadenas, algunos de los cuáles logran enlazarse con monómeros de otras cadenas dando lugar a la citada estructura. Como en el caso anterior la disposición microscópica de las cadenas dota a la estructura macroscópica resultante de una características particulares; en este caso, la estructura macroscópica resultante es muy compacta y de gran rigidez: estos materiales presentan respecto al resto de plásticos una mayor resistencia térmica por cuanto al aportar más calor no logra romperse la estructura de cadenas. No obstante, su fragilidad es inversamente proporcional a la resistencia térmica. Efectivamente, la resistencia térmica viene dada por la mayor compactación de las cadenas pero ese mismo mayor empaquetamiento da lugar a una posibilidad de rotura mayor. Un impacto no deja de ser un aporte de Energía en un lugar puntual y concreto que las cadenas, en este caso, es difícil que puedan absorber por estiramiento ya que su libertad de movimiento no es muy alta.

Estos materiales no son reciclables. Este hecho se explica por la reacción entre cadenas durante el proceso de moldeado que dan lugar a un material muy resistente a la temperatura una vez transformado y que, por tanto, difícilmente se puede volver a fundir para su reutilización.

Termoplásticos :

A diferencia de los tipos anteriores, no existe ningún tipo de enlace químico entre cadenas, como mucho existen atracciones de tipo electroestático que hacen que la estructura microscópica sea un entrecruzamiento caprichoso y liado de cadenas a modo de ovillo de lana. Un aporte de calor a esta estructura permite que las

estructuras puedan desliarse y resbalar unas sobre otras confiriendo el llamado estado visco elástico.

Dentro de este grupo podemos distinguir entre termoplásticos AMORFOS y CRISTALINOS. La diferencia radica en que los cristalinos, a la vuelta al estado sólido tras el aporte de calor, cuando se repliegan lo hacen intentando ocupar el mínimo espacio posible, no así en el caso de los amorfos que lo hacen de una forma mucho más anárquica. Aún más, en el caso de los amorfos la contracción es isotrópica (constante en las 3 dimensiones del espacio), mientras que en el caso de los cristalinos la contracción es anisótropa (la contracción es mucho mayor en el sentido de flujo que en el transversal).

No obstante, no existe ningún termoplástico que sea 100% cristalino ni, a la inversa, 100% amorfo. Siempre coexiste una parte cristalina y otra amorfa, aunque haya siempre una mayoritaria que define la clasificación del material. Como es lógico, este comportamiento microscópico tiene sus consecuencias en las características macroscópicas del material, tal como lo indica la siguiente tabla 1.2

Tabla 1.2

AMORFOS	Criterio	CRISTALINOS
menor	Resistencia térmica	Mayor
Menor	Rigidez	Mayor
Mayor	Impacto	Menor
Menor	Contracción	Mayor
Mayor	Transparencia	Menor

1.4 NOMBRES Y ABREVIACIONES

El moldeo por inyección es el típico proceso de transformación de los termoplásticos, aunque también pueden trabajarse con otros métodos (extrusión, soplado, termo formado, etc.)

En el grupo de los termoplásticos se presenta una lista básica (tabla 1.3), utilizada para la producción de compuestos de moldeo, la lista no es completa, en cuanto incluye solamente los materiales termoplásticos más conocidos y especialmente transformables por medio del moldeo por inyección.

Tabla 1.3 Lista básica de algunos termoplásticos

TERMOPLÁSTICOS	DENOMINACIÓN	SÍMBOLO ISO 1043
Poliiolefinas	Poliétileno Polipropileno Polibuteno Polimetilpenteno	PE PP PB PMP
Polímeros de cloruro de Vinilo	Policloruro de Vinilo Policloruro de Vinilo Rígido Policloruro de Vinilo Plastificado	PVC PVC-U PVC-P
Polímeros de Estireno	Poliestireno Poliestireno alto impacto, estireno-butadieno Copolímero de estireno-acrilonitrilo Polímeros de acrilonitrilo-butadieno estireno Masas de moldeo de acrilonitrilo-estireno, resistente al impacto	PS SB SAN ABS ASA
Celulosicas	Acetato de celulosa Acetobutirato de celulosa Propionato de celulosa	CA CAB CP
Acrílicas	Pulimetil – metacrilato	PMMA
Poliamidas	Poliamida 66 Poliamida 6 Poliamida 610 Poliamida 11 Poliamida 12	PA 66 PA 6 PA 610 PA 11 PA 12
Poliésteres Termoplásticos	Polibutilen-tereftalato Polibutilen-tereftalato	PBTP PETP
Poliacetalicas	Poliacetal (polio-simetileno)	POM
Policarbonatos	Poli carbonato	PC
Poliéteres (aromáticos)	Poliéteres	PPÉ
Plásticos especiales para uso de temperaturas muy altas	Pilisulfonas Poli sulfuró de fenileno Poliamidas Poliariletercetonas	PSU, PES PPS PI, PMI, PEI, PAI PEK y PEEK
Plásticos fenolicos	Plásticos fenolicos	PF
Plásticos Aminicos	Resina de melanina Resina de melanina-fenol Resinas de Urea	MF MP UF
Resinas de poliéster insaturado	Poliéster insaturado	UP
Resinas epoxi	Resinas epoxi	EP

1.5

DETECCIÓN O IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES

Una identificación completa de la mayoría de productos plásticos puede ser muy difícil ó quizás imposible. Sin embargo, en muchos casos a menudo esto no es requerido; lo requerido muchas veces es la separación ó identificación de una cantidad de piezas moldeadas cuya identidad se ha perdido ó una indicación del tipo de material utilizado para hacer la pieza. En tales casos, el uso de simples pruebas es justificado.

Pruebas Simples

Una prueba simple incluye una examinación preliminar, densidad, punto de derretido (melting point) y comportamiento en calentamiento. Las pruebas deben de realizarse en un orden. Si la determinación de la densidad es muy alta, por ejemplo, mucho mayor que 1.7 gcm⁻³ (SG mayor que 1.7) entonces el material podría ser un fluoropolimero y la prueba de calentamiento no debería de reanizarse por el peligro de los humos (vapores) involucrados.

En cualquier prueba de calentamiento (heating), solo una muestra muy pequeña debería de ser utilizada por la misma razón de los vapores generados.

Examinación Preliminar

El material deberá de ser examinado por transparencia, color, método de manufactura, su resistencia al corte, etc. Esto es porque tal examinación, puede dar una fuerte indicación del tipo de material usado para ser un componente específico. Las dimensiones y peso del componente deberá de ser revisadas junto con cualquier marca de eyección, líneas, etc.

Densidad

Muy a menudo la densidad del material no se requiere; lo que si se requiere es un valor aproximado. Esto se puede obtener observando si el material se hunde ó flota en un rango limitado de líquidos. Esto puede incluir agua y cloruro de magnesio

saturado; el agua tiene una densidad de 1 gcm⁻³ y el cloruro de magnesio saturado una densidad de 1.34 gcm⁻³, (cuando las unidades de densidad son expresadas en gcm⁻³ entonces, el valor es el mismo como el valor de la gravedad específica).

Si el material es relleno, entonces la densidad será usualmente más alta que el material no relleno. Esto es porque la mayoría de los rellenos inorgánicos, los más comunes, tienen una densidad relativamente alta. Si la muestra pesada del material se quemara completamente, el contenido del material inorgánico se podría estimar más fácilmente.

Punto de Derretido

Una vez más, un valor muy preciso, no es requerido. La manera más simple de obtener un valor un aproximado es calentando una muestra pequeña del material en un recipiente de metal caliente mientras se mide el incremento de temperatura y la temperatura del recipiente justamente abajo del material plástico; un rango de calentamiento de aproximadamente 450° C/ hora ó 90° F/ hora debe de aplicarse. Un material termoplástico amorfo no tendrá un punto de derretido preciso, comparado con un material termoplástico semi-cristalino tendrá un punto de derretido más preciso. Es importante tener una barra sólida de vidrio de manera que la muestra pueda ser movida durante el calentamiento.

1.6 PROPIEDADES DE FLUJO

1.6.1 VISCOSIDAD Y FLUIDEZ DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS EN ESTADO FUNDIDO

El moldeo de materiales plásticos, practicado por muchos años en forma hasta cierto punto empírica, actualmente ha sido escrito y analizado en forma científica tanto por investigadores universitarios como por laboratorios e las compañías que producen materiales plásticos.

La reología de los polímeros entendida como el estudio de la fluidez de los materiales plásticos fundidos, ha aclarado la propiedad y el comportamiento e los mismos en el proceso de moldeo o en otros métodos de transformación (como: extrusión, calandreado, etc.). La diferencia fundamental en el comportamiento de los polímeros termoplásticos y los termofijos en estado fundido, aunque se de por entendida, merece algo mas e atención. En la figura 1.15 se muestra en forma grafica la disminución de la viscosidad en función el tiempo, de un polímero termoplástico que, con la aportación e calor, pasa del estado sólido al estado fluido. Una vez alcanzado, después de cierto tiempo, el punto de fusión, si la temperatura no cambia, también la viscosidad de la masa fundida permanece constante por determinado tiempo (10 o 20 minutos) después el cual puede iniciarse la degradación térmica el material.

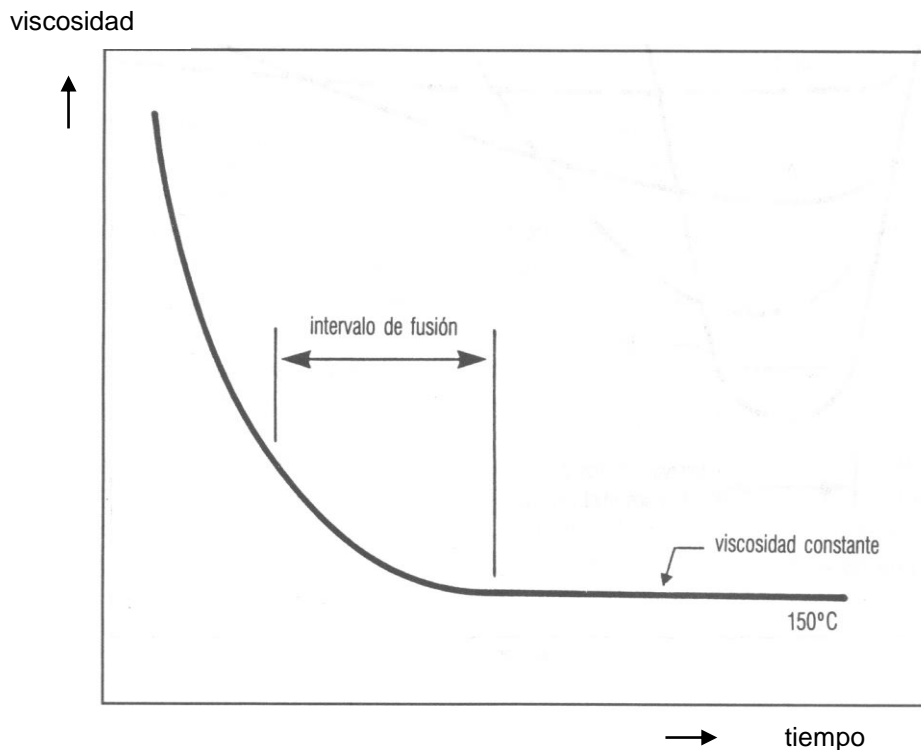


Fig. 1.15 Diagrama viscosidad – tiempo a temperatura constante de un polímero termoplástico (ejemplo: poliestireno)

El polímero termoplástico en estado fundido tiene el mas bajo valor de viscosidad (y por consiguiente la mas alta fluidez) y es capaz de permanecer en esta condición por varios minutos.

Esta característica, permite que el material pueda inyectarse, extruirse o procesarse de cualquier otra manera, aunque tal procedimiento requiera de lagos intervalos de tiempo.

Un polímero termofijo en el estado fundido, tiene en cambio un comportamiento totalmente diferente. La viscosidad de una resina termofija puede mostrarse en forma grafica según las curvas de la figura 1.16 inicialmente la acción el calor provoca el ablandamiento y la fusión de la resina que en pocos segundos alcanza el valor mínimo de viscosidad (correspondiente a la máxima fluidez)

Sin embargo, continuando la aportación de calor se inicia la reacción de condensación (reticulación) y en consecuencia la viscosidad de l amasa fundida aumenta progresivamente hasta el completo endurecimiento.

Del perfil de las curvas de viscosidad trazadas a diferentes temperaturas, se puede ver en forma evidente que el intervalo de tiempo (llamado “vida plástica”) dentro del cual es posible moldear un material termofijo, será tanto más breve cuanto mas alta sea la temperatura en la cual ocurre el proceso.

Esta es una descripción mas bien simple de comportamientos, que en realidad son bastante más complejos.

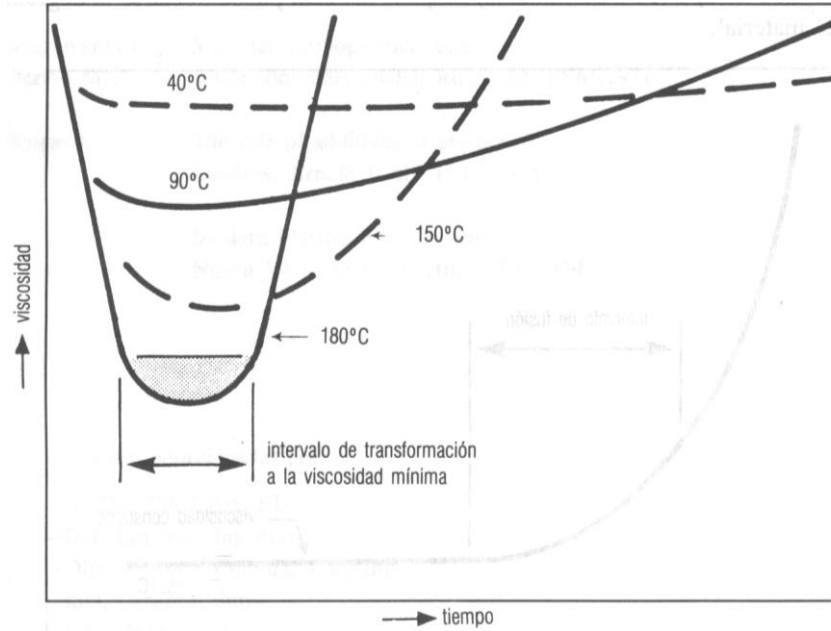


Fig. 1.16 Diagrama de viscosidad – tiempo a diferentes temperaturas de una resina termofija (ejemplo: resina fenólica)

La viscosidad de un polímero termoplástico en estado fundido, es una característica ligada a su peso molecular. En la misma familia de termoplásticos (ejemplo: poliamidas PA 66) se utilizan materiales de bajo peso molecular, y por lo tanto con baja viscosidad, adecuados para el moldeo por inyección de piezas delgadas o con superficies muy extendidas.

Por el contrario, los materiales con alto peso molecular, por consiguiente con alta viscosidad, serán más apropiados para el proceso de extrusión o soplado. Durante el proceso de moldeo por inyección de los termoplásticos, la viscosidad de la masa fundida disminuye, aun cuando se aumente la temperatura en la cual ocurre la fusión, porque también depende de la viscosidad con que el material fluye por los ductos (boquillas, canales de alimentación, pasaje a las cavidades del molde).

Tan pronto como la masa fundida ha llenado el molde, se inicia la fase de enfriamiento por transferencia de calor. La viscosidad del polímero aumenta nuevamente hasta alcanzar la solidificación.

En este punto es importante recordar que las leyes de la dinámica e los fluidos (leyes de Newton), validas para líquidos no compresibles (agua, aceite, etc.) no son aplicables a los materiales plásticos en estado fundido, porque estos son en general bastante mas viscosos y en cierta medida compresibles.

La viscosidad en los líquidos “newtonianos” tienen valores característicos para cada tipo de fluido y disminuye linealmente con el aumento de temperatura. En los polímeros fundidos (considerados como fluidos “no newtonianos”) la viscosidad disminuye cuando se aumentan, tanto la temperatura del polímero, como la velocidad e flujo (o velocidad de corte, entendida como diferencia de velocidad entre dos estratos adyacentes de fluido).

Si se examina la figura 1.17 que muestra las variaciones de viscosidad de algunos polímeros termoplásticos fundidos, en relación con las variaciones de temperatura, podemos notar:

- ✓ Ciertos materiales que presentan curvas de viscosidad con fuerte pendiente y para los cuales un moderado aumento de temperatura baja la viscosidad, facilitando así el llenado de un mole complejo con largos canales de alimentación (ejemplo: PMMA-PA 66-PC)
- ✓ Otros materiales que tienen, por el contrario, valores de viscosidad mas constantes o sea menos dependiente de la variación de la temperatura del proceso (ejemplo: PE-PP-PS-POM), Para facilitar el flujo de estos polímeros dentro del molde, en vez de aumentar la temperatura del cilindro de plastificación (con el riesgo de degradar el material) se puede aumentar la temperatura del molde o eventualmente modificar la sección de alimentación (aumentándola).

Las variaciones de viscosidad en relación con las diferencias (o gradientes) de la velocidad de flujo, se muestran en forma grafica en la figura 1.18, También en este diagrama se puede notar que algunos polímeros termoplásticos, a baja velocidad de flujo no sufren variaciones sensibles en su viscosidad, mientras que los mismos polímeros en lata velocidad de flujo se hacen mas fluidos (o sea menos viscosos).

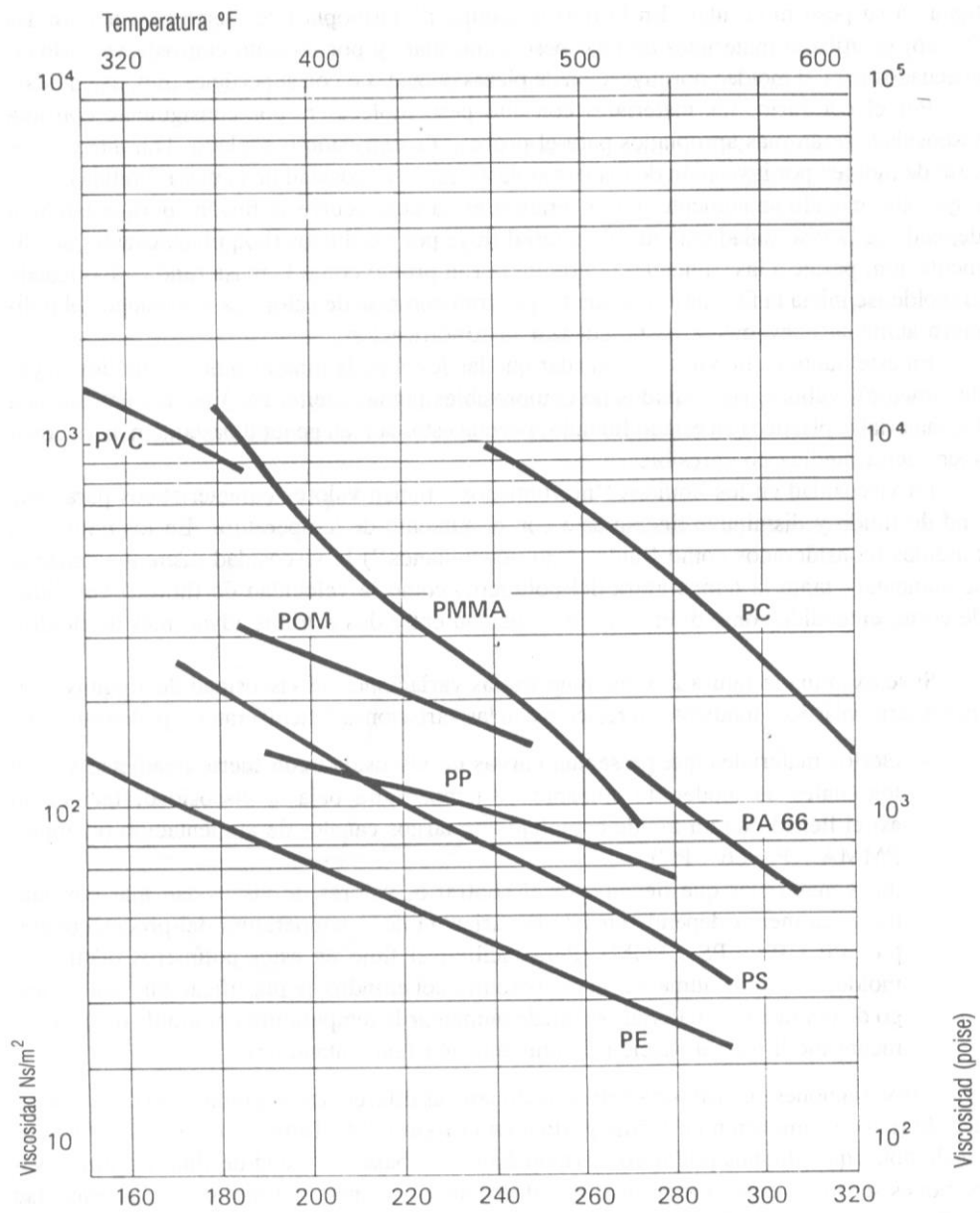


Fig. 1.17 Variación de la viscosidad en función de la temperatura, para algunos polímeros termoplásticos en estado fundido (velocidad de corte 100 s^{-1}).

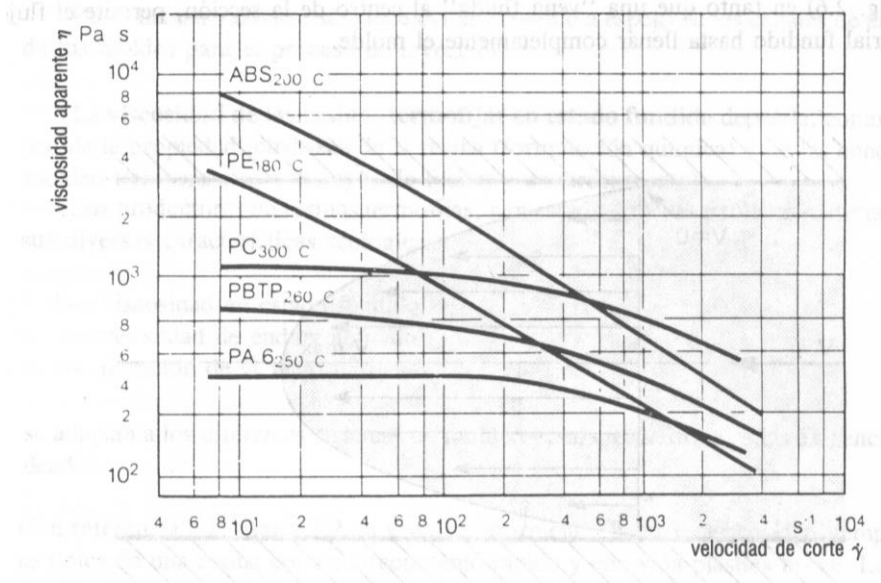


Fig. 1.18 Variación de la viscosidad en función de la velocidad de corte para algunos polímeros termoplásticos.

A propósito del flujo de un fluido en un ducto, es oportuno recordar que la velocidad del fluido no es constante en cada punto de la sección del mismo. Así por ejemplo, en un tubo cilíndrico el fluido que está en contacto con las paredes, esta siempre inmóvil (velocidad cero), mientras que hacia el centro del tubo, la velocidad crece gradualmente hasta alcanzar el máximo valor (flujo laminar).

En las figuras 1.19 y 1.20 se muestran dos perfiles de velocidad de flujo correspondientes, por ejemplo, al agua (1.19) y a un polímero termoplástico fundido (1.20) que corre en un canal de alimentación o en el espacio entre las paredes del molde.

El perfil de la velocidad de flujo puede ser diferente al variar la densidad y las fuerzas internas que se opongan al movimiento del fluido. De cualquier forma, el fluido en contacto con las paredes del ducto está invariablemente estático.

De todo lo anteriormente dicho, se pueden hacer dos consideraciones:

- ✓ Resulta inútil el pulir a espejo los canales e alimentación del molde debido a que esto no facilita el flujo del material fundido (según el principio de la velocidad cero cuando está en contacto con las paredes).
- ✓ Sobre las paredes de los canales y de las cavidades del molde, en el mismo instante en que llega la inyección, se solidifica una delgada capa de material plástico. (Véase Fig. 2.6) en tanto que una “vena fluida” al centro de la sección, permite el flujo del material fundido hasta llenar completamente el molde.

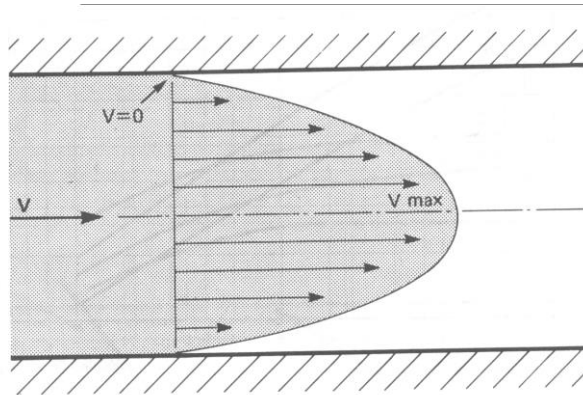


Fig. 1.19. Perfil de la velocidad de flujo de un líquido “newtoniano” (ejemplo: agua, aceite) dentro de un tubo. La velocidad del líquido en contacto directo con la pared es nula (=cero). En la zona vecina a la pared se verifican los máximos esfuerzos viscosos y las mayores diferencias de velocidad entre los estratos contiguos con el fluido en movimiento.

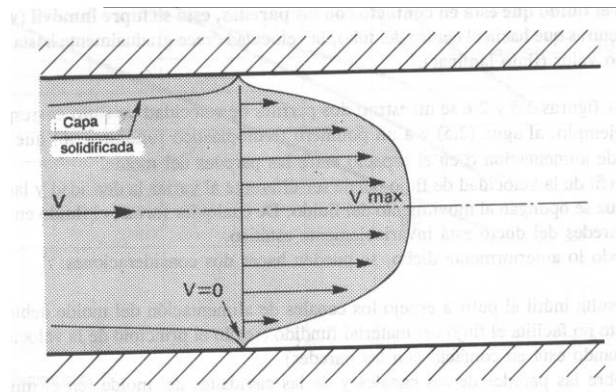


Fig. 1.20 Perfil de la velocidad del flujo de un polímero termoplástico fundido, dentro de un molde frío. Mientras el polímero fundido avanza, forzado por la presión de inyección, una delgada capa de material se solidifica al contacto con la pared del molde. La “vena fluida” al centro de la sección fluye prácticamente dentro de una camisa o cubierta de material ya solidificado.

“Por estas dos razones, se pueden evitar el pulido a espejo de los canales de alimentación de los moldes para el proceso de inyección”.

1.7 PROPIEDADES DE MATERIALES PLÁSTICOS Y POLÍMEROS

1.7.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS PLÁSTICOS

Aunque ciertamente en el pasado los materiales plásticos han sido utilizados como sustitutos de los materiales tradicionales metálicos y aislantes con resultados no siempre positivos, tenemos que reconocer que la actual difusión y el empleo ahora ya generalizado han contribuido a un mejor conocimiento y una aplicación mas apropiada de estos “nuevos materiales”.

Cuando en alguna aplicación los materiales plásticos deben sustituir a los metales, el vidrio, la cerámica, debe considerarse en el proyecto de la nueva pieza moldeada, la notable diferencia de resistencia a las cargas mecánicas y térmicas, así como el comportamiento en servicio entre el material plástico seleccionado y el material usado anteriormente.

Las propiedades de un material plástico dependen en primer lugar de las características químico-física de la resina base y de los aditivos usados para mejorar o modificar alguna propiedad de dicha resina.

En general los materiales termoplásticos con estructura lineal, pueden ser subdivididos en dos grupos con referencia a su acomodo molecular:

- ✓ Polímeros con estructura amorfa
- ✓ Polímeros con estructura parcialmente cristalina

La diversa estructura molecular no solo influye en el comportamiento en el proceso de fusión y solidificación, si no que también determina las propiedades físicas y mecánicas.

En los polímeros con estructura amorfa la fusión no se realiza a una temperatura determinada. Por lo tanto no existe un “punto de fusión” preciso, en su lugar el material pasa gradualmente a medida que la temperatura se aumenta del estado sólido a un estado viscoso hasta convertirse finalmente, en un fluido.

En este amplio “intervalo de fusión” los materiales amorfos pueden obviamente ser trabajados o transformados (por inyección, extrusión, soplado, etc) , dentro de límites de temperatura bastante grande.

En estos materiales amorfos (sin refuerzos fibrosos u otras cargas inertes), la contracción en el moldeo está limitada entre 0.3% y 0.9%. Los mismos polímeros con carga o refuerzo fibroso presentan valores de contracción inferiores.

Algunos materiales con estructura amorfa son transparentes como por ejemplo las resinas metacrilicas, las poliamidas amorfas, los poli carbonatos y algunas resinas estirenicas (PS, SAN) y resinas celulosicas.

Los polímeros con estructura parcialmente cristalina, constituidos por partes amorfas y partes cristalinas, presentan un característico “punto de fusión” que corresponde a la transición del estado sólido al estado fluido.

El intervalo útil para la transformación está por lo tanto limitado a pocos grados centígrados, ya que un poco abajo del punto de fusión, el material está todavía sólido y no se puede moldear ni extruir. Por otra parte no es prudente superar mucho la temperatura de fusión por que puede intervenir al fenómeno de degradación térmica.

Estos polímeros con estructura semicristalina tienen una contracción en el moldeo mucho más elevada con respecto a los materiales amorfos.

La contracción para un polímero no reforzado varía del 1% al 5%. Además después del moldeo se verifican en diferente medida, fenómenos de una posterior contracción. Todos los refuerzos fibrosos y las cargas inertes (fibra de vidrio, fibra de asbesto, mica, etc), ayudan a mejorar las características mecánicas, térmicas o eléctricas y contribuyen a reducir tanto la contracción en el moldeo como la contracción posterior.

La estructura semicristalina hace a estos materiales más resistentes a los agentes químicos (solventes, sustancias ácidas o básicas, etc), y menos sensibles a los aumentos de temperatura en cuanto mantienen las características de resistencia mecánica y de rigidez hasta la proximidad del punto de fusión.

La Tabla 1.4 lista los materiales termoplásticos previamente mencionados subdivididos en dos grupos:

- ✓ Polímeros con estructura amorfa
- ✓ Polímeros con estructura parcialmente cristalina

Se dan también los símbolos ISO correspondientes, sus temperaturas o límites del punto de fusión y los valores aproximados de la contracción del moldeo.

Tabla 1.4 Materiales termoplásticos con estructura amorfa y cristalina.

TERMOPLÁSTICOS CON ESTRUCTURA AMORFA	Símbolo ISO	Intervalo de Fusión °C	Contracción en moldeo %
ABS Copolímero	ABS	170-200	0.4-0.7
Poliestireno	PS	130-160	0.3-0.6
Poliestireno resistente al impacto	SB	130-160	0.3-0.6
Acrilonitrilo-estireno	SAN	140-170	0.4-0.6
Acetato de celulosa	CA	130-170	0.3-0.7
Acetato butirato de celulosa	CAB	130-170	0.3-0.7
Propionato de celulosa	CP	130-170	0.3-0.7
Policarbonato	PC	220-260	0.5-0.8
Polimetil metacrilato	PMMA	150-180	0.4-0.8
Oxido de polifenileno (modificado)	PPO	240-270	0.5-0.8
Cloruro de vinilo (rígido)	PVC	130-160	0.4-0.8
TERMOPLÁSTICOS SEMICRISTALINOS	Símbolo ISO	Temperatura de Fusión °C	Contracción en moldeo %
Poloetileno (baja densidad)	PE	110	1-3
Poloetileno (alta densidad)	PE	130	1.5-4
Polipropileno	PP	165	1-2.5
Poliamida 66	P A66	255	1.2-2.5
Poliamida 6	P A6	220	0.8-2
Poliamida 610	PA 610	220	0.8-2
Poliacetal (homopolimero)	POM	175	1.5-3.5
Poliacetal (Copolímero)	POM	165	1.5-3.5
Pulibutileno-tereftalato	PBTP	225	1.2-2.8
Polietileno-terftalato	PETP	255	1.2-2
Fluorotileno-propileno Copolímero	FEP	270	3.5-5
Etileno-tetrafluoruro etileno copolimero	ETFE	270	3.5-5

Nota – Todos los valores corresponden a polímeros **sin** refuerzos fibrosos ni cargas de otro tipo.

La temperatura de fusión aproximada de los polímeros termoplásticos, que se presenta en una grafica en orden creciente (Fig. 1.21), da una idea para la búsqueda de materiales plásticos con alta estabilidad térmica.

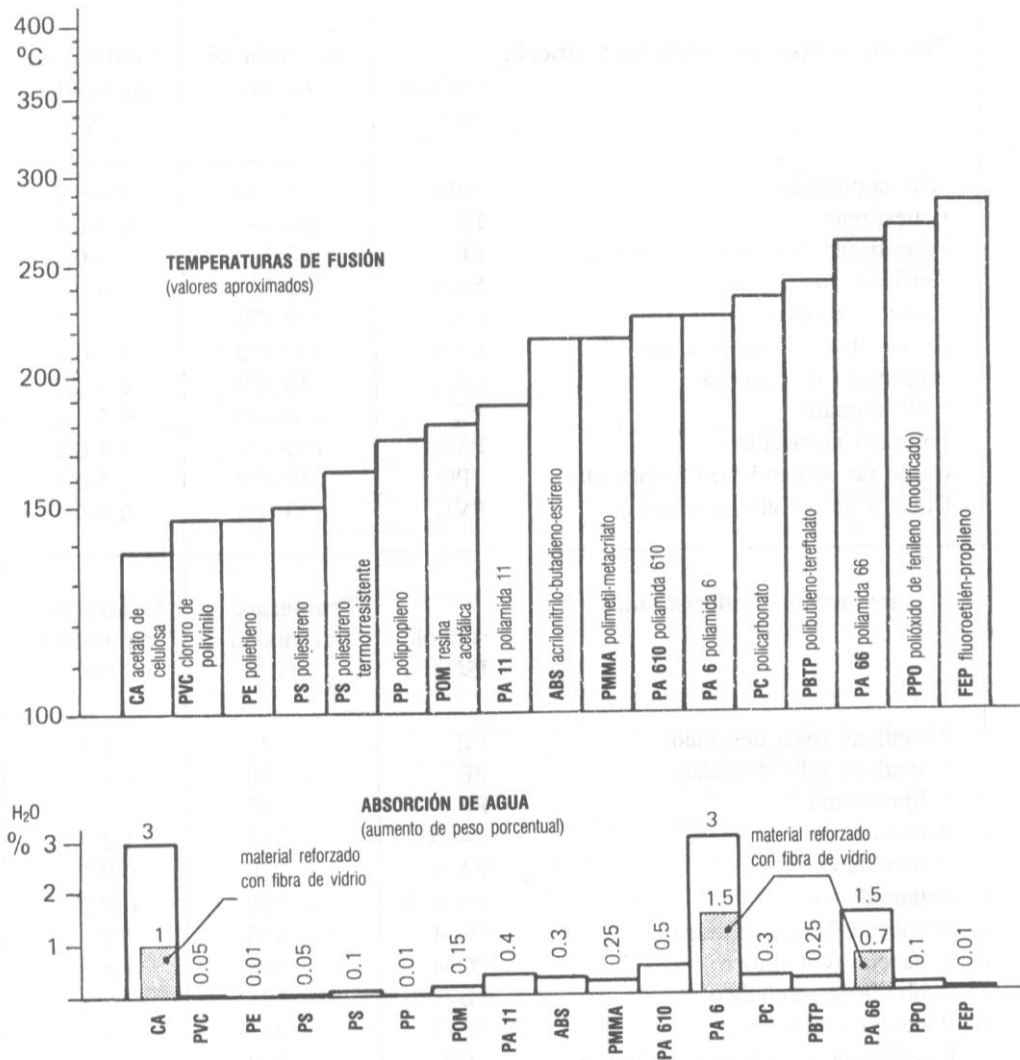


Fig. 1.21 Propiedades físicas de algunos polímeros termoplásticos.

Sin embargo, la temperatura máxima de trabajo para los productos moldeados son, para cualquier material, bastantes mas bajas que la temperatura de ablandamiento o de fusión. Las temperaturas de trabajo o servicio son usualmente alrededor de la mitad de la temperatura de fusión correspondiente.

Esta regla empírica no es valida en los casos particulares en donde se presentan variaciones de esfuerzos mecánicos o condiciones ambientales que reduzcan los

márgenes de resistencia del material. Otra característica ligada a la naturaleza química de los polímeros termoplásticos es su tendencia a absorber agua, ya sea del ambiente (aire húmedo) o por inmersión directa.

En la parte inferior de la misma grafica (Fig. 1.21) y para los mismos materiales termoplásticos se indican los valores de la absorción de agua (aumento porcentual de peso) para ciertos materiales termoplásticos, que varía notablemente de un tipo de resina a otro. Se trata de un índice que puede proporcionar información sobre la estabilidad dimensional y sobre la propiedad dieléctrica de diferente polímeros. Mientras menor sea la disposición para absorber aguas mejores serán los resultados en cuanto estabilidad dimensional y a su propiedad aislante. En general, los materiales plásticos (ya sean termoplásticos o termofijos) deben ser moldeados o extruidos con un mínimo de humedad para evitar la formación de vapor de agua durante el proceso. Naturalmente las piezas moldeadas salen de los moldes totalmente deshidratadas (prácticamente secas) pero tienden a absorber lentamente humedad del ambiente. Consecuentemente las piezas moldeadas que han absorbido agua en mayor o menor cantidad varían sus dimensiones, su resistencia mecaniza y sus características aislantes.

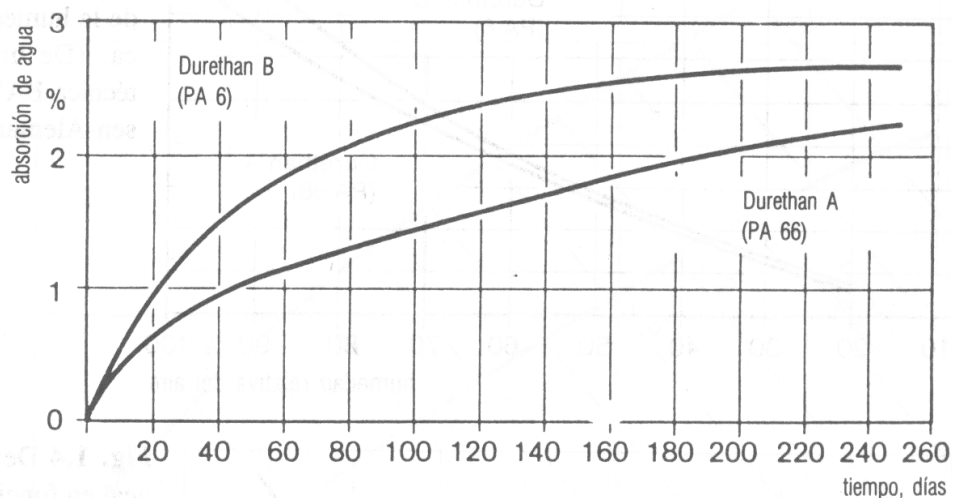


Fig. 1.22 Absorción de agua de poliamidas BAYER (sin refuerzos) dependiendo del tiempo de exposición al aire a 23°C – 50% de humedad relativa según norma DIN 50014

Es interesante conocer las variaciones que se muestran en los diagramas de las figuras 1.22, 1.23, 1.24.

En el diagrama de la Fig. 1.22 se nota que los dos tipos de poliamidas PA 66 y PA 6 (sin refuerzos fibrosos) alcanzan su estado de equilibrio con la humedad relativa del aire solo después de 6 a 8 meses de haberse efectuado el moldeo.

Los mismos materiales sumergidos directamente en agua, alcanzan su saturación en un tiempo mas corto (3 a 4 meses). El contenido de agua de las piezas moldeadas con estas poliamidas esta indicado en la Fig. 1.23 y depende de la humedad relativa del aire presente. Se pasa, por ejemplo, de un contenido de agua del 1% en peso para un clima seco al 5% para un clima húmedo.

El diagrama mostrado en la figura 1.24 indica la variación dimencional (expresado como aumento porcentual de longitud) de barras moldeadas con poliamidas PA 66 y PA 6 dependiendo del contenido de agua absorbida. En regiones con clima templado con un contenido medio de humedad del 2% al 3% provoca en las piezas moldeadas con estas poliamidas, alargamientos del 0.3% al 0.6%. Naturalmente no todos los materiales plásticos tienen la misma disposición de absorber agua, ya sea por su naturaleza químico física como por el tipo y cantidad de aditivos empleados para modificar alguna características de sus propiedades. Por consiguientes también serán diversas las variaciones dimensionales.

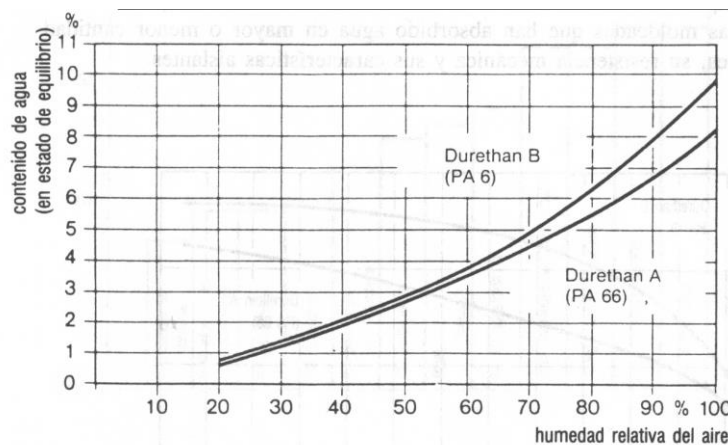


Fig. 1.23 Contenido de agua al estado de equilibrio de poliamidas BAYER sin refuerzos) medido a temperatura ambiente en función de la humedad atmosférica.

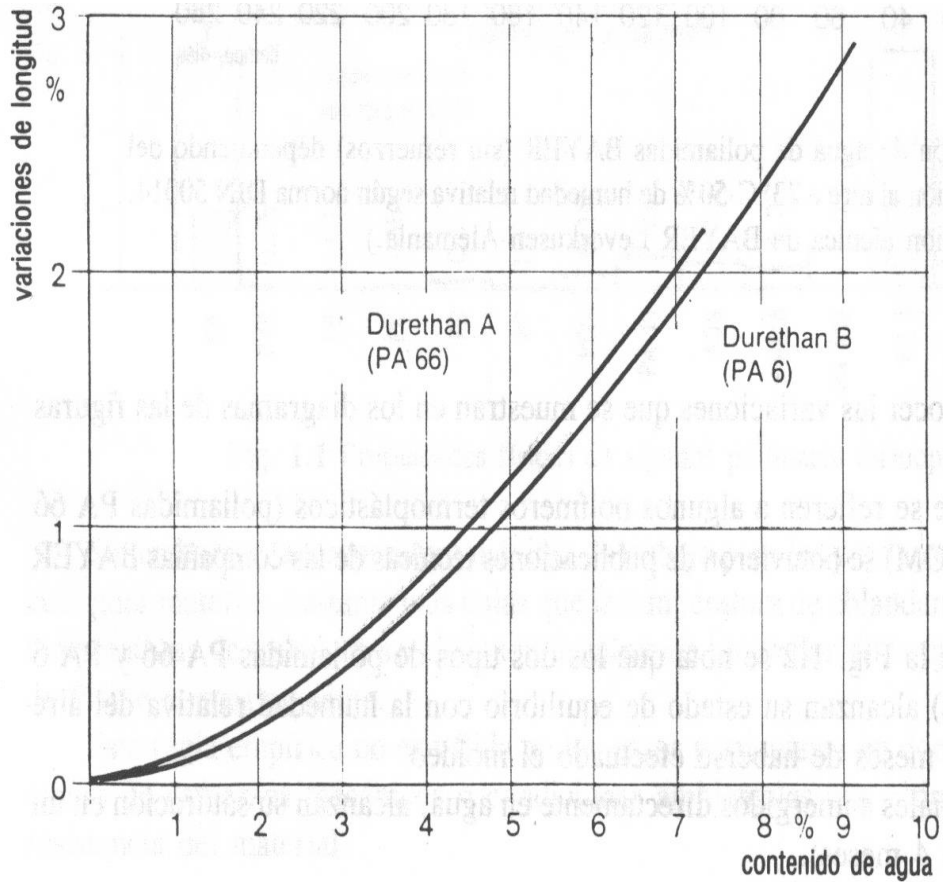


Fig. 1.24 Deformación lineal en función del contenido del agua en probetas de ensayo planas de 120x10x4mm., Obtenidas por inyección de poliamidas BAYER a 20°C (sin refuerzos). Las curvas de la grafica muestran valores promedio de numerosas mediciones.

Otro diagrama (véase Fig. 1.25) que tiene un diseño más complejo, requiere además calcular las variaciones dimensionales en función de dos variables: El contenido de agua absorbida y la temperatura de trabajo. Se refiere a piezas moldeadas con resinas acetalicas TOM (Homopolímero), que, cuando pasan del estado seco (piezas recién moldeadas) a diversas condiciones de humedad absorbida y de temperaturas, cambian las dimensiones iniciales.

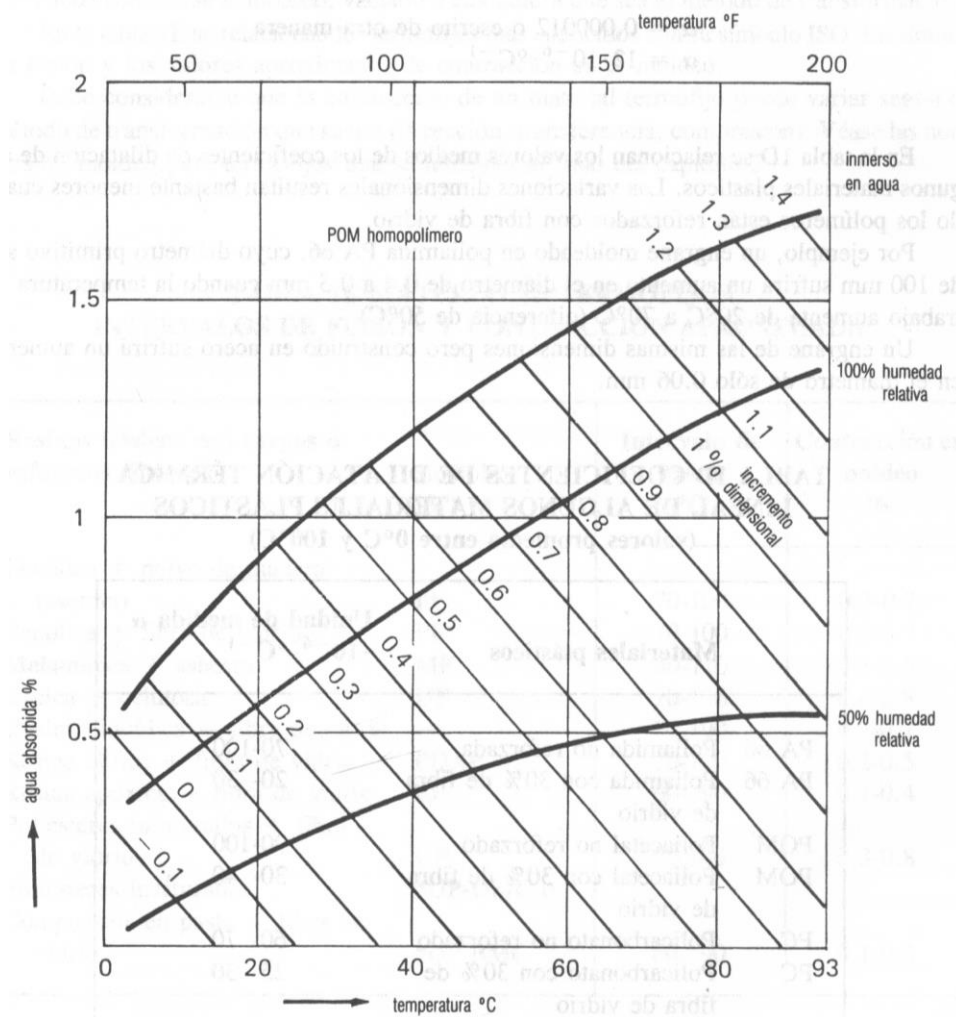


Fig. 1.25 Variaciones dimensionales de la resina acetalica DELRIN-DU PONT en función de la temperatura y el contenido de humedad.
Ejemplo una pieza inyectada que pasa de las condiciones: temperatura 25°C y humedad 0% (recién moldeada), a diferente condición: temperatura 40°C y humedad relativa 100% tendrá un incremento dimensional de 0.5%.

La utilidad de este diagrama es evidente cuando se deba establecer dimensiones y límites de tolerancia de piezas moldeadas de cuyo funcionamiento sea necesario asegurarse (por ejemplo, pernos, bujes, engranes, etc.) en diversas condiciones ambientales. Es necesario recordar para este propósito, que los materiales plásticos tienen un coeficiente de dilatación térmica lineal de 4 a 8 veces mayor que el de los metales (acero, bronce, latón).

En la tabla 1.5 se relacionan los valores medios de los coeficientes de dilatación de algunos materiales plásticos. Las variaciones dimensionales resultan bastante menores cuando los plásticos están reforzados con fibra de vidrio.

Tabla 1.5 Coeficientes de dilatación térmica lineal de algunos materiales plásticos (valores promedio entre 0°C y 100°C)

Materiales Plásticos		Unidad de medida α $\cdot 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
PA 66	Poliamida no reforzada	70-100
PA 66	Poliamida con 30% de fibra de vidrio	20-30
POM	Poliacetal no reforzada	90-100
POM	Poliacetal con 30% de fibra de vidrio	30-40
PC	Policarbonato no reforzado	60-70
PC	Policarbonato con 30% de fibra de vidrio	25-30
PF	Resina fenólica con polvo de madera (aserrín)	30-50

Aun en las aplicaciones que no se pueden considerar en un sentido estricto “técnicas”, es necesario valorar con atención las características del material plástico a emplear.

Por ejemplo, para producir contenedores para alimentos o bebidas, la selección del material plástico deberá considerar las prescripciones que exige el departamento de salud pública.

Se debe evitar por lo tanto la migración de los pigmentos o de cualquier sustancia dañosa que el material plástico (contenedor) pudiera transmitir al alimento o bebida contenida en el recipiente.

1.7.2 COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS

Los materiales plásticos sometidos a esfuerzos mecánicos se comportan en forma diferente a los metales. Su propia estructura consta de largas cadenas moleculares

de sustancias orgánicas por lo tanto muy diversas a la estructura cristalina de los metales. Resulta también muy diferente la capacidad de resistencia a los esfuerzos mecánicos que son influidos negativamente con el aumento de la temperatura y la duración de los mismos.

Los materiales termoplásticos sometidos a tracción no siguen fielmente la ley de Hooke, según la cual dentro de ciertos límites, las deformaciones son proporcionales a la carga. A temperaturas normales (23 °C) bajo la carga constante, se produce en termoplásticos el fenómeno de deformación plástica.

Lo que significa que una pieza moldeada bajo la acción de una carga constante, prolongada en el tiempo, continua deformándose (no importa que la carga unitaria sea inferior a la del punto de cadencia). Con temperaturas más elevadas (80°C-100°C) se producen en disminuciones notables de su resistencia mecánica y en consecuencia disminuye también la rigidez del producto (disminución del valor del módulo elástico).

Los materiales termofijos son a su vez poco influenciados por las variaciones de temperatura. se trata en general de plásticos rígidos, bastantes frágiles, que sometidos a tracción se rompen sin presentar debilitamiento.

Tienen una alta resistencia a la compresión con deformaciones sin importancia sin relación el tiempo.

La absorción de agua (humedad ambiental) provoca en algunos materiales plásticos, variaciones dimensionales, lo cual debe tenerse en cuenta cuando se hace el proyecto, para garantizar el funcionamiento en el aspecto mecánico bajo diferentes condiciones ambientales.

Las variables, por lo tanto, que mayormente influyen sobre el comportamiento mecánico y sobre la estabilidad dimensional de los materiales plásticos son:

- ✓ Variación de la temperatura de trabajo y la absorción del agua.
- ✓ Tiempo (duración) de la aplicación de una carga estática y el consiguiente fenómeno de deformación plástica.
- ✓ Esfuerzos dinámicos de larga duración (ejemplo: flexión alternada) que provocan roturas por fatiga.
- ✓ Envejecimiento (degradación) causados por la intemperie (agentes atmosféricos o químicos).
- ✓ Defectos a la estructura de la pieza moldeada (tensiones internas. Etc. debido regulaciones hechas sin cuidado en el ciclo de moldeo.

Estas primeras consideraciones sobre las propiedades de los materiales plásticos, podrían parecer negativas respecto a la posibilidad de utilizar estos materiales plásticos, podrían parecer negativas respecto a la posibilidad de utilizar estos materiales para la producción de estos elementos mecánicos o en general de piezas moldeadas que requieren estabilidad dimensional y tolerancias de ejecución muy cerradas. Por el contrario, se ponen en evidencia los límites de empleo de los materiales plásticos que deben por lo tanto ser considerado por el proyectista como “nuevos materiales”, de los cuales es necesario conocer sus propiedades y comportamiento bajo las más variadas condiciones de utilización.

Los diagramas que siguen presentan, en forma comparativa, las características físico-mecánicas de los “plásticos de ingeniería” más conocidos. Obviamente no es posible en pocos diagramas dar una visión completa de las características de los demás materiales plásticos utilizados con o sin carga de refuerzo, rellenos, aditivos, etc.

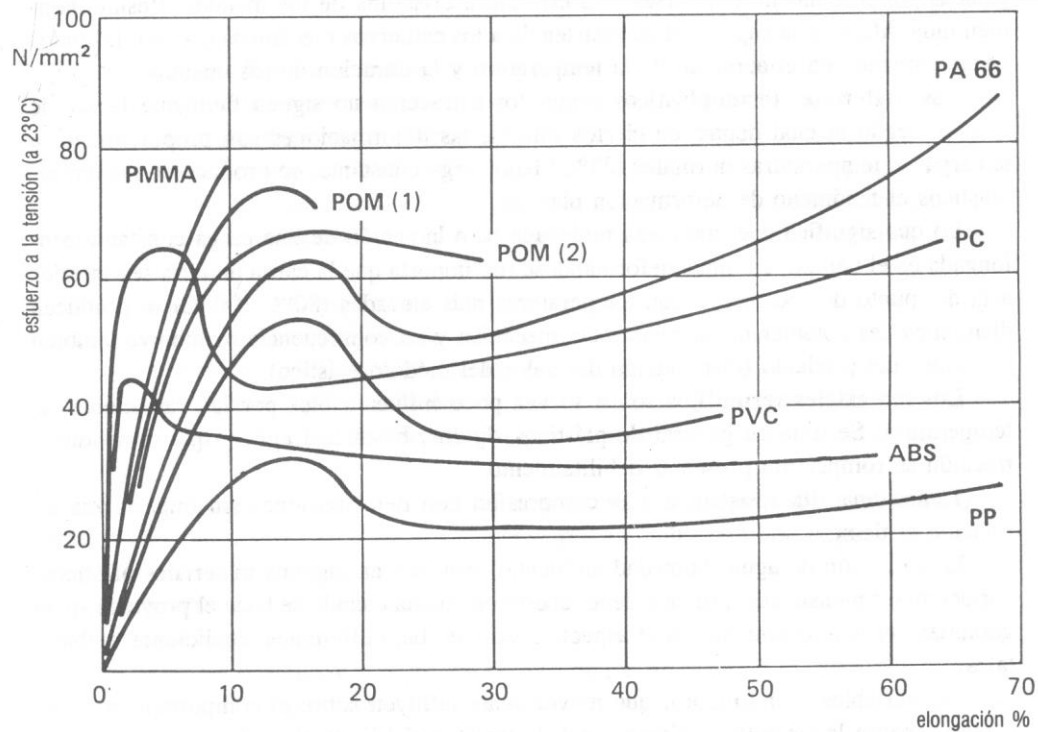


Fig. 1.26 Curvas esfuerzo vs. Elongación correspondiente a diversos polímeros termoplásticos (sin refuerzos fibrosos) (esfuerzo a la tensión a 23°C -50% humedad relativa).

Su propósito es mas bien ayudar en forma rápida a una selección preliminar del material (o grupo de materiales) adecuada para una aplicación determinada.

El primer diagrama (verse Fig.1.26) muestra las curvas esfuerzo-deformación de algunas resinas termoplásticos sin carga de esfuerzo. Las pruebas de tracción fueron hechas a temperatura ambiente (23°C) y se observa la diferencia de los plásticos examinados.

El segundo diagrama (verse Fig. 1.27) se ve claramente el comportamiento de los valores de resistencia a la tensión en función a la temperatura. La progresiva disminución de la resistencia a la tensión, a medida que la temperatura aumenta nos indica que todos los polímeros termoplásticos son sensibles (posiblemente en diversas proporción) a la variación de la temperatura.

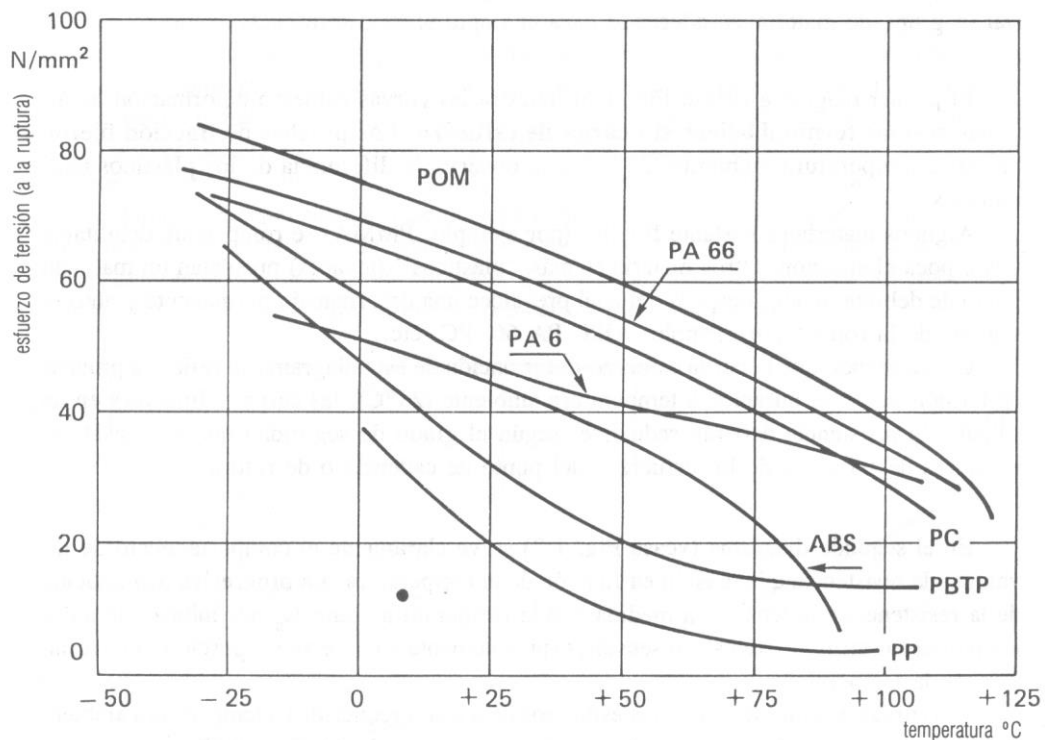


Fig. 1.27 Curvas de resistencia a la tensión vs. Temperatura de algunos polímeros termoplásticos (sin refuerzos fibrosos)

Las curvas nos muestran que los esfuerzos de tensión requeridos a temperatura ambiente disminuyen en un 50% en el intervalo de temperatura de 80°C a 100°C.

El tercer diagrama (verse Fig.1.28) es probablemente el mas significativo para conocer el comportamiento mecanico de los termoplásticos con el aumento de las temperaturas. La curva del diagrama expresa en forma grafica la variación del modulo elástico en fusión dela temperatura.

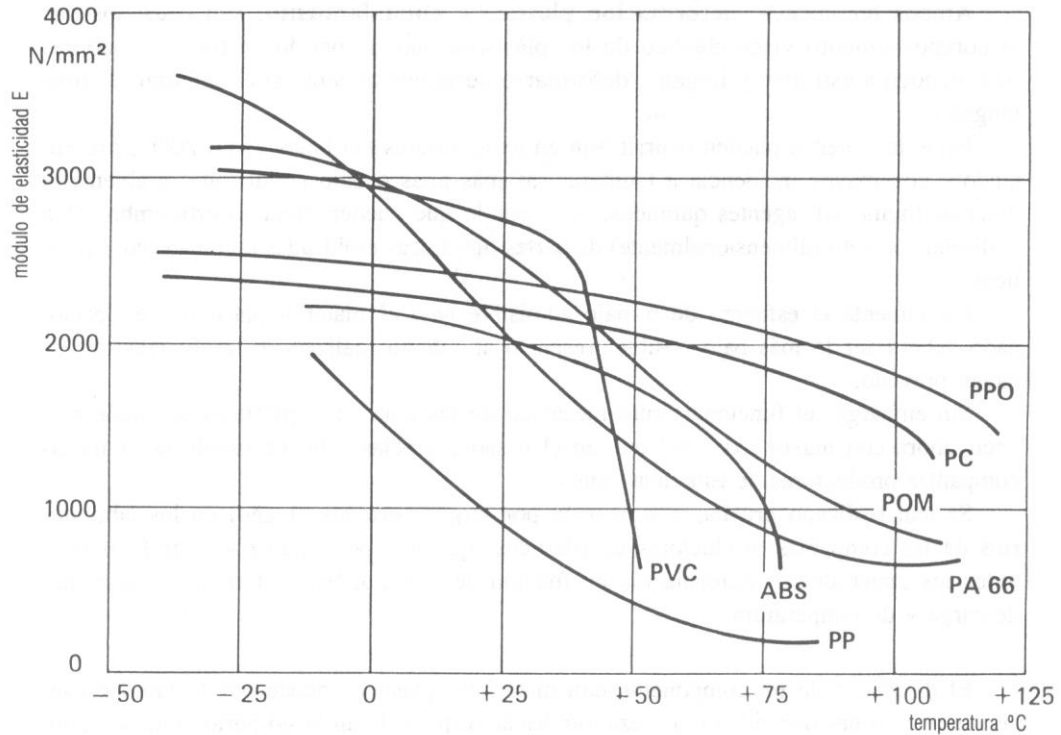


Fig.1.28 Módulo de elasticidad E en función de la temperatura correspondiente a diversos polímeros termoplásticos (sin refuerzos fibrosos).

El modulo de elasticidad E (expresado en N/mm²) esta definido como la relación entre el esfuerzo unitario a la tensión y la correspondiente deformación unitaria, dentro de los limites de proporcionalidad.

En el caso de los materiales plásticos (en particular los termoplásticos) la determinación del modulo elástico y es bastante mas compleja por que esta influenciada como ya hemos visto , por diversas variables:

- ✓ Temperatura de trabajo
- ✓ Tiempo o duración de la aplicación de la carga
- ✓ Absorción de humedad
- ✓ Envejecimiento(degradación)

Siguiendo la curva del diagrama (véase Fig. 1.28) que dan los valores indicativos del modulo elástico a tensión, en fusión de una sola de las muchas variables en juego (la temperatura) vemos que algunos materiales (PA66, PC, POM, PPO) conservan buenas características de rigidez dentro de un amplio intervalo de temperatura.

Otros materiales, que resultan rígidos a bajas temperaturas (PVC, ABS, etc.), Pierden estas características a temperaturas mas altas, donde aparece la deformación plásticas.

Es necesario mencionar brevemente los fenómenos típicos de los materiales termoplásticos:

- ✓ Deformación plástica, que se puede definir como el aumento de la deformación en función de tiempo de la aplicación de la carga.
- ✓ Ablandamiento, que es la disminución de la resistencia mecánica en función del tiempo de aplicación de la carga.

Se trata de dos fenómenos que, para cada material no puede ser fácil representar con ecuaciones o diagramas, debido a que dependen también de otras variables (temperatura de trabajo, presencia de refuerzos fibrosos, etc.)

Ambos fenómenos de formación plásticas y ablandamiento, son causados por el comportamiento visco-elástico de los plásticos que, sometidos a fuerzas moderadas tienden a deformarse y llegan deformarse permanentemente si el esfuerzo es prolongado.

Estos fenómenos pueden ocurrir aun en temperaturas tan bajas como 20°C, presentándose con mayor incidencia a temperaturas mas altas o bajo condiciones ambientales diversas (Humedad, agentes químicos, etc.) por lo que pueden crear incertidumbre para el diseño correcto (dimensionalmente) de partes mecánicas moldeadas con materiales plásticos.

Ciertamente el esfuerzo de trabajo admisible para el material plástico se puede predecir ahora con mayor exactitud que en el pasado, gracias a la incansable labor de las compañías productoras de esos materiales. Se han realizado pruebas a la

tensión por largos periodos (1 año) en laboratorios de las compañías productores de plástico, que han permitido hacer grafica para todos los materiales de deformación en función del tiempo, bajo diferentes condiciones de carga y temperatura.

El diseñador de un componente con materiales plástico puede por lo tanto prever las deformaciones que sufrirá la pieza moldeada después de un largo periodo de servicio, y hacer una selección correcta del material a usar. Otro diagrama muy útil para diseñar elementos mecánicos tales como levas, soportes, engranajes, etc.; Moldeados en resinas acetalias puede verse en la Fig. 1.29.

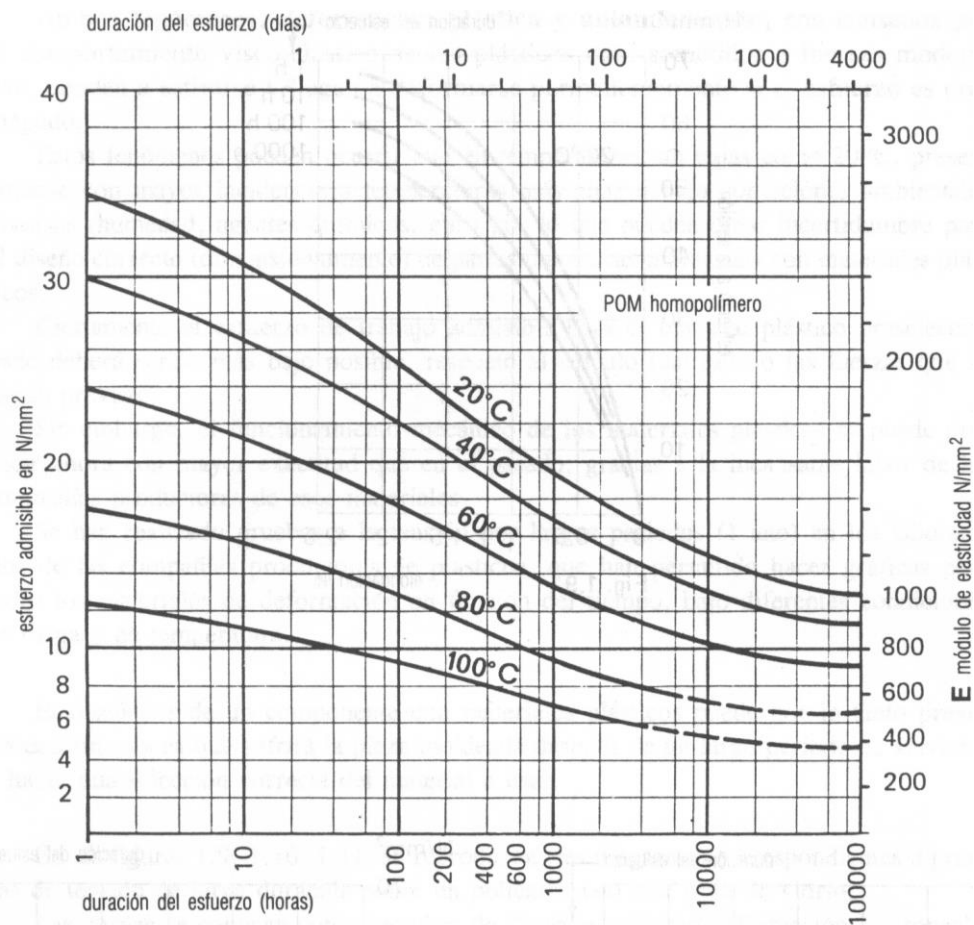


Fig. 1.29 Curvas típicas esfuerzo vs. Tiempo para resina acetalica DELRIN-DU PONT, previstos para una deformación –límite de 1.25% y determinadas a diversas temperaturas de prueba (humedad relativa del 50%).

El uso del diagrama esta basado bajo esta presuposición: en diversas condiciones de temperatura y duración a la aplicación del esfuerzo, la aplicación de la carga

(indicada en el eje vertical de la izquierda en N/mm²) produce una deformación de 1.25%.

Todas las curvas de la graficas trazadas a diferentes temperaturas (20°, 40°,60, 80° y a 100°C) representan por lo tanto, siguiéndolas de derecha a izquierda, una disminución evidente de la resistencia mecánica del producto moldeado con resina acetálica, a medida que aumentan las temperaturas de trabajo y el tiempo (o duración) de la aplicación de los esfuerzos que va de 1 hora a 100 000 horas, en tanto que sobre el eje vertical de la derecha están representados los valores del modulo elástico E (a tensión) expresado en N/mm².

Resulta evidente la necesidad de sobre-dimensionar las piezas moldeadas que deben al mismo tiempo resistir la aplicación de cargas mecánicas y térmica de larga duración. De hecho en la aplicación practica, muchas piezas moldeadas deben resistir sin excesiva deformación por largo tiempo, a temperaturas superiores a las consideradas normales (20°C-25°C). Por estas razones los esfuerzos de trabajo admisibles en un producto moldeado, ya sean calculados u obtenido por graficas o tablas, deberán reducirse por motivos de seguridad. En realidad se requiere tener en cuenta los errores de calculo, eventuales sobre carga o defectos en el material plástico causados por un proceso de transformación no bien regulados o la acción de condiciones ambientales diferentes de las previstas (Humedad, temperatura, agentes químicos, etc.).

Es oportuno recordar los fundamentos de la ciencia de la construcción que exige mantener un amplio “factor de seguridad “, cuando se tiene información incierta sobre los materiales a utilizar o se desconozcan las fuerzas a que van a estar sometidas las piezas.

También puede ser útil considerar los efectos que pueda dar la adición de cargas o de refuerzos fibrosos sobre las características de los materiales termoplásticos.

CAPITULO II : PROCESO DE DISEÑO PARA MOLDES DE INYECCIÓN.

2.0 PROCESO DE DISEÑO PARA MOLDES DE INYECCIÓN.

En este capítulo, se tratan temas relacionados con el diseño de los productos a ser moldeados, determinación del número de cavidades, diferentes tipos de coladas, sistemas de enfriamiento, sistemas de eyección y sistemas de salidas de gases.

2.1 GENERALIDADES SOBRE LOS MOLDES DE INYECCIÓN.

Si se observa críticamente un gran número de moldes de inyección, resultan determinados grupos y clases que se diferencian entre sí por su construcción completamente diferente. Tal clasificación, si es que quiere ser comprensible, no puede contener todas las posibilidades de combinación entre los diferentes grupos y clases. Es posible que nuevas experiencias y resultados obliguen a una ampliación de la misma.

Esta clasificación ya cumple con su objetivo si trasmite de forma clara y detallada las experiencias adquiridas hasta ahora en la construcción de moldes de inyección. Al tratar un nuevo problema, el proyectista puede ver cómo se ha construido o se ha de construir un molde en casos similares.

Sin embargo, el proyectista siempre tratará de evaluar las experiencias y construir algo mejor, en lugar de copiar la anterior ejecución. Una exigencia elemental de cada molde que ha de utilizarse en una máquina automática es que las piezas se desmoldeen automáticamente sin necesidad de una operación adicional (separación de la colada, operación para determinadas realizaciones, etc.).

La clasificación de moldes de inyección se rige lógicamente por las características principales de construcción y función. Estas son:

- ✓ El tipo de colada y su separación,
- ✓ El tipo de expulsión de las piezas inyectadas,
- ✓ La existencia o no de contrasalidas exteriores en la pieza a inyectar,
- ✓ El tipo de desmoldeo.

La figura 2.1 representa un procedimiento para el desarrollo metódico y planificado de moldes de inyección.

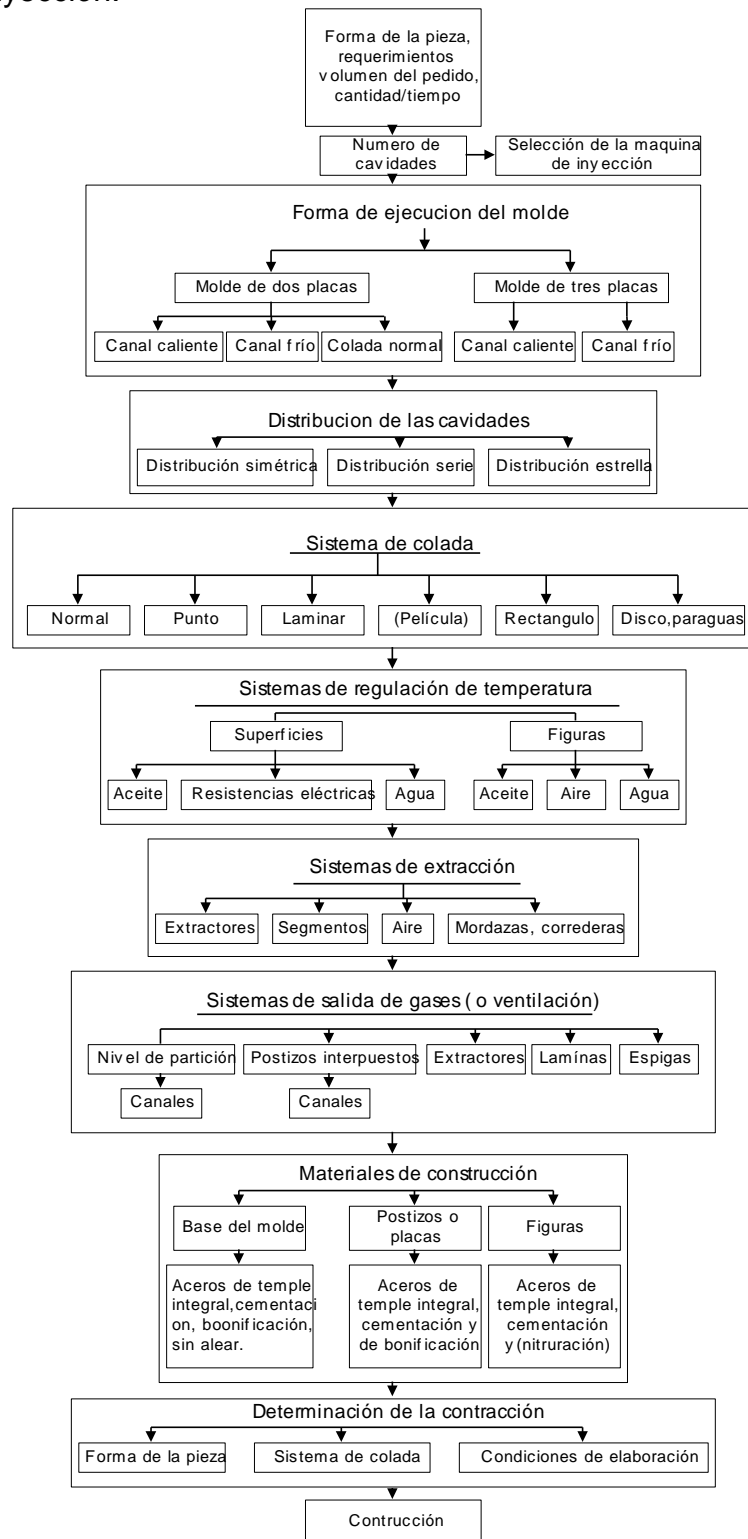


Fig. 2.1 Esquema para la construcción metódica y planificada de moldes de inyección de plástico

Para la construcción y dimensionado de piezas de inyección y sus correspondientes moldes se utilizan cada vez con mayor frecuencia el método de elementos finitos (FEM), así como procedimientos de cálculo como Cadform, Cadmould, Moldflow, etc. Con estos métodos se pueden reducir el tiempo de desarrollo y los costos, así como optimizar la funcionalidad de las piezas.

Sólo cuando se han determinado la pieza a inyectar y todas las exigencias que influyen en el diseño de un molde, se puede ejecutar la construcción definitiva de éste.

2.1.1 CLASIFICACIÓN DE MOLDES DE INYECCIÓN

La norma DIM E 16 750 <<moldes de inyección para materiales plásticos>> contiene una división de los moldes según el siguiente esquema:

- ✓ Molde estándar (molde de dos placas),
- ✓ Molde de mordazas (molde de correderas),
- ✓ Molde de extracción por segmentos,
- ✓ Molde de tres placas,
- ✓ Molde de pisos (molde sándwich),
- ✓ Molde de canal caliente.

Para mayor detalle sobre la clasificación véase Tabla 2.1

TABLA 2.1 Cuadro resumen y clasificación constructiva de los moldes contenidos en este capítulo

Característica constructiva	Paginas
Moldes estándar	110, 116,117
Moldes de mordazas	120
Molde de extracción por segmentos	121
Molde de tres placas	76
Moldes de pisos	127
Molde de canal caliente	77, 79

Si no es posible la disposición de canales de distribución en el plano de partición, o si se han de unir centralmente las piezas de un molde de cavidades múltiples, se requiere un segundo plano de separación para del desmoldeo del distribuidor solidificado (molde de tres placas) o una alimentación del material a través de un sistema de canal caliente. En moldes de pisos se montan prácticamente dos moldes en serie en el sentido de cierre. La condición previa para este tipo de moldes es una elevada cantidad de piezas relativamente fáciles, como por ejemplo piezas de forma plana. Como ventaja esencial se han de mencionar los bajos costos de producción. Los moldes de pisos hoy se equipan sin excepción con sistemas de canal caliente con extremadas exigencias, sobre todo en lo que al equilibrio térmico (homogeneidad térmica) se refiere.

Para la extracción de las piezas se utilizan preferentemente extractores de tipo pasador cilíndrico. Frecuentemente también asumen la función de purgar el aire o gas de la cavidad correspondiente. Desde que la técnica de electroerosión por penetración se aplica para la fabricación de moldes, se han acentuado los problemas de oclusión de gases en las cavidades. Si antes las cavidades se componían de varias partes con la posibilidad de una salida de gases eficaz en las superficies de contacto entre estas partes, hoy es posible en muchos casos fabricar una cavidad a partir de un bloque macizo utilizando la técnica de electroerosión por penetración. Por lo tanto se ha de asegurar que la inyección desplace totalmente los gases. También se han de evitar oquedades a causa de los gases, sobre todo en puntos crítico. Una cavidad mal purgada puede producir una cascarilla de recubrimiento en el molde, o puede producir el efecto Diesel y, en última consecuencia, generar problemas de corrosión.

2.2 DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN

2.2.1 DISEÑO DE LOS PRODUCTOS.

2.2.1.1 GRUESO DE PARED.

Diseñe la pared principal del grueso uniforme con los ahusamientos o el bosquejo adecuados para el lanzamiento fácil del molde. Esto reducirá al mínimo la distorsión de la parte facilitando incluso que se refresca a través del molde.

El grueso uniforme de la pared ayuda al flujo del material en el molde, reduce el riesgo de las marcas del fregadero, reduce las tensiones y la contracción diferenciada. Si las paredes no se pueden hacer uniforme, forme la transición a partir de la una al otro grueso gradualmente. (véase la Fig. 2.2)

Los componentes deben ser diseñados poniendo el material solamente donde está funcionalmente necesario, así reduciendo al mínimo el costo de la masa del componente mientras que optimizan su fuerza, función y calidad. Una forma para evitar la masa innecesaria es agregar un por-agujero u oculto-agujero en el componente. Estas áreas se ponen en ejecución con "corazones" en el molde, (véase la Fig. 2.3) retrata algunos ejemplos de diseños preferidos para reducir al mínimo los costos de los útiles, los corazones deben ser perpendiculares a la línea de despedida.

El grueso de pared no debe variar más de 10 a 25 por ciento. Si mayores variaciones son inevitables, las transiciones deben ser graduales y el polímero debe fluir hacia las secciones finas, así que las áreas gruesas llenan bien y se reduce al mínimo la tensión. (véase la Fig.2.4)

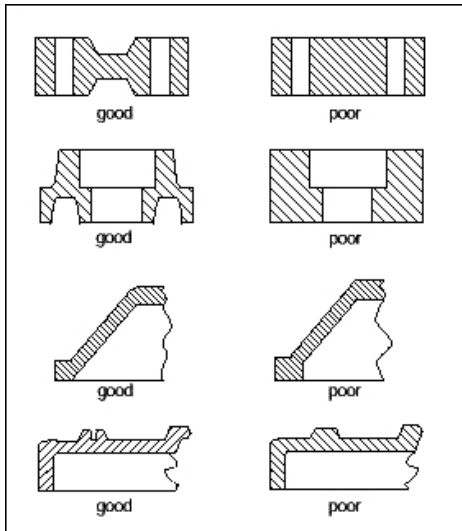


Figura 2.2

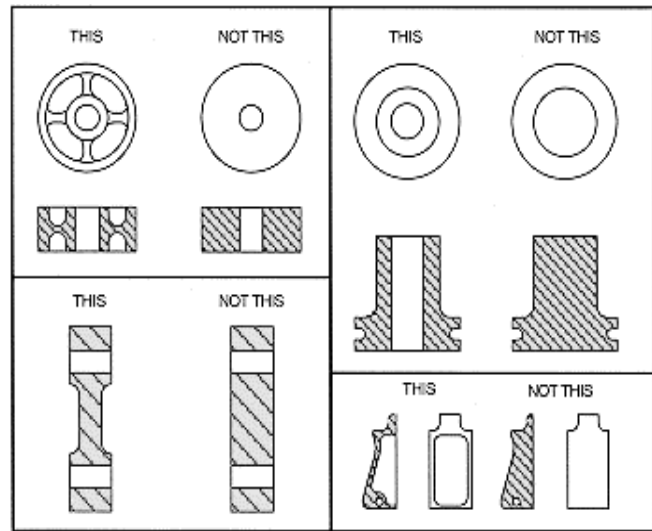


Figura 2.3

Traducción:

Good: bueno, Poor: pobre, This: adecuado, Not this : inadecuado

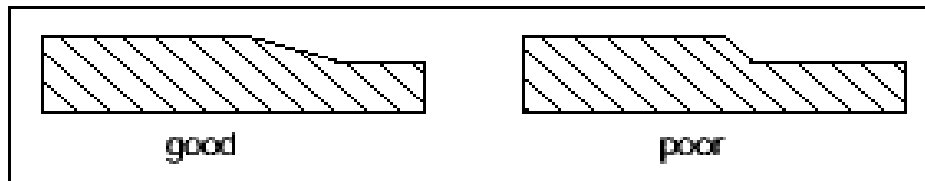


Fig. 2.4 Incremento gradual de sección

Las paredes deben estar tan delgadas como sea posible sin sacrificar integridad mecánica. Dependiendo del plástico usado, el grueso de pared en piezas plásticas moldeadas es generalmente de 0,03 a 0,19 pulg. . Por ejemplo, los gruesos típicos con acetal están entre 0,03 y 0,12 pulg., mientras que con poliéster son 0,025 a 0,125 pulg. (véase la tabla 2.2) si las paredes son demasiado finas, las piezas pueden fallar bajo carga. Si son demasiado gruesas, los productos pueden ser poco atractivo, gordos o costosos.

Tabla 2.2 Gruesos de Pared normales para los materiales comúnmente usados.

Material	Milímetros	Pulgadas
Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)	1.143-3.556	0.045-0.140
Acetal	0.762-3.048	0,030-0,120
De acrílico	0.635-3.81	0.025-0.150
Polímero cristalino líquido	0.20-3.048	0,008-0,120
plásticos reforzados Largo-fibra	1.90-25.4	0.075-1.000
Nilón	0.254-2.921	0,010-0,115
Polycarbonato	1.01-3.81	0.040-0.150
Poliéster	0.635-3.17	0,025-0,125
Poliétileno	0.76-5.08	0.030-0.200
Sulfuro del polyphenylene	0.50-4.57	0,020-0,180
Polypropylene	0.635-4.57	0.025-0.150
Poliestireno	0.88-3.81	0,035-0,150
Poliuretano	2.03-19.05	0.080-0.750
Cloruro de polivinilo	1.01-3.81	0,040-0,150

2.2.1.2 DISEÑO DE LAS COSTILLAS

Las costillas son las características del diseño eficaces que agregan fuerza y facilitan a menudo el flujo durante el llenado. Sin embargo, el diseño apropiado es importante pues las costillas causan a veces marcas de fregadero o irregularidades estéticas. Las costillas deben ser utilizadas solamente cuando se necesite firmeza y fuerza. En piezas estructurales donde las marcas de fregadero no generen ninguna preocupación, el grueso de la costilla (t) puede estar entre el 75% - el 85% del grueso de pared colindante (t). Para el aspecto de la pieza, donde están las desagradables marcas del fregadero, el grueso de la costilla (t) no debe exceder el 50% del grueso de pared colindante (t) si la superficie exterior es texturizada y el

30% si no es texturizada. Además, las costillas deben incluir el bosquejo apropiado y un radio bajo por lo menos del 0.020"(0,5 milímetros) según lo demostrado (véase la Fig. 2.5)

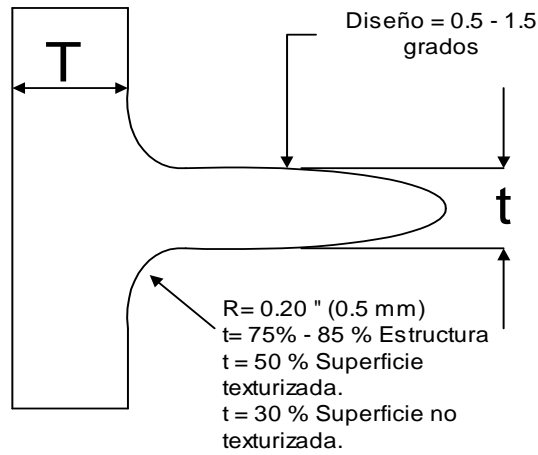


Fig. 2.5 Diseño de las costillas

Ejemplo de cómo se mejora la fuerza de una pieza con el uso de costillas (véase la Fig.2.6)

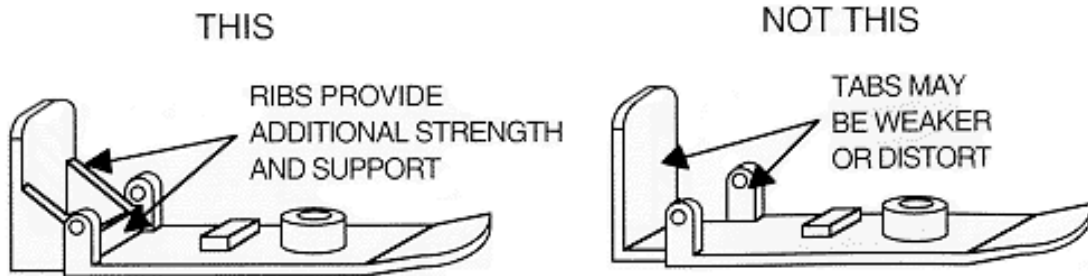


Fig. 2.6 Uso de las costillas

Traducción:

Ribs provide additional strength and support: las costillas proveen de fuerza adicional y soporte.

Tabs may be weaker or distort: Este caso puede ser débil o causar distorsión.

Ejemplos del cómo las costillas deben ser utilizadas (véase la Fig.2.7)

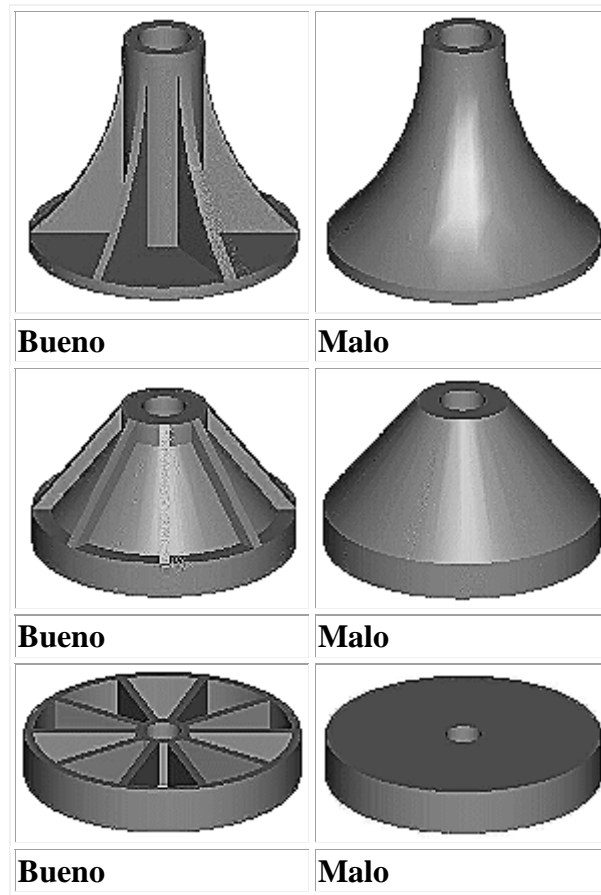


Figura 2.7

2.2.1.3 AGUJEROS.

Los agujeros son factibles en piezas moldeadas por inyección. Sin embargo, son un factor de complicación en la construcción del molde y en calidad de la parte.

El espaciamiento mínimo entre dos agujeros o entre un agujero y un flanco debe ser una figura de diámetro (véase Fig. 2.8)

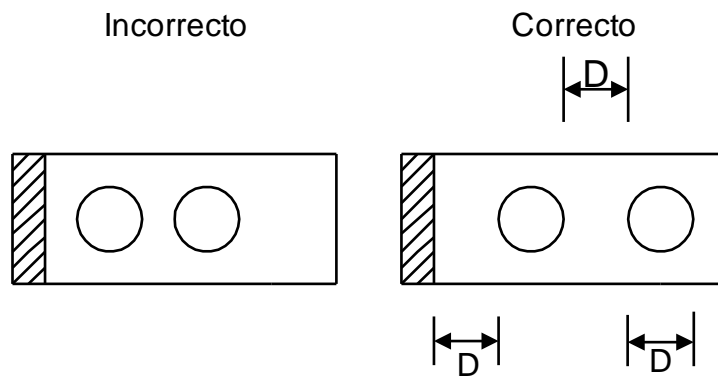


Figura 2.8

Los agujeros se deben localizar tres o más veces el diámetro del borde de la pieza para evitar la tensión excesiva. (véase la Fig.2.9)

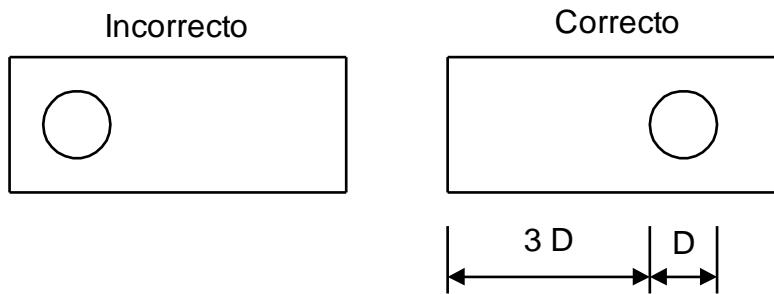


Fig. 2.9 Ubicación de los agujeros

Los agujeros ocultos no deben ser más de dos diámetros de profundidad.(véase la Fig. 2.10)

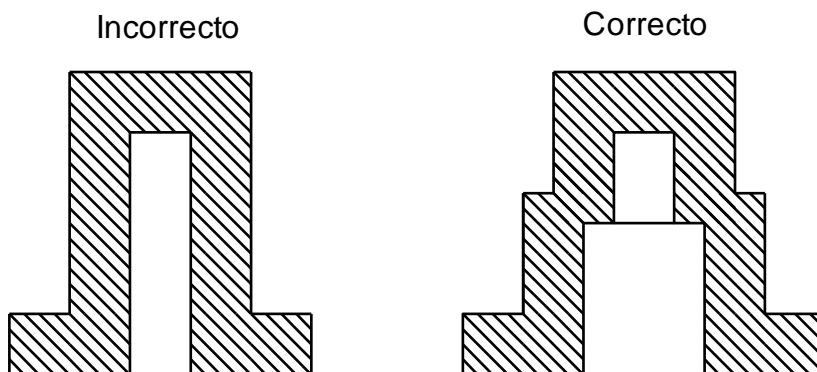


Fig. 2.10 Profundidad de los agujeros ocultos

2.2.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CAVIDADES

2.2.2.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MÁS ECONÓMICO DE CAVIDADES

(Método Aplicable Solo Sino Se Cuenta Con Una Máquina de Inyección Previamente Establecida.)

Para determinar el número más económico de cavidades se debe tener en cuenta muchos factores por ejemplo podemos mencionar los costos de la máquina, los cuales incluyen:

- ✓ La amortización de los costos de la máquina (los cuales son función del precio de compra)
- ✓ Los costos de energía.
- ✓ Los costos de servicio y mantenimiento
- ✓ Costos generales (iluminación, manejo de materiales, administración, etc).
- ✓ Salarios.

Es conocido que máquinas con idénticos rangos pero producidas por diferentes compañías exhiben considerables diferencias en el precio de compra, la cual influencia considerablemente, a través de los costos de amortización. El precio de compra de una máquina nueva y moderna es mucho más alto que el de una máquina comprada hace 10 años. Pero que tienen un volumen de inyectada idéntico. También hay diferencia en mantenimiento y servicio, costos de energía y salario.

Hoy en día existe una tendencia muy definida, para producir piezas pequeñas altamente técnicas en moldes de cavidades múltiples.

En vista de este factor, debería ser aclarado antes de completar el diseño del molde, si un molde de cavidades múltiples puede ser considerado para producir las piezas en discusión.

El número de cavidades últimamente es determinado por:

- ✓ Las capacidades técnicas y facilidades disponibles.
- ✓ Los requerimientos de calidad
- ✓ Las fechas de entrega.
- ✓ Consideraciones económicas.

De manera que para tomar una decisión sobre el número más económico de cavidades este deberá determinarse primero. y después este número de cavidades deberá ser evaluado en conjunto con los requerimientos mencionados anteriormente.

Para establecer el más económico número de cavidades, hay un procedimiento que a sido desarrollado:

- ✓ Tomar en cuenta las capacidades individuales de la planta.
- ✓ Que sea independiente de aspectos relacionados con el tiempo.
- ✓ Que no requiera de una gran cantidad de cálculo.
- ✓ Que la información usada y los valores numéricos tomados como base estén de acuerdo con los principios económicos.
- ✓ Eliminar los temores del diseño, de haber concebido un molde no económico.

Un prerequisite para determinar el número más económico de cavidades, es sin embargo; conocer de las posibilidades de mercado para pieza que sea planeado, por ejemplo, la cantidad total necesaria debe especificarse exactamente para evitar la producción de piezas extras. La cantidad total necesitada es el número de piezas en el cual entra en calculo en base a un periodo de entrega.

Este periodo de tiempo no debe ser demasiado largo, de otra manera se dificulta determinar la orientación del mercado y los aspectos financieros no pueden ser incorporados en un periodo largo.

Por definición, la producción más económica es alcanzada cuando los costos de una pieza moldeada en partículas son los más bajos posibles.

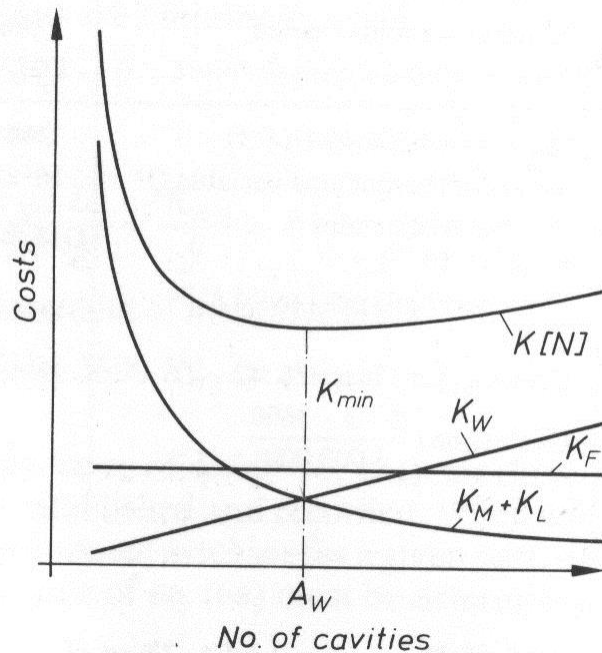


Fig. 2.11 Dependencia teórica de los costos de la maquina (K_m), salarios(k_i), costos del molde (K_w), costo de materiales (K_i) y costos de manufactura (K) (esta grafica esta en funcion del numero de cavidades)

De la Fig 2.11 se conoce que:

- ✓ Los costos de máquina y salario decrecen con un incremento del número de cavidades.
- ✓ Los costos del molde se incrementan con un incremento del número de cavidades.
- ✓ Los costos de materiales de producción, no son afectados por el número de cavidades.

La suma de estos costos, nos llevan a los costos de manufactura, cuando se planteen como una función del número de cavidades, pasan a través de un mínimo el cual resulta ser el número más económico de cavidades A_w (véase Fig.2.11)

A continuación se ilustran tres ejemplos (véase Fig. 2.12), sobre la aplicación de este método.

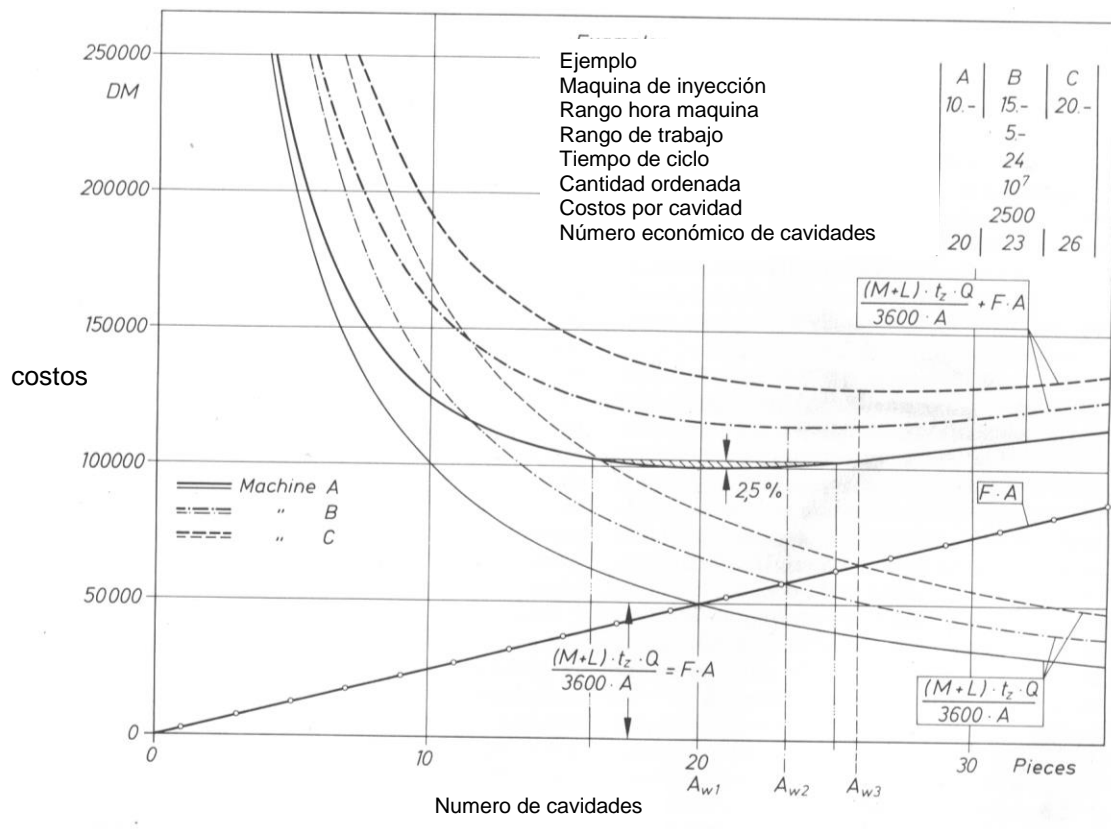


Fig. 2.12 Dependencia de los costos de máquina, salarios, molde y manufactura representados como función del número de cavidades.

Los costos de manufactura $K(N)$ son representados como una función del número de cavidades para estos tres ejemplos.

Puede verse de la gráfica de los costos como una función del número de cavidades es consistente con la mostrada en (véase Fig.2.11)

Como se menciona en un principio el número de cavidades, no puede ser establecido solamente en base, de consideraciones económicas.

Las siguientes preguntas deben ser respondidas después de calcular el más económico número de cavidades.

- ¿Pueden los requerimientos de calidad (dimensiones y tolerancias) ser obtenidos con moldes de cavidades múltiples?
- ¿Es técnicamente factible hacer un molde funcional con el número calculado más económico de cavidades?
- ¿Es una máquina de inyección adecuada para el molde con el número más económico de cavidades?
- ¿Hay una distribución simétrica de las cavidades sobre el área de trabajo posible para el más económico número de cavidades?
- ¿Las fechas de entrega de los productos, permiten la construcción de un molde con un gran número de cavidades?
- ¿El rendimiento de salida del molde, con el número más económico de cavidades permite cumplir con las fechas de entrega?

La construcción de un molde con el número más económico de cavidades es justificable solamente si estas seis preguntas pueden responderse afirmativamente, si solamente una pregunta puede responderse afirmativamente, el factor relacionado con esta pregunta debe ser usado como base para determinar el número de cavidades.

2.2.2.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CAVIDADES TOMANDO COMO BASE LA FUERZA DE CIERRE DE LA MÁQUINA.

Para determinar el número de cavidades cuando ya se tiene una maquina de inyección, se sugiere el siguiente procedimiento:

- ✓ Se conoce la fuerza de cierre de la maquina y el área proyectada por el producto.
- ✓ Se calcula la presión específica en el molde, en base a la longitud de recorrido del flujo y el espesor de la pared de la pieza. (véase grafica 2.1)
- ✓ Con la fuerza de cierre y la presión específica en el molde se determina la superficie de moldeo proyectada de la máquina (véase grafica 2.2)

- ✓ Con el valor encontrado de superficie de moldeo proyectada (dicho valor es máximo) y el área proyectada del producto se encuentra el número de cavidades para dicha maquina, con la siguiente ecuación.

$$N = \frac{S_{Maquina}}{S_{producto}}$$

Donde N: número de cavidades; $S_{maquina}$: es la superficie de moldeo proyectada por la máquina y $S_{producto}$: es la superficie proyectada por el producto

- ✓ Ahora nos aseguramos que la maquina tenga la capacidad de llenar este número de cavidades (Volumen de inyección de la maquina)
- ✓ Con este número de cavidades falta verificar si las dimensiones del molde son apropiadas para la maquina.
- ✓ Como punto, se debe realizar un análisis financiero sobre si es factible construir y operar un molde con este número de cavidades.

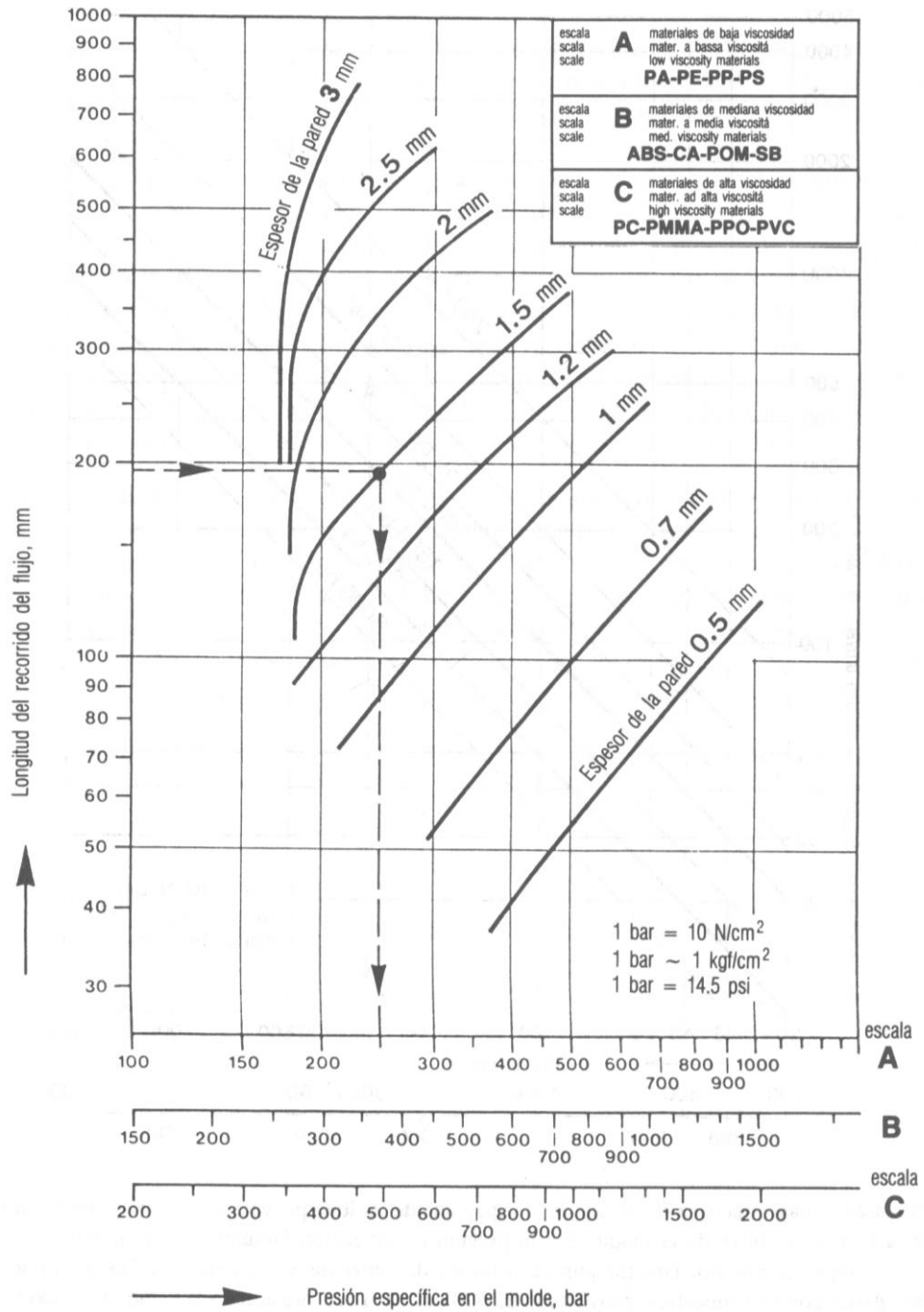
2.2.2.2.1 DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN ESPECÍFICA EN LA CAVIDAD Y SUPERFICIE MOLDEADA PROYECTADA.

Algunos ejemplos de evaluación (o estimados) de la presión específica en las cavidades del molde podrán aclarar el uso del gráfico 2.1; éste es el resultado de un trabajo experimental realizado por un largo periodo.

La Grafica 2.1 diagrama para el cálculo aproximado de la PRESIÓN ESPECÍFICA EN LA CAVIDAD DEL MOLDE en función del espesor de la pieza, de la longitud de la trayectoria del flujo y de viscosidad del material en estado fundido. Ejemplo de cálculo: para moldear una pieza de policarbonato (símbolo PC-escala C) con un espesor de pared de 1.5 mm y una longitud de recorrido del flujo de 200 mm: la presión específica en la cavidad del molde puede alcanzar aproximadamente 500 bar (=5kN/cm²)

Para moldear piezas de la misma dimensión, con material menos viscoso, obviamente se requerirá una presión específica más baja (véanse las escalas A y B en esta grafica)

Grafica 2.1



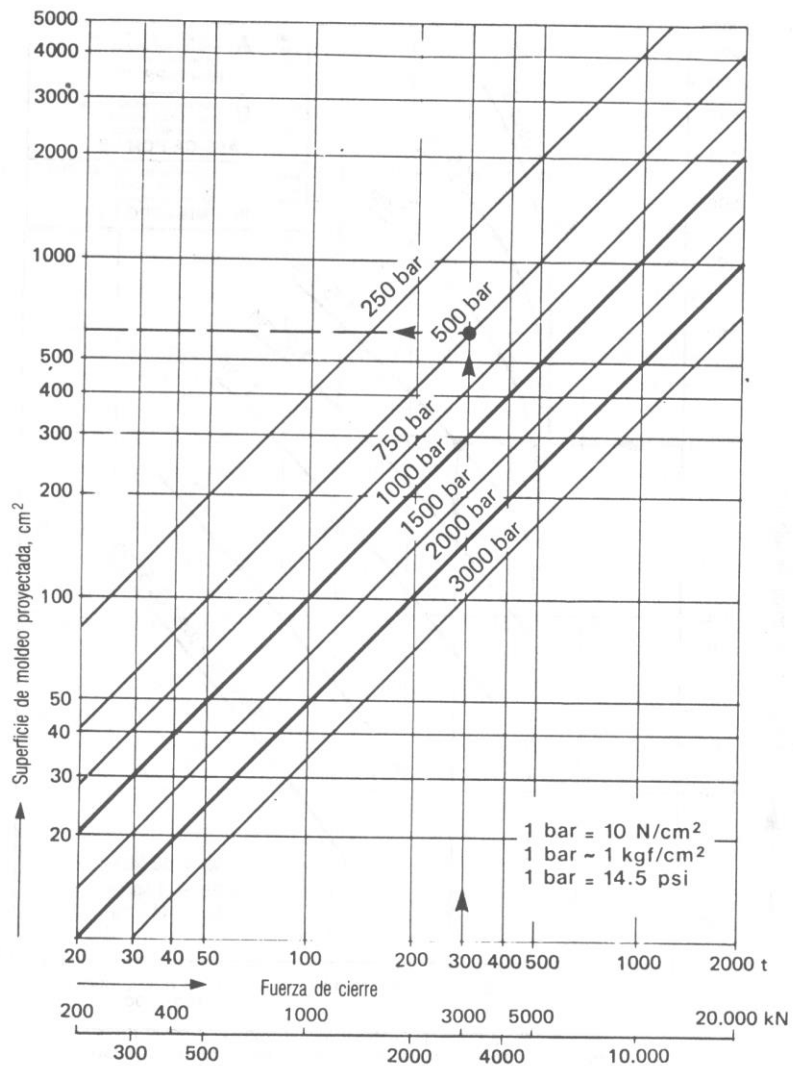
En esta gráfica, la presión específica en las cavidades está determinada considerando tres variables:

- ✓ El espesor de la pieza.
- ✓ El recorrido del material fundido a las cavidades del molde.
- ✓ La viscosidad de los materiales fundidos (con referencia a las escalas A-B-C, las cuales son válidas para materiales de baja, media y alta viscosidad).

Puede objetarse el desconocimiento del grado de viscosidad del polímero que se use, lo cual puede ser causa de error en las estimaciones que deban hacerse, al considerar una mayor o menor presión interna dentro del molde, generada por la alta presión de inyección. Sin embargo, una estimación inicial aun cuando sea solamente aproximada de la presión específica en la cavidad del molde (valores en bar o daN/cm^2), hace posible calcular la fuerza hidrostática que tiende a abrir el molde y así conocer la fuerza de cierre requerida.

La fuerza de cierre de una maquina de moldeo por inyección como lo indica el fabricante es el valor que nos permite evaluar la máxima superficie de moldeo proyectada(área frontal) para una máquina determinada, como una función de la presión de inyección.

Todas las maquinas de inyección se caracterizan por la fuerza de cierre que puede desarrollar (expresada en kN o Toneladas), independientemente del tipo o sistema de cierre que tenga la máquina (cierre por rodillera, cierre por pistón, cierre hidromecánico). De hecho, para mantener firmemente sujeto el molde, que puede considerarse como un recipiente totalmente cerrado sujeto a muy alta presión interna, la máquina debe ser capaz de contrarrestar el empuje hidrostático con una fuerza de cierre que sea igual o mayor al empuje interior.



Grafica 2.2

Grafica 2.2 Diagrama para el cálculo de la superficie de moldeo proyectada (o área frontal) en función de la fuerza de cierre de la máquina y la presión de inyección (actuando en el molde).

Ejemplo de cálculo: Una maquina con fuerza de cierre de 300 toneladas (3000 kN) puede moldear partes con una superficie proyectada de 600 cm² con una presión en la cavidad de 500 bar. Con una presión de 1000 bar, la superficie de moldeo se reduce a 300 cm².

La gráfica 2.2 se utiliza sólo para encontrar fácilmente la superficie proyectada de moldeo cuando se conocen: la fuerza de cierre de la máquina y la presión de inyección, como puede verse en el ejemplo de cálculo que acompaña el pie de la gráfica.

Ahora bien, si conocemos el área proyectada de moldeo de las piezas que se producirán, así como la presión de inyección requerida, el valor de la fuerza de cierre de la máquina puede leerse directamente en la escala que se encuentra en la parte inferior de la gráfica.

En el siguiente ejemplo relacionado con el moldeo de una pieza sencilla se verá que fácil es calcular el empuje hidrostático ejercido dentro del molde cuando la presión promedio en las cavidades se puede estimar.

De acuerdo con los principios de la estática de fluidos sobre la superficie de cada elemento del molde (en 1 cm^2) que está en contacto con el polímero fundido, se ejerce un empuje perpendicular sobre su propia superficie que es igual al producto de la presión del fluido por el área ese elemento, expresada por ejemplo en kN/cm^2 . Es obvio que el empuje hidrostático total que tiende a abrir el molde, es el resultado de los empujes sobre los componentes que están perpendiculares a la línea de partición del molde (o superficie de partición)

EJEMPLO DE CALCULO

El ejemplo corresponde a un recipiente para filtro de agua que será moldeado en policarbonato (véase Fig. 2.13). El espesor del recipiente es de 1.5 mm y el recorrido del flujo, desde la entrada de inyección hasta la brida, es de aproximadamente de 200 mm.

Al entrar en el diagrama (véase gráfico. 2.1), desde la izquierda sobre la línea horizontal que corresponde al recorrido del flujo de 200 mm, hasta hacer la intersección con la curva del espesor de la pared de 1.5 mm, bajamos en línea

vertical desde este punto hasta llegar a la línea de la escala C (válida para materiales de alta viscosidad) donde se puede leer el valor de la presión específica en la cavidad, equivalente a 500 bar (= 5 kN/cm²).

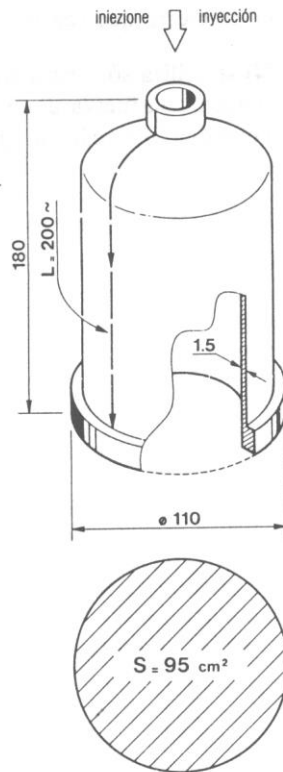


Fig.2.13 recipiente para filtro de agua – material : policarbonato (PC) – peso 120 g.

Suponiendo que la presión específica en la cavidad del molde alcance un valor de 5 kN/cm² en el momento en que el material fundido es inyectado bajo presión dentro de la cavidad, es posible estimar el empuje hidrostático que tiende a abrir el molde. Para calcular este empuje, deben considerarse sólo las fuerzas (o sus correspondientes componentes) actuando paralelamente a los ejes del molde. En la dirección de apertura.

En cada pieza moldeada hay un área proyectada en la línea de partición del molde que también se conoce como superficie frontal de moldeo y que puede ser calculada.

En el ejemplo la superficie puede obtenerse así:

base del recipiente (Circular)	diámetro 110 mm
superficie proyectada	$S = 9503 \text{ mm}^2 = 95.03 \text{ cm}^2$

de donde

empuje hidrostático	
sobre 1 cavidad	$5 \text{ kN/cm}^2 * 95 = 475 \text{ kN}$
(paralelo a los ejes del molde)	

La fuerza de cierre del molde, como ya sabemos, debe ser mayor que la fuerza hidrostática de empuje (del 10 al 20 % mayor) para cualquier incremento adicional en la presión de llenado del molde; para este caso, consideramos una fuerza de cierre de aproximadamente 500 kN que será suficiente (equivalente más o menos a 50 toneladas) para una cavidad. Obviamente, si se fabrica un molde con dos o cuatro cavidades, se requerirá una máquina con 1000 o 2000 kN de fuerza de cierre respectivamente.

La evaluación de la presión específica en la cavidad de un molde, aunque sea solamente un valor aproximada, hace posible tener una idea de la fuerza de cierre requerida sobre la máquina que se puede utilizar para moldear las partes en cuestión.

Este método experimental de estimación de la presión específica en un molde ha sido confirmado mediante muchas pruebas realizadas con materiales plásticos y moldes de todo tipo, adaptados con dispositivos especiales, para la medición de las presiones de empuje hidrostático originado por el fluido bajo presión que actúa contra las paredes internas del molde.

2.2.3 COLADAS

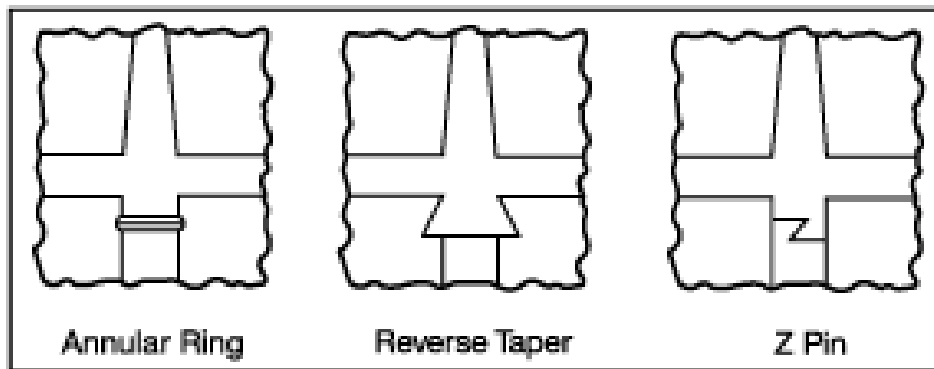
2.2.3.1 COLADA CONVENCIONAL

2.2.3.1.1 DISEÑO DE BUJES SPRUE

Los bujes de Sprue son los encargados de conectar el inyector de la máquina de moldeo por inyección con el sistema de colada del molde. Idealmente, el Sprue debe ser tan corto como sea posible reducir al mínimo uso material y la duración de ciclo.

Para asegurar la separación limpia del Sprue y del buje, el buje debe tener un final interno liso, afilado que se ha pulido en la dirección del drenaje (el drenaje pulido.) También, el uso de un tirador positivo del Sprue se recomienda.

A continuación en la figura 2.14 se presentan los tres tipos de tiradores más comunes.



Traducción:

Annular Ring: anillo; Reverse Taper: trapecio invertido; Z Pin: pin tipo "Z"

Fig. 2.14 Tipos de tiradores más comunes.

2.2.3.1.2 LA COLADA SE MANTIENE PEGADA AL PRODUCTO Y POSTERIORMENTE ES REMOVIDA.

Los siguientes tipos de colada son removidas de los productos después de haber terminado el proceso de inyección, lo cual implica que las coladas se encuentran solidificadas. Este tipo de colada genera material reciclable.

Dicho material reciclable tiende a incrementar los costos de los productos por el proceso de reciclado

2.2.3.1.2.1 CAPILAR.

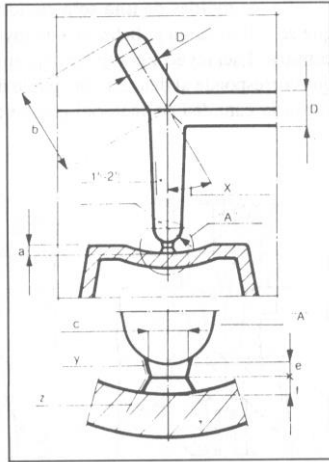


Fig.2.15 La inyección capilar puede ser realizada en combinación con el molde sin colada con un diseño especial de la boquilla. El diámetro de entrada para moldes con tres placas debe ser de 0.8 a 2 mm para materiales no reforzados y de 1 a 2.5 mm para materiales reforzados. Para obtener la separación correcta de las piezas debe usarse un diseño del punto de inyección de doble cono.

2.2.3.1.2.2 DIAFRAGMA.

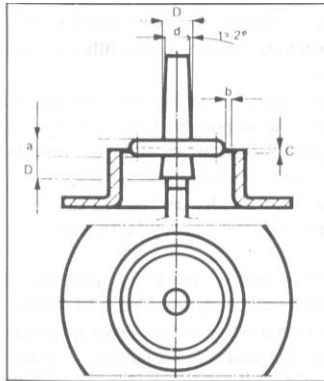


Fig. 2.16 Inyección de diafragma. Adecuado para piezas cilíndricas que requieren buena concentricidad y una buena y resistente línea de unión de flujo (soldadura). Después del moldeo necesita una operación de corte del disco o diafragma. Se aconseja una longitud máxima de corte de 0.5 a 1 mm.

2.2.3.1.2.3 PELÍCULA.

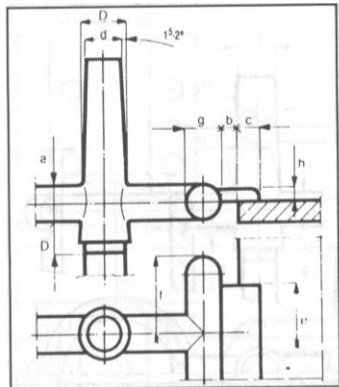


Fig. 2.17 Inyección de película. Adecuada para piezas planas o de superficie amplia, en donde la distorsión (alabeo) deba reducirse al mínimo. Puede considerarse como una variante de la inyección de abanico.

2.2.3.1.2.4 LATERAL.

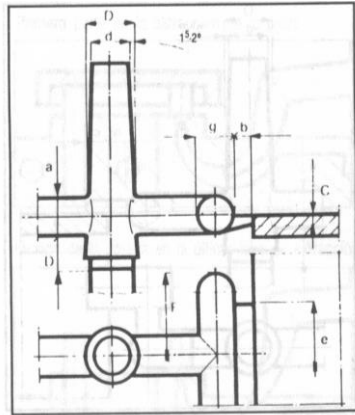


Fig. 2.18 Inyección lateral. Es una variante de la inyección de película o de abanico.

2.2.3.1.2.5 ABANICO.

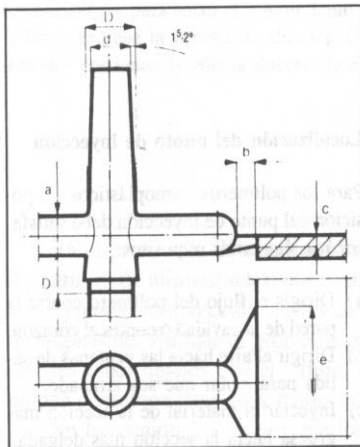


Fig. 2.19 Inyección de abanico. Es un tipo de inyección lateral, usado para piezas planas y delgadas ya que asegura una distribución uniforme del polímero. Contribuye a reducir la distorsión y es adecuado para piezas rectangulares. La sección de entrada debe ser siempre menor a la del canal de alimentación.

2.2.3.1.2.6 RADIAL O DE ESTRELLA.

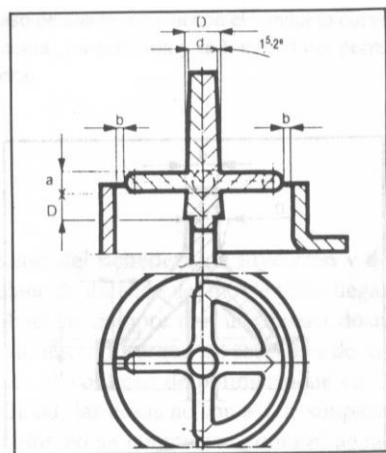


Fig. 2.20 Inyección radial o de estrella. Para artículos tubulares que no requieren tolerancias cerradas. Puede usarse en combinación con la inyección de anillo o cónica. Las piezas pueden presentar errores de concentricidad o línea de unión (donde se cierra la inyección).

2.2.3.1.2.7 LENGÜETA.

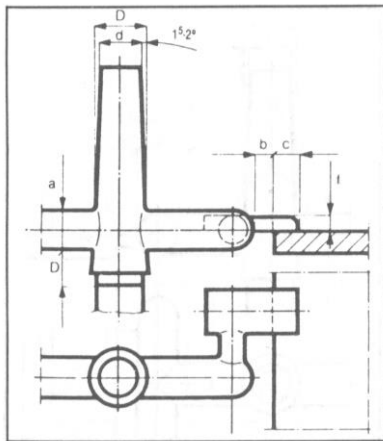


Fig. 2.21 Inyección de lengüeta. Adecuada para lentes ópticos y piezas planas. Atenúa el flujo turbulento del material se distribuya alrededor del corazón, antes de bajar a llenar uniformemente el molde.

2.2.3.1.2.8 ANILLO.

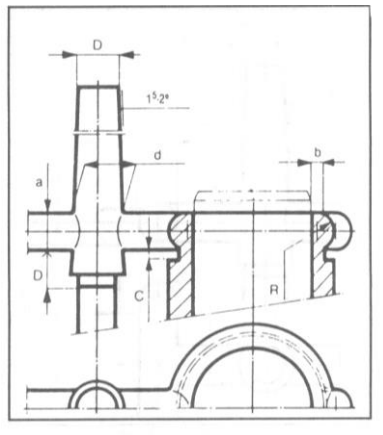


Fig 2.22 Inyección de anillo. Se utiliza para artículos tubulares, permite que el material se distribuya alrededor del corazón, antes de bajar a llenar uniformemente el molde.

2.2.3.1.2.9 CÓNICA

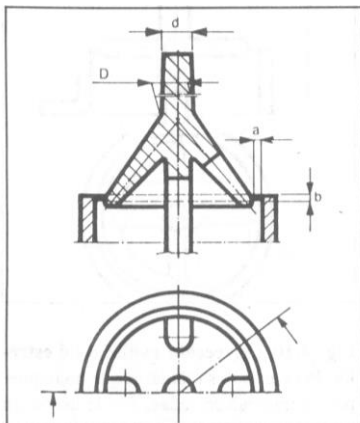


Fig. 2.23 Inyección cónica. Facilita el flujo del material alrededor del corazón o macho central, posicionándolo en la cavidad.

Localización Del Punto De Inyección

Para los polímeros termoplásticos, la posición del punto de inyección debe satisfacer los siguientes requisitos:

- ✓ Dirigir el flujo del polímero contra la pared de la cavidad o contra el corazón.
- ✓ Dirigir el aire hacia las ventanas de salida para evitar que sea atrapado.
- ✓ Inyectar el material de la sección mas gruesa hacia la sección mas delgada.
- ✓ Reducir al mínimo la línea de unión (o soldadura), es decir donde se encuentran los flujos.
- ✓ Evitar las líneas de unión en zonas sujetas a impacto o áreas de esfuerzo.
- ✓ Facilitar la separación de la pieza (expulsión). El sistema mas simple para piezas postpresión larga (generalmente de paredes gruesas) es con inyección directa.

2.2.3.1.2.10 COLADA CON MÚLTIPLES PUNTOS DE INYECCIÓN.(COLADA RAMIFICADAS)

En los moldes de cavidades múltiples, si la colada y la cavidad están en la misma línea de partición, los productos pueden ser llenados desde un punto (véase la Fig. 2.24). Las coladas tienen un corte de sección ancho hasta justamente antes de la cavidad ya que es en este lugar donde se alimenta a un corto y estrecho bebedero (véase Fig. 2.25), el cual se encarga de alimentar a la cavidad.

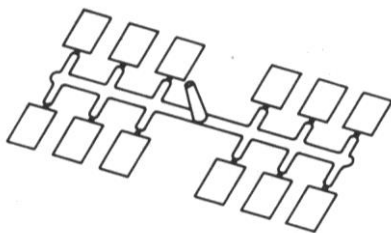


Fig. 2.24 Coladas con múltiples puntos de inyección.

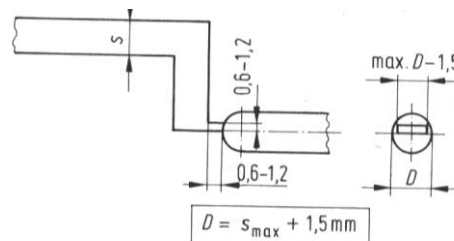


Fig. 2.25 Tamaño de los bebederos.

Cada vez que se ramifica una colada, el diámetro de las coladas de la rama debe ser más pequeño que el diámetro de la colada principal, porque menos material atraviesa las ramas y es económicamente deseable utilizar el material mínimo en las coladas.

Para El Diseño De Las Coladas Ramificadas Se Tiene La Siguiete Ecuación:

$$d_{main} = d_{branch} * N^{1/3}$$

Donde N : número de ramas.
 dmain :diámetro principal de la colada.
 dbranch :diámetro de la colada ramificada.

Diámetro de la Colada.

La selección de un diámetro de colada se debe basar en tamaños estándares del cortador de la herramienta de máquina. El diámetro recomendado mínimo de colada para la mayoría de los materiales es 1,5 milímetros (0,06 pulgadas).

A continuación se muestra algunos tipos de cortes de sección de coladas.(véase Fig.2.26)

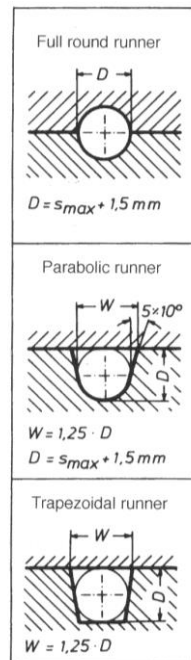


Fig. 2.26 Área transversal de las coladas
 Traducción:
 Full round runner: colada completamente redonda,
 Parabolic runner: colada parabólica, Trapezoidal runner: colada trapezoidal.

Intersecciones de la Colada.

Todas las intersecciones de la colada deben tener un lingote sólido frío, para ayudar al flujo del material a través del sistema del corredor y en la cavidad las demostraciones del diagrama (véase Fig. 2.27) muestran que la longitud del pozo es generalmente igual al diámetro de la colada. El pozo frío del lingote es típicamente una extensión de la colada en una intersección con otro corredor. (véase el cuadro).

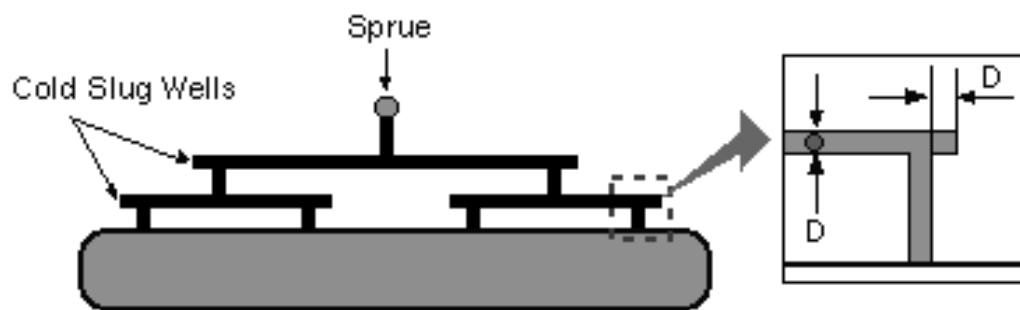


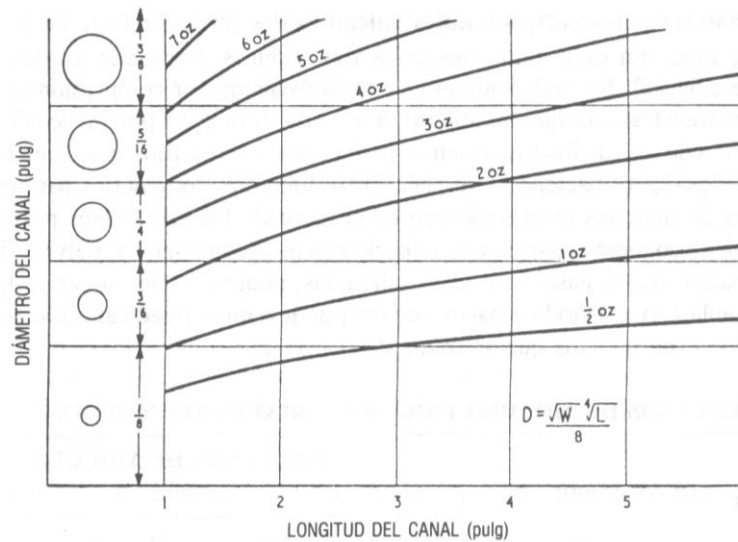
Fig. 2.27 Intersección de las coladas.

Traducción:

Sprue: colada; Cold slug wells: lingote solido frio.

Otro método para dimensionar los canales de colada

Otro método para determinar las dimensiones de los canales de alimentación para la inyección de materiales termoplásticos es el tomado de un libro muy interesante de R.g.W. PYE, que recomienda diámetros más grandes para los canales principales, en función de su longitud y del peso de los productos moldeados (véase la grafica 2.3). se refiere al moldeo de polietileno. *Para materiales más viscosos es necesario aumentar las secciones de los canales aproximadamente un 25%.*



Grafica 2.3 Determinación de las dimensiones de los canales de alimentación para la inyección de materiales termoplástico de alta fluidez (por ejemplo PE) en función del peso de las piezas moldeadas y de la longitud de dichos canales.

En general, la longitud de los canales debe mantenerse dentro de los mínimos valores a fin de reducir las pérdidas de carga (caída de presión). Los canales que alimentan moldes de cavidades múltiples deberán tener longitudes iguales para asegurar el llenado de todas las cavidades en el mismo tiempo y con iguales valores de presión.

2.2.3.1.2.10.1 DISTRIBUCIÓN DE LAS COLADAS

Los moldes para piezas similares (moldes de cavidades múltiples) deben utilizar un sistema equilibrado de la colada en "H", según lo demostrado en la figura (véase Fig. 2.28) al balancear el sistema de la colada se asegura de que todas las cavidades del molde llenan en la misma tarifa y presión.

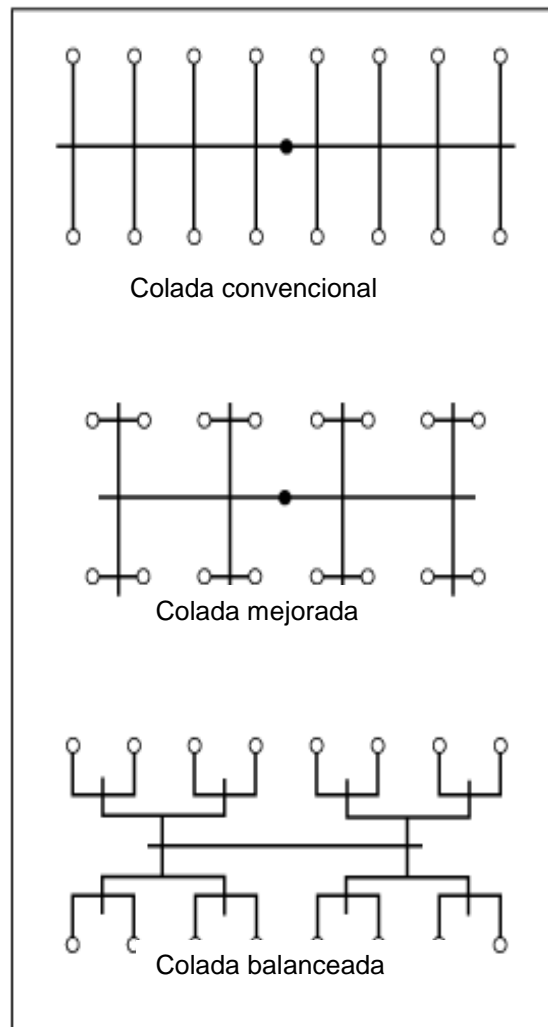


Fig 2.28 Sistema de distribución de coladas.

Durante el diseño de la colada se debe prever la eyección fácil y el retiro fácil de la parte moldeada, de ángulo seccionado transversalmente y del bosquejo apropiado.

Para la mayoría de los materiales, la superficie de la colada se debe pulir para facilitar flujo y la eyección de la parte. Los sistemas extendidos de la colada deben tener tiradores múltiples del sprue y localizaciones de la eyección

2.2.3.2 LOS PRODUCTOS Y LA COLADA SE SEPARAN DURANTE LA EYECCIÓN

2.2.3.2.1 SUBMARINA.

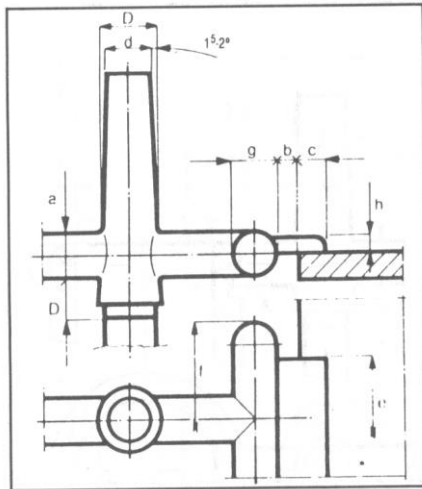


Fig. 2.29 Inyección submarina (o túnel). Permite el corte automático de la colada al momento de expulsar la pieza. El diámetro mínimo de entrada debe ser de 0.8 mm en polímeros no reforzados y de 2 mm para los reforzados.

2.2.3.2.2 SUBMARINA O TÚNEL CURVO.

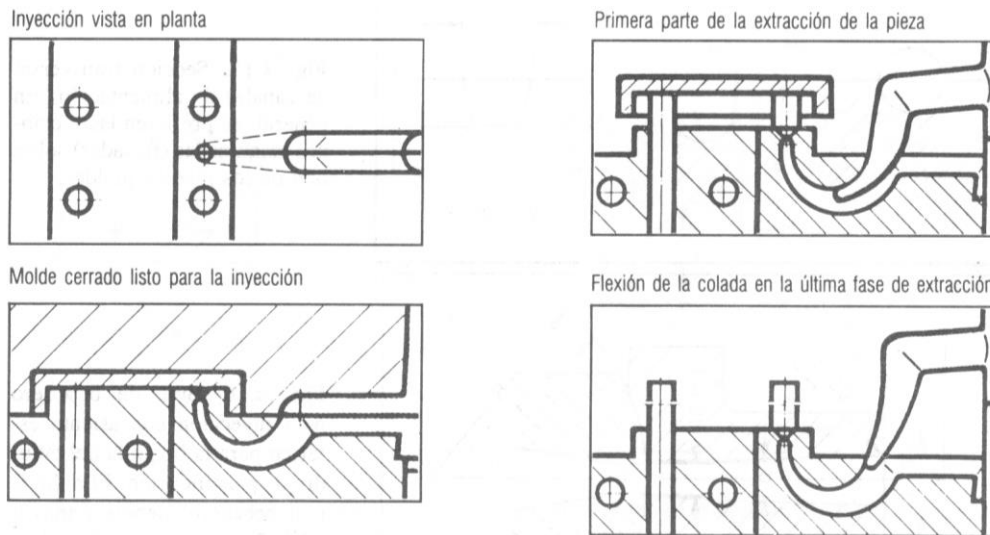


Fig. 2.30 Inyección submarina o de túnel curvo. Adecuada cuando se requiere una buena apariencia en las piezas y no deben quedar huellas de la inyección o en piezas que requieren expulsión automática son colada. Permite efectuar la inyección en partes no visibles o en el lugar más conveniente de la pieza. Para la expulsión del producto, el conducto curvado requiere una buena conicidad y que no se flexione en este punto, para hacer el rompimiento adecuado. En el caso de una inyección con el conducto curvo y largo se tiene la ventaja de eliminar el canal de alimentación. La posición y la longitud del perno botador sostienen la colada durante la expulsión de la pieza.

2.2.3.2.3

AUTOMÁTICA (MOLDE DE TRES PLACAS)

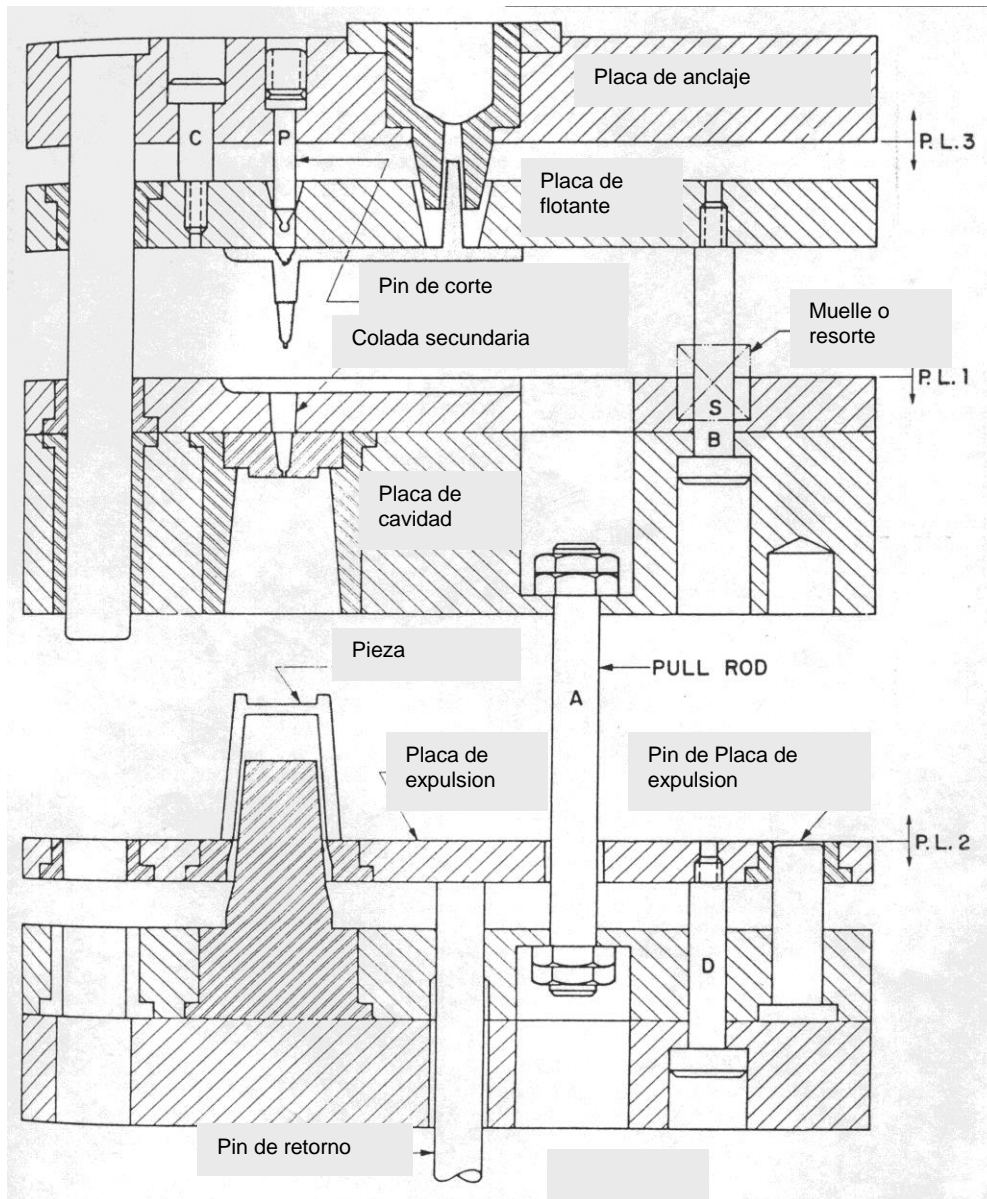


Fig. 2.31 Molde de tres Placas

La figura 2.31 muestra un molde de tres placas, el cual abre primero en la línea “1”, debido a la acción del resorte de compresión (s), la placa flotante permanece junta con la placa fija. Como el molde sigue abriendo la colada permanece unida a la placa flotante con la ayuda del pin de corte (p), la cual implica que la colada debe quebrar en el bebedero de la pieza. El molde continua abriendo y abre la línea de partición “2”, separando y halando las piezas hacia fuera de la cavidad.

A una determinada distancia la barra “A”, se encarga de halar la placa de la cual, la cual por medio de la barra “B” acciona o genera el movimiento de la placa flotante abriendo la línea “3”, dicho movimiento se encarga de separar la colada de los pines “P”, que donde la colada libre y quebrando la colada de la boquilla de inyección, la barra “C” se encarga de limitar el movimiento de la placa flotante. Como el molde continúa en su movimiento de apertura, el pín de retorno es accionado y este a su vez acciona la placa expulsora, eyectando las piezas. La barra “D” se encarga de limitar el movimiento de la placa expulsora.

2.2.3.3 COLADAS DE NO-SOLIDIFICACIÓN.

2.2.3.3.1 COLADA AISLADA.

El sistema de colada aislada (véase la Fig. 2.32) permite que el polímero fundido fluya en el corredor, y después se enfría para formar una capa de aislamiento de plástico sólido a lo largo de las paredes de la colada. La capa de aislamiento reduce el diámetro del corredor y las ayuda manteniendo la temperatura de la porción fundida del derretimiento mientras que aguarda para la siguiente inyectada.

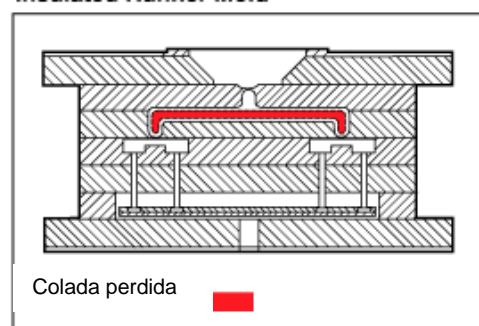


Fig. 2.32 Colada aislada

El sistema aislado de colada debe ser diseñado para que el volumen del corredor no exceda el volumen de la cavidad. Se debe asegurar inyectar todo el polímero fundido del corredor en el molde durante cada uno de los tiros. Esta asunción es necesaria para prevenir exceso de la acumulación de la piel aislador y reducir al mínimo cualquier caída de temperatura del derretimiento.

Las muchas ventajas de los sistemas aislados de colada, comparadas con los sistemas convencionales de colada, incluyen:

- ✓ Menos sensibilidad a los requisitos para los corredores equilibrados.
- ✓ Reducción en esquileo material.
- ✓ Un volumen más constante del polímero por parte.
- ✓ Ciclos más rápidos del moldeado.
- ✓ Eliminación del desecho del corredor -- menos recuperado.
- ✓ Final mejorado de la parte.
- ✓ Desgaste disminuido de la herramienta.

Sin embargo, el sistema de colada aislado también tiene desventajas. El nivel creciente de la tecnología requerido para fabricar y para funcionar el molde da lugar a:

- ✓ Un diseño generalmente más complicado del molde.
- ✓ Generalmente más arriba costes del molde.
- ✓ Degradación termal posible del derretimiento del polímero.
- ✓ Cambios más difíciles del color.
- ✓ Costes de mantenimiento más altos.

2.2.3.3.2 COLADA CALIENTE.

El diseño coladas perdidas más comúnmente usado es de moldes con sistema de colada caliente (véase la Fig. 2.33), Este sistema permite mayor control sobre las temperaturas del derretimiento y otras condiciones de proceso, también como una

mayor libertad en el diseño del molde especialmente para moles con múltiples cavidades

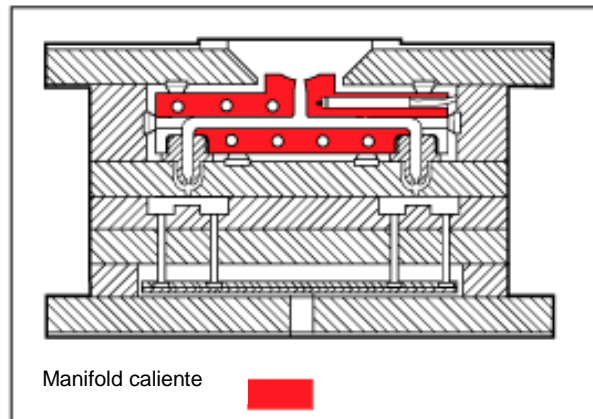


Fig. 2.33 Molde de colada caliente.

Los moldes de colada caliente conservan las ventajas del molde de colada aislada sobre el colada fría convencional, y eliminan algunas de las desventajas.

Las desventajas principales de un molde de colada caliente con un molde de colada fría son:

- ✓ Un diseño, una fabricación, y una operación más complejos del molde.
- ✓ Costes substancialmente más altos.

Estas desventajas provienen la necesidad de instalar un múltiple calentado, balancean el calor proporcionado por el múltiple, y reducen al mínimo retrasos del polímero.

El múltiple calentado actúa como extensión del inyector de la máquina manteniendo un polímero totalmente fundido del inyector a la entrada del molde. Para lograr esto, el múltiple se equipa de los elementos y de los controles de calefacción para guardar el derretimiento en la temperatura deseada. La instalación y controlar de los elementos de calefacción es difíciles. Es también difícil aislar el resto del molde del

calor del múltiple así que el sistema de enfriamiento cíclico requerido de la cavidad no se afecta.

Hay actualmente muchos surtidores y muchos tipos disponibles de sistemas de colada perdida. En la mayoría de los casos, la selección de tal sistema se basa sobre todo en límites del coste y de cálculo tenga cuidado en la evaluación y seleccionar de un sistema para un uso particular.

2.2.4 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

En el moldeo de termoplásticos, como bien se sabe, el molde siempre está a una temperatura menor que la del polímero fundido que se inyecta en la cavidad.

La expresión “enfriamiento del molde” significa: necesidad de circular un líquido alrededor de las cavidades de un molde a fin de asegurar la disipación del calor acumulado por la masa fundida inyectada en el molde en cada ciclo de trabajo.

Sería más correcto utilizar la palabra “termorregulación” o control de temperatura de acuerdo a las necesidades y según las circunstancias, considerando líquidos “fríos”(de 0° a 10° C) o líquidos “calientes” (de 50° a más de 100°C) los que son circulados bajo presión en los moldes para termoplásticos.

Para una efectiva disipación de calor en las diferentes zonas del molde, es necesario distribuir circuitos de enfriamiento separados o independientes.

En general, para los moldes más sencillos se utilizan dos circuitos separados para los dos medios moldes: el medio molde montado en el lado de inyección de la máquina (sobre la platina fija) y el medio molde montado en el lado de extracción (platina móvil). Sin embargo, para moldes grandes o complicados, no son suficientes dos circuitos de enfriamiento, se recomienda utilizar un mayor número de circuitos.

Algunos fabricantes de moldes utilizan equipos ya comprobados para la cantidad requerida de circulación de líquido que garantice el intercambio de calor, aplicando un

regulador de flujo y un termómetro en la salida de cada circuito de enfriamiento. Si hay variaciones en las condiciones de moldeo o en la temperatura del líquido de acondicionamiento, el moldeo puede realizarse nuevamente con los circuitos de enfriamiento ya “ajustados”, con lo que se eliminan pérdidas de tiempo en los arranques de producción.

Estos reguladores de flujo (véase Fig. 2.34) son similares a los montados sobre las máquinas modernas de moldeo por inyección para el control del flujo de agua en los intercambiadores de calor y en los sistemas de enfriamiento del molde.

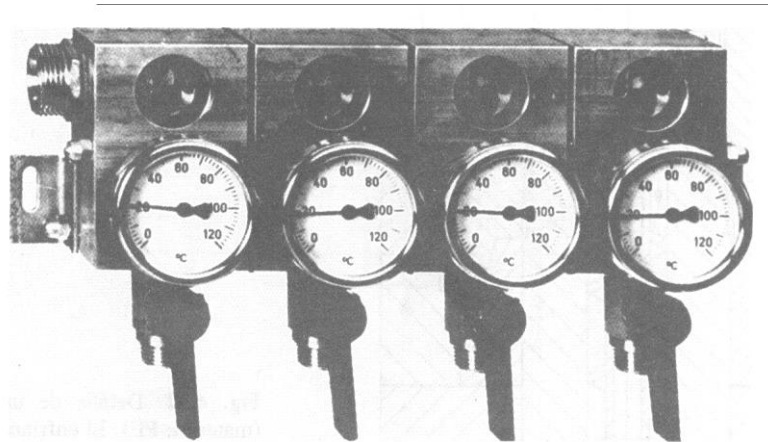


Fig. 2.34 Unidad reguladora de flujo y termómetro para circuitos de enfriamiento de moldes con cuatro líneas (Plastic Service product, Mannheim, Alemania)

2.2.4.1 CÁLCULO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

Cantidad de calor total removida.

La cantidad de calor total removida esta dada por la siguiente ecuación:

$$Q = n * \Delta i G \quad (1)$$

donde: n= numero de inyectadas por hora, Δi = diferencia de entalpía del plástico a la entrada del molde.($t_{1 \max}$) y la final de enfriamiento ($t_{1\min}$) en kJ/kg y G =es el peso de la inyectada incluyendo la colada en kg.

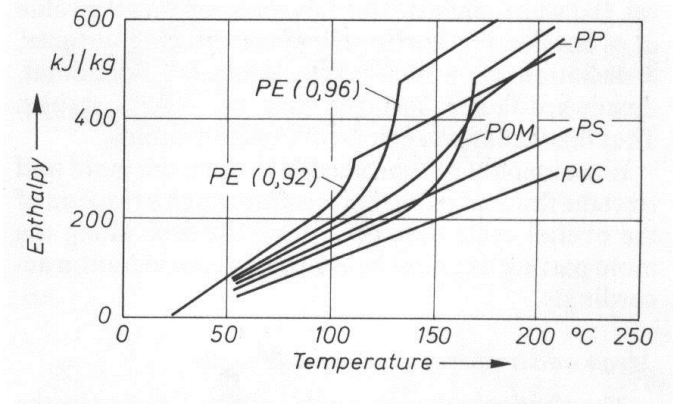


Fig. 2.35 Entalpía de varias resinas plásticas como una función de la temperatura.

Traducción:

Enthalpy: entalpia; Temperature: temperatura.

El valor de Δi puede obtenerse de la Fig. 2.35 para algunos plásticos. Una valor aproximado se obtiene:

$$\Delta i = Cp(t_{1max} - t_{1min}) \quad (2)$$

Donde el calor específico Cp , puede obtenerse de manuales de información para el proceso de manufactura.

La cantidad de calor removido por enfriamiento natural

El calor removido de forma natural por convección. En diferencia, con el calor removido por radiación tiene un orden de menor importancia por lo cual puede ser descuidado. La cantidad de calor removido por convección Q_1 esta dado por la siguiente ecuación:

$$Q_1 = \alpha_1 F(t_{2m} - t_0) \quad (3)$$

Donde α_1 = coeficiente de transferencia de calor en $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C})$, F = area del molde en m^2 , t_{2m} = temperatura promedio del molde en $^\circ\text{C}$ y t_0 = temperatura del ambienten $^\circ\text{C}$.

La siguiente ecuación esta dada por Mihajev para α_1 :

$$\alpha_1 = A_3 \Delta t^{1/3} \quad (4)$$

El valor de A_3 esta dada en forma¹ tabular, en base a resultados experimentales con el auxilio de cálculos de regresión, la siguiente ecuación es obtenida para $0^\circ\text{C} < t_{2m} < 300^\circ\text{C}$:

$$A_3 = \left(0.25 + \frac{360}{t_{2m} + 300} \right) * 4.1868 \quad (5)$$

Sustituyendo (4) y (5) en (3):

$$Q_1 = 4.1868 \left(0.25 + \frac{360}{t_{2m} + 300} \right) F (t_{2m} - t_0)^{4/3} \quad (3 a)$$

El cálculo de la cantidad de calor también es valido para paredes verticales. Desde esté punto es que el valor de α_1 es aplicable. Para paredes horizontales superficie hacia arriba, una desviación de mas 30% se recomienda. Con las paredes horizontales superficie hacia abajo , una desviación de menos 30 % es aplicable.

Temperatura promedio de la pared de la cavidad.

El plástico derretido entra a la cavidad y es enfriado por la pared del molde., la cual a su vez es tibia, para poder remover del molde la cantidad de calor remanente (Q_2), hasta que este sea removido por convección natural (Q_1) la cual ha sido sustraída ($Q_2 = Q - Q_1$) una diferencia de temperatura se necesita y es obtenida de

$$Q_2 = \alpha_2 f (t_{1m} - t_{3m}) \mathfrak{S} \quad (6)$$

como

¹ M.A Mihajev, warmeubertragungen aufgrund praktischer, 1953

$$(t_{1m} - t_{3m}) = Q_2 / \alpha_2 f \tau \quad (7)$$

donde f es el área de pieza inyectada en m^2 , τ es la relación de tiempo de inyección y tiempo de sostenimiento para el tiempo total de ciclo y α_2 es el coeficiente de transferencia de calor entre el plástico y el molde = $1549 \text{ kJ} / (m^2h^\circ\text{C})$

Es conocido por la ciencia de transferencia de calor que para generar cambios de calor entre dos medios, un medio tiene que incrementar la temperatura y el otro medio disminuye su temperatura. Una temperatura logarítmica promedio puede ser usada en lugar de la temperatura promedio:

$$(t_{1m} - t_{3m}) = \frac{0.4343 \left[(t_{1max} - t_{3min}) - (t_{1max} - t_{3min}) \right]}{\lg \left(\frac{(t_{1max} - t_{3min})}{(t_{1max} - t_{3min})} \right)} \quad (8)$$

En la ecuación (8) t_{1max} esta dada por el proceso. Comparado con la temperatura media optima de la cavidad t_{3m} y que podría parecer una fluctuación práctica de temperatura t_{3a} de la pared de la cavidad es decir $\pm 10^\circ\text{C}$ se debe asumir de estos valores t_{3min} y t_{3max} , los cuales pueden ser calculados por:

$$t_{3min} = t_{3m} - t_{3a} \quad (9)$$

$$t_{3max} = t_{3m} + t_{3a} \quad (10)$$

Luego la diferencia de $t_{1max}-t_{3min}$ y la diferencia $t_{1m} - t_{3m} = Q_2/\alpha_2 f \tau$ deben de ser calculados. Usando estos valores la diferencia $t_{1min}-t_{3max}$ se obtiene (véase Fig. 2.36), como punto de intersección, si el valor de la temperatura de pieza moldeada es alta t_{1min} (arriba de la temperatura de expulsión), implica que el calculo deberá repetirse con otro valor de t_{3a}

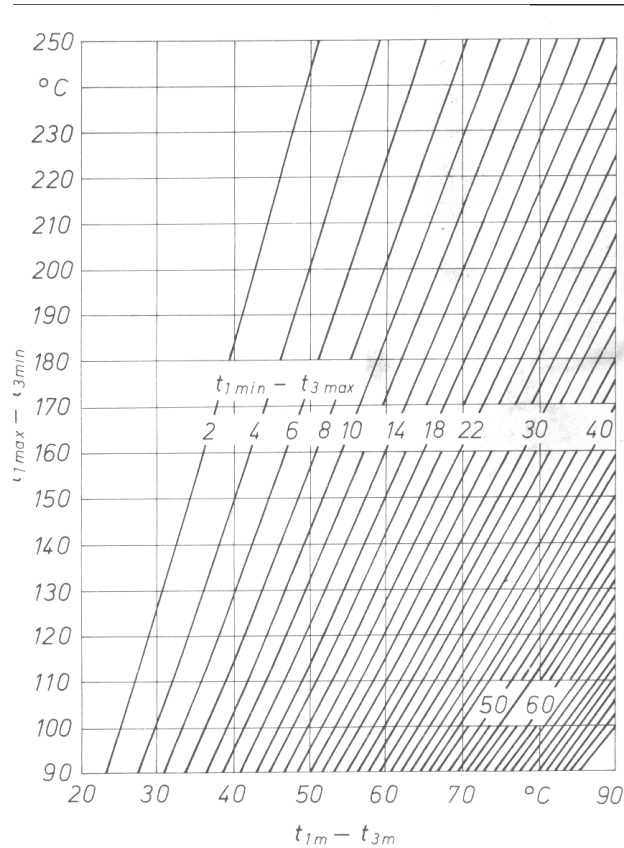


Fig. 2.36 Grafico para determinar la diferencia de temperatura $t_{1min} - t_{3max}$.

Resistencia térmica de el molde

La cantidad de calor a ser removida de la pieza debe ser transmitida vía conducción desde la pared de la cavidad a través del cuerpo del molde por el cual fluye agua de refrigeración a través de los canales de enfriamiento

El calor que fluye entre las superficies paralelas puede ser calculado con la ecuación de flujo de Fourier.

$$Q = \frac{1}{\delta} \phi * \Delta t \quad (11)$$

Es útil escribir esta relación de la siguiente forma:

$$Q \frac{\delta}{l\phi} = \Delta t = t_{3m} - t_{4m} \quad (11a)$$

Donde δ = distancia entre la cavidad y el canal de enfriamiento en m, l = longitud de los canales en m, ϕ =es el área de la sección de corte de la superficie a través de la cual el calor fluye entre la cavidad y el canal de enfriamiento en m^2 y t_{4m} = temperatura de la pared del canal de refrigeración en °C. El valor de $\delta / l\phi$ es llamado resistencia térmica. Designada en la literatura como R_v

La ecuación (11) se sostiene solamente para el caso de superficies paralelas donde las áreas de sección de corte de la entrada y salida de flujo de calor son iguales.

Esto no es el caso con moldes de inyección. Aquí la cavidad representa la superficie “tibia” y el canal la superficie “fría”. También es necesario determinar el valor de ϕ más preciso.

Asuma que el área de la sección de corte a través de la cual el calor es transferido es definida por los planos y que sus dimensiones incrementan en proporción a la distancia desde el origen. Por supuesto tal asunción es solamente aproximada, ya que el calor también es conducido fuera de la región delineada. De acuerdo con el principio de menor resistencia , sin embargo, se puede asumir que la mayoría de el calor fluye a lo largo de una trayectoria lineal.

Si ϕ es una función de la distancia x , la siguiente ecuación se sostiene:

$$dR_v = \frac{1}{\lambda} \frac{dx}{\phi(x)} \quad (12)$$

o

$$R_v = \frac{1}{\lambda} \int_0^L \frac{dx}{\phi(x)} \quad (12a)$$

Donde λ =conductividad térmica (acero $\lambda=176$ kJ/(mh°C), L = distancia media de el canal de enfriamiento hasta la cavidad en m (véase la Fig.2.37)

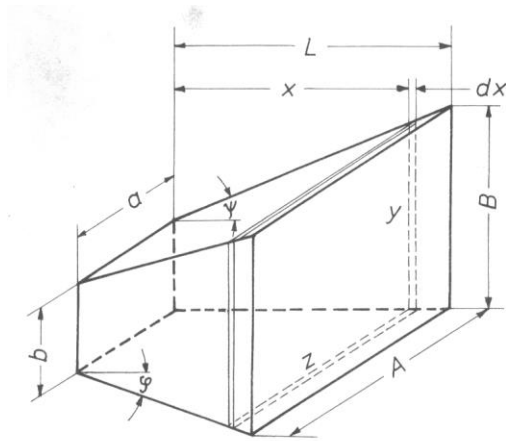


Fig. 2.37 Método para el cálculo de la resistencia térmica de un molde.

Asumamos que la sección más pequeña tiene dimensiones a - b . (véase la Fig. 2.37) y que la sección mas larga tiene dimensiones A y B . Para localizar x , podemos escribir la siguiente ecuación.

$$\phi(x) = zy \tag{13}$$

$$z = a + Mx \tag{14}$$

$$y = b + mx \tag{15}$$

$$\phi(x) = (a + Mx)(b + mx) \tag{16}$$

$$Rv = \frac{1}{\lambda} \int_0^L \frac{dx}{(a + Mx)(b + mx)} \tag{12b}$$

$$Rv = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{Mb - ma} \right) \ln \left(\frac{\frac{ML + a}{mL + b}}{\frac{a}{b}} \right) \tag{17}$$

$$Rv = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{2.3L}{(A-a)b - (B-b)a} \right) \lg \left(\frac{A}{a} \right) \left(\frac{b}{B} \right) \quad (17a)$$

$$Rv = \frac{1}{\lambda} \frac{2.3l}{aB} \quad (17b)$$

Para núcleos y componentes similares que se enfrían internamente. Se obtiene que:

$$Rv = \frac{2.3}{2\pi\lambda l_{Kern}} \lg \left(\frac{d_2}{d_1} \right) \quad (17c)$$

Donde l núcleo = longitud del núcleo en mt, d_1 = diámetro de entrada del núcleo en m, d_2 = diámetro de salida del núcleo en m.

Puesto que los moldes de inyección presentan a menudo numerosos canales de enfriamiento, la resistencia térmica entre la cavidad y cada canal de enfriamiento deben ser calculadas por separado y usarse para obtener una resistencia total como

$$\frac{1}{Rv} = \sum \frac{1}{R_{vi}} \quad (18)$$

Usando la condición R como la resistencia térmica del molde se obtiene lo siguiente:

$$Q_2 Rv = t_{3m} - t_{4m} \quad (19)$$

$$t_{4m} = t_{3m} - Q_2 Rv \quad (19 a)$$

Calor transferido entre el canal de refrigeración y el agua de enfriamiento

En el canal de enfriamiento, el medio refrigerante absorbe el calor por convección. Para este fin, se deberá asegurar que el flujo sea turbulento y que se satisfagan estos requerimientos (Re = número de Reynolds, w = velocidad de flujo del medio refrigerante en m/s, d = diámetro del canal de enfriamiento en m, ν = viscosidad cinemática en m^2/s) los valores se obtiene de la figura 2.38

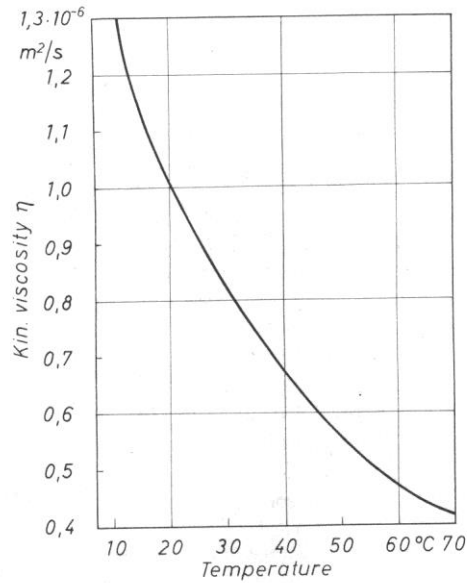


Fig. 2.38 Viscosidad cinemática del agua.

$$Re = wd / \nu \geq 2320 \quad (20)$$

Entre los valores de Re de 2320 y 6000 hay un estado de transición donde no se puede asegurar que el flujo sea turbulento. Para esto se recomienda que el número de Re este entre 3000 y 6000 . obteniéndose la siguiente ecuación:

$$wd = (3000a6000)\nu \quad (21)$$

La cantidad de calor hacer removida por hora es:

Para Q_2 se tiene que:

$$Q_2 = \gamma \frac{d^2 \pi}{4} 3600w(t_{5sal} - t_{5ent}) c \quad (22)$$

Donde: t_5 = temperatura del agua refrigerante y c = calor específico en kJ/kg°C. Para el agua $\gamma=1000$ kg/m² y $c= 4.19$ kJ/kg°C

Sustituyendo la expresión para w de la ecuación (21) $w = (3000 \text{ a } 6000)v/d$ en la ecuación (22) se obtiene que :

$$d = \frac{Q_2}{(9a17)v(t_{5sal} - t_{5ent})10^9} \quad (23)$$

En la practica, los valores comunes de d están entre 0.008 y 0.025 m, mientras que los valores de w varían entre 0.5 y 5 m/s.

La cantidad de flujo de agua a través del área transversal de los canales de enfriamiento esta dada por:

$$s = d^2 \pi w / 4 \quad (24)$$

o

$$S = 2830d^2w \quad (25)$$

Usualmente la velocidad de flujo es obtenida de la presión en el sistema de enfriamiento.

$$w = \sqrt{\Delta p d / l} \quad (26)$$

Donde: Δp = es la diferencia de presiones entre el agua de enfriamiento a la entrada y salida y l = longitud total de los canales de enfriamiento.

La temperatura de entrada de el agua de enfriamiento se encuentra debajo de las condiciones donde será empleada.

Cuando los circuitos son abiertos y se usa exclusivamente agua como refrigerante la t_{2in} no es superior a 20° C con circuitos cerrados la temperatura del agua de enfriamiento es a menudo no inferior de 25 a 28° C

Para la transferencia de calor por convección como en el presente caso el calor es transferido hacia el flujo, por lo que se tiene:

$$Q_2 = \alpha_3 \varphi (t_{4m} - t_{5m}) \quad (27)$$

Donde α_3 = coeficiente de transferencia de calor entre el molde y el agua de enfriamiento en $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C})$. φ = área superficial de los canales de enfriamiento en m^2 y t_{5m} = temperatura promedio del agua de enfriamiento en $^\circ\text{C}$. El coeficiente de transferencia de calor α_3 está en función de la velocidad de flujo w y el diámetro d de los canales de enfriamiento.

$$\alpha_3 \approx 7348(1 + 0.015t_{5m})(w^{0.87} / d^{0.13}) \quad (28)$$

Actualmente los promedios logarítmicos de t_5 están fuera de uso ecuación (28)

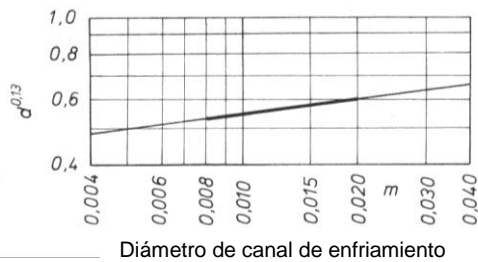


Fig. 2.39 Gráfico para determinar el valor de $d^{0.13}$

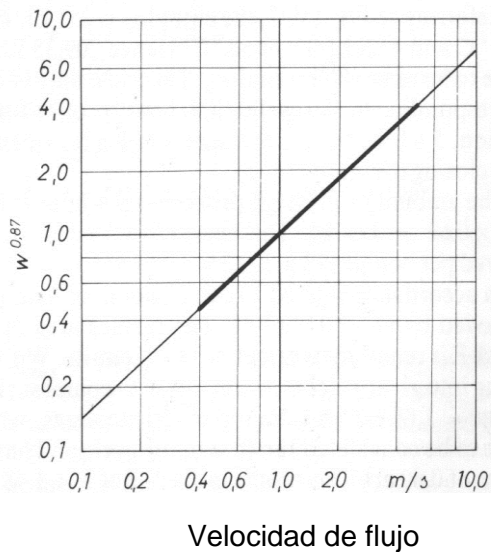


Fig. 2.40 Gráfico para determinar el valor de $w^{0.87}$

Para los valores de $d^{0.13}$ y $w^{0.87}$ pueden ser obtenidos de las figuras 2.39 y 2.40 para los valores mas comunes de d y w , debe ser asumido que $d^{0.13}$ es aproximadamente 0.55 y que $w^{0.87}$ es aproximadamente w , por lo que la ecuación (28) es simplificada a:

$$\alpha_3 \approx 7348(1+0.015t_{5m}) \frac{w}{0.55} \quad (28 \text{ a})$$

El área superficial φ de los canales de enfriamiento esta dada por

$$\sum \varphi = d\pi l \quad (29)$$

Donde l = longitud total de los canales de enfriamiento en m. Obteniéndose que

$$Q_2 = 7348(1+0.015t_{5m}) \frac{w}{0.55} d\pi l (t_{4m} - t_{5m}) \quad (27 \text{ a})$$

y con la ecuación (25) la longitud total requerida de los canales de enfriamiento se obtiene como:

$$l = \frac{Q_2 d}{14.78S(1+0.015t_{5m})(t_{4m} - t_{5m})} \quad (30)$$

Experiencias con el dimensionado de sistemas de enfriamiento.

La experiencia práctica ha mostrado que el diseño del sistema de enfriamiento de moldes de inyección esta de acuerdo con la operación y el espacio disponible y es necesario revisar si es necesario hacer cambios de diámetro y longitud. En el caso simple, es suficiente determinar la cantidad requerida de agua e enfriamiento, el área transversal del canal y el flujo requerido para lograr la turbulencia y la presión de bombeo necesaria para este flujo.

Con moldes más complicados, se aplica el procedimientos antes mencionado. En el cual el factor α_3 determinado en la ecuación (28) solamente se aplica en el caso de

transferencia de calor entre el agua y el canal de enfriamiento con una superficie metálica. En la presencia de películas de oxido, la transferencia de calor se reduce en gran escala. De acuerdo a esto se sugiere o se recomienda el uso de agua lo mas suave (tratada) con el fin de evitar el fenómeno de la corrosión, es recomendable que los canales estén fosfatizados.

El coeficiente de transferencia de calor α_3 , aplica solamente con flujo turbulento. Con flujo laminar , la transferencia de calor disminuye considerablemente. Por lo cual el flujo turbulento es el mas apropiado.

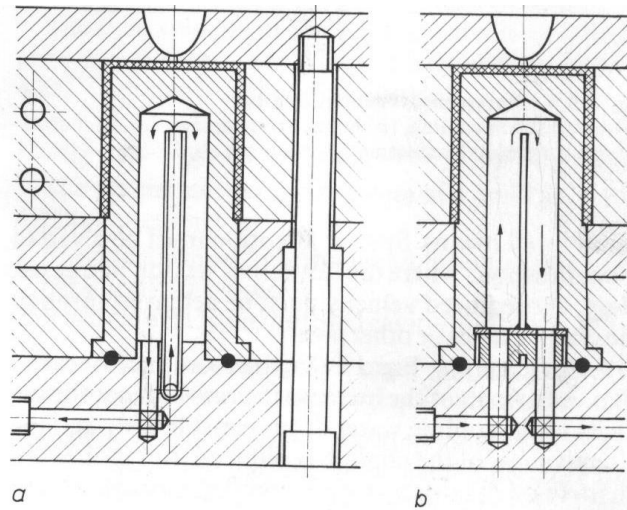
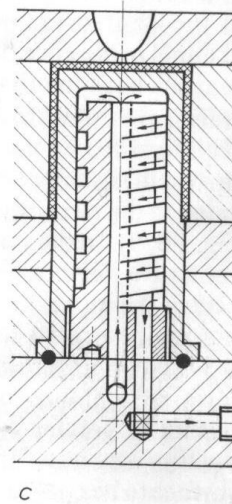


Fig. 2.41 Enfriamiento de moldes con núcleos.
 (a) pobre enfriamiento debido a un incremento de sección transversal. (b) mejor enfriamiento por el uso de pared deflectora. (c) diseño mas efectivo porque afecta la velocidad de flujo.



Como un ejemplo la figura 2.41a muestra un diseño incorrecto. Como un resultado de incremento del área transversal, la velocidad del agua de enfriamiento disminuye considerablemente y la eficiencia del enfriamiento disminuye. En la figura 2.41b un incremento de la sección es evitado a través del uso de una pared deflectora. En la figura 2.41c, la velocidad del flujo es afectada en la medida deseada a través del uso de un canal helicoidal en el núcleo cuando nace la ubicación de los canales de enfriamiento se debe tener en mente que el agua de enfriamiento viene hacer calentada en el molde como resultado de la transferencia de calor. En molde grandes, alguno circuitos son instalados de tal forma que la entrada de un circuito este próxima a la salida del otro circuito (véase la Fig. 2.42) en el lado estacionario del molde, la entrada del agua de enfriamiento puede ser ubicada cerca del área caliente de el molde. Ejemplo cerca de el buje sprue. El cual es a menudo enfriado por un sistema separado.

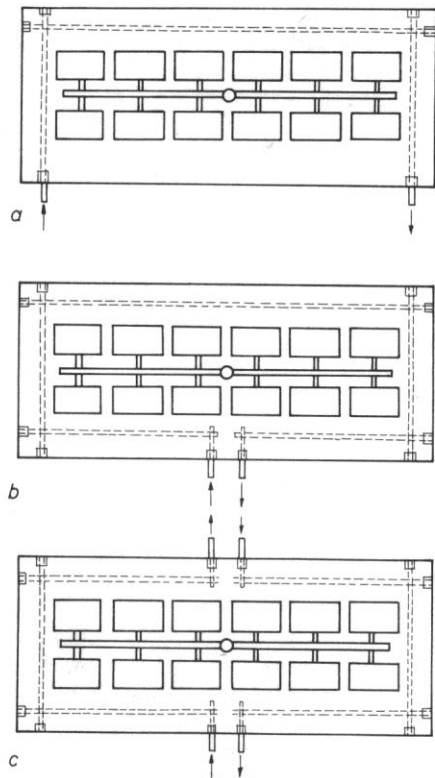


Fig. 2.42 Ubicación de circuitos de enfriamiento.
 (a) enfriamiento no uniforme, (b) mejor arreglo, (c) más efectivo por la ubicación de dos circuitos independientes.

Ejemplo de calculo de un Sistema de Enfriamiento.

El sistemas de enfriamiento mostrado en la figura 2.43 será revisado a continuación:

Dimensiones de los lados largos: $2 \times 42.5 \times 20 = 1700 \text{ cm}^2$

Dimensiones de los lados cortos: $2 \times 27.5 \times 20 = 1100 \text{ cm}^2$

Fondo : $40 \times 25 = 1000 \text{ cm}^2$

El área superficial de la pieza moldeada es:

$0.7(1700+1100)+1000 = 2960 \text{ cm}^2$

El espesor de pared es 1.5 mm. El volumen de la pieza moldeada es 450 cm^3 , el material es usado es P.V.C, con una densidad de 1.38 g/cm^3 . Por lo cual el peso es de 620 g.

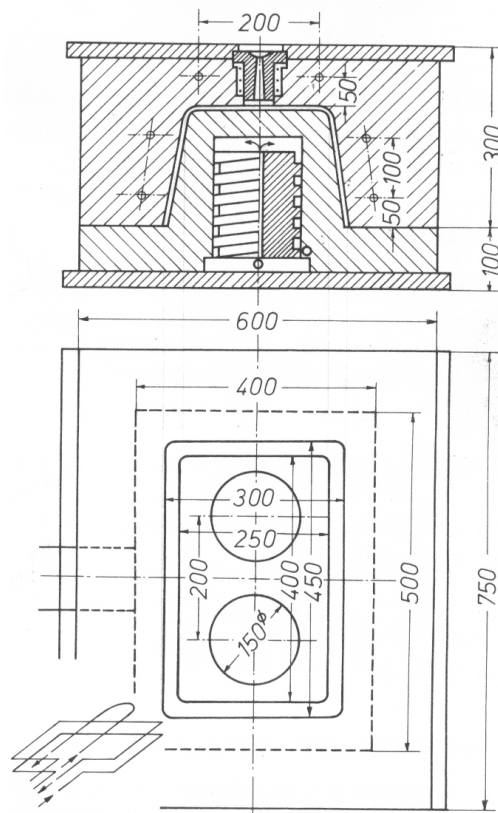


Fig. 2.43 Molde de inyección para producir una cesta.

Refiriéndonos a la figura 2.35, la entalpía es 251 kJ/kg a 180°C y 41.8 kJ / kg a 60°C, por lo cual la cantidad de calor hacer removida por el enfriamiento es de 251 kJ / kg. El tiempo de ciclo es 20 seg, correspondiendo a 180 ciclos / h . Esto consiste de 7 s para la inyección, 5 para el tiempo de sostenimiento y 8 s para apertura y cierre del molde.

La cantidad de material procesado por hora es $180 \times 62 = 113 \text{ kg}$. La cantidad de calor hacer removida por hora es $113 \times 209.35 = 23,657 \text{ kJ}$.

De acuerdo con la ecuación (3), la cantidad de calor Q_1 removida por enfriamiento natural. El área superficial de moldeo F es requerida para calcular esta cantidad. Sin llegar a grandes detalle, se puede considerar que el área superficial exterior es de 1.08 cm^2 y el área superficial interior, se considerara de un 40% de el ciclo y tiene un valor de 0.40 cm^2 . De este valor resulta que $F = 1.48 \text{ cm}^2$.

La temperatura promedio del molde $t_{2mes} 60^\circ\text{C}$; la temperatura ambiente es 20°C . Por lo cual la ecuación (3 a) resulta:

$$Q_1 = 4.1868 \left(0.25 + \frac{360}{60 + 300} \right) 1.48 \times 40^{4/3}$$

$$Q_1 = 1047 \text{ kJ/h}$$

Y

$$Q_2 = Q - Q_1 = 22,610 \text{ kJ / h}$$

La cavidad puede ser refrigerada mejor desde el núcleo, la cantidad de calor a ser removido Q_2 se divide en dos partes:

$$Q_{2G} = 14,235 \text{ kJ / h}$$

$$Q_{2K} = 8,375 \text{ kJ / h}$$

Y el sistema de enfriamiento es diseñado de acuerdo a la ecuación (7):

$$Q_2 = \alpha_2 f (t_{1m} - t_{3m}) \mathfrak{S}$$

El área f es calculada para ser 0.38 m², por lo que

$$t_{1m} - t_{3m} = \frac{14235}{1549 \times 0.38 \times \left(\frac{7+5}{20}\right)} = 40^\circ \text{C}$$

Para $t_{1 \text{ max}} = 180^\circ \text{C}$, $t_{3 \text{ max}} = 70^\circ \text{C}$ y $t_{3 \text{ min}} = 50^\circ \text{C}$, y con $t_{3 \text{ max}} - t_{3 \text{ min}} = 130^\circ \text{C}$ y $t_{1 \text{ m}} - t_{3 \text{ m}} = 40^\circ \text{C}$, a un valor de $t_{1 \text{ min}} - t_{3 \text{ max}}$ de 6°C este se obtiene de Fig. 2.36, también $t_{1 \text{ min}} = 76^\circ \text{C}$

La resistencia térmica del cuerpo del molde es calculada usando la ecuación (17) para cada canal de enfriamiento individualmente. Sin entrar a grandes detalles, de la ecuación (18) se obtiene:

$$\frac{1}{R_v} = 4 \left(\frac{\lambda}{1.2} + \frac{\lambda}{1.57} \right) + 2 \frac{\lambda}{1.02} = 7.88 \lambda$$

Con una conductividad térmica del acero de $\lambda = 176 \text{ kJ}/(\text{m h } ^\circ \text{C})$, $1/R_v = 1,390 \text{ kJ}/\text{m h } ^\circ \text{C}$

O

$$R_v = 0.00072 \text{ h } ^\circ \text{C} / \text{kJ}$$

Usando la ecuación (19 a) la temperatura promedio de la pared del canal de enfriamiento es calculada por:

$$t_{4m} = 60 - 10.2 = 49.8^\circ \text{C}$$

Si el valor de $t_{5 \text{ ent}} = 20^\circ \text{C}$ y $t_{5 \text{ sal}} = 50^\circ \text{C}$ se asume por ejemplo que la temperatura del agua de enfriamiento es $t_{5 \text{ m}} = 35^\circ \text{C}$, por lo cual $t_{4 \text{ m}} - t_{5 \text{ m}} = 14.8^\circ \text{C}$. En adición $t_{5 \text{ sal}} - t_{5 \text{ ent}} = 30^\circ \text{C}$. El flujo de agua requerido resulta ser calculado por:

$$S = \frac{14235 \text{ kJ}/\text{h}}{125600 \text{ kJ}/\text{m}^3} = 0.113 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Usando la ecuación (30)

$$l = \frac{14235 \times 0.01}{14.78 \times 0.113(1 + 0.015 \times 35) \times 14.8} = 3.80m$$

La longitud total actual del canal de enfriamiento es 6.20 m. Y la velocidad de flujo de agua de enfriamiento es calculado de la ecuación (24) como:

$$w = \frac{4 \times 0.113}{3600 \times 0.01 \times \pi} = 0.4m/s$$

El número de Reynolds es calculado para $v = 0.72 \times 10^{-6}$ o 5550, de esta forma es turbulento el flujo.

La cantidad de calor removida desde el núcleo es 8375 kJ/h. con $\lambda = 176$ kJ/ (m h °C) y tomando en consideración que el núcleo es enfriado por dos canales, la resistencia térmica es calculada de la ecuación (17 c):

$$R_v = 0.00115 \text{ h } ^\circ\text{C} / \text{kJ}$$

La temperatura promedio de la pared del canal de enfriamiento es:

$$T_{4m} = 60 - 8375 \times 0.00115 = 50.4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Con la condición idéntica arriba, el rango de flujo de agua de enfriamiento requerido es:

$$S = \frac{8375}{125600} = 0.066m^3/h$$

De la ecuación (30)

$$l = 2.94 \text{ m}$$

La longitud total actual del sistema de enfriamiento es 4.70 m. De la cual 75% = 3.50 m puede ser asumida efectiva.

La velocidad de flujo del sistema de enfriamiento es calculada por $w = 0.36$ m/s, resultando un número de Reynolds de 4000, lo cual asegura turbulencia.

2.2.4.2 SEPARACIÓN ENTRE LOS CANALES DE ENFRIAMIENTO Y LA CAVIDAD.

Una separación grande , genera una transmisión de calor uniforme en la cavidad del molde. Esto tiene consecuencias positivas con respecto a la distorsión, las propiedades mecánicas de las piezas.

2.2.4.3 SEPARACIÓN ENTRE CANALES DE ENFRIAMIENTO

Un pequeño espacio entre los canales de enfriamiento genera una temperatura uniforme en el molde. Sin embargo; el diseño requiere de grandes espacios entre los canales de enfriamiento, ya que el espacio de la cavidad y el diámetro del canal también se incrementan. Con el incremento del espesor de pared, hay mayor cantidad de calor hacer removida.

En las figuras 2.44 y 2.45 se muestran algunas reglas empíricas sobre localización y dimensiones de los conductos de enfriamiento en relación con las cavidades del molde, por ejemplo:

- ✓ El intercambio térmico ocurre entre dos superficies, o sea entre las superficies de las cavidades y la superficie total de los agujeros de enfriamiento.
- ✓ El diámetro y el número de los barrenos por donde circula el líquido debe ser lo más grande posible (compatible con la estructura y el tamaño del molde)
- ✓ Los barrenos deberán estar lo más cerca posible a la superficie de la cavidad.

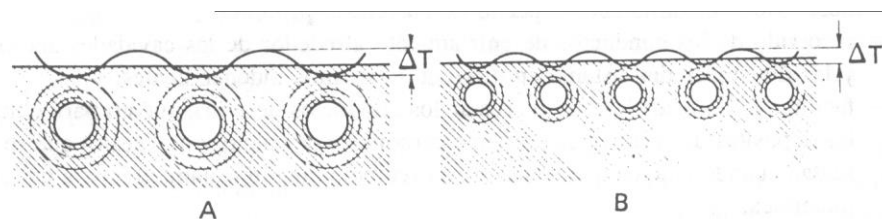


Fig. 2.44 Diferencias en la temperatura sobre la superficie de la cavidad de un molde de acuerdo con la posición de los barrenos de enfriamiento. En el caso A se tienen las mayores diferencias de temperatura (ΔT), debido a los grandes espacios entre los conductos individuales de enfriamiento. En el caso B las diferencias de temperatura son menores, ya que los ductos de enfriamiento están más cercanos uno del otro.

(Tomado del libro de H. Beck-Spritzgiesses-Pub. Hanser, Munich, 1963)

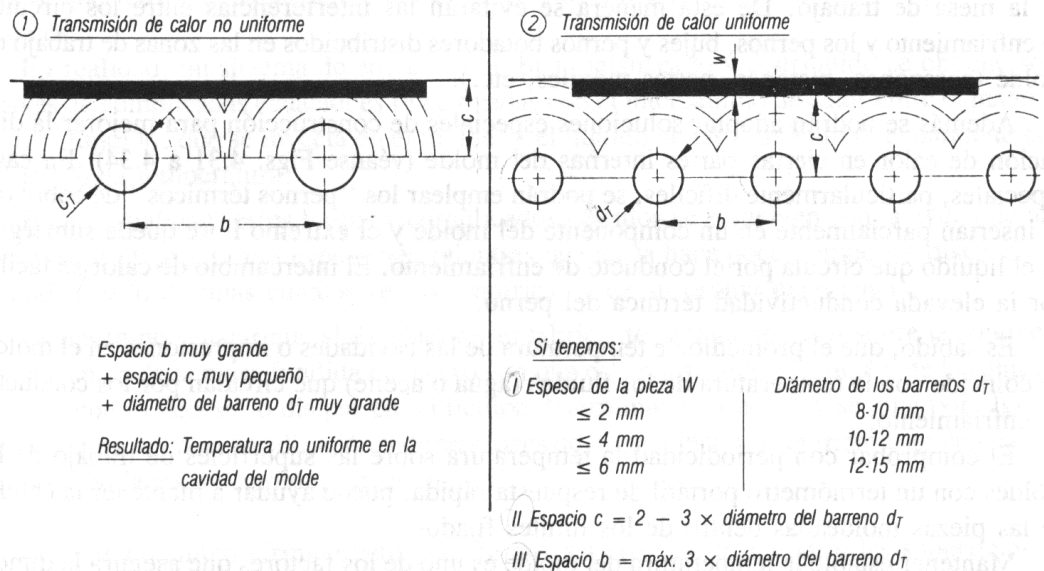


Fig. 2.45 Diámetros y localizaciones de los ductos de enfriamiento en moldes de precisión. Los barrenos están rodeados por líneas concéntricas isotérmicas (idealizado). (Tomado del libro H. Gastrow-Injection Molds –Pub Hanser, Munich 1983)

Cuando se barrenan los conductos de enfriamiento a través de los componentes de un molde, deben tenerse presente los siguientes factores (que en algunos casos son limitantes):

- ✓ Tipo de material por taladrar (acero u otro metal)
- ✓ Relación L/D (longitud /diámetro) del barreno que se taladrará, si excede 50/1 es necesario usar un taladro especial de barrenado profundo.
- ✓ Recorrido de los conductos de enfriamiento alrededor de las cavidades del molde y las divisiones del sistema en diferentes circuitos independientes.
- ✓ Facilitar la necesidad de desincrustar los conductos de enfriamiento para eliminar los depósitos de sarro (generalmente carbonato de calcio y magnesio) que se presentan cuando el agua que se usa no ha recibido ningún tratamiento para quitar los minerales.

Por las razones anteriores y otras más, los conductos de enfriamiento con diámetros menores a 8 mm (0.31 pulg.) (en casos excepcionales 6 mm (0.315 pulg.)) deben

evitarse, debido a la dificultad para taladrarlos (se requiere de herramientas especiales) y los problemas que se presentan para el mantenimiento del sistema y su eficiencia para poder garantizar el intercambio de calor

Lo relacionado con los conductos de enfriamiento y su barrenado, sobre todo en las decisiones relevantes, es preferible no dejarlo totalmente a la iniciativa del fabricante, más bien se debe analizar con otros detalles constructivos del molde, cuando está todavía el diseño en la mesa de trabajo. De esta manera se evitarán las interferencias entre los circuitos de enfriamiento y los pernos, bujes y pernos botadores distribuidos en las zonas de trabajo del molde (corazones, pistones, partes móviles, etc)

2.2.4.4 SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO PARA NÚCLEOS DE DIMENSIONES PEQUEÑAS.

El enfriamiento de núcleos con diámetros o anchura pequeños y usados para la formación de agujeros ciegos, agujeros pasados y ranuras es algunas veces muy problemático y requiere de un diseño apropiado. En la mayoría de los casos, la resina se contrae en los núcleos después de la inyección y así provee de una transferencia de calor directa. Entre la cavidad y la parte moldeada. Sin embargo, forma un vacío en el cual el calor es conducido pobremente. Seguramente, gran cantidad de calor es transmitido al núcleo.

Si no puede ser transmitido suficiente calor al cuerpo del molde y el núcleo no es refrigerado adecuadamente por un apropiado diseño de canal, la temperatura de los núcleos se incrementa por la producción continua, generándose una carga térmica.

Las consecuencias de una carga térmica son: un incremento del tiempo de ciclo, si los núcleos son de sección cuadrada o rectangular, existe el peligro de que las paredes colapsen o se distorsionen la Fig. 2.46 ilustra posibles diseños para enfriamiento de núcleos con longitud, diámetros o anchuras pequeñas.

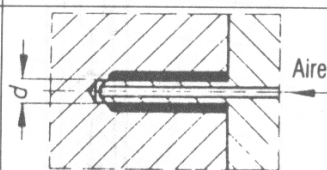
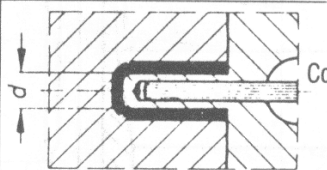
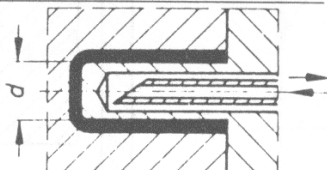
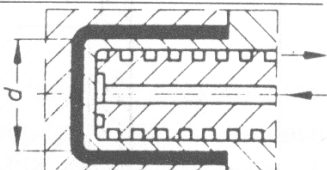
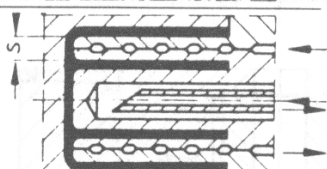
Diámetro del corazón con d (mm)	Descripción	Diseño
≥ 3	Calor removido por aire cuando se abre el molde	
≥ 5	Punta de cobre o perno térmico como conductor térmico para control de temperatura media	
≥ 8	Enfriamiento por burbujeo (enfriamiento por burbujeo con espiral)	
≥ 40	Enfriamiento en espiral	
Corazón hueco s ≥ 4	Enfriamiento del corazón hueco por medio de espiral doble	

Fig. 2.46 Sistema de enfriamiento para corazones o núcleos con dimensiones pequeñas. (Tomado del libro de H. Gastrow-Inyección Molds – Ed K Stoeckert, 1983 Publi. Munich)

Núcleo con diámetro o ancho ≥ 3 mm (0.118 pulg)

Muchas veces se usa aire para el enfriamiento de núcleos con diámetros o anchos cerca de 3 mm (0.118 pulg.), el aire se hace pasar por un agujero a través del núcleo durante la etapa de eyección.

La ventaja de este método es que puede usarse o aplicarse a núcleos menores de 3 mm y a núcleos para la formación de agujeros ciegos.

Los núcleos que contienen un canal central son mejores porque proveen de un buen enfriamiento. El aire muchas veces entra durante el tiempo de apertura del molde. Sin embargo; este tiempo no es adecuado para remover el calor. El enfriamiento por aire puede usarse durante todo el ciclo con un diseño apropiado.

Núcleos con diámetros o anchos de ≥ 5 mm (0.196 pulg)

El principio de este diseño se basa en la buena conductiva térmica del cobre, o de otras aleaciones Cobre-Berilia (Cu-Be), un pin de cobre es fijado a presión en un agujero ciego el cual esta ubicado en el núcleo, el extremo libre del pin se ubica de tal forma que puede hacer contacto directo con el medio de enfriamiento. (agua o aceite).

Este sistema puede ser empleado con todos los diseños de núcleos para la formación de agujeros ciegos, agujeros pasados y ranuras. Un avance más reciente de este uso es el llamado pin térmico (heat pipes). La transportación de calor en este pin de cobre es basado en el cambio de fase (líquido / vapor y viceversa) de un medio encapsulado.

Núcleos con diámetros o anchos ≥ 8 mm (0.315 pulg)

En núcleos con diámetros o anchos de 8 mm (0.315 pulg.) y cercanas, un sistema de burbujas puede ser usado con ventaja. El núcleo tiene un agujero ciego al cual se le introduce un tubo con un diámetro de salida menor que el del agujero ciego, la temperatura es controlado por medio de agua o aceite, el agua se introduce por el tubo y el control de la temperatura se genera durante el retorno del flujo. Use este sistema para piezas o partes tubulares con punto de inyección central. El sistema de enfriamiento por burbujas son posibles con tubos menores a 1.5 mm (0.059 pulg.) de diámetro de salida.

Para núcleos que son 20 mm (0.78 pulg.)de diámetro permiten el uso de un tubo con un espiral. El espiral genera turbulencia en el flujo de control de temperatura y así el enfriamiento es más efectivo por razones económicas, las placas deflectoras son casualmente usadas en los canales de enfriamiento.

Una desventaja del sistema de burbujeo, es lo difícil que resulta la limpieza y la facilidad con que puede este sistema puede ser obstruido por el oxido (incrustaciones).

Núcleos con diámetros o anchos $d \geq 40$ mm (1.57 pulg.)

Con núcleos mayores que 40 mm (1.57 pulg.) de diámetros o ancho el sistema de burbujeo no es satisfactorio. Para alcanzar un efecto deseable, un núcleo adicional es ubicado en la entrada del núcleo usado en el moldeo de la parte, este núcleo inserto posee un canal central que a la salida conduce a un canal de helicoidal.

(véase Fig. 2.47)

Este tipo de enfriamiento de núcleo satisface los requerimientos de flujo de enfriamiento paralelo.

Este tipo de sistema se utiliza por ejemplo en la producción de copas de Yogurt.

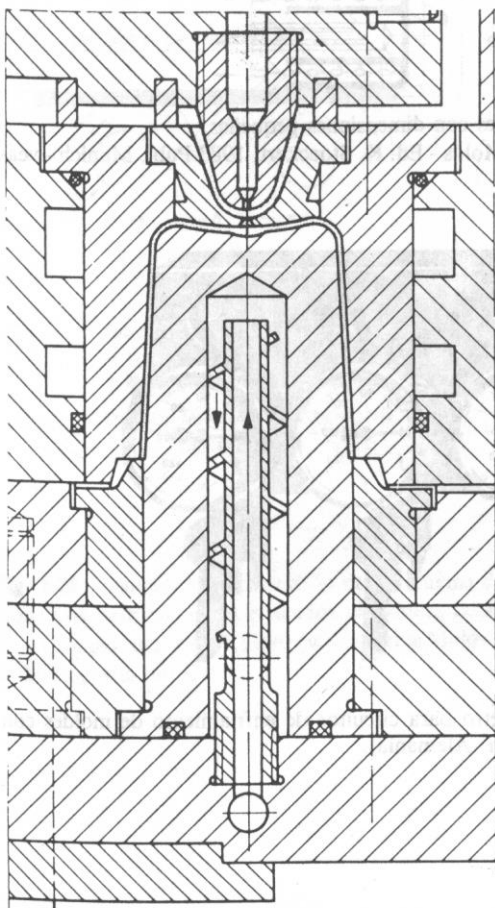


Fig 2.47 Detalle de un molde para vasos (material: PE). El enfriamiento interior del corazón asegura una disipación de calor efectiva. (Tomado de una publicación técnica de HOECHST, Frankfurt/Main, Alemania)

Núcleos huecos

Los núcleos huecos son conocidos primeramente por su uso en la producción de tapones de aerosol de PE (véase Fig. 2.48). En un principio este sistema no recibía ninguna atención especial. Los resultados eran grandes tiempo de ciclo para un espesor de pared relativamente pequeño, con la aparición de los núcleos huecos los tiempos de ciclos disminuyeron apropiadamente para las paredes delgadas.

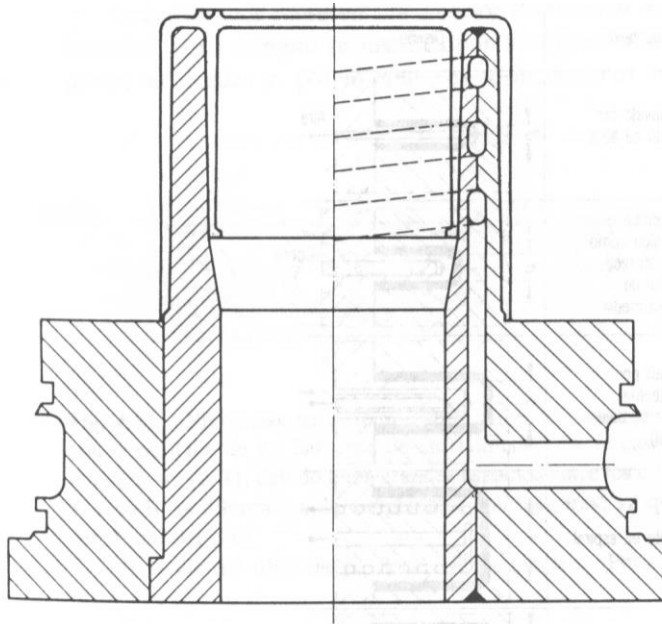


Fig. 2.48 Detalle de un molde para tapa de atomizador (aerosol) en polietileno (PE).. El enfriamiento en la corona circular (véase lado derecho) garantiza una mejor disipación de calor, comparada con la solución previa (véase lado derecho) (Tomado de una publicación técnica de HOECHST, Frankfurt/Main, Alemania)

2.2.5 SISTEMA DE EYECCIÓN.

Al diseñar piezas plásticas, el método de eyección de la parte del molde se debe considerar en la fase del concepto. El diseñar con la eyección en mente elimina en gran parte el uso de los sistemas costosos y complejos de la eyección presionados en servicio más adelante, cuando una pieza es difícil de expulsar.

Cuatro factores deben ser considerados en diseñar el mecanismo de la eyección:

- ✓ Forma y geometría de la pieza.
- ✓ Tipo de material y de grueso de pared.
- ✓ Volumen proyectado de la producción.

2.2.5.1 TIPOS DE EXPULSORES Y DESMOLDEOS.

Como consecuencia de la contracción durante la inyección, las piezas inyectadas se contraen sobre los machos del molde (esto no es necesariamente válido para materiales termoestables). Para su desmoldeo se aplican diferentes tipos de expulsores:

- Pasadores cilíndricos de expulsión,
- Casquillos de expulsión,
- Placas de extracción, regletas de expulsión, anillos de expulsión,
- Extractores de plano o de tipo seta.

El tipo de extractor está en función de la forma de la pieza a inyectar. La presión superficial sobre la pieza a expulsar debe ser la más mínima posible para evitar deformaciones. En el caso de extractores del tipo pasador perfilado se ha de evitar que se entregiren.

Normalmente, los machos, y también los dispositivos de extracción, están situados en la parte móvil de la máquina de inyección. En algunos casos especiales puede ser conveniente situar los machos (en el lado de inyección) en la parte fija de la máquina. En este caso e requieren dispositivos especiales de extracción.

Para el desmoldeo de contrasalidas se requieren por lo general correderas. Las contrasalidas o negativa interiores se pueden realizar por mordazas o correderas interiores o con machos plegables. Las roscas se pueden desmoldear con:

- Mordazas
- Machos intercambiables,
- Machos plegables,
- Machos roscados, etc.

Las contrasalidas en las que se base el funcionamiento, por ejemplo, de uniones de forma, pueden ser desmoldeadas (forzadamente) sin utilizar correderas, mordazas, etc. Pero se ha de tener en cuenta que la temperatura de desmoldeo es muy superior

a la temperatura ambiente, y que la rigidez del material es proporcionalmente baja. Ni la aplicación de las fuerzas de desmoldeo debe producir un alargamiento de la pieza ni el expulsor debe marcarla. Los alargamientos tolerados en los desmoldeos forzados dependen de la ejecución de las contrasalidas y de las propiedades mecánicas del plástico a temperatura de desmoldeo. No se puede generalizar la posibilidad de un desmoldeo forzado (para reducir costos). No obstante, el desmoldeo forzado debería plantearse de forma básica en el diseño del moldeo correspondiente.

Las superficies con texturizado se comportan por lo general como si fueran contrasalidas. Por lo tanto, requieren unos ángulos de desmoldeo que, en caso de no ser suficiente, pueden dañar ostensiblemente la superficie de la pieza. Para evitar tales daños se puede aplicar un valor orientativo: por cada 1/100 mm (0.00039 pulg.) de profundidad del texturizado se requiere aproximadamente 1° de ángulo de desmoldeo.

Los extractores sirven no sólo para el desmoldeo, sino también para la evacuación de los gases de la cavidad. Una salida defectuosa de la cavidad puede tener las siguientes consecuencias:

- Llenado parcial de la cavidad
- Unión defectuosa de frentes de material
- El denominado efecto Diesel, o sea, daños térmicos de la pieza (quemado).

Los problemas de las salidas de los gases surgen sobre todo a mayor distancia de la colada.

**Tipos de contrasalidas*

El desmoldeo de piezas con contrasalidas requiere generalmente medidas técnicas constructivas en el molde, como, por ejemplo, una apertura del molde en varios

niveles. Las aperturas adicionales se logran con correderas y mordazas. Los moldes con correderas pueden desmoldear contrasalidas exteriores con ayuda de:

- Columnas inclinadas,
- Correderas de curva,
- Accionamientos neumáticos o hidráulicos.

El desmoldeo de contrasalidas interiores se puede realizar con:

- Correderas inclinadas,
- Machos divididos, que son fijados o desbloqueados por el efecto cuña,
- Machos plegables, que en su estado distensado tienen medias inferiores a las que poseen en estado abierto.

Si no es posible un desmoldeo de las rocas por medio de mordazas o correderas, o bien si la rebaba de partición molesta, se utilizan útiles de extracción por tornillo. Se aplican:

- Machos de recambio, que son extraídos del molde,
- Machos o casquillos roscados que, por medio de rotación durante el proceso de desmoldeo, dejan libres las roscas en la pieza inyectada. Su accionamiento se realiza por el movimiento de apertura del molde (husillos de roscas, cremalleras) o por medio de unidades de desenroscado especiales.

2.2.5.2 PRODUCTOS SIN CORTES.

2.2.5.2.1 PINES DE EYECCIÓN.

La figura 2.49 ilustra la eyección por medio de pines eyectores. Los productos son con un tipo de bebedero de punto al borde de la colada “c”. Después de completar el ciclo de moldeo, el molde abre en “d”. La mitad izquierda se mueve. El producto permanece en el núcleo “e”. La colada “f” tiene un corte interno en la placa de calada “g” que hala hacia a fuera del buje de colada “h”. Una vez que el molde se abre más, la barra de eyección en la máquina acciona el eyector “j”. La placa de eyección “k”

avanza hacia la derecha. El pin eyector “a” fijado a la placa de eyección de la colada “l” el cual está fijada también a la placa de eyección la cual avanza y empuja la colada fuera del corte interno en la placa del molde “g”. La colada “f” y el canal de colada “c” caen fuera y juntos del molde. Una vez que el molde cierra los pines “b” regresan la placa “k”, junto con los pines eyectores a su posición original.

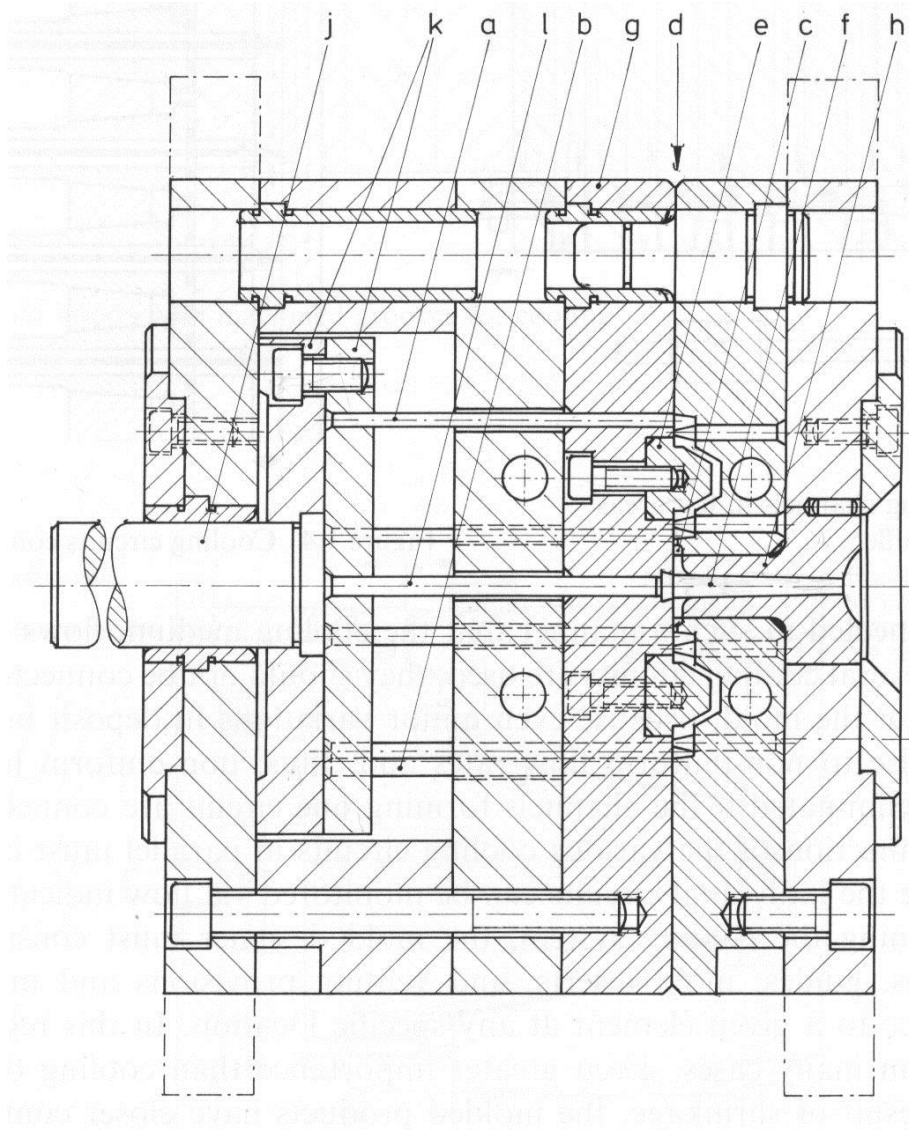


Fig. 2.49 Molde con pines de eyección.

a: pin eyector, b: pin de retorno, c: canal de colada, d: línea de partición, f: colada, g: placa de colada, h: buje de colada, j: eyector, k: Placa eyectora y placa de retención, l: pin eyector.:

Los pines eyectores deberían ser posicionados ó colocados donde las fuerzas de eyección puedan ser aplicados al producto moldeado, sin dañar el producto (véase Fig. 2.50). Los pines mostrados a la derecha en la figura 2.50 pueden pinchar las paredes de los productos moldeados si este se incrusta al núcleo. Estos dejan una leve marca al lado de adentro del producto y deben ser retractados para permitir que el producto caiga. El arreglo mostrado a la izquierda en la figura 2.50 es preferible, los cuatro pines a las esquinas actúan como pines de retorno cuando el molde cierra, donde sea que los pines a la derecha dañen la superficie moldeada en la cavidad cuando el molde cierra si estos no son retornados a su posición original por medio de pines de retorno adicionales ó algún otro mecanismo de retracción.

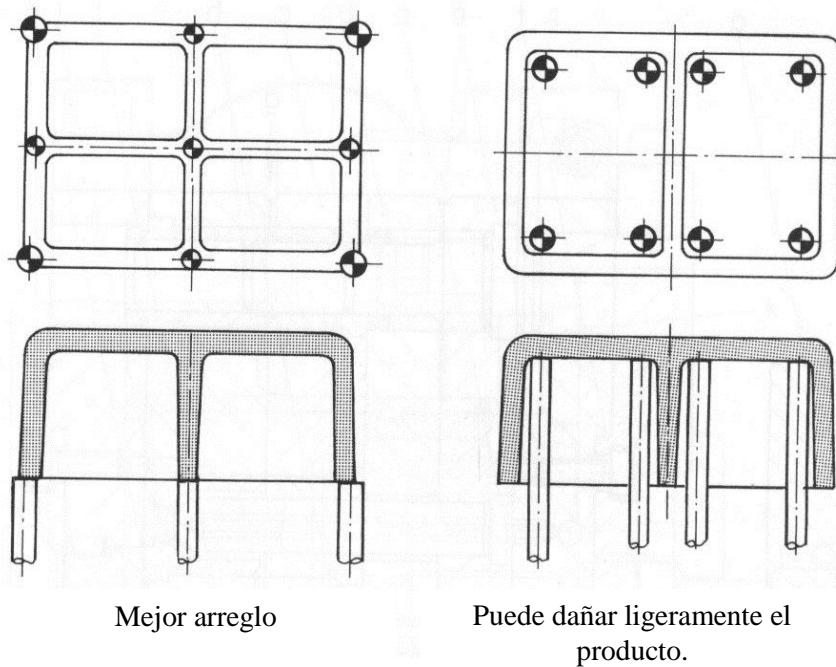


Fig. 2.50 Arreglo de pines de eyección.

2.2.5.2.2 PLACAS DE EYECCIÓN.

Las placas de desmontaje son usadas cuando no hay suficiente área disponible en los productos moldeados para aplicar la fuerza de eyección con pines de eyección. La figura 2.51 muestra un molde con una placa de extracción. El molde abre en la

línea de partición “g”. Los productos moldeados permanecen en los núcleos “d”. El halador de la colada “h” hala la colada fuera del buje de colada “k”, cuando el molde abre un poco más, la barra de eyección es accionada por la placa de la máquina “a”, la barra de eyección “f” acoplada a la placa “a” acciona la placa “b” y “c”. Los productos moldeados son expulsados hacia fuera de los núcleos “d”.

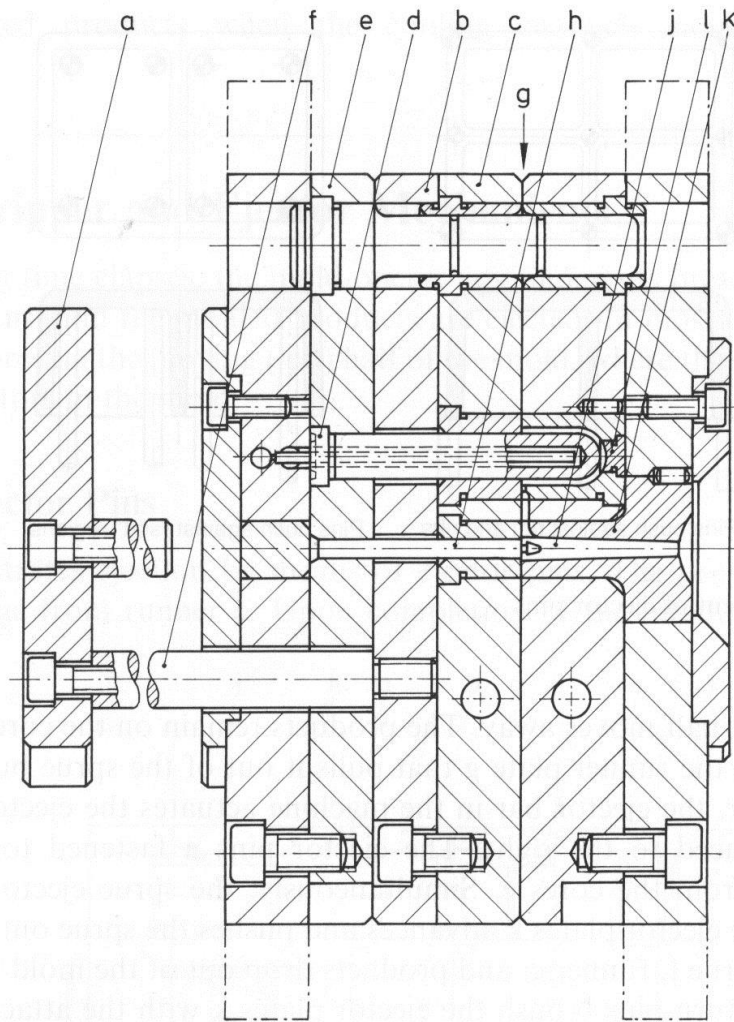


Fig. 2.51 ; Molde con placas de eyección

- a. accionador de placa de eyección, b: placa de eyección, c: placa de desmontaje, d: núcleo, e: placa retenedora del núcleo, f: pin eyector, g: línea de partición, h: halador de colada, j: colada, k: buje de colada, l: tapón de ventilación.

Estos núcleos son retenidos en la placa “e” y los productos son lanzados hacia fuera del molde. Simultáneamente, la colada es lanzada hacia por medio de la barra “h” y eyectado a la localización de la barra de eyección “f” esta dada por la apertura de la placa móvil de la máquina de inyección.

Con este tipo de bebedero, es posible que el aire se entrape al final de la parte redondeada del producto moldeado. Esto genera como resultado un producto llenado incompletamente: Para evitar esto, es posible insertar un tapón “l” con una holgura de pocas milésimas de milímetros. Los pequeños canales de ventilación en el tapón le permiten al aire comprimido escapar de manera que el compuesto llene completamente la cavidad.

2.2.5.2.3 EYECCIÓN DEL LADO ESTACIONARIO.

En diseño de moldes convencionales (inyección a la derecha, eyección a la izquierda), los productos moldeados son usualmente con bebederos en la parte exterior, tenga ahora en cuenta un bebedero donde la inyección se realice por la parte interior de la pieza. Esto solamente es posible con un bebedero como el mostrado en la figura 2.52, con la consecuencia que esta pieza deberá ser eyectada del núcleo del lado estacionario. Después de completar el ciclo de moldes, las placas “a” y “b”, las cuales están empernadas juntas, se mueven y abren el molde en “c”. El seguro del trinquete “d” alcanza la placa “e”, empujándola hacia delante así como el molde, abre cada vez más, como consecuencia se mueve el producto fuera del núcleo “f”. Para permitir que el producto caiga libremente, el trinquete “d” deberá desengancharse de la placa “e”. Esto es obtenido por medio de la liberación de la leva “g” que es parte del mecanismo, del trinquete la distancia “h” deberá ser igual a la distancia “i” más la distancia de eyección. La distancia de apertura del molde depende de la altura del producto. Para mantener la placa expulsora “e” en el pin guía “k”, se prevé de un final “l” en la liberación de la leva “g”. Los trinquetes de son regresados a su posición original por medio de un resorte del tipo hoja “m”.

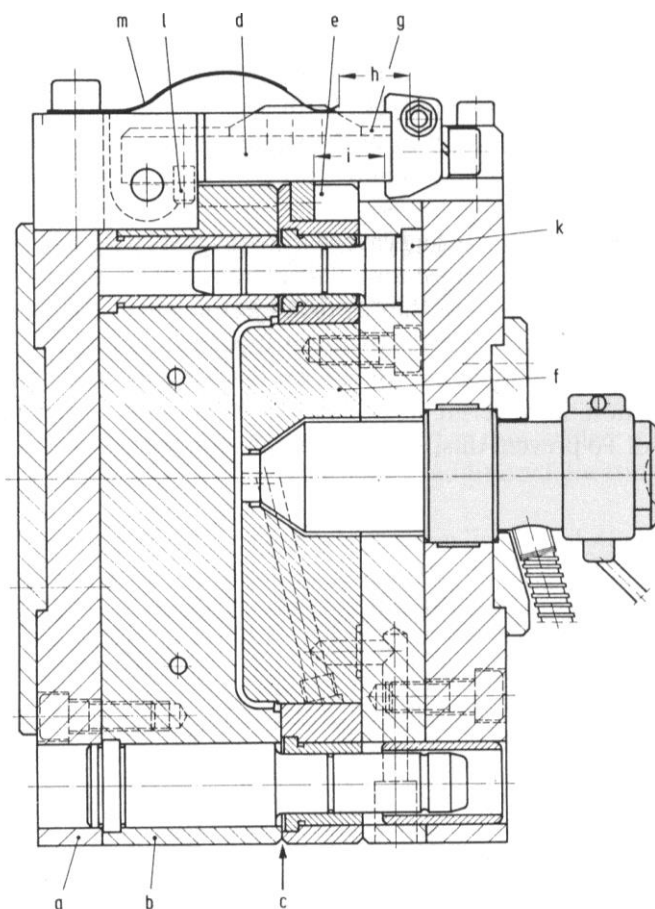


Fig. 2.52 Placa expulsora desde el lado estacionario.

a: placa de anclaje, b: placa de la cavidad, c: línea de partición, d: trinquete, e: placa de expulsión, f: núcleo, g: Leva de liberación, h: distancia de apertura para liberar el trinquete, i: distancia de apertura después de realizarse el desmontaje de los producto, k: pin lider, L final de carrera, m: resorte de hoja.

2.2.5.2.4 EYECCIÓN COMBINADA (AIRE COMPRIMIDO)

La figura 2.53, muestra la expulsión de un producto moldeado por medio de una placa expulsora, una válvula de eyección (poppet-voive) y una válvula de cierre de aire. Con paredes delgadas, en productos se deforman durante la eyección con una placa de expulsión como el resultado de una formación de vacío interna. En tales casos una válvula eyectora poppet “d” puede usarse.

El molde abre en “n”. El muelle “m” separa el buje de colada aislada del producto cuando se completa la inyección. Como el molde abre aun más, la placa de eyección “b” empuja contra la barra eyectora “c”, actuando casi simultáneamente el eyector poppet “b” como también la placa expulsora “e” y “f”. El molde abre en “o”. la placa expulsora “f” y el eyector poppet “d” expulsan el producto moldeado fuera del núcleo.

Después de esta acción de expulsión, sin embargo; es posible que el producto permanezca en el eyecto extendido tipo poppet “d”. Para prevenir esto, se sopla con aire a través del agujero “g” y la ranura “h” en el eyector poppet “d”, consecuentemente soplando el producto hacia a fuera. Un espacio “j” es usado para mantener el aire de llegada en la dirección adecuada. El resorte “k” regresa al eyector poppet de a su posición original. Debido a que la región “l” se vuelve muy caliente, el eyector poppet “d” deberá enfriarse como se muestra.

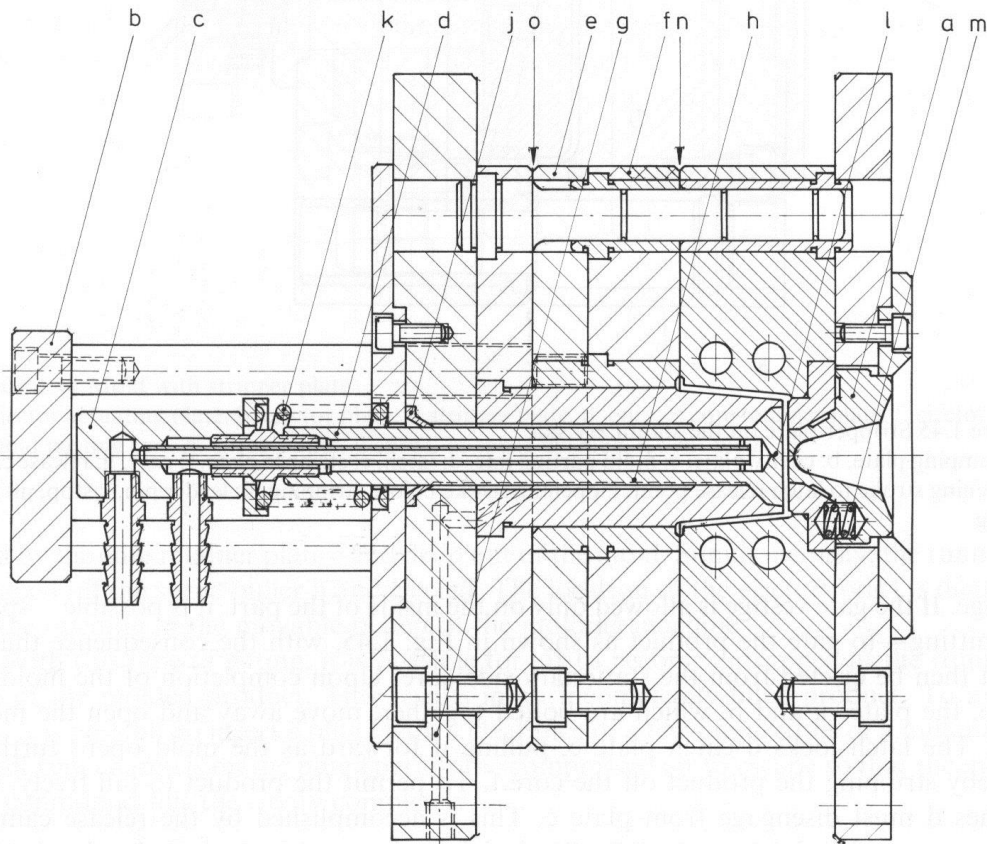


Fig. 2.53 Placa de desmontaje con válvula de eyección (poppet)

A: buje de colada perdida, b: placa de eyección, c: barra de eyección, d: válvula poppet, e, f: placas de desmontaje, g: canal de aire, h: ranura para el flujo de aire, j: sello, k: resorte de retorno, l: cara de la válvula poppet, m: resorte tipo helicoidal, n, o: línea de partición del molde.

2.2.5.3 PRODUCTOS CON ROSCA.

2.2.5.3.1 MECANISMOS DE DESENROSQUE ACTIVADO POR EL MOVIMIENTO DEL MOLDE.

El molde mostrado en la figura 2.54, el desenrosque de los núcleos se realiza por medio de un husillo o eje roscado como se muestra en la figura.

Después de completar la inyección, el molde se abre en “a”, el lado izquierdo se retracta. Los productos moldeados “k” se sostienen en los núcleos “b” y en las cavidades “l”, una vez que el molde abre, el husillo roscado “c” entra al anillo roscado “u” acoplado al eyector y comienza a girar. Así como el husillo gira junto con el engranaje “e”, cuyos dientes hacen contacto con los dientes “f” de los núcleos roscados “b”, estos núcleos desenroscan de las piezas moldeadas y dentro de la rosca “g” de los bujes roscados “h”, el moleteado de la parte exterior de los componentes los previene de que giren durante esta etapa.

Una vez que el molde abre un poco más el pin eyector “m” viene en contacto con el final “n”. La placa eyector “o” acoplada al pin eyector deja de moverse. El molde se abre aun más, y la camisa eyector “p” en la placa de eyección eyecta el producto moldeado “k” de la cavidad “l”. el pin de colada que empuja la colada “r” fuera de la ranura “s” y la eyecta. Una vez que el molde cierra, el husillo central roscado “c”, engrana con la rosca del anillo “u”, y los engranajes que rotan “c” y “f” desenroscan los núcleos “b” de los bujes roscados. Retornándolos a la posición del moldeo. Justamente antes de que el molde cierre por completo, el pin “t” regresa y empuja a la placa de eyección “o” con la camisa de eyección “p” y el pin eyector de la colada que de regreso a su posición inicial.

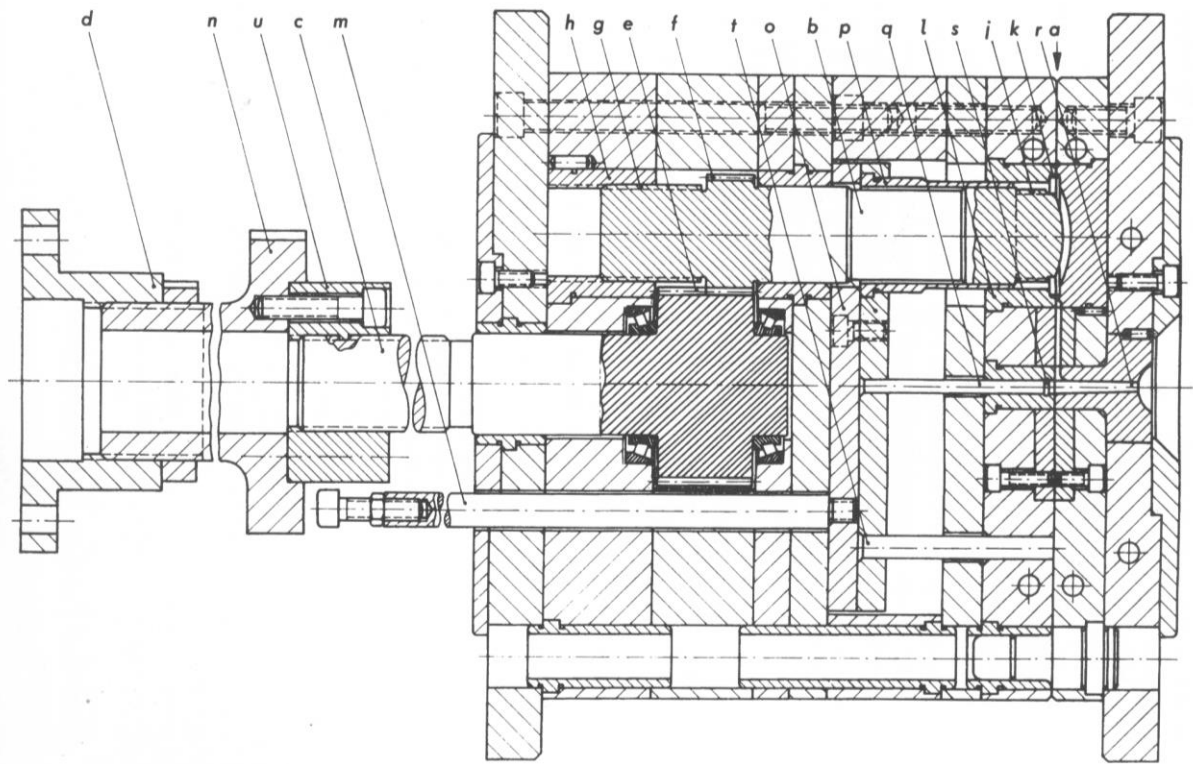


Fig.2.54 Mecanismo de desenrosca activado por el movimiento del molde.

a: línea de partición, b: núcleo roscado, c: husillo roscado, d: accionador del eyector, e: engrane, f: dientes del engrane, g: zona roscada, h: buje roscado, j inserto roscado, k: parte moldeada, m: pin eyector, n: final de carrera, o: placa de eyección, p: camisa de eyección, q: eyector de colada, r: colada, s: tirador de colada, t: pin de retorno, u: buje roscado.

2.2.5.3.2 MECANISMO DE DESENROSQUE MOTORIZADO.

En muchos casos es práctica el usar un mecanismo de manejo separado para desenroscar, por ejemplo cuando se tienen varias roscas en las piezas moldeadas, o cuando el desenroscado ocurre con el molde cerrado.

La figura 2.55, muestra un molde de cuatro cavidades en el cual dos núcleos roscados "b" cada uno es manejado por una cremallera "c". Las cremalleras son operadas por un cilindro hidráulico. La cremallera entra al molde antes de la apertura, desenroscando los núcleos (los cuales corren en un buje roscado) de los productos

moldeados. Durante la apertura subsecuente del molde, los productos y los núcleos son retirados de las cavidades y los productos entonces son eyectados por los pines.

Los núcleos roscados pueden ser actuados por mecanismos de rotación. Tales unidades son ofrecidas por los constructores de máquinas de inyección.

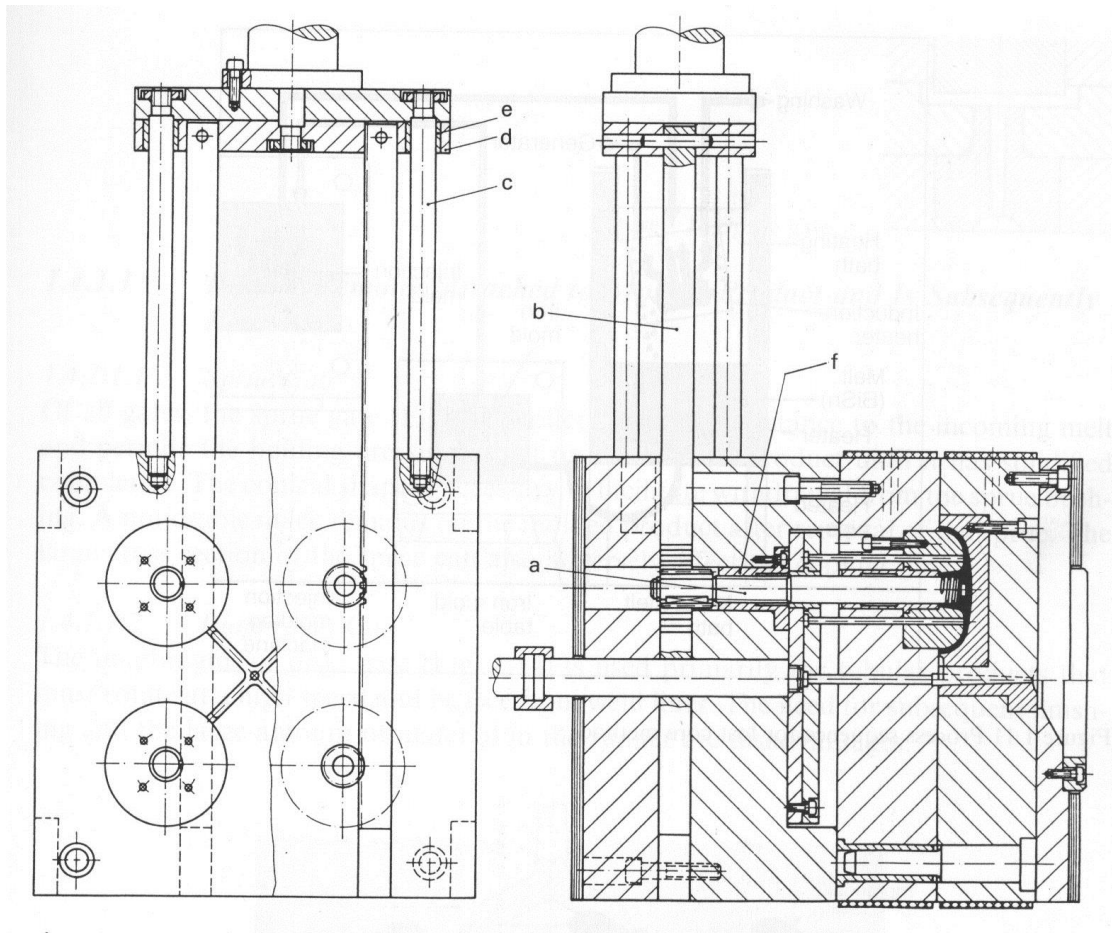


Fig. 2.55 Molde de cuatro cavidades para partes roscadas accionado por cremallera.
a: núcleo roscado, b: cremallera, c: barra espaciadora, d: Placa de retención, e: buje guía.

2.2.5.3.3 MACHOS INTERCAMBIABLES.

Molde para tapas con tres roscas en poliacetal.

La tapa *a* es una pieza simétrica con tres roscas. Las rosas *I* y *II* tienen el mismo paso y pueden ser conformadas por un macho roscado de una sola pieza. Como material se utiliza poliacetal. La cantidad de piezas *a* fabricar en total es relativamente baja.

El molde (véase Fig. 2.56) se ha construido de forma sencilla. El contorno exterior de la pieza se conforma por un inserto *c* atornillado en la placa *b*. Este inserto es atemperado por un canal circular (sistema de atemperación *A*). La rosca *III* se conforma por las dos correderas *d*. La inyección de las piezas se realiza por la colada *e* de tipo de paraguas. El contorno interior de la tapa es conformado por el macho principal *f* fijado en la placa *p*. La atemperación de este macho se realiza por los orificios de atemperado (sistema de atemperación *B*). La efectividad se incrementa por una espiral de conducción de agua *g* soldada. Las roscas *I* y *II* se conforman por un macho roscado *h* de una sola pieza. Debido a la poca cantidad de piezas que se han de inyectar, el molde se ha diseñado de forma que el macho roscado *h* se puede desenroscar en el exterior del molde. El macho roscado está insertado en un anillo expulsor *i* y es sujetado por tres mecanismos de presión *k* amortiguados. El centraje se realiza con un cono *l* del macho fijo *f*.

El molde se abre por dos trinquetes de tiro *m* forzosamente en el plano *I-I*. Con este movimiento se desplazan hacia el exterior las correderas *d* que conforman las rosas. Después de un recorrido de 18 mm los trinquetes son desenganchados por medio de las regletas *n* el molde se abre en el plano principal *II-II*. Accionando el expulsor de la máquina, el macho roscado *h* es desplazado 90 mm hacia la parte de la colada por los tres bulones de expulsión *o* y el anillo de expulsión *i* (altura de la pieza 10 mm). El macho roscado extrae la pieza del macho fijo *f*. Después la pieza y el macho roscado *h* son extraídos manualmente del anillo de extracción *i* son correr peligro de dañar el macho principal *f*. El desenroscado de la rosca se realiza con un dispositivo auxiliar

en el exterior del molde. Para reducir el ciclo se trabaja con varios machos roscados intercambiables y mientras se inyecta la siguiente pieza se desenrosca la pieza anterior.

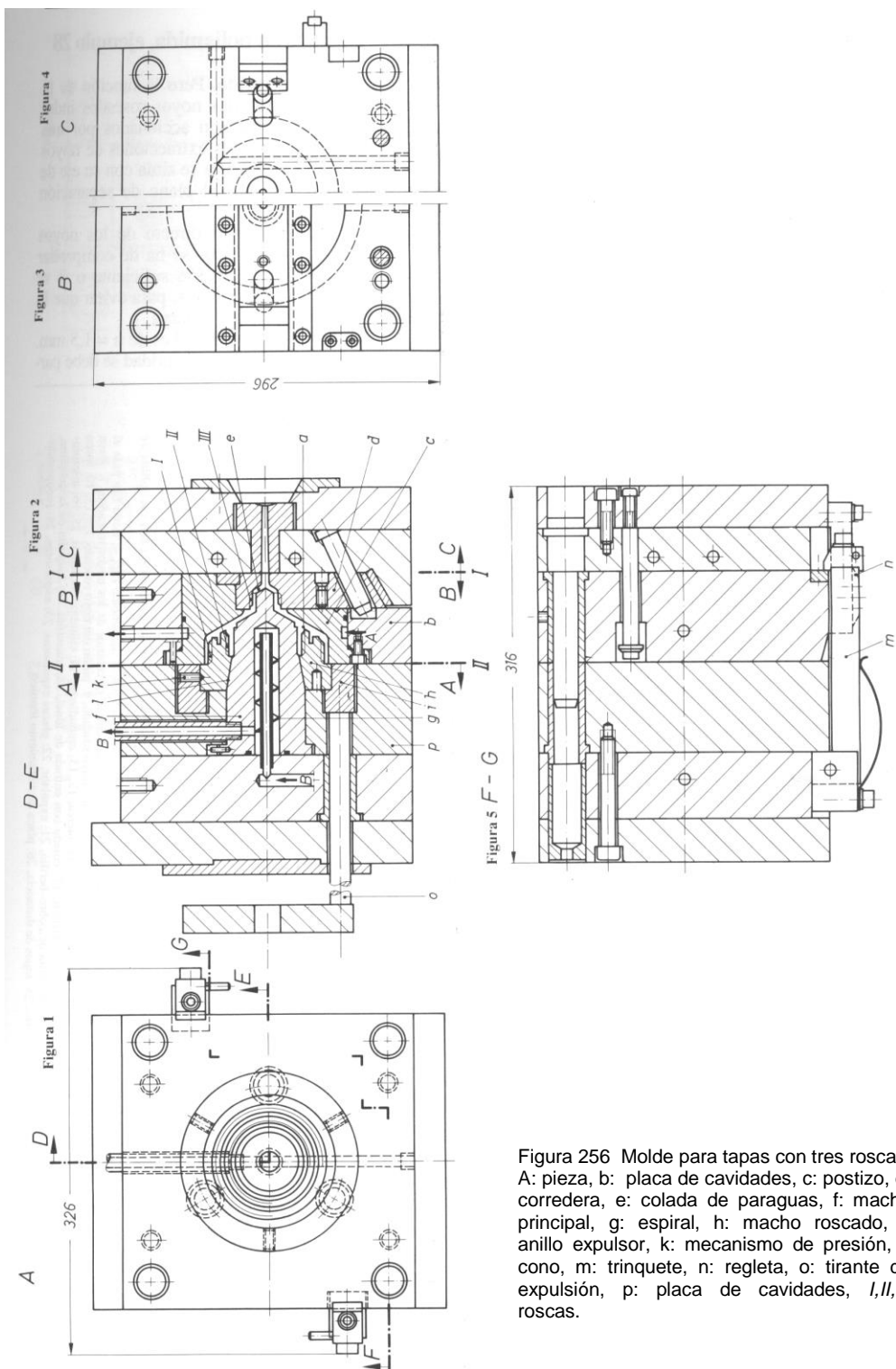


Figura 256 Molde para tapas con tres roscas. A: pieza, b: placa de cavidades, c: postizo, d: corredera, e: colada de paraguas, f: macho principal, g: espiral, h: macho roscado, i: anillo expulsor, k: mecanismo de presión, l: cono, m: trinquete, n: regleta, o: tirante de expulsión, p: placa de cavidades, I, II, III roscas.

2.2.5.3.4 MORDAZAS.

Molde simple para tornillos sinfín en polioximetileno, (Véase Fig. 2.57)

El tornillo sinfín es un cuerpo cilíndrico de 66 mm de diámetro y 23 mm de altura con una rosca trapezoidal de 3,5 mm de paso. Las mordazas correderas exteriores desmoldean la rosca. El número de mordazas necesario depende del paso de la rosca y de su perfil, pero también del material del cual ha de fabricarse la pieza.

La figura 2.57 a. Muestra una vista en planta de una rosca con perfil rectangular. Si esta rosca se conformara entre dos mordazas, o sea, el plano de separación situado en el plano de la figura 1, el molde dañaría la rosca al abrir, ya que en los puntos H existen contrasalidas.

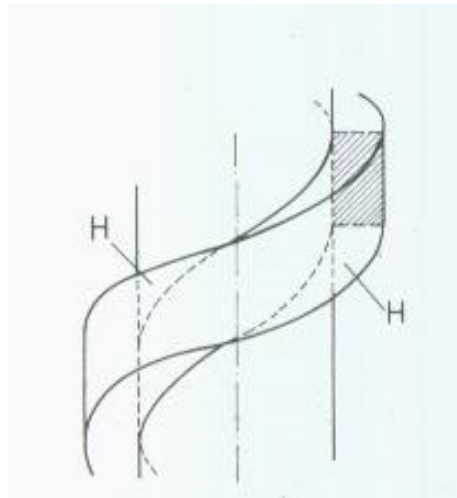


Figura 2.57 a. Rosca con perfil rectangular (vista en planta)

El análisis de las características de la contrasalida y la determinación del número de mordazas se realiza de forma óptima con un ordenador, que permita analizar los sectores críticos indicándole la geometría de la rosca.

Molde

El molde expuesto en este ejemplo (figura 2.57 b y 2.57 c) tiene cuatro mordazas (1) que son accionadas por dos columnas inclinadas cada una (2). Las mordazas son

guiadas en la placa de forma (3) y bloqueadas por las guías de ajuste (4) y la placa de cavidad (5) cuando el molde está cerrado. La construcción del molde se ha realizado con elementos normalizados.

Colada

La pieza es inyectada centralmente por una boquilla con expulsión neumática de la colada (6).

En la boca (7) se ha conformado el cono de colada (8) de forma que desemboque en la pieza con dos puntos junto al orificio central.

Antes de abrir el molde, el cono de colada (8) es separado de la pieza por la acción de la boquilla neumática (6) y expulsado hacia atrás.

Desmoldeo

Al abrir el molde las cuatro mordazas (1) son separadas por las ocho columnas inclinadas (2) y la rosca queda libre. Ahora los expulsores (9) pueden expulsar la pieza del macho.

El accionamiento se realiza hidráulicamente a través de la máquina. Con un chorro de aire se despega la pieza de los expulsores (9)

Atemperación

Las placas de cavidad (3) y (5), así como las mordazas (1), tienen taladros de atemperación; en el macho (10) se ha incluido un núcleo (11) con ranuras de conducción del líquido atemperante.

Fig. 5.57 b

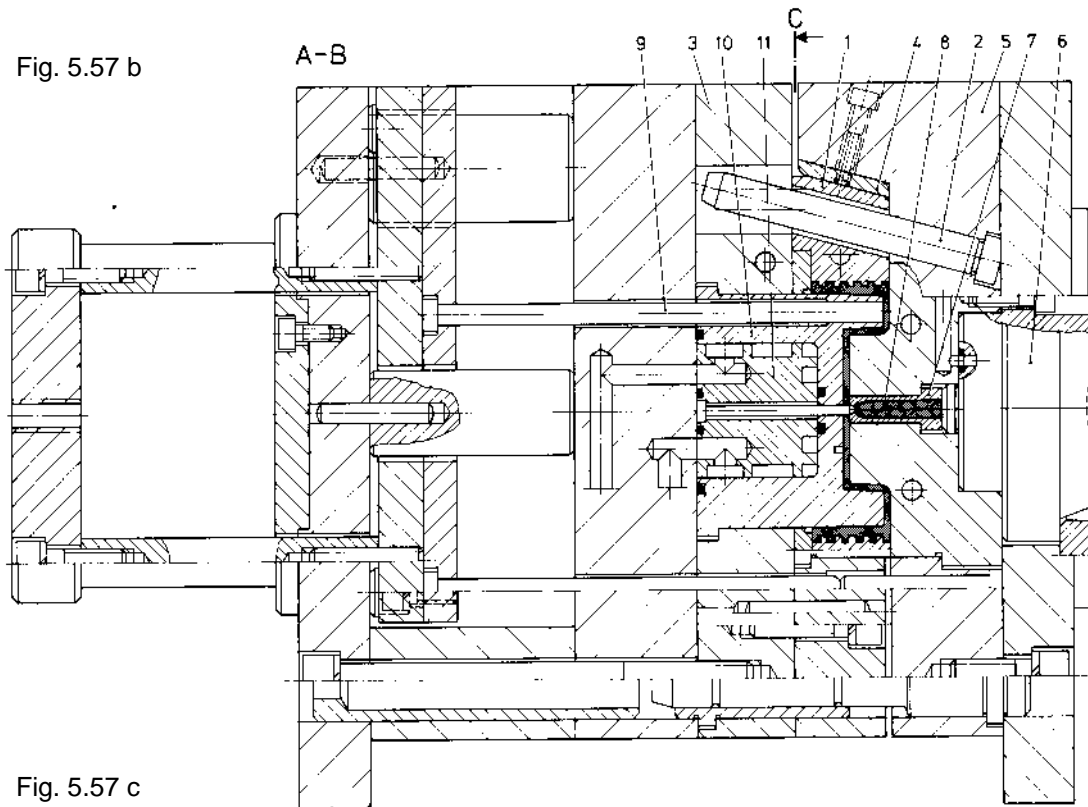


Fig. 5.57 c

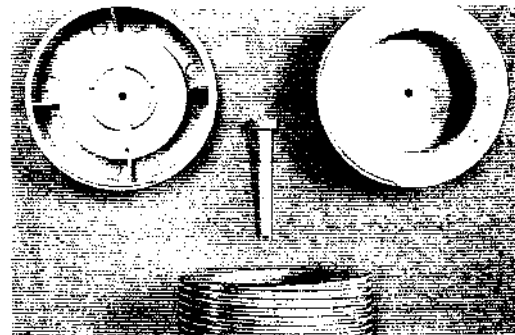
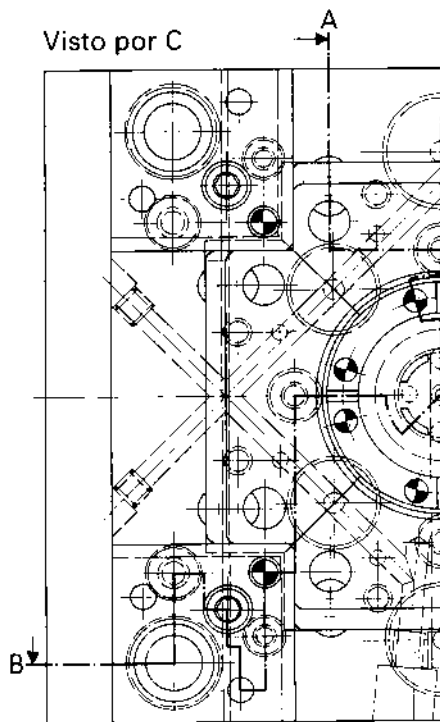


Figura 4. Tornillo sinfin con cono de colada

Figuras 2 y 3. Molde simple para tornillo sinfin de POM
 1: mordazas, 2: columnas inclinadas, 3: placa portamacho, 4: guía de ajuste, 5: placa de cavidad, 6: boquilla neumática, 7: boca, 8: cono de colada, 9: expulsores, 10: macho, 11: núcleo de atemperación

2.2.5.3.5 EXTRACCIÓN POR SEGMENTOS.

Molde de tres cavidades para botes de crema de cosmética con rosca (Véase Fig 2.58)

Para cerrar los botes de crema de cosmética se utilizan generalmente tapaderas con rosca fina. La fabricación de tales botes de plástico por inyección requieren moldes que eviten, por motivos estéticos, las marcas de la partición del molde en la superficie, que surgirían inmediatamente con los moldes sencillos de cavidad partidas. Los moldes con dispositivo de desenrosque evitan este defecto, pero son más complejos y más caros.

El molde de tres cavidades expuesto en las figuras 2.58 a y 2.58 b para botes de cosmética ofrecen una solución económica del problema, en la cual sólo se ha previsto una división de la cavidad en el sector de la rosca en el bote. El resto del bote se conforma en una cavidad sin separación de molde. Para la conformación de la rosca se utiliza un anillo de tres segmentos (15), que se une por las cuñas con el molde cerrado (16) (representado en el sector I de la vista principal o en la vista de planta, izquierda (Figuras 2.58 a y 2.58 b). La ejecución como molde de tres placas hace que al abrir el molde la primera separación se efectúe entre las placas (2) y (3), de forma que por medio del muelle (33) y el bulón (32) se expulse la mazarota (representado en el sector II de la vista principal). Al hacer tope la placa(4) y (5). En este momento se retiran los segmentos de conformación de la rosca (15) de las cuñas (16) y son empujados hacia el exterior por los muelles (25), liberando la rosca de la pieza. A continuación, por medio del casquillo de extracción (19), se pueden extraer las piezas (representado en el sector III de la vista principal y en la vista de planta, derecha, de las figuras 2.58 a y 2.58 b). La refrigeración interna de los machos (13) y la refrigeración externa de la placa (5) permiten ciclos cortos.

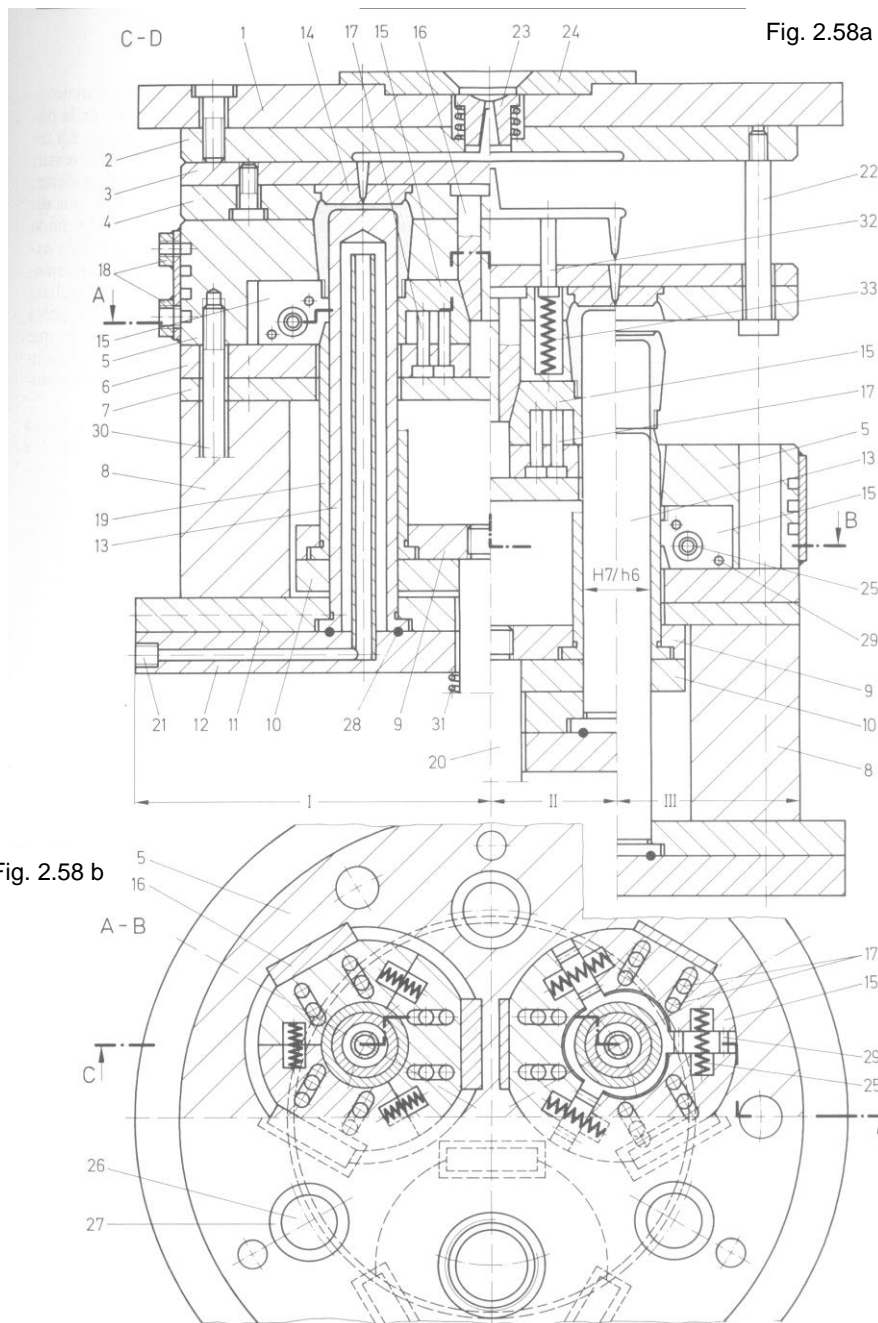


Figura 2.58 Molde de tres cavidades para botes de cosmética con rosca

1,2: placas base fijas. 3,4: placas soportes superiores, 5: placa de cavidad, 6,7:placas base, 8: anillo de distancia, 9,10: placas de expulsión, 11, 12: placas de fijación móviles, 13: macho refrigerado, 14: postizos para la conformación del fondo, 15: anillo de segmentos para la conformación de la rosca, 16: cuña, 17: bulón guía, 18: conexión de agua d refrigeración, 19: casquillo de expulsión, 20: barra de expulsión, 21: conexión de recorrido, 23:bebedero, 24: aro de centrado, 25: muelle, 26: columna de guía, 27: casquillo de guía, 28: junta, 29: pasador, 30: tornillo de unión, 31: muelle, 32: bulón de expulsión par ala mazarota, 33: muelle

2.2.5.4 PRODUCTOS CON CONTRASALIDAS.

2.2.5.4.1 CONTRASALIDAS EXTERNAS.

2.2.5.4.1.1 DESMOLDEO DE UN CUBO CON CONTRASALIDAS EXTERIORES (VÉASE FIG. 2.59)

El cubo de 20 litros (número de patente americana 4 648 834) en la figura 2.59 a tiene varios bordes perimetrales externos, para cuyo desmoldeo serían necesarias mordazas o correderas desplazables lateralmente.

Tales correderas incrementan considerablemente el costo del molde, y este ejemplo muestra que, con un aprovechamiento inteligente de las contracciones del material y con una profundidad de contrasalida limitada, se pueden ahorrar costos de molde y tiempo de fabricación, así como simplificar el manejo del molde (peso, volumen, mecánica).

Molde

El molde está compuesto por una parte de cavidad (1) y una parte portadora del macho (2), que se conjuntan por las columnas de guía (3) y son centradas por un centraje cónico (4).

En la parte de cavidad (1) está fijado un anillo que da forma a la parte inferior del borde perimetral (5) del recipiente.

Para el centraje cónico (4), en el macho (2) se encuentran dos anillos de extracción (7, 8) sobre unas columnas de guía (6) que conforman las contrasalidas exteriores. El anillo (7) es movido por tirantes de expulsión (9), mientras que el anillo (8) está fijado sobre los distanciadores (10) que limitan su recorrido.

Procedimiento de desmoldeo.

El procedimiento de desmoldeo está expuesto en sus cuatro fases en la figura 2.59 b

Fase I

El molde está cerrado, la pieza y el macho están cerrado en la parte de conformación.

Fase II

El anillo de extracción (7) es desplazado hacia delante por la barra de extracción (9). La pieza es separada del macho, las contrasalidas arrastran el anillo (8) consigo. La conicidad del macho libera la superficie inferior de la pieza. Debido a la contracción, este diámetro se reduce de forma que el borde conformado en el anillo (8) se sale. El anillo (8) se queda inmóvil.

Fase III

El anillo (7) extrae el borde de la pieza completamente del anillo (8).

Fase IV

El anillo (7) permanece inmóvil, la pieza es separada con aire comprimido del macho. El aire para el soplado es conducido hacia el interior de la pieza por la válvula (11). Antes de abrir el molde se sopla aire a presión en la base de la placa de cavidades para facilitar la extracción.

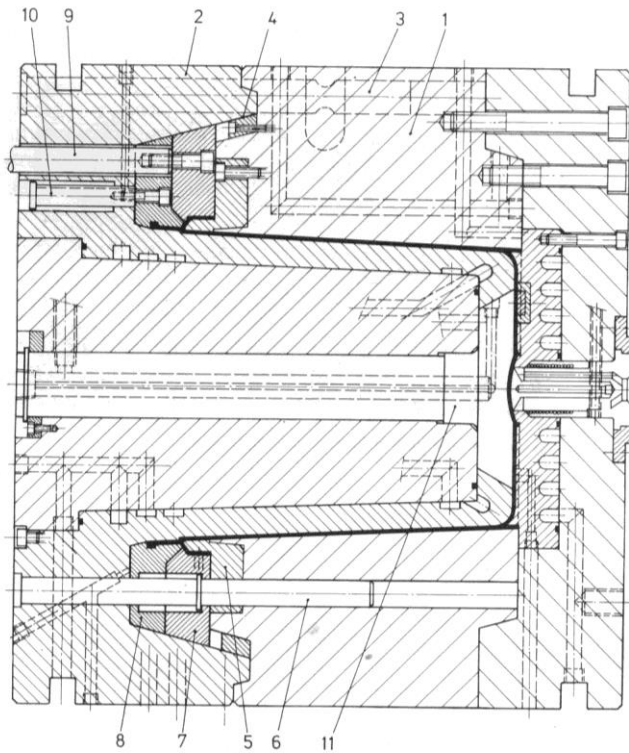


Figura 2.59 a. Molde para cubo de 20L. Con contrasalida externas
 1: parte de cavidad, 2: portamachos, 3: columna de guía, 4: centrado cónico, 5: anillo, 6: columna de guía, 7: anillo de extracción, 8: tope espaciador, 9: tope espaciador, 10: tope espaciador, 11: postizo de válvula

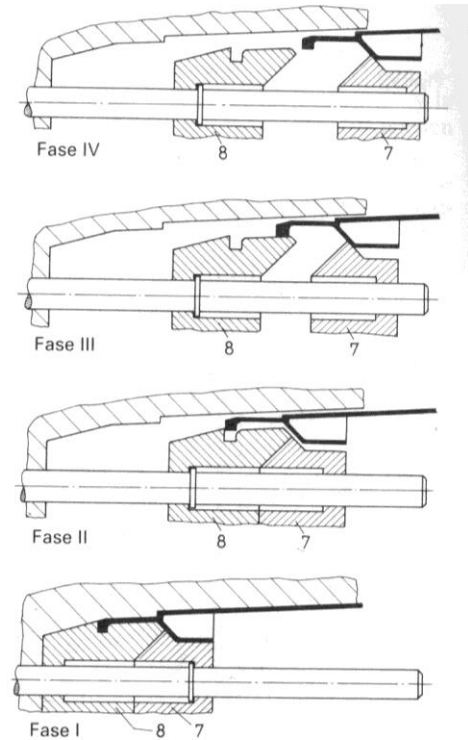


Figura 2.59 b. Proceso de desmoldeo

Fig. 2.59

2.2.5.4.1.2 MOLDE DE INYECCIÓN CON RECORRIDO DE APERTURA REDUCIDO PARA CAJAS DE TRANSPORTE DE BOTELLAS DE LECHE,(VÉASE FIG. 2.60)

Las cajas de transporte (número de patente americana 4 731 014) para bebidas tienen una estructura cuadrículada en sus caras exteriores, causadas por el borde de apilamiento, nervios de refuerzo y ventana de asir, para cuyo desmoldeo de molde ha de estar equipado con correderas exteriores. Si estas correderas exteriores se sitúan en el semimolde fijo, su recorrido de apertura ha de ser el doble de la altura de la caja, adicionalmente del desplazamiento axial de las columnas inclinadas para desmoldear la pieza.

El principio aquí descrito reduce considerablemente el recorrido de desmoldeo y, por lo tanto, es muy adecuado para piezas especialmente profundas o moldes de pisos.

La caja para transporte de botellas de leche según la figura 1 tiene unas dimensiones de 300 x 300 mm y una altura de 280 mm. Su estructura cuadrículada ofrece contrasalidas exteriores.

Las figuras de la 2.60 a –2.60 c muestran el principio de desmoldeo, ampliado con la posibilidad de desmoldear contrasalidas interiores (en el macho interior).

El molde (figura 2.60 a) está compuesto por el macho (1) con las mordazas interiores (2) desplazables fijadas en él, la placa base de cavidad (3) con el bebedero (4), el marco (5) y las correderas desplazables (6) en él. El marco (5) puede ser desplazado por cilindros hidráulicos (7) en el sentido de apertura del molde.

Al abrir (figura 2.60 b), los cilindros (7) mantienen unidos la placa base de cavidad (3) y el marco (5). La pieza (8) se queda en la parte de la cavidad debido a sus contrasalidas exteriores; el macho (1) es extraído. Las contrasalidas existentes en el interior se desmoldean desplazando las mordazas (2) del macho (1) hacia el interior. La pieza se puede contraer ahora, y su medida será inferior a la sección del macho.

Ahora los cilindros (7) empujan el marco (5) hacia la parte del macho (figura 2.60 c). La pieza, que se ha contraído, choca con su borde contra las mordazas (2) o contra el macho (1) y empuja hacia atrás las mordazas (2) (en caso de que existan).

Las mordazas correderas exteriores (6) existentes en el marco (5) efectúan también el movimiento axial del marco cuando se han abierto lo suficiente para liberar el contorno exterior de la pieza (8). La pieza puede ser extraída ahora fácilmente.

El recorrido de apertura del molde sólo ha de ser algo mayor que la altura de la caja H, más el recorrido de las mordazas B.

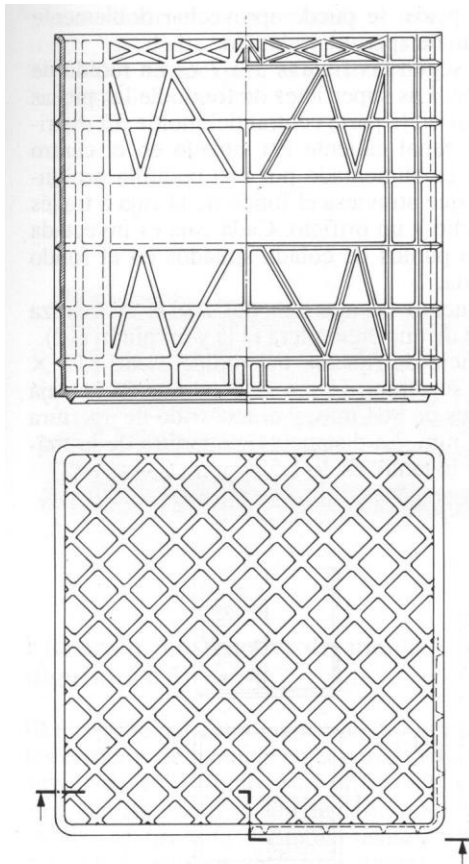


Fig. 2.60 Caja de transporte de botellas

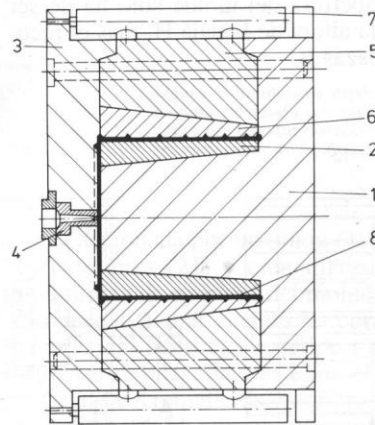


Fig. 2.60 a Molde simple para caja de transporte de botellas de leche

1: macho, 2: mordazas del macho, 3: placa base de la cavidad, 4: bebedero, 5: marco, 6: mordazas exteriores, 7: cilindro hidráulico, 8: pieza inyectada.

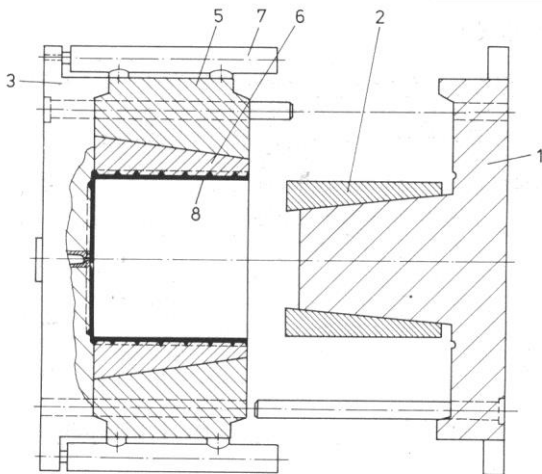


Fig. 2.60 b y c Molde simple para caja de transporte de botellas de leche

1: macho, 2: mordazas del macho, 3: placa base de la cavidad, 4: bebedero, 5: marco, 6: mordazas exteriores, 7: cilindro hidráulico, 8: pieza inyectada.

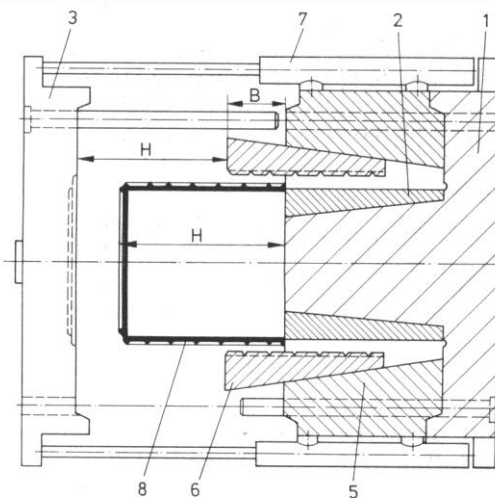


Fig. 2.60

Molde de pisos

Si se aplica este principio de desmoldeo en un molde de pisos, se puede aprovechar doblemente el recorrido de apertura reducido.

El molde según las figuras 2.61 a - 2.61 c es un molde de pisos doble. Las superficies de fondo de las piezas están juntas en la parte central del molde. El distribuidor de canal caliente (9) situado en el centro del molde es alimentado por una boquilla prolongada (10) que atraviesa el fondo de ka kha a través de un macho u un orificio. Cada caja es inyectada por cuatro puntos de colada situados en el fondo de la misma.

El movimiento de apertura del molde se realiza por medio de una cremallera (11) y un piñón (12). La superficie de fijación del molde es de 813 X 313 mm, su altura de montaje (altura de la kha 280 mm) es de 964 mm, y el recorrido de apertura es de 660 mm. La distancia de apertura de la máquina, por lo tanto, es de 1.524 mm.

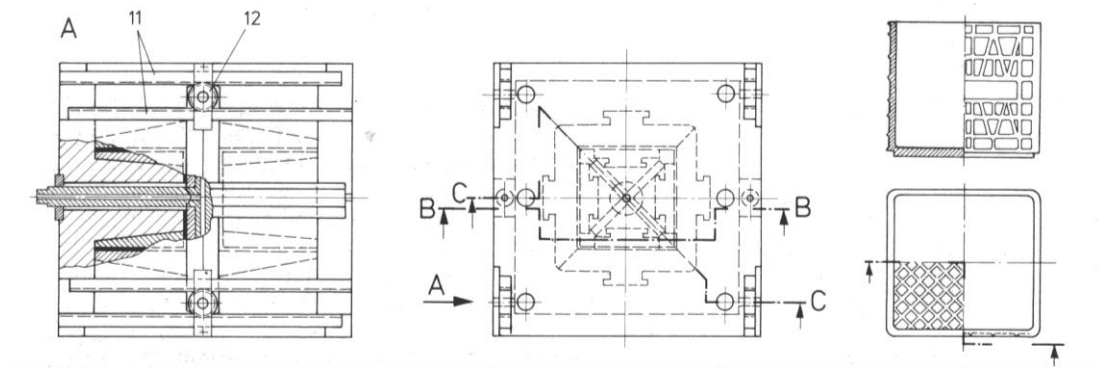


Figura 2.61 a: molde doble de pisos para cajas de botellas de leche.
11: cremallera, 12: piñón

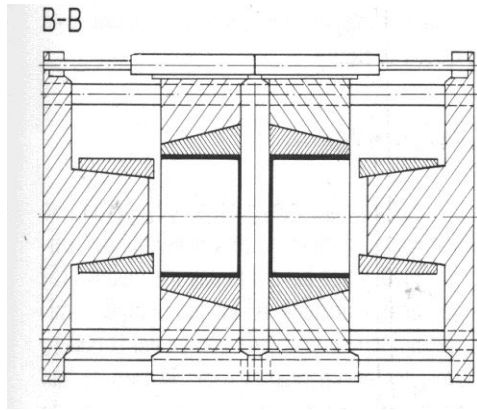


Figura 2.61 b Molde abierto

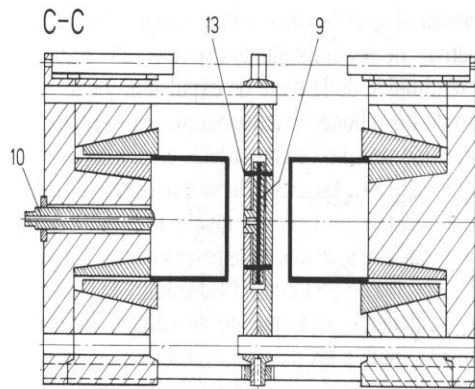


Figura 6.61 c: pieza desmoldeada
9: distribuidor de canal caliente, 10: boquilla, 13: punto de entrada

2.2.5.4.1.3 RECIPIENTE CILÍNDRICO EN TERMOPLÁSTICO CON ESTUDIO DE DESMOLDEO Y APERTURA REDUCIDA, (VÉASE FIG 2.62)

Existen recipientes cilíndricos, como por ejemplo botes de pintura, que disponen de un borde interior y que se cierran con una tapadera a presión. Tales recipientes se pueden embalar con gran ahorro de espacio. Este estudio muestra cómo se puede inyectar y desmoldear un recipiente de este tipo.

Molde

El molde (figura 2.62 a y 2.62 b) está compuesto por una cavidad lateral (5) y un cuerpo de macho (6) sobre el cual están fijadas las correderas de machos (1) desplazables a lo largo de superficies inclinadas. Dichas correderas (1) están fijadas además sobre una placa guía (7) y se pueden desplazar radialmente. Entre las correderas de machos (1) se encuentran, con el molde cerrado, las correderas (3) sobre el cuerpo de machos (6) y forman junto con las correderas (1) la superficie exterior cilíndrica del macho.

Las correderas (3) también son desplazables radialmente sobre la placa guía (8). Éstas son accionadas por medio de columnas inclinadas (2) situadas sobre la placa guía (7).

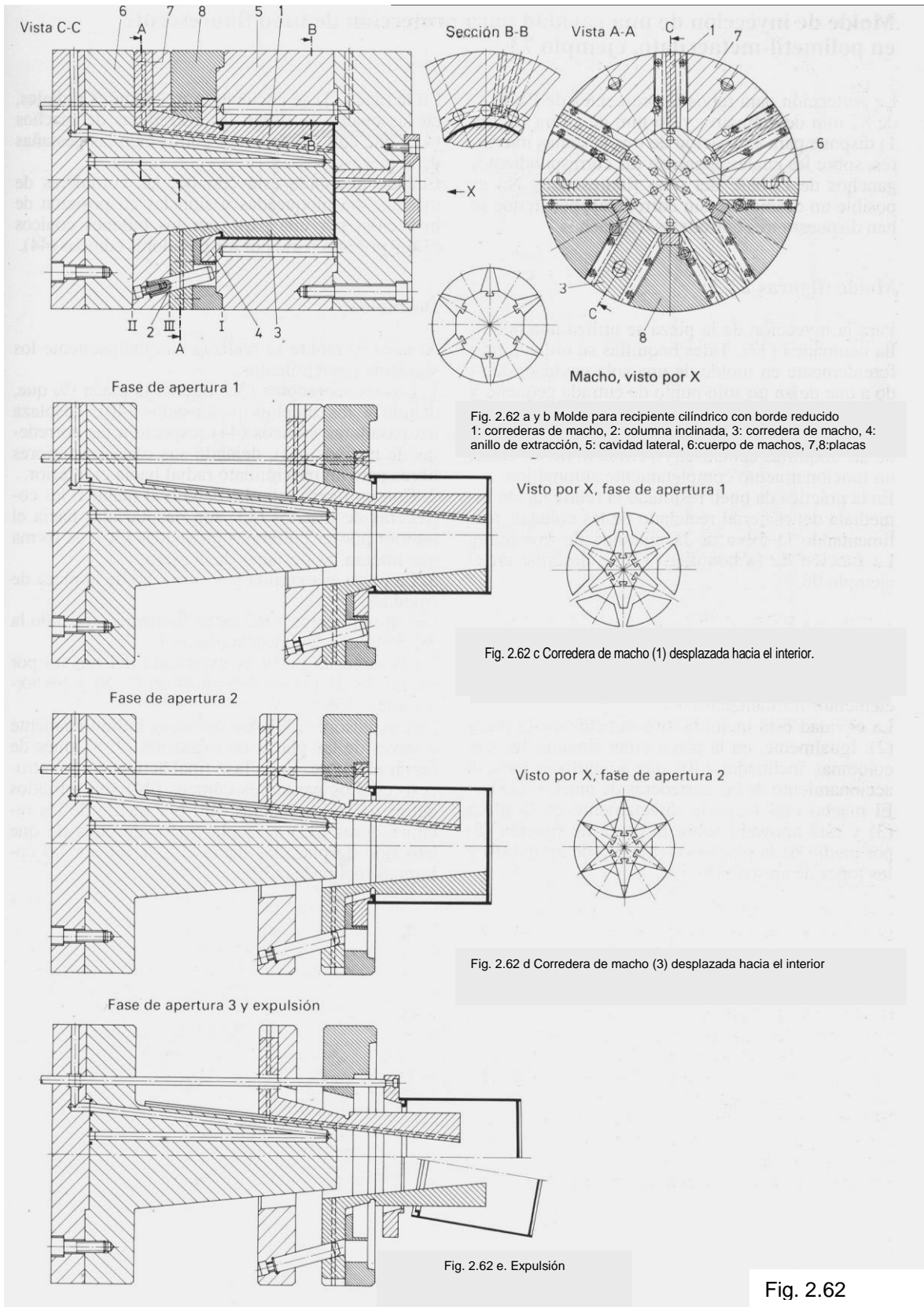
El borde del recipiente es conformado por el anillo de extracción (4), que con el molde cerrado rodea las correderas (1, 3).

La figura 2 muestra arriba las guías de las correderas (1) en la placa (7) y abajo las guías para las correderas (3) en la placa (8).

No se han representado los dispositivos de accionamiento para el control de las fases de desmoldeo expuestas a continuación. Para ello se dispone de los elementos de accionamiento convencionales (cilindro hidráulico, accionamiento por trinquete, cadenas de arrastre, etc.).

Desmoldeo

1. El molde se abre en el plano de separación I; el macho y la pieza son extraídos de la matriz.
2. Las placas (7) y (8) salen del cuerpo de machos (6) (plano II). Debido a su guía sobre el cuerpo de machos (6), las correderas (1) se desplazan radialmente hacia el interior, mientras que las correderas (3) mantienen de momento su posición radial inicial. Entre las correderas (3) se forman espacios libres tangencial y radialmente (figura 2.62 c).
3. La placa (7) se para y la placa (8) sigue desplazándose (separación en III). Ahora las columnas inclinadas (2) arrastran las correderas (3) hacia el interior; la pieza queda colgada únicamente del anillo de extracción (4) (figura 2.62 d).
4. La pieza es extraída del macho por el anillo de extracción (figura 2.62 e)



2.2.5.4.2 CONTRASALIDAS INTERNAS.

2.2.5.4.2.1 MOLDE DE INYECCIÓN PARA MONTURA DE LUPA CON MANGO (VÉASE FIG. 2.63)

Las monturas para gafas o para lupas (Fig. 2.63), son típicas piezas de inyección con una ranura interior en todo el perímetro; pero también las carcasas para instrumento con cristal de protección pueden tener este tipo de ranuras. Existen dos soluciones de construcción para fabricar tales piezas:

- La zona del molde (en realidad una placa) que conforma la ranura está dividida en cuatro partes, que son extraídas por pares a través de unas articulaciones,
- La pieza aún plásticamente deformable es extraída con fuerza de la parte del molde que conforma la ranura.

En el primer caso se requiere un molde de construcción complicada, que es de coste elevado y propenso a las averías debido a las articulaciones necesarias.

En el segundo caso, la ranura se puede deformar a causa de tratamiento poco cuidadoso que sufre la pieza. Esto significa piezas defectuosas, o, si se puede reparar, un exceso de tiempo y costos.

La construcción expuesta en las figuras (2.63 a) a (2.63 c) elimina ambos problemas. El molde para la inyección de monturas de lupa es de dos cavidades. En la parte exterior de las piezas se han previsto en cuatro partes unos salientes pequeños de forma lenticular, tres en la montura y uno en el mango, en estos salientes atacan los expulsores cilíndricos (11). Posteriormente estos salientes son eliminados.

La placa que conforma la ranura (19) tiene forma de muelle en espiral y en el centro está fijada con dos tornillos de cabeza redonda. Al expulsar la pieza inyectada, este muelle es extraído de la ranura sin que ésta sea dañada.

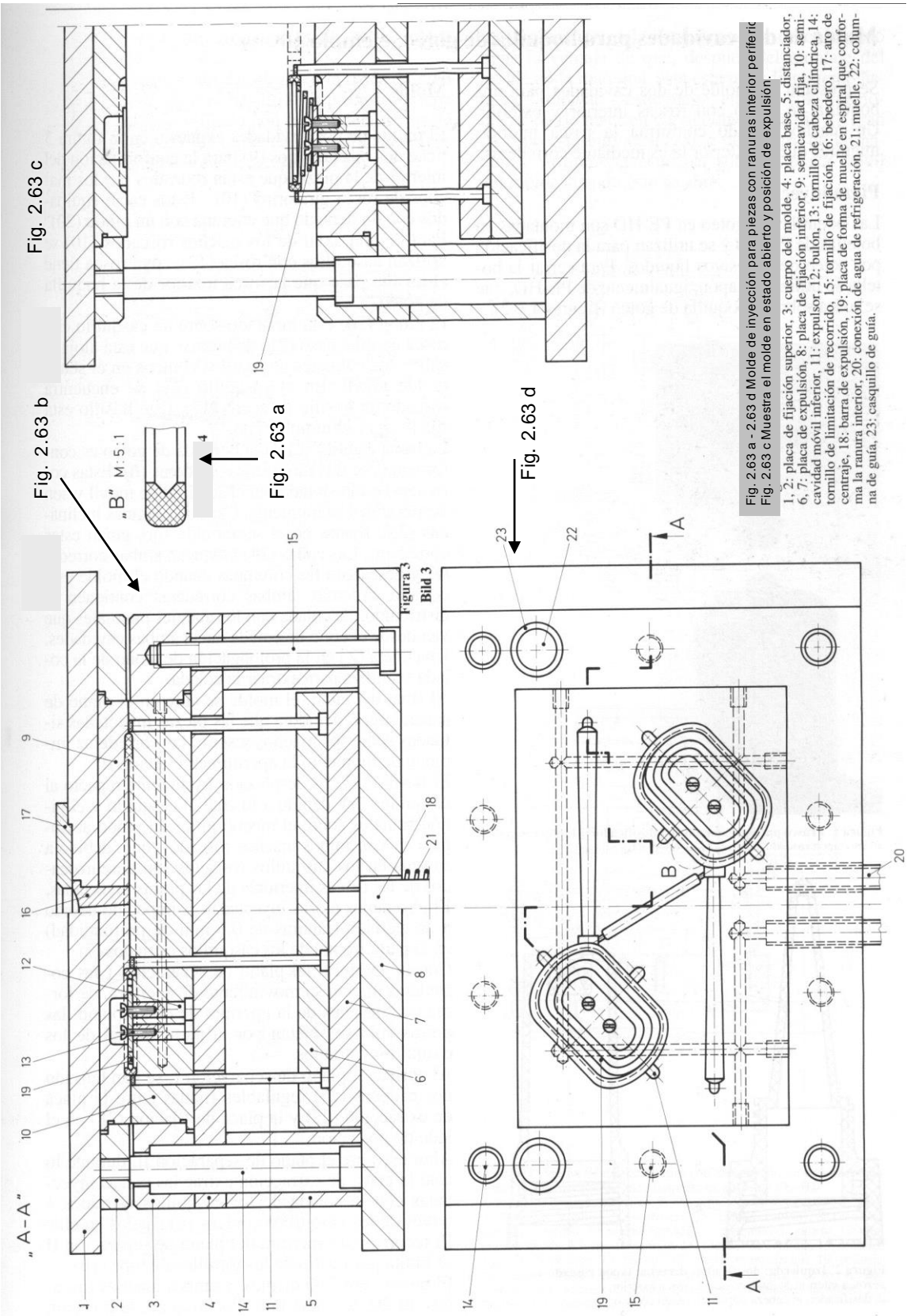


Fig. 2.63 a - 2.63 d Molde de inyección para piezas con ranuras interior periferic
Fig. 2.63 c Muestra el molde en estado abierto y posición de expulsión.

1, 2: placa de fijación superior, 3: cuerpo del molde, 4: placa base, 5: distanciador, 6, 7: placa de expulsión, 8: placa de fijación inferior, 9: semicavidad fija, 10: semicavidad móvil inferior, 11: expulsor, 12: bulón, 13: tornillo de cabeza cilíndrica, 14: tornillo de limitación de recorrido, 15: tornillo de fijación, 16: bebedero, 17: arco de centrado, 18: barra de expulsión, 19: placa de forma de muelle en espiral que conforma la ranura interior, 20: conexión de agua de refrigeración, 21: muelle, 22: columna de guía, 23: casquillo de guía.

2.2.6 SISTEMAS DE SALIDA DE GASES (O VENTILACIÓN)

Durante el proceso de inyección de plásticos se general gases volátiles. Estos gases volátiles, junto con el aire ya dentro del compartimiento de la cavidad, pueden ser sobrecalentados a las temperaturas de 700°F a 800°F. Si a estos gases no se les permite escapar a través de respiraderos, pueden oxidar los lubricantes que dejan una "marca de la quemadura" en la pieza (efecto diesel). Los respiraderos proporcionan los medios por los cuales los gases pueden escapar de las cavidades y del molde. Además de causar problemas visuales, la ventilación incorrecta o inadecuada puede dar lugar a que las piezas tengan características mecánicas que no sean las adecuadas.

2.2.6.1 CANALES DE VENTILACIÓN.

2.2.6.1.1 TAMAÑO DEL RESPIRADERO

La profundidad del respiradero debe estar según lo indicado en la tabla 2.3 de las técnicas de la ventilación, a partir 0,02 milímetros a 0,05 milímetros para por lo menos la primera distancia de 0,25 milímetros del borde de la cavidad del molde. La profundidad del respiradero entonces debe aumentar a un mínimo de 0,75 milímetros al borde externo del molde y la anchura del respiradero debe ser un mínimo de 3 milímetros.

Los respiraderos deben ser "una caja fuerte de acero cortada." Comience con los respiraderos bajos y córtelos más grandes, si es necesario, hasta que el moldeado sea satisfactorio. Los respiraderos que son demasiado pequeños tienden a estorbarse, reduciendo o eliminando su capacidad de lanzar el aire de la cavidad del molde. Los respiraderos grandes pueden conducir a un destello en la pieza (generar rebabas)

Tabla 2.3 Técnicas de la Ventilación.

TÉCNICAS DE LA VENTILACIÓN	
Polímero	Profundidad del respiradero milímetro (pulgada)
Poliestireno	.02-.05 (0.001-0.002)
ABS	.04-.06 (0.0015-0.0025)
PC/ABS	.02-.05 (0.001-0.002)
Polycarbonate	.02-.05 (0.001-0.002)
Polietileno	.01-.02 (0.0005-0.001)

2.2.6.1.2 LOCALIZACIÓN DEL RESPIRADERO.

Los respiraderos se pueden colocar dondequiera a lo largo de la línea de partición del molde en la mitad móvil. (véase Fig.2.64) también los respiraderos se pueden incorporar en el molde taladrando a lo largo del eje principal de un perno o de un pin eyector. Otra opción para la ventilación es el uso de los rellenos sinterizados del metal (tapones de metal poroso). Estos rellenos permiten al gas pasar en ellos pero no permiten que el polímero los estorbe. Los rellenos sinterizados del metal se deben utilizar solamente en superficies sin visualización y solamente como un ultimo recurso.

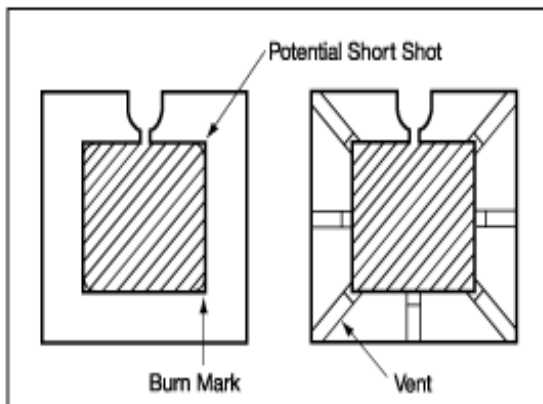


Fig. 2.64 Ubicación de los canales de ventilación.

Traducción.

Burn mark: marca de quemadura; Vent: ventilación; Potential short shot: posible punto sin llenado.

2.2.6.1.3 PULIMENTO DEL RESPIRADERO.

Algo que se pasa por alto a menudo en la ventilación es el pulimento. Recomendamos muy fuertemente así como que todos los respiraderos sean drenaje pulido en la dirección del flujo por lo menos las cavidades y los corazones. Deben ser pulidos para su longitud entera incluyendo la distancia relevada. Si un molde debe ser cromo plateado, todas las superficies del moldeado deben ser pulidas y ser plateadas incluyendo los respiraderos.

2.2.6.2 VENTILACIÓN CONTINUA.

Una ventilación continua (véase la Fig. 2.65) es igual o mas efectiva que los canales de ventilación. La ventilación se realiza por medio de un vacío(hueco) continuo alrededor de la cavidad dicho vacío es conectado a otro canal que comunica hacia la parte exterior del molde.

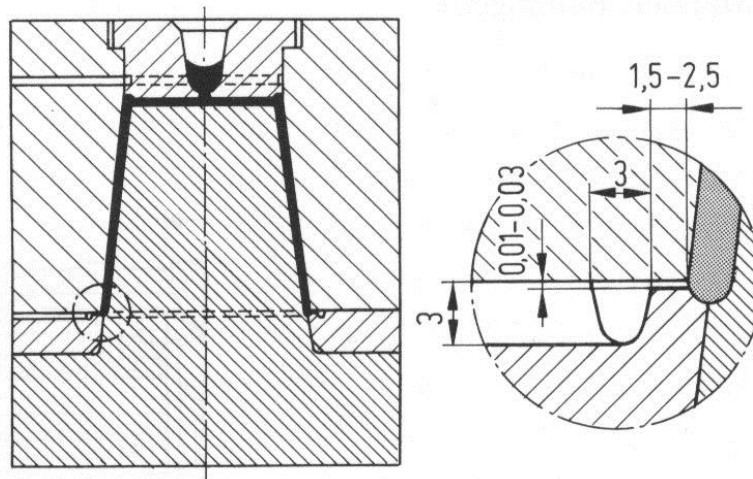


Fig. 2.65 Ventilación continua.

2.2.6.3 PAQUETES DE HOJAS.

La ventilación por paquetes de hojas (véase la Fig. 2.66), permite la ventilación de largas áreas. Se debe tomar en cuenta que dicha ventilación produce marcas en las piezas moldeadas. Por lo que no tiene que ser usada en superficies visibles.

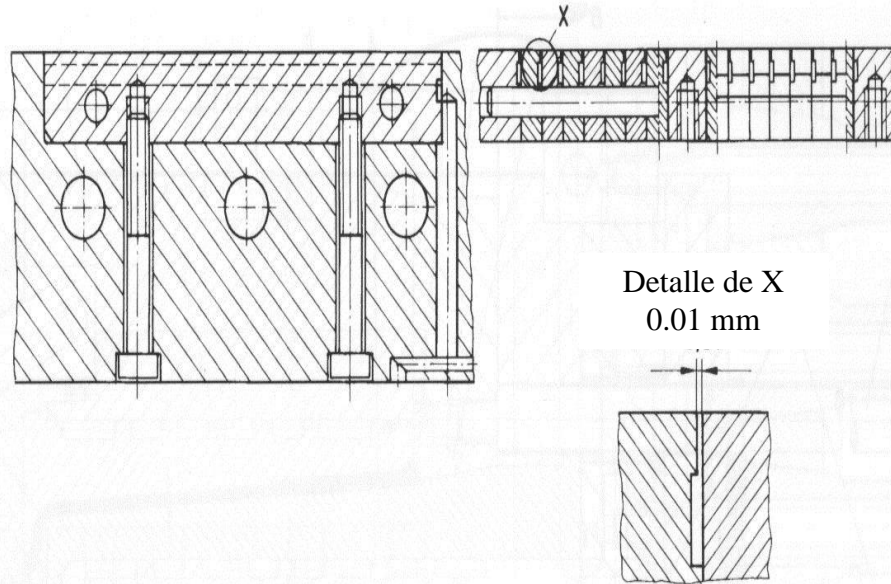


Fig. 2.66 Ventilación por media de paquetes de hojas.

2.2.6.4 TAPONES DE METAL POROSO

Para ventilar zonas de la cavidad del molde donde el aire no tiene la posibilidad de escapar. Los tapones de metal poroso con poros de 0.03 mm (0.00118 pulg.) son ideales. Estos tapones pueden ser puestos en las paredes de la cavidad.

Para mayor información sobre este tipo de ventilación obsérvese la sección 2.2.5.2.2 Placas de eyección.

2.3

CRITERIOS DE DISEÑO

Como se ha notado a lo largo de este capítulo, el proceso de diseño es amplio y requiere de mucho cuidado para evitar problemas o reducir los costos económicos causados por un mal diseño, a continuación se resumen algunos criterios que se deben tomar como punto de partida para el proceso de diseño de moldes para el proceso de inyección de plástico.

Para el diseño o selección de:

✓ **Producto:**

- Espesor de pared
- Tipo de material.
- Cambio de sección en la pared
- Diseñar el producto utilizando solamente el material necesario.
- Considerar elementos de refuerzo tales como costillas.
- Considerar los agujeros ciegos y pasados.

✓ **Determinar el número de cavidades:**

- Si no se cuenta con una máquina de inyección previamente establecida.
 - Se debe considerar factores económicos.
 - Los costos de la máquina y salario decrecen con un incremento en el número de cavidades.
 - Los costos de material de producción no son afectados por el número de cavidades.
- Determinación del número de cavidades tomando como base la fuerza de cierre.
 - Debemos conocer la fuerza de cierre
 - Se calcula la presión específica en base a la longitud de recorrido del flujo o material a inyectar.
 - Se determina el área proyectada por el producto y la máquina

✓ **Coladas**

- Geometría del producto a inyectar.
- Cantidad de producto a inyectar por ciclo de la máquina.
- Distribución de los productos en el molde.
- Tomar en consideración la cantidad pedida de producto y realizar una evaluación económica, con el fin de decidir si se utilizara colada convencional o caliente.

✓ **Sistema de enfriamiento**

- Calcular el peso total del plástico inyectado (producto y colado) por ciclo.
- Calcular el calor hacer removido del molde por ciclo de inyección
- Calcular la cantidad de flujo refrigerante requerido para remover el calor.
- Seleccionar el diámetro adecuado para el canal de enfriamiento.
- Calcular el número de canales y la separación entre ellos y la cavidad.
- Seleccionar el sistema de enfriamiento apropiado para los núcleos (machos) de pequeñas dimensiones.

✓ **Sistema de eyección**

- Forma geometría de la pieza
- Tipo de material y grueso de pared.
- Volumen proyectado de la producción.

✓ **Sistema de salida de gases.**

- Debe ser diseñado o seleccionado de tal manera que se garantice que todo el aire atrapado en la cavidad pueda ser removido durante la inyección.

✓ **Selección de materiales.**

- Configuración de la pieza
- Volumen proyectado de producción
- Tipo de material a inyectar.
- Tipo de acabado superficial en la pieza.
- Estabilidad dimensional.
- Maquinabilidad.
- Buena conductividad térmica (para el caso de los termoplásticos parcialmente cristalinos, la conductividad térmica del molde requiere gran importancia.)

CAPITULO III
SELECCIÓN DE MATERIALES PARA MOLDES

3.0

SELECCIÓN DE MATERIALES PARA MOLDES.

En este capítulo, se describen varios materiales para la construcción de moldes, a demás se detallan propiedades y características de estos con relación al moldeo por inyección. El conocer las propiedades de los materiales para la construcción de moldes, es básico para su respectiva selección, por lo cual se detallan tablas de los diferentes aceros, con sus propiedades físicas, químicas y su nomenclatura.

3.1

ASPECTOS GENERALES

Los procesos desarrollados para el moldeo de los plásticos y las diferentes direcciones que han tomado las propiedades del proceso de los plásticos para las diferentes cargas, deben ser tomadas en consideración no solamente en el diseño, sino también en la selección de los materiales requeridos para los moldes. Los aceros tienen las cualidades ideales, porque sus propiedades pueden ser modificadas por los elementos de aleación, además tienen procesos de maquinado y tratamiento térmicos especiales. Y por consiguiente pueden ser ajustados a varios requerimientos. también existe la posibilidad de usar tratamiento superficial el cual adiciona ventajas a las propiedades de los aceros para los requerimientos de larga vida de servicio y manufactura económica.

Los requerimientos mas importantes par los aceros de moldes son:

- ✓ Alta resistencia al esfuerzo de comprensión y altas temperaturas.
- ✓ Resistencia al desgaste.
- ✓ Grado de dureza.
- ✓ Resistencia a la corrosión.
- ✓ Buena conductividad térmica.

También, los moldes deben poseer las siguientes propiedades:

- ✓ Buena maquinabilidad
- ✓ Buena Capacidad de trabajo (donde se requiera)
- ✓ Estabilidad dimensional durante el tratamiento térmico
- ✓ Buenas propiedades de pulido y
- ✓ Superficie texturizada sin dificultades

Con el objetivo de conseguir la máxima utilidad es necesario que los materiales usados en la fabricación de moldes tengan las siguientes propiedades:

Alta resistencia al desgaste

El nivel de resistencia al desgaste requerido dependerá del tipo de resinas que deban utilizarse, el agente de relleno, la cantidad de aditivos, serie de producción, tolerancias, etc.

Para aumentar la rigidez de las piezas inyectadas, éstas se refuerzan con fibras de vidrio, materiales minerales, etc., a gran escala. Estos, así como los pigmentos de color, son altamente abrasivos. Por lo tanto, es de gran importancia la elección del material y/ó del recubrimiento de las superficies.

El acero para moldes cubre un amplio abanico de resistencia al desgaste y compresión. Principalmente están divididos en dos categorías: Acero para moldes pretemplado para cubrir requisitos moderados. El acero para moldes pretemplado puede tratarse superficialmente a fin de obtener una mayor resistencia al desgaste, por ejemplo mediante nitruración, de todas formas, los aceros de temple cuentan con la mejor combinación de resistencia al desgaste y a la compresión.

La resistencia al desgaste de los aceros templados puede incrementarse mediante tratamiento o recubrimiento de la superficie tipo nitruración, cromado, etc.

Estos tipos de tratamientos de la superficie deben aplicarse preferentemente después de que el molde haya sido acabado debidamente puesto que un posterior mecanizado podría ser dificultoso.

Alta resistencia a la corrosión

Los componentes agresivos como, por ejemplo, los equipamientos protectores contra el fuego, o el mismo material pueden originar agresiones químicas a las superficies del molde. Junto con los materiales de relleno y de refuerzo con efectos abrasivos pueden surgir daños acumulativos del molde. Es aconsejable utilizar aceros de alta resistencia a la corrosión o con recubrimientos de las superficies (por ejemplo, cromado)

La superficie del molde no deben deteriorarse durante la producción si deben fabricarse piezas con un nivel alto y constante de fabricación y con una calidad uniforme. La corrosión, con el consecuente riesgo de pérdida de eficacia en la producción puede encontrarse de distintos modos:

- ✓ Ciertos tipos de plásticos emiten corrosión durante la producción. Un ejemplo de ello es el ácido hidrocórico producido por el PVC. Este efecto puede verse minimizado si no se sobrepasa la temperatura recomendada durante la inyección para éste tipo de material, normalmente alrededor de los 160°C.
- ✓ El medio de enfriamiento puede ser también corrosivo. Ello resultaría en la pérdida de eficacia de refrigeración o bien en una obstrucción total de los canales de refrigeración.
- ✓ La producción en una atmósfera húmeda o corrosiva o bien un prolongado almacenamiento puede ocasionar daños en la superficie debido al agua, condensación y eventualmente óxido en las cavidades con la consecuente pérdida de acabado en la superficie del producto.

Alta estabilidad de medidas

La inyección, por ejemplo, de plásticos de elevada resistencia térmica exige temperaturas internas de la pared del molde de hasta 250°C. Esto presupone la

aplicación de aceros con una elevada temperatura de revenido. Si no se tiene en cuenta esta exigencia, se puede producir, en función de la temperatura, un cambio de la estructura del molde, y con ello un cambio de las medidas del mismo. El cambio de medidas debido a tratamientos térmicos (por ejemplo, un temple por cementación) debe ser mínimo, pero por lo general no se puede evitar (salvo excepción, tal es el caso de los aceros martensíticos). Un tratamiento térmico de moldes con grandes diferencias de espesor encierra riesgos (deformación, grietas, etc.). Preferentemente se utilizan aceros bonificados que pueden ser mecanizados por arranque de viruta. Por regla general, después de la mecanización se puede suprimir el tratamiento térmico, ya que no será necesario. Pero también es cierto que la dureza y la resistencia mecánica de estos aceros es baja. Por el contrario, si se mecanizan aceros mediante electroerosión, se pueden utilizar templados con la máxima dureza.

Buena conductibilidad térmica

En el caso de inyectar termoplásticos parcialmente cristalinos, la conductibilidad térmica en el molde adquiere gran importancia. Para influenciar adecuadamente la conducción del calor, se pueden utilizar aceros de diferente aleación. No obstante, esta medida para controlar la termo conducción es relativamente limitada. Respecto a una termo conducción sensiblemente superior del cobre y sus aleaciones, se han de tener en cuenta el bajo modulo de elasticidad, la poca dureza y la baja resistencia al desgaste. Pero por medio de la cantidad y tipo de los componentes de la aleación se pueden variar los valores mecánicos hasta ciertos límites. Sin embargo, al mismo tiempo varia la conductibilidad térmica. La resistencia al desgaste se puede aumentar considerablemente mediante encubrimientos de la superficie (por ejemplo, niquelado sin corriente). No obstante, se ha de tener en cuenta que en caso de elevada presión superficial, la superficie templada puede ceder, debido al escaso apoyo prestado por el material base blando. Además de estos requisitos, los materiales deben presentar una buena mecanización, alto grado de pureza y permitir un buen pulido, etc. El nivel de

producción de un molde depende principalmente de la capacidad de éste en transferir el calor plástico moldeado al agente de enfriamiento.

En un acero de alta aleación el coeficiente de conductividad térmica se ve reducido en cierto grado comparado con un acero de baja aleación. Aunque las investigaciones realizadas indican claramente que es el plástico de la pieza moldeada el que domina el flujo de calor en el molde debido a su baja conductividad térmica comparado con el acero. Pero una buena resistencia a la corrosión tiene mayor importancia cuando se desea una producción elevada y uniforme. Esto tiene un efecto beneficioso en las propiedades de transferencia de calor resultantes en los canales de refrigeración. Como por ejemplo cuando se requieren materiales para moldes con buena resistencia a la corrosión en combinación con una muy alta conductividad térmica se pueden utilizar aleación Cobre-Berilio.

3.2 ACEROS PARA MOLDES

La elección de los materiales para la fabricación de los moldes requiere de una cuidadosa evaluación de varios factores:

- ✓ Forma de la pieza por moldear (dimensiones, tolerancias, etc.);
- ✓ Calidad del material plástico (resina, refuerzos, etc.);
- ✓ Cantidad de piezas por producir, y
- ✓ Método seleccionado para la construcción de la cavidad *(ejemplo: maquinas convencionales, electro erosión (EDM), electroformado, clavado, etc.)

Sobre la base de estas consideraciones preliminares se planea y diseña el molde, que en el caso de producciones repetitivas (series de mediana o grandes cantidades de piezas) deberá ser construido con diversas calidades de acero, oportunamente seleccionadas, tomando en cuenta la función y forma de cada componente y los niveles de servicio requeridos. La dureza de trabajo del molde y el tratamiento térmico utilizado para alcanzarla es un importante factor que influye en muchas propiedades. Propiedades tales como tenacidad, resistencia ala

comprensión, desgaste y resistencia a la corrosión. Generalmente, puede decirse que un aumento de la dureza resulta en una mejor resistencia al desgaste, mientras que una baja dureza conlleva a una mejor tenacidad. La dureza normal de trabajo para un acero de temple es entre 48-60 Rockwell C. La dureza óptima utilizada depende del acero seleccionado, tamaño del molde, forma y distribución de las cavidades, proceso de moldeo, material plástico, etc. La rigidez de una herramienta está en función de la selección del acero, ya que el módulo de elasticidad es prácticamente igual en todos los aceros comunes para herramientas. Pero, según las exigencias específicas, los diferentes materiales pueden cumplirlas de forma más o menos óptima:

- ✓ Aceros de cementación
- ✓ Aceros bonificados (pretemplados)
- ✓ Aceros para temple integral
- ✓ Aceros resistentes a Corrosión
- ✓ Materiales especiales

Al examinar el dibujo de un molde y la función particular de los componentes podemos distinguir lo siguiente:

- ✓ La estructura soporte o armazón, formado por placas sobrepuestas;
- ✓ El sistema de guía compuesto por pernos guía y bujes;
- ✓ Las cavidades y corazones en los cuales el material plástico es inyectado o prensado, y
- ✓ El sistema de extracción (o expulsión) de las piezas moldeadas.

La siguiente Tabla 3.1 proporciona indicaciones generales sobre los diferentes aceros, grados y sus aplicaciones para la fabricación de los moldes para materiales plásticos.

Tabla 3.1 Aceros para la fabricación de moldes.

	TIPO DE ACERO			CONDICIONES DE SUMINISTRO Y RESISTENCIA A LA TENSIÓN N/mm ²		TRATAMIENTO TÉRMICO	APLICACIONES RECOMENDADAS
	UNI	DIN	SAE/AISI				
ACEROS PARA TEMPLAR al Carbón	UNI 7845 C 40	DIN 17200 CK 40 (1.1186)	1040	RECOCIDO	N/mm2 600-750	No aplicable	Acero de construcción para placas y estructuras portamoldes
	aleación al Cr Mo 42 Cr Mo 4	42 Cr Mo 4 (1.7225)	4140	ENDURECIDO	950-1100	Tratamiento hecho por el proveedor	Acero con tratamiento para placas soporte de cavidades. Corazones y cavidades para moldes grandes
ACEROS PARA CEMENTAR	UNI 7846 Al bajo carbón C15	DIN 17210 CK 15 (1.1141)	1015	RECOCIDO	450-600	Cementado. Templado en agua	Acero para cavidades pequeñas formas sencillas. El templado en agua puede causar distorsión.
	aleación Mn Cr 20 Mn Cr 5	20 Mn Cr 5 (1.7147)	8620	RECOCIDO	600-800	Cementado. Templado en aceite	Acero para cavidades de mediana dimensión. El templado en aceite reduce el riesgo de deformación, buena dureza superficial.
	aleación Ni Cr Mo 20 Ni Cr Mo 2	21 Ni Cr Mo 2 (1.6523)	8620	RECOCIDO	700-900	Cementación. Templado en aceite revenido	Acero para cavidades clavadas en frío. Buena maquinabilidad y buen brillo.
	aleación Cr Mo -	DIN 17350 X 6 Cr Mo 4 (1.2341)	-	RECOCIDO	350-400	Cementación. Templado en aceite revenido	Acero para cavidades clavadas en frío. Buena maquinabilidad y buen brillo.
ACEROS PARA NITRURAR aleación Cr Al Mo	UNI 8077 34 Cr Al Mo 7	DIN 17211 34 Cr Al Mo 5 (1.8507)	-	RECOCIDO	700-800	Endurecido por nitruración	Acero nitrurado para cavidades y componentes para moldes sujetos a desgaste.
ACEROS GRADO HERRAMIENTA	para trabajar 90 Mn V Cr 8 KU	DIN 17350 90MN Cr V-8 (1.2842)	0.2	RECOCIDO	60-70	Templado en aceite revenido	Aceros templados con gran dureza y mínima distorsión. Empleado para elementos y cavidades sujetos a desgaste.
	X 205 Cr 12 KU	X 210 Cr 12 (1.2080)	D3	RECOCIDO	70-85		
	para trabajar en caliente X 205 Cr Mo V 51 KU	X 38 Cr Mo V 51 (1.2343)	H11	RECOCIDO	650-750	Templado en aceite revenido	Aceros para trabajo en caliente de moldes para función a presión de metales y moldes para procesos plásticos.
ACEROS INOXIDABLE aleación Cr	UNI 6900 X 40 Cr 14	DIN 17006 X 40 Cr 13 (1.4034)	420	RECOCIDO ENDURECIDO	600-800 900-1100	Templado-revenido Tratamiento hecho por el proveedor	Aceros inoxidables para cavidades de moldes sujetos a corrosión (ejemplo; moldeo de PVC)

Nota: Para mayor información véase el Anexo n°1, el cual muestra una tabla relacionada con la selección de materiales para moldes.

3.2.1 ACEROS DE CEMENTACIÓN

Se utilizan aceros pobres en carbono ($C \leq 0.3\%$), que mediante cementación obtienen una superficie dura y resistente al desgaste.

Durante el proceso de cementación (temperatura de tratamiento, entre 900 y 1000 °C) el carbono se difunde en la superficie de la pieza. La profundidad de la cementación depende de la temperatura y de la duración del proceso. Con tiempos largos de cementación (varios días) se consigue una profundidad de aproximadamente 2mm. Una superficie dura, resistente al desgaste, se consigue por enfriamiento de la pieza cementada, durante el cual el núcleo de la pieza, suponiendo que ésta tenga el espesor suficiente, permanece blando. La siguiente tabla 3.2 muestra algunos aceros de cementación con su respectiva nomenclatura DIN, y su aplicación.

Tabla 3.2 Aceros de cementación

Nomenclatura	Nº de material DIN	Dureza en la superficie HRC	OBSERVACIONES
CK 15	1.1141	62.64	Para piezas de bajas exigencias
21 MnCr5	1.2162	58.62	Acero para cementación estándar, buenas cualidades para el pulido
X6CrMo4	1.2341	58.62	Preferentemente sumergible en frío.
X19NiCrMo4	1.2764	60.62	Perfecto para el pulido y grandes exigencias de calidad superficial.

3.2.2 ACEROS PARA BONIFICACIÓN

El bonificado es un tratamiento térmico para conseguir aceros de alta tenacidad con una resistencia mecánica determinada. El tratamiento se lleva a cabo templando la pieza y calentándola posteriormente a una temperatura de 300 a 700 °C, según los requerimientos.

Los aceros así tratados (tabla 3.3) se mecanizan bonificados. El posterior temple de las piezas se pueden suprimir, evitando de esta forma deformaciones y grietas originadas por el temple.

Este tipo de acero se utiliza para:

- ✓ Moldes grandes
- ✓ Moldes con poca exigencia en resistencia al desgaste
- ✓ Placas soporte de alta resistencia

Estos aceros son suministrados en la condición de templado y revenido, normalmente a un nivel entre 270-350 Brinell.

No es necesario realizar ningún tratamiento térmico antes de poner el mole en servicio.

En la mayoría de los casos, la dureza puede incrementarse mediante un temple a la llama o nitruración.

El acero pretemplado para moldes se utiliza generalmente para moldes grandes y moldes con series de producción moderadas.

Tabla 3.3 Aceros para bonificación

Nomenclatura	N° de material DIN	Resistencia tracción N/mm ²	AISI-SAE
40C MnMo7	1.2311	950-1100	P20
40CrMnMoS86	1.2312	950-1100	
54NiCrMoV6	1.2711	1200-1350	
40CrMnNiMo864	1.2738	950-1100	P20+Ni

En el Anexo II podemos observar un ejemplo de las especificaciones de un determinado acero pretemplado suministrado por un proveedor.

3.2.3 ACERO PARA TEMPLE

Para conseguir una estructura homogénea, incluso en grandes secciones, se utilizan aceros para temple integral, cuya dureza, resistencia y tenacidad se pueden adaptar individualmente a las necesidades por medio del proceso del revenido. A través de la temperatura de revenido se pueden influenciar estas propiedades de forma óptima. Los aceros de temple integral (tabla 3.4) han dado muy buenos resultados para moldes de inyección de plásticos con efectos abrasivos (por ejemplo, con fibras de vidrio).

Tabla 3.4 Aceros para temple integral

Nomenclatura	Nº de material DIN	Resistencia R/mm ² Dureza HRC	Observaciones
X38CrMo V51	1.2342	1450	Acero estándar para trabajar en caliente
X45NiCrMo4	1.2767	50-54	Muy bueno para el pulido, alta tenacidad
90MnCrV8	1.2842	56-62	Resistencia al desgaste normal
X155CrVMo121	1.2397	58	Buena resistencia al desgaste, buena tenacidad
X210Cr12	1.2080	60-62	Alta resistencia al desgaste
X165CrMoV12	1.2601	63	Acero de elevada resistencia al desgaste

Este tipo de acero se utiliza normalmente para:

- ✓ Largas series de producción
- ✓ Resistir la abrasión de algunos materiales de moldeado
- ✓ Contrarrestar las grandes presiones de cierre o inyección

Se suministra en estado de recocido blando. Normalmente se realizan operaciones de desbaste, liberación de tensiones, mecanizado de acabado, terminado y revenido a la dureza requerida y finalmente se rectifica, frecuentemente son pulidos o fotograbados.

El acero de temple se emplea para cavidades e insertos, normalmente situados en placas soporte de acero pretemplado.

Utilizando un acero de temple o insertos, por ejemplo a un nivel de 48-60 Rockwell C, obtendremos una mejor resistencia al desgaste a la deformación e indentación y buena pulibilidad.

Una buena resistencia al desgaste es especialmente importante cuando se utilizan materiales plásticos reforzados o con aditivos. La resistencia a la deformación o indentación en la cavidad, canales de alimentación o líneas de partición, ayuda a mantener la calidad de la pieza.

Es también importante contar con una buena aptitud de pulido cuando se requiera un buen acabado de la superficie en la pieza fabricada.

3.2.4 ACEROS RESISTENTES A LA CORROSIÓN

Como protección contra plásticos o sus aditivos con efectos corrosivos existe básicamente la posibilidad de galvanizar los moldes. Como posible desventaja se ha de mencionar la elevada presión superficial en las aristas de cierre, que pueden provocar el agrietamiento de este recubrimiento. Por lo tanto, es aconsejable el uso de aceros resistentes a la corrosión (tabla 3.5). Se debe evitar de forma directa la nitruración de estos aceros, ya que disminuye su propiedad de resistencia a la corrosión.

Tabla 3.5 Aceros resistentes a la corrosión

Nomenclatura	N° de material DIN	Dureza HRC	Observaciones
X42Cr13	1.2083	54-56	Resistente a la corrosión solo con tratamiento de pulido
X36CrMo17	1.2316	50	Mecanización después de tratamiento de revenido, alta resistencia a la corrosión.
X105CrMo17	1.4125	57-60	Acero resistente a la corrosión y a los ácidos, resistente al desgaste.

Si el molde debe ser expuesto a riesgos de corrosión, recomendamos, sin lugar a dudas utilizar un acero inoxidable.

El incremento en el costo inicial de este tipo de acero es normalmente inferior al costo de realizar un simple repulido o una operación de recubrimiento de un molde realizado con acero convencional.

Los moldes de plásticos pueden verse afectados por la corrosión en formas distintas:

- ✓ Algunos materiales plásticos pueden producir corrosión, por ejemplo el PVC.
- ✓ La corrosión conlleva una reducción de la eficacia en la refrigeración una vez los canales tienen óxido o se encuentran completamente obstruidos.
- ✓ Y claro está, la condensación causada por largos paros en la producción, condiciones de trabajo o almacenaje húmedos, conducen fácilmente a la corrosión.

En el Anexo III pueden observar un ejemplo de las especificaciones de un acero resistente a la corrosión distribuido por determinado proveedor.

3.2.5 MATERIALES ESPECIALES

3.2.5.1 ALEACIÓN DE METAL DURO

Las aleaciones de metal duro (materiales sinterizados) con elevados contenidos de carburos, se utilizan sobre todo para herramientas y partes de moldes (zona de entrada) con un elevado desgaste por abrasión al inyectar materiales plásticos reforzados.

Nombre de marca	Dureza HRC
Ferro-Titanit-WFN	Máx. 72. Dureza de revenido 48-50

Observación: Con temperaturas normales de inyección de plásticos, dureza aproximadamente 68 HRC, alta resistencia contra el desgaste.

* Marca de denominación de la empresa Thyssen Edelstahlwerke AG, Krefeld.

Las características de estos materiales son:

- ✓ Fácil mecanización en su estado de suministro,
- ✓ Templabilidad hasta aproximadamente 72 HRC, prácticamente sin deformación,
- ✓ Adecuados para el pulido,
- ✓ Muy elevada resistencia contra el desgaste y la corrosión.

3.2.5.2 MATERIALES CON CONDUCTIBILIDAD DE CALOR ELEVADA.

La regulación óptima de la temperatura del molde tiene una gran importancia. Influye de forma determinante en el tiempo de enfriamiento y de ciclo, y en el caso de termoplástico parcialmente cristalinos, influye en gran medida en la deformación y constancia de medidas, y por consiguiente, en la calidad de la pieza inyectada.

Para mejorar la transmisión de temperatura de algunas partes, como de sectores completos del molde, se utilizan ventajosamente materiales no férreos como:

- ✓ Cobre
- ✓ Cobre, berilio,
- ✓ Cobre-cobalto-berilio,
- ✓ Cobre-cromo-circonio, etc.

La conductibilidad de estos materiales es, por lo general, muy superior a la de los aceros, pero sin llegar a tener la misma dureza, resistencia al desgaste y resistencia a la fatiga. Frecuentemente es necesario un buen recubrimiento de la superficie como condición necesaria para la aparición con éxito de estos materiales.

3.3 MATERIALES DISPONIBLES EN EL MERCADO NACIONAL.

Los materiales para moldes disponibles en el mercado nacional se pueden apreciar en la tabla 3.1, todos los materiales descritos en esta tabla están disponibles en el inventario de ACAVISA. Y algunos de ellos se encuentran también en ABASTEINSA.

CAPITULO IV
PROCESOS DE MAQUINADO

4.0 PROCESOS DE MAQUINADO

En este capítulo, trata de los procesos de mecanizado utilizados en la construcción de los diferentes elementos que componen un molde. Todos los componentes de un molde son sometidos a uno o varios procesos de maquinado para lograr una forma específica y por consiguiente su función. Por esta razón a lo largo de este capítulo se desarrollan temas como: torneado, fresado, electroerocción, tecnología CNC y algunos procesos de acabado de superficie.

4.1 METODOS DE MAQUINADO

El término mecanización se refiere a la elaboración de piezas de una configuración geométrica requerida mediante el arranque de capas sobrantes. Con frecuencia, como piezas en bruto o preformas, se utilizan las piezas moldeadas, forjadas, estampadas y laminadas, que necesitan posteriores acabados, es decir, corrientemente se emplea el mecanizado para completar otros procedimientos de conformación.

4.1.1 MAQUINADO POR TORNO Y FRESA

Todo acero tiene características muy especiales de acuerdo a su aleación, por lo tanto es aconsejable tener en cuenta las especificaciones técnicas de cada acero, ya que cada acero responde de diferente forma para cada condición de mecanizado. El maquinado mal efectuado de un acero puede originar roturas durante su tratamiento térmico o en forma prematura durante la utilización de la pieza.

A continuación se muestran hojas técnicas de ciertos aceros para la construcción de moldes, donde veremos la cantidad de información práctica que nos proporciona para el mecanizado de dichos aceros

AISI 420

STAVAX ESR

Las tablas siguientes nos muestran algunos datos para el mecanizado de STAVAX ESR en condición de recocido blando. Dureza aprox. 215 HB. (Deben ser consideradas como tablas guía.)

TORNEADO

Tabla 4.1

Parámetros de corte	Torneado con herramientas de metal duro		Torneado con herramientas de acero rápido
	Torneado de desbaste	Torneado fino	Torneado fino
Velocidad de corte (Vc) M/min	140-170	170-220	25
Avance (f) mm/r	0.3-06	-0.3	-0.3
Profundidad de corte (ap) mm	2-6	-2	-2
Mecanizado grupo ISO	P20-P30 Carburo revestido	P10 Carburo Revestido	-

FRESADO

Tabla 4.2

Fresado Frontal

Parámetros de corte	Fresado con herramientas de metal duro		Fresado con herramientas de acero rápido
	Fresado de desbaste	Fresado en fino	Fresado en fino
Velocidad de corte (Vc) M/min	180-260	260-300	30
Avance (f) mm/diente	0.2-0.4	0.1-0.2	0.1
Profundidad de corte (ap) mm	2-5	-2	-2
Mecanizado Grupo ISO	P20-P40 Carburo revestido	P10-P20 Carburo con o sin revestimiento	-

Tabla 4.3 **Fresado Axial**

PARÁMETROS DE CORTE	Tipo de fresa		
	Fresa monobloc	Herramientas de plaquetas fijas	Herramientas de acero rápido
Velocidad de corte (Vc) m/mm	80	150-200	30 ²⁾
Avance(fz) mm/diente	0.05-0.40 ¹⁾	0.1-0.2 ¹⁾	0.05-0.40 ¹⁾
	K10,P40	P20-P30	-

¹⁾Siguiendo el diámetro de la fresa, frontal o axial.

²⁾Con herramientas de acero rápido revestidas de TiN Vc= 40 m/min.

TALADRADO

Tabla 4.4 **Taladrado con herramientas de acero rápido**

DIÁMETRO DEL TALADRO MM	Velocidad de corte (Vc) M/mm	Avance (f) Mm/r
-5	14 [*]	0.08-0.20
5-10	14 [*]	0.20-0.30
10-15	14 [*]	0.30-0.35
15-20	14 [*]	0.35-0.40

^{*})Con taladros revestidos de TiN Vc – 20 m/min.

Tabla 4.5 **Taladrado con herramientas de carburo (vidia)**

Parámetros de corte	Tipo de taladro		
	Taladro para Agujeros Poco Profundos	Taladro Monoblock	Taladro con canales de refrigeración ¹⁾
Velocidad de corte (v) m/min	150-200	55	60
Avance (f) Mm/r	0.005-0.25 ²⁾	0.05-0.15 ²⁾	0.15-0.25 ²⁾

¹⁾Taladros con canales de refrigeración interna y plaqueta de metal duro tipo COROMANT Delta o SUMITOMO Multi-drill.

²⁾Dependiendo del diámetro del taladro

RECTIFICADO

En el cuadro inferior se recomienda muelas para el rectificado de STAVAX ESR.
Pueda obtenerse más información en el catálogo de Uddeholm

Tabla 4.6 **Rectificado de Acero para Herramientas**

Tipo de Rectificado	Recomendación de muelas	
	Estado de Recocido blando	Estado Templado
Rectificado Frontal	A 46 H V	A 46 G V
Rectificado frontal Por segmentos	A 24 G V	A 36 G V
Rectificado Cilíndrico	A 46 L V	A 60 J V
Rectificado Interno	A 46 J V	A 60 I V
Rectificado Del perfil	A 100 L V	A 120 J V

AISI 420 F
RAMAX S

Los datos de corte mostrados a continuación deben ser considerados como guía debiendo ser adaptados a las condiciones específicas existentes

TORNEADO

Tabla 4.7

Parámetros De corte	Torneado con metal duro		Torneado con Acero rápido
	Torneado de desbaste	Torneado fino	Torneado fino
Velocidad De corte (Vc) M/mm	90-120	120-160	20
Avance (f) Mm/r	0.3-0.6	-0.3	-0.3
Profundidad De corte (ap) Mm	2-6	-2	-2
Mecanizado Grupo ISO	P20-P40 Metal duro revestido	P10-P15 Metal duro revestido o Cermet	-

FRESADO

Tabla 4.8

Fresado frontal y axial

Parámetros De corte	Fresado con metal duro		Fresado con Acero rápido
	Fresado de desbaste	Fresado Fino	Fresado fino
Velocidad De corte (Vc) M/mm	70-100	100-150	20
Avance (f) Mm/r	0.2-0.4	0.1-0.2	0.1
Profundidad De corte (ap) Mm	2-6	-2	-2
Mecanizado Grupo ISO	P10-P40 Metal duro revestido	P10-P20 Metal duro revestido o No revestido	-

TABLA 4.9 Fresado de Acabado

Parámetros De corte	Tipo de fresa		
	Metal duro Integral	Insertado Metal duro	Acero Rápido
Velocidad de corte (Vc) M/min	60	100-120	30 ¹⁾
Avance (f _z) Mm / diente	0.05-0.40 ²⁾	0.1 – 0.2 ²⁾	0.05-0.40 ²⁾
Mecanizado Grupo ISO	K10, P40	P20 P30	-

¹⁾ Para fresas de acero rápido recubiertos Vc 45 /min

²⁾ Dependiendo del tipo de fresado y diámetro de corte

TALADRADO

Tabla 4.10 Taladrado con brocas de acero rápido

Diámetro De la broca Mm	Velocidad De corte (Vc) M/min	Avance (f) Mm/r
-5	15*	0.08-0.20
5-10	15*	0.20-0.30
10-15	15*	0.30-0.35
15-20	15*	0.35-0.40

*) Para brocas de acero rápido recubiertos Vc = 18 m/min.

Tabla 4.11 Taladrado con brocas de metal duro

Parámetros De corte	Tipo de baroca		
	Metal duro insertado	Metal duro sólido	Taladro con Canales de refrigeración
Velocidad De corte (Vc) M/min	130	55	40
Avance (f) Mm/r	0.05-0.25 ²⁾	0.10-0.25 ²⁾	0.15-0.25 ²⁾

¹⁾ Brocas con canales de refrigeración interna y plaqueta de metal duro

²⁾ Dependiendo del diámetro de la broca

RECTIFICADO

En el cuadro inferior se recomiendan distintas muelas. Puede obtenerse más información en el catálogo de Uddeholm < Rectificado de Acero para Herramientas>.

Tabla 4.12

Rectificado

Tipo de rectificado	Muela recomendada
Rectificado frontal	A 46 H V
Rectificado frontal Por segmentos	A 24 G V
RECTIFICADO CILÍNDRICO	A 46 L V
Rectificado Interno	A 46 J V
Rectificado de perfil	A 100 L V

W.Nr 1.2738

INPAX SUPREME

Los datos de corte indicados a continuación deben ser considerados como guía debiendo ser adaptados a las condiciones específicas existentes. Pueden obtener más información en < Recomendaciones de Mecanizado >.

TORNEADO

Tabla 4.13

Parámetros de corte	Torneado con Metal duro		Torneado con Acero rápido
	Torneado De desbaste	Torneado Fino	Torneado Fino
Velocidad de corte (Vc) M/min	110-150	150-180	15
Avance (fz) Mm / diente	0.3-0.6	-0.3	-0.3
Profundidad De corte (ap) Mm	2-6	-2	-2
Mecanizado Grupo ISO	P20-P30 Revestido carburo	P10 Revestido Carburo o cermet	-

TALADRADO

Tabla 4.14

Taladrado con brocas de acero rápido

Diámetro De la broca Mm	Velocidad De corte (Vc) M/mm	Avance (f) Mm/r
5	15*	0.08-0.15
5-10	15*	0.15-0.25
10-15	15*	0.25-0.30
15-20	15*	0.30-0.35

Para brocas de acero rápido recubiertos Vc = 20 m/min.

Tabla 4.15 **Taladrado con brocas de metal duro**

Parámetros De corte	Tipo de taladro		
	Metal duro Insertado	Metal duro sólido	Taladro con canales De refrigeración
Velocidad De corte (Vc) M/min	130-180	55	45
Avance (f) Mm/r	0.05-0.25 ²⁾	0.10-0.25 ²⁾	0.15-0.35 ²⁾

¹⁾ Brocas con canales de refrigeración interna y plaqueta de metal duro

²⁾ Dependiendo del diámetro de la broca

FRESADO

Tabla 4.16 **Fresado frontal y axial**

Parámetros De corte	Fresado con Metal duro		Fresado con Acero rápido
	Fresado De desbaste	Fresado fino	Fresado Fino
Velocidad de corte (Vc) M/min	80-110	110-130	16
Avance (f _z) Mm / diente	0.2-0.4	0.1-0.2	0.1
Profundidad De corte (ap) Mm	2-5	-2	-2
Mecanizado Grupo ISO	P20-P40 Revestido Carburo	P10-P20 Revestido Carburo O Cermet	-

Tabla 4.17 **Fresado de acabado**

Parámetros De corte	Tipo de fresa		
	Metal duro Integral	Insertado Metal duro	Acero rápido
Velocidad de corte (Vc) M/min	50	100-150	17 ¹⁾
Avance (f _z) Mm / diente	0.03-0.20 ²⁾	0.08-0.20 ²⁾	0.05-0.35 ²⁾
Mecanizado Grupo ISO	K10, P40	P20-P40	-

¹⁾ Para fresas de acero rápido recubiertos Vc = 24 m/min

²⁾ Dependiendo del tipo de fresado y diámetro de corte

4.1.2 ELECTROEROCIONADO

4.1.2.1 FUNDAMENTOS

El fundamento de la electroerosión estriba en el efecto térmico ocasionado por la descarga eléctrica al saltar la chispa entre electrodos: pieza a mecanizar y electrodo-útil y, sobre todo, el efecto dinámico consecuente del arco. Esto ocurre al final de la descarga (Fig 4.1). Cuando se corta la intensidad de corriente, la presión desciende considerablemente en el interior de la burbuja y se produce una vaporización explosiva del metal fundido de la pieza a mecanizar. Este fenómeno origina la formación de pequeñas y numerosas partículas esféricas.

Si entre electrodo y pieza sólo existiera aire no se produciría electroerosión, ya que al saltar la chispa se ionizaría el aire, ramificando las descargas y calentando la pieza sin llegar a arrancar material. Pero si entre electrodo y pieza hay un líquido dieléctrico, de gran poder desionizante, las descargas se concentran alcanzándose elevadísimas densidades de corriente: se generan grandes presiones y enormes cantidades de calor extremadamente localizadas. Todo esto provoca la fusión instantánea de diminutas partículas metálicas de la pieza a mecanizar. Partículas líquidas que solidifican prácticamente al instante y las partes interiores de la pieza a mecanizar apenas se calientan. Estas partículas deben eliminarse rápidamente de la zona de chispeo, pues modifican la conductividad del líquido. Generalmente se eliminan por la agitación del baño.

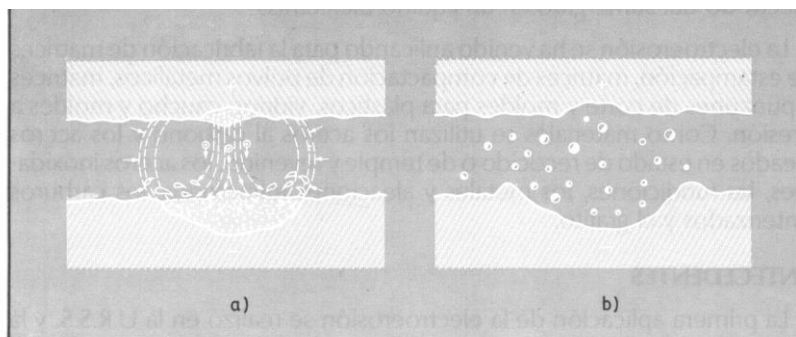


Figura 4.1 Mecanismo por mecanizado por electroerosión: a) Vaporización explosiva del metal fundido b) Formación de partículas diminutas esféricas.

La agitación del baño dieléctrico se obtiene:

- ✓ Por las descargas que dilatan la burbuja de gas, creada en el canal de descarga, que actúa como una verdadera bomba.
- ✓ Por la acción de una bomba auxiliar que obliga al dieléctrico a circular.

Este movimiento del líquido dieléctrico es de gran importancia puesto que la estabilidad del proceso electroerosivo viene regido por la relación existente entre la producción de partículas en el espacio pieza-electrodo, denominada también zona de chispeo o GAP, y su evacuación. De lo contrario, es decir, sino se eliminara la materia arrancada, se interrumpiría la eliminación de metal. Por este motivo conviene asegurar una velocidad constante de eliminación de partículas metálicas V_e ($\text{mm}^3/\text{min.}$). Así pues, la energía (W) que produce la descarga en el espacio pieza-electrodo, se consume en la producción de partículas y en la eliminación de las mismas.

La velocidad de eliminación de metal del mecanizado por electroerosión (V_w) tiene el siguiente valor:

$$V_w = \frac{\text{Volumen de materia eliminada en la pieza}}{\text{Tiempo de mecanizado}}$$

En este desgaste de material en el espacio electrodo-pieza también se produce eliminación de materia del electrodo, que actúa como útil de mecanizado. Los tres criterios más extendidos para valorar este desgaste. son el desgaste de volumen, el desgaste frontal y el desgaste lineal.

El desgaste de volumen caracteriza la disminución de longitud del electrodo durante el mecanizado por electroerosión:

$$V_v (\%) = \frac{\text{Volumen de materia arrancada en el electrodo}}{\text{Volumen de materia arrancada en la pieza}} \times 100$$

El desgaste frontal (figura 4.2a), que caracteriza la disminución de longitud del electrodo durante el citado mecanizado, tiene el siguiente valor:

$$V_f(\%) = \frac{\Delta l}{H} \times 100$$

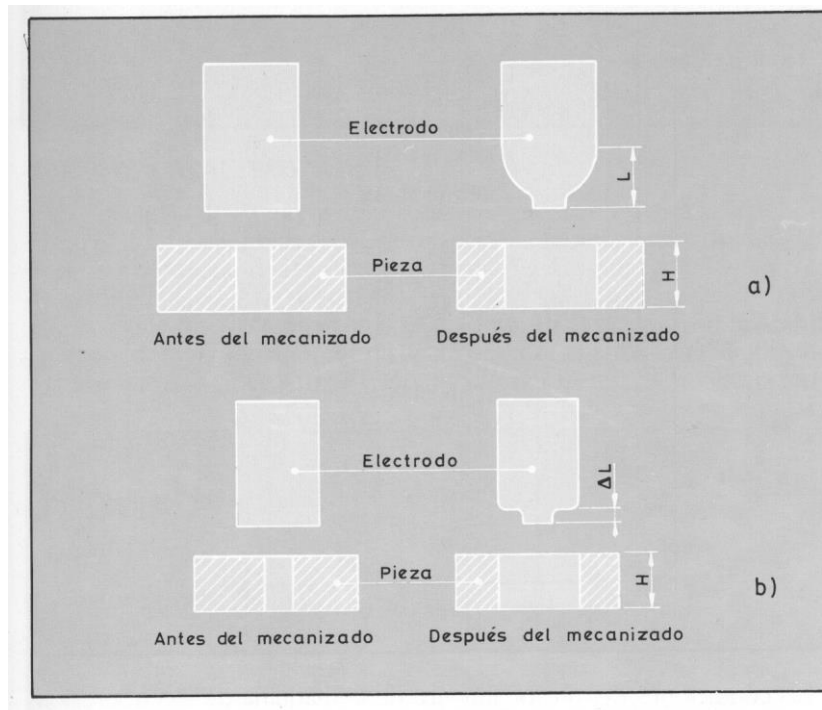


Figura 4.2. Medida del desgaste por debaste electroerosivo: a)Desgaste frontal, b)Desgaste lineal.

El desgaste lineal caracteriza la parte lineal del electrodo, que presenta conicidad: figura 4.2b.

$$V_l(\%) = \frac{L}{H} \times 100$$

Los volúmenes de los cráteres formados en las piezas a mecanizar y en el electrodo-útil son función de la energía de las chispas.

4.1.2.2 FACTORES

Los factores que repercuten en los procedimientos electroerosivos están relacionados con la preforma, con el electrodo, con el líquido dieléctrico y con las condiciones de trabajo de la máquina.

La naturaleza y la composición de los materiales de la preforma, del electrodo y del líquido dieléctrico repercuten decisivamente en las condiciones para lograr la electroerosión,, aunque los factores metalúrgicos del procedimiento electroerosivo son menos determinantes que en el mecanizado electroquímico.

Las condiciones de funcionamiento de la máquina de electroerosión constituyen los factores operacionales y se consideran los siguientes:

- ✓ Potencia de la máquina. El voltaje aplicado y la intensidad de corriente que circula por los electrodos, definen la energía de la máquina que incide en las chispas a producir, que son las causantes de la electroerosión.
- ✓ La distancia entre el electrodo y la preforma, o gap, también influye considerablemente en las chispas.
- ✓ El flujo del líquido dieléctrico, debido a la presión de entrada y de salida, contribuye a la eliminación de los detritos metálicos procedentes del mecanizado de la preforma y a la eliminación de calor.

Estos factores citados definen la capacidad de arranque de material de la preforma y el desgaste del electrodo en el procedimiento electroerosivo.

4.1.2.3

GRAFICAS CARACTERÍSTICAS

La capacidad de arranque de material o desgaste de la pieza a electroerosionar (V_w) y el desgaste del electrodo son, también, función del flujo del dieléctrico, como se indica en la figura 4.3. En esta figura también se aprecia que el desgaste del electrodo depende de la naturaleza del metal que constituye el electrodo: grafito o cobre. En la práctica, se utiliza un intervalo de trabajo (flujo del dieléctrico) en el cual las condiciones de mecanizado y de desgaste son óptimas. Aquí se toma el concepto del

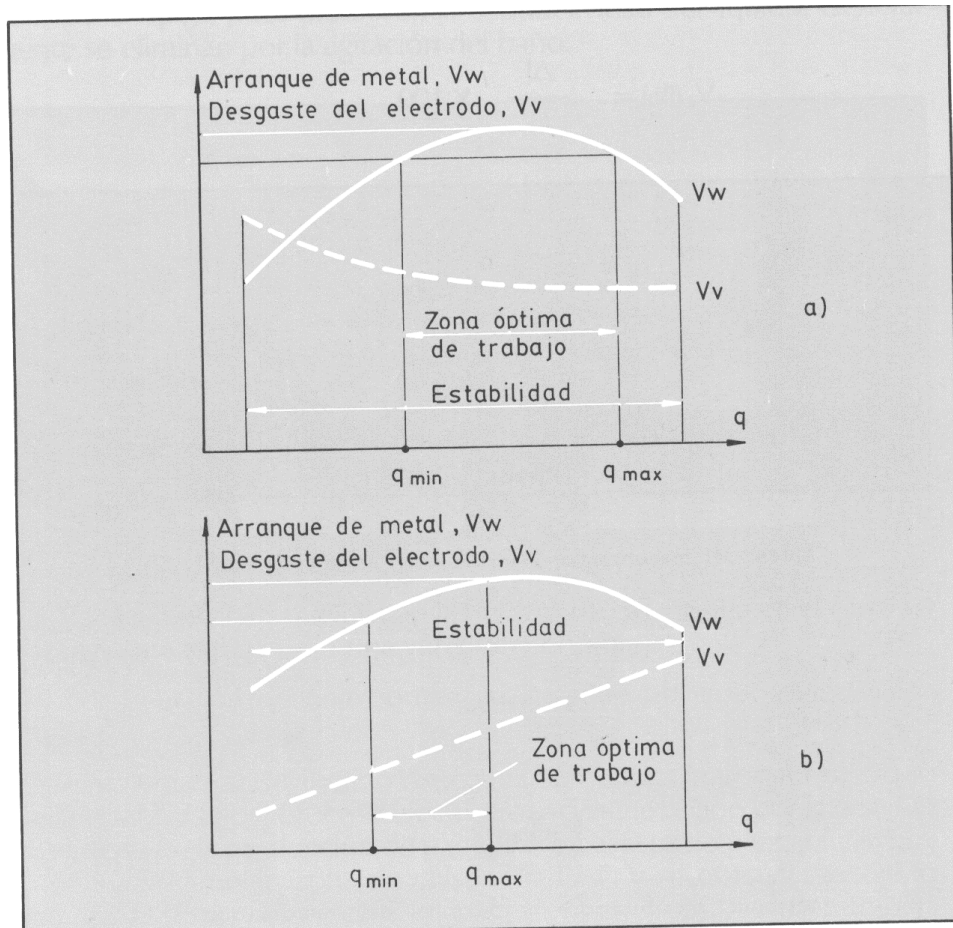


Figura 4.3. Material arrancado de la preforma y desgaste del el electrodo en función del flujo de dieléctrico: a) grafito y b) cobre.

flujo como el gasto dieléctrico: la velocidad fluido (v) en la sección de la zona de chispeo o gap (S): $q=v.S$ (figura 4.4). En la figura 4.5 se han representado las secciones o superficies activas del electrodo.

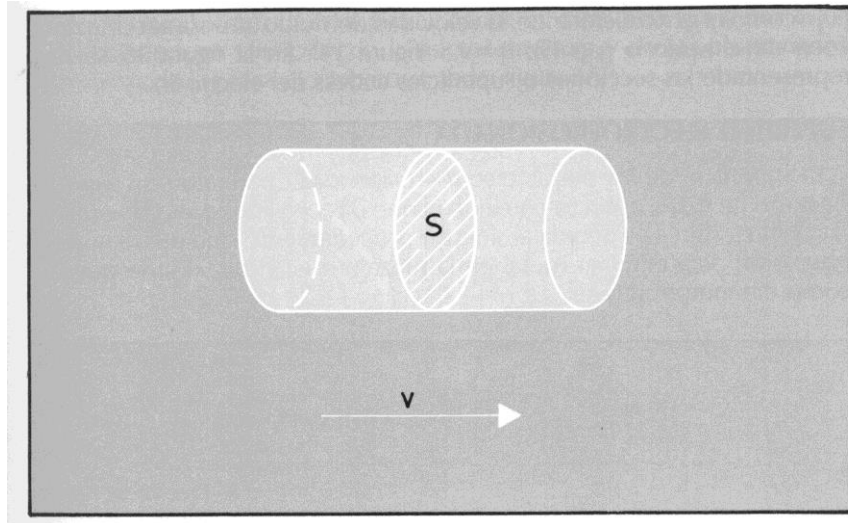


Figura 4.4. Flujo: $q=S.v$, donde S es la sección activa del electrodo y v la velocidad del líquido.

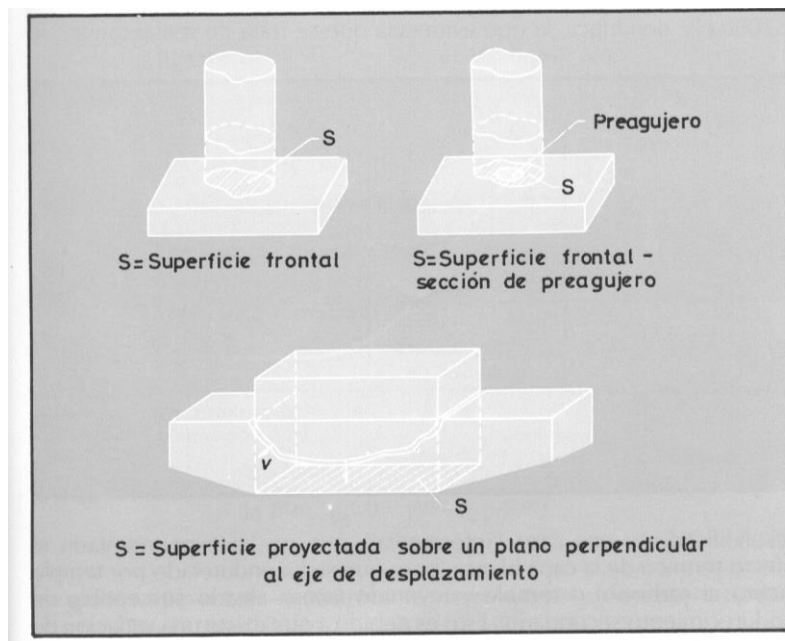


Figura 4.5. Definición de la sección activa de un electrodo de electromecanizado.

4.1.2.4 SUPERFICIE ELECTROEROCIONADA

La superficie de las piezas electroerosionadas queda con un aspecto ligeramente mate, aspecto parecido al que ofrecen las piezas chorreadas. Esta característica es debida al singular procedimiento que utiliza la electroerosión para eliminar metal en la pieza a mecanizar: donde quedan como diminutos cráteres.

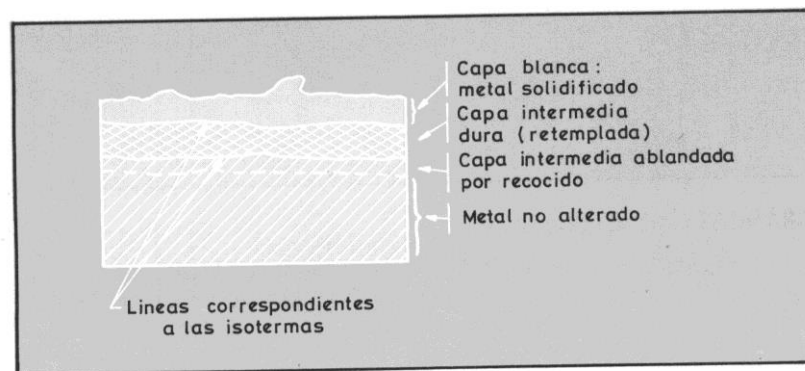


Figura 4.6. Esquema del aspecto de la superficie de un acero electroerosionado.

La modificación de la microestructura superficial de las piezas metálicas debida al mecanizado por electroerosión queda reflejada (figura 4.6) en la existencia de dos capas: una capa "blanca" superficial heterogénea de 400 a 1000 HV dendrítica, la que evidencia que se trata de metal fundido y

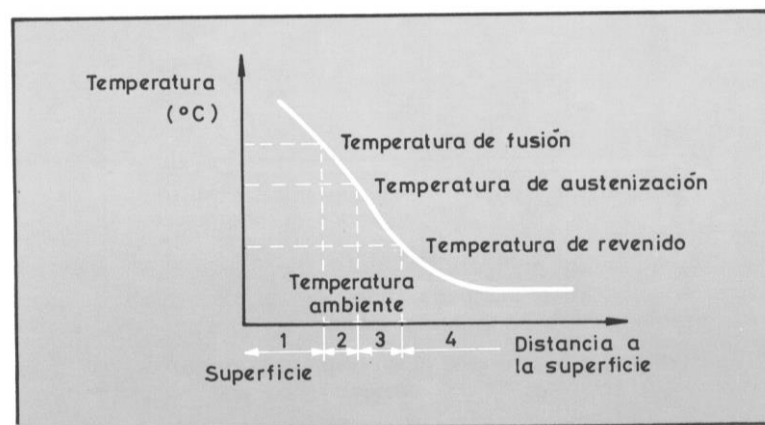


Figura 4.7. Temperatura alcanzada en función de la distancia a la superficie electroerosionada. 1) Zonafundida, capa blanca; 2) Zona austenización, capa intermedia templada; 3) Zona sobrerevenida, sólo en el caso de aceros bonificados; 4) Metal no alterado.

resolidificado, y una capa "intermedia", que no ha experimentado el efecto térmico de la capa blanca, pero que se ha endurecido por temple (acero al carbono) o temple y revenido (acero aleado susceptible de endurecimiento secundario). Esto es debido a que existe una variación de electroerosión la temperatura alcanzada en la pieza en función de la distancia (figura 4.7) y, por lo tanto, una variación de la microestructura y de las propiedades mecánicas de la pieza electroerosionada: figura 4.8

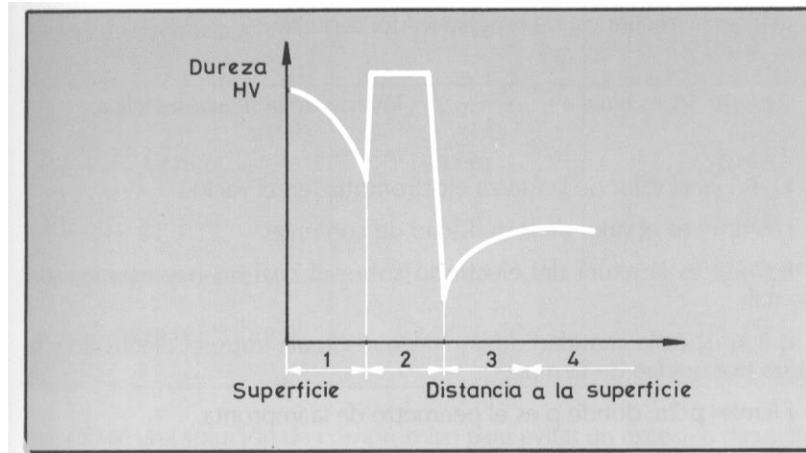


Figura 4.8. Modificaciones microestructurales de la pieza electroerosionada: 1) Zona fundida, capablanca. 2) Zona austenizada, capa intermedia templada. 3) Zona sobrerrevenida, sólo en el caso del acerobonificado. 4) Metal no alterado.

La rugosidad de una superficie electroerosionada frontalmente es superior al de la superficie lateral, como se aprecia en la figura 4.9.

El estado superficial se caracteriza por el valor de la rugosidad total (R_t) y por el valor de la rugosidad media (R_a)- Generalmente se cumple:

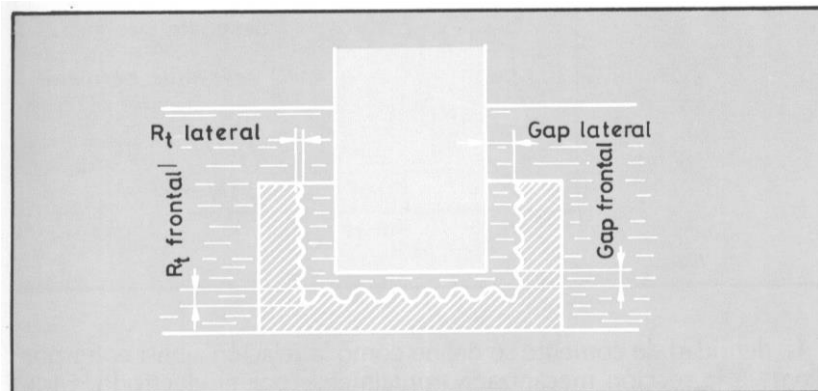


Figura 4.9. Diferencias entre los Estados superficiales lateral y frontal y entre los espacios (gaps)

$$R_t = \infty \cdot R_a \quad \text{donde: } 5 \leq \infty \leq 8$$

Los valores de la distancia electrodo-pieza (lateral y frontal) valen, respectivamente:

$$g_l = K \frac{e^{1,232} \cdot I^{0,039} \cdot (1/\tau)^{0,039} (\ln h)^{0,25}}{(\ln f)^{1,65} \cdot \mu_0^{0,117} \cdot j^{0,076} \cdot (q/r)^{0,003}}$$

y

$$g_l = K (1/12 - 4,121 - 0,0001f + 3,291/\tau) + 0,195 \mu_0 + 0,39j + 0,785h - 0,065lj - 0,2lh - 0,008I\mu_0.$$

Donde K es un coeficiente que depende del material del electrodo. Para el cobre, K = 1 y para el grafito K = 0,7.

I(A) es el valor medio de la intensidad de corriente de descarga.

f(H) es la frecuencia de repetición del centelleo.

I/τ es igual a $\frac{t_i + t_o}{t_i}$: inversa de la relación cíclica.

U_0 (v) es el valor de la fuerza electromotriz en el vacío.

J (A/dM²) es el valor de la densidad de corriente.

h (mm) es la altura del electrodo sobre el cual no hay mecanizado frontal.

q (CM³/s) es la cantidad de líquido que circula entre el electrodo y la pieza por unidad de tiempo.

r (cm) p/2π, donde p es el perímetro de la impronta.

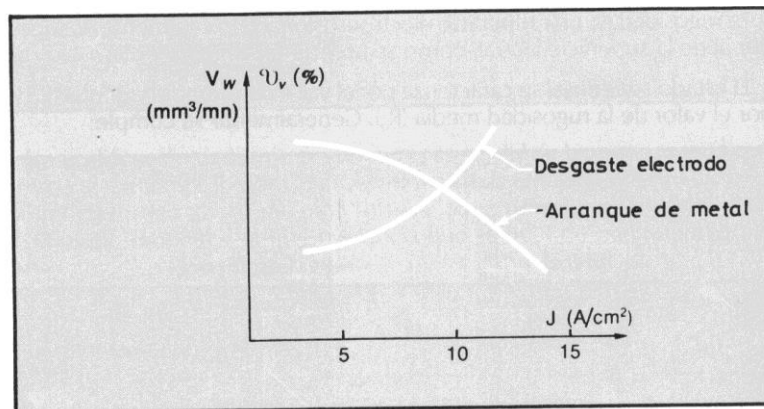


Figura 4.10. Variación del arranque de material y del desgaste, de pieza y de electrodo, respectivamente, en función de la densidad de corriente.

La densidad de corriente se define como la relación activa correspondiente a la sección mecanizada frontalmente por el electrodo. En los electrodos evolutivos, la velocidad de avance del mecanizado sobre las diferentes facetas de la pieza depende de la inclinación de ésta con relación al eje de desplazamiento del electrodo.

La velocidad de eliminación de materia de la pieza crece a medida que aumenta el valor de la intensidad media. Pero para una sección activa definida del electrodo, aquella velocidad no crece indefinidamente al incrementar el valor de la intensidad media y, por lo tanto, de la densidad de corriente. Una densidad de corriente muy elevada puede desgastar considerablemente los electrodos, sobre todo si son de cobre, aumentando el riesgo de formación de arcos que originan cráteres. En la figura 4.10 se han representado valores de desgaste de la pieza a mecanizar y del electrodo en función de la densidad de corriente; en esta figura se aprecia que existe una solución de compromiso para evitar un excesivo desgaste del electrodo a la vez que se logra un aceptable mecanizado de la pieza a electroerosionar. En la tabla de la figura 4.11 se exponen algunos valores recomendados de densidad de corriente

Material		Densidad de Corriente A/cm ²
Electrodo	Pieza	Superficie activa Electrodo < 15 cm ²
Cobre	Acero	8 / 15
+ Grafito	Acero	8 / 12
+ Grafito	Acero	6 / 8
+ Tungsteno - cobre	Acero	5 / 7
+ Tungsteno – cobre	Carbono de Tungsteno	15
-		

Figura 4.11. Algunos valores recomendarlos de densidad de corriente a utilizar en la electroerosión.

4.1.2.5

PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LAS CHISPAS

La mayoría de las máquinas de electroerosión están equipadas con generadores de impulso, utilizando transistores de potencia, con circuitos de tipo multivibrador. Los parámetros de las chispas son los registrados en la figura 4.12.

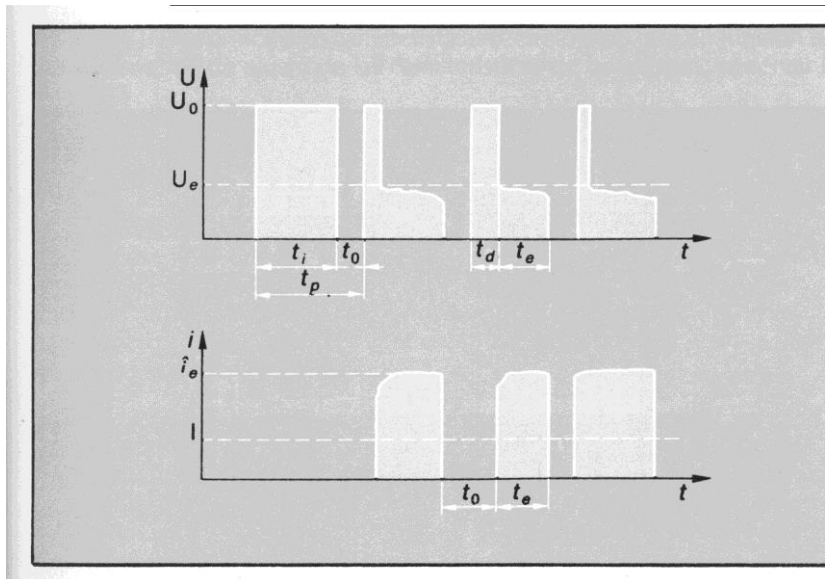


Figura 4.12. Principales parámetros característicos de las chispas.

- la fuerza electromotriz en vacío U_0 es el amplitud del impulso de la tensión aplicada entre la pieza y el electrodo antes de que se produzca la descarga. Esta tensión suele ser del orden de los 80 / 110 V, aunque puede alcanzar los 270 V. para algunas aplicaciones específicas.

- ✓ La fuerza electromotriz de descarga U_e es la fuerza electromotriz aplicada entre pieza y electrodo durante la descarga.
- ✓ La fuerza electromotriz de trabajo U es la media aritmética de las fuerzas electromotrices aplicadas entre electrodo y pieza calculadas en un gran número de ciclos. En la práctica es el valor que indica el voltímetro de la máquina.
- ✓ Un ciclo completo dura un período (t_p) y comprende el tiempo que dura un impulso (t_i) o tiempo durante el cual se aplica una fuerza electromotriz entre

electrodo y pieza, y el tiempo de reposo (t_0 o tiempo de separación de dos impulsos). Se cumple, por lo tanto:

$$t_p = t_i + t_0$$

- ✓ La frecuencia de la chispa (f_p) es la inversa del período:

$$f_p = 1 / t_p$$

- ✓ La relación cíclica es la relación entre la duración del impulso y del período.

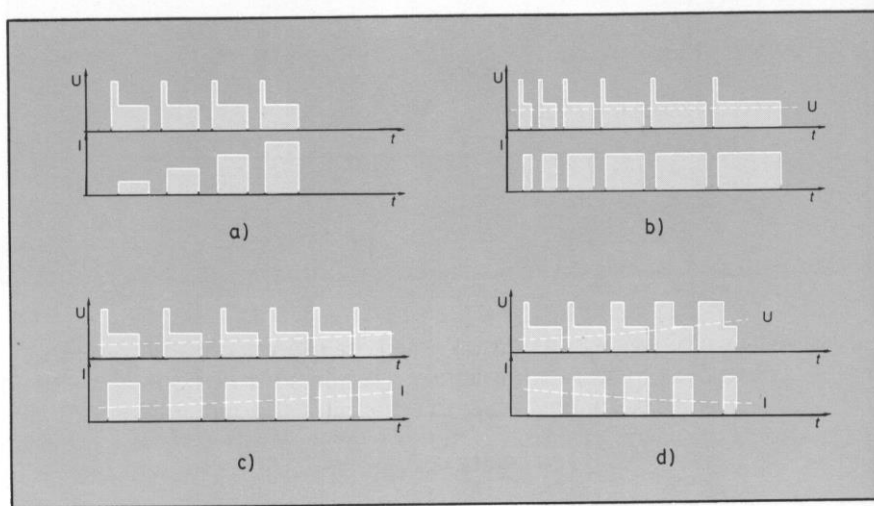


Figura 4.13. Principales ajustes: a) Amplitud máxima de corriente de descarga. b) Duración del impulso. c) Tiempo de reposo o relación cíclica. d) Tensión eléctrica de trabajo.

- ✓ La amplitud máxima de la corriente de descarga (\hat{i}_e) es el valor de cresta de la corriente cuando ocurre la descarga.
- ✓ La corriente de trabajo (I) es la media aritmética de la corriente correspondiente a un gran número de ciclos. Prácticamente es el valor indicado por el amperímetro de la máquina.

- ✓ La polaridad es positiva cuando el electrodo está unido al polo positivo del generador y negativa en caso contrario.

En los generadores transistorizados los parámetros que se regulan directamente son los siguientes: duración de impulso (t_i), duración de tiempo de reposo (t_o) o de la relación cíclica (τ) amplitud máxima de la corriente de descarga (i_e), fuerza electromotriz de trabajo (U) y la polaridad del electrodo.

Características tecnológicas	Aumenta pero después disminuye			
	Parámetros para ajustar	Duración de impulsos t_i	Amplitud máxima de corriente de descarga i_e	Tiempo de reposo t_o
Arranque de metal V_w		↗	↗	↘
Desgaste relativo volumétrico del electrodo V_v		↘	↗	↘
Rugosidad de la pieza mecanizada R_a o R_t		↗	↗	No hay influencia
Valor del gap o zona de chispeo		↗	↗	No hay influencia

Figura 4.14. Principales variaciones de las características tecnológicas en función de los parámetros de ajuste característicos de las chispas.

Los principales ajustes están esquematizados en la figura 4.13. A su vez, la variación de las principales características tecnológicas está en función de los parámetros de ajuste de las características de las chispas; observar la Fig. 4.14.

4.1.2.6 TÉCNICAS

El mecanizado por electroerosión tiene tres etapas completamente definidas: desbaste, semiacabado y acabado o pulido, figura 4.15. En la primera etapa la energía de las chispas es mayor que en la tercera. Lo mismo ocurre con la velocidad de arranque de material de la pieza a mecanizar, de la rugosidad de la misma y de la distancia del intervalo pieza-electrodo. En cambio, lo que ocurre al pasar del desbaste al pulido, es el desgaste del electrodo-útil, figura 4.16.

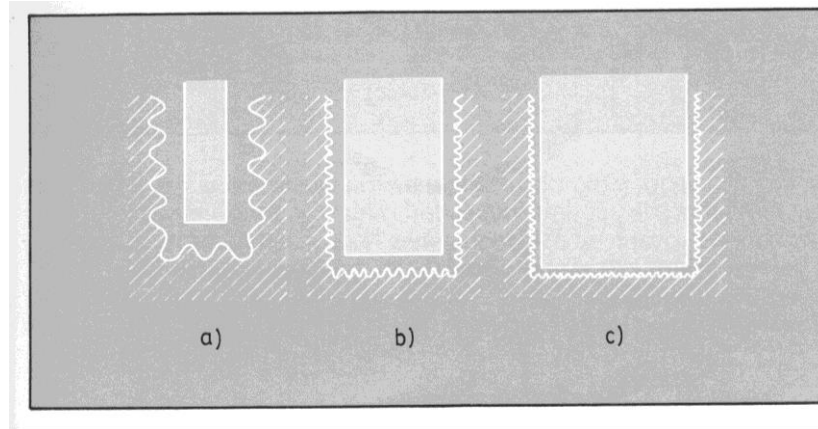


Figura 4.15. Etapas de la electroerosión de una misma pieza: a) Desbaste; b) Semiacabado; d) Acabado.

Regímenes	Desbaste	Semi-acabado	Acabado
Energía de las chispas	→		
Arranque de metal	→		
Rugosidad de la pieza mecanizada	→		
Desgaste relativo al electrodo	←		
Zona de chispeo o gap	→		
← Aumenta		Disminuye →	

Figura 4.16. Evolución de las características en función del tipo de electroerosión aplicada

Para determinar las dimensiones del electrodo de desbastar (figura 4.17) se tienen en cuenta la distancia que lo separa, una vez en funcionamiento, de la forma final:

$$X_d = g_d + s_d$$

donde g_d es la distancia electrodo-pieza en curso de mecanizado y s_d el estado de superespesor de materia dejada después del desbaste y que debe eliminarse en el pulido.

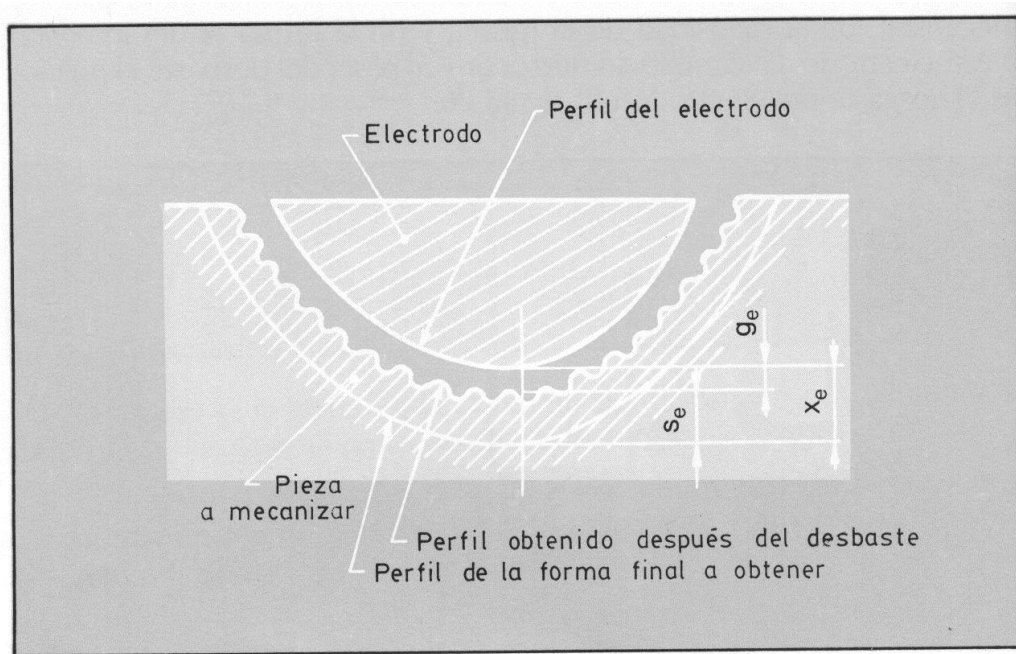


Figura 4.17 Sobredimensionado de un electrodo de desbaste.

En la etapa del pulido, el espacio que separa el electrodo de pulido de la forma final a obtener, se representa por X_d y equivale a la distancia electrodo-pieza pulida:

$$X_d = g_d$$

Si la pieza sólo está desbastada:

$$X_d = g_d + s_d$$

siendo s_d el valor de la rugosidad superficial antes de pulir.

4.1.2.7 MÁQUINAS PARA ELECTROEROSIONADO

Las máquinas de electroerosionar se dividen, según la manera de generar las descargas, en máquinas de condensador y máquinas de impulsos rectangulares.

Las máquinas de condensador tienen un condensador conectado en el circuito en paralelo con el generador. Este condensador tiene por objeto producir los impulsos que originan las descargas eléctricas entre electrodo y pieza a mecanizar, como indica la figura 4.18. En serie se conecta una resistencia, de modo que su valor repercute dando un valor conveniente de tiempo de carga del condensador; así el

circuito generador-resistencia-condensador-generador presenta gran impedancia, mientras el condensador-pieza a mecanizar-electrodo presentan mínima impedancia.

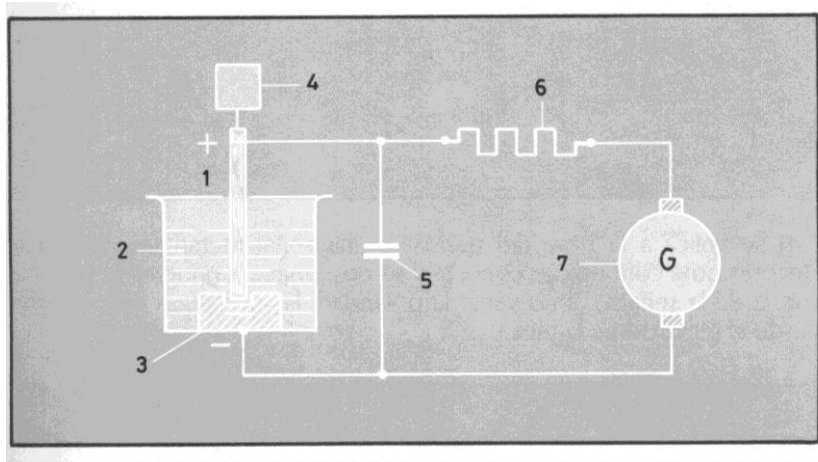


Figura 4.18. Esquema de máquina de electro erosionar provista de condensador. 1) Electrodo de latón. 2) Líquido desionizante. 3) Pieza a trabajar. 4) Dispositivo para el avance automático del electrodo. 5) Condensador. 6) Resistencia. 7) Generador de corriente continua.

Cuando la diferencia de potencia electrodo-pieza originada por el generador es suficiente, salta una chispa entre ambos y el condensador se descarga bruscamente. Luego el generador carga de nuevo el condensador en un tiempo que depende del valor de la resistencia en serie. Después vuelve a descargarse y la erosión avanza. Para mantener constante la distancia electrodo-pieza existe un dispositivo para que éste avance automáticamente a medida que se mecaniza.

Para minimizar el desgaste del electrodo se aplica al circuito una corriente rectangular en lugar de la sinusoidal. Otra posibilidad estriba en utilizar interruptores ultrarrápidos, según indica la figura 4.19. En la práctica el interruptor ultrarrápido es un transistor del circuito. El circuito consta del multivibrador, o generador que transforma una tensión continua en otra rectangular de frecuencia dada, transistores, resistencias y capacidades. Los transistores sólo permiten el paso de corriente en un único sentido; por este motivo los multivibradores emiten impulsos de forma rectangular o señales. Señales que se amplifican y llegan al último transistor del circuito o interruptor ultrarrápido.

El transistor cierra el circuito al aplicar la fuerza electromotriz U sólo cuando recibe del multivibrador un impulso que hace la base positiva. Por esto, en el circuito de descarga, la corriente sólo pasa en un sentido.

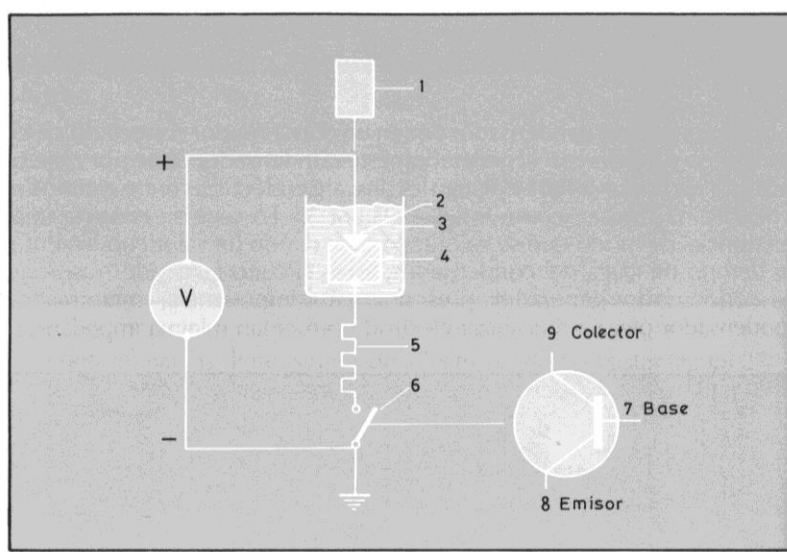


Figura 4.19. Circuito que subsana el desgaste del electrodo-útil: 1) Servomecanismo para el avance del electrodo. 2) Electrodo. 3) Dieléctrico. 4) Pieza a mecanizar, 5) Resistencia que regula la duración de la descarga. 6) Interruptor formado por un transistor 7) Base. 8) Emisor. 9) Colector.

Si se aplica a la base del transistor una señal rectangular la fuerza electromotriz continua se conecta y se desconecta con igual frecuencia que la de la señal y, al no variar la polaridad, las descargas son siempre desde el electrodo a la pieza.

En la etapa de desbaste por electroerosión se suelen emplear frecuencias bajas, de 1 a 50 KHz., mientras que en la del acabado se acostumbra a utilizar alta frecuencia de 50 a 200 KHz.

4.1.2.8 CIRCULACIÓN DEL DIELECTRICO

La circulación del líquido dieléctrico condiciona la estabilidad del electroerosionado, es decir, el avance regular del electrodo de la pieza. Las partículas sólidas arrancadas de la pieza a mecanizar y la degradación, por carbonatación, de los hidrocarburos utilizados como dieléctrico, aumentan la conductividad del líquido y el centelleo regular se convierte en arcos que producen irregularidades en la superficie

de la pieza a mecanizar. De ahí la importancia de la circulación del dieléctrico. Los tres principales sistemas de circulación del líquido dieléctrico son: inyección a través de la pieza a mecanizar, aspiración a través del electrodo y aspiración a través de la pieza a mecanizar, figura 4.20.

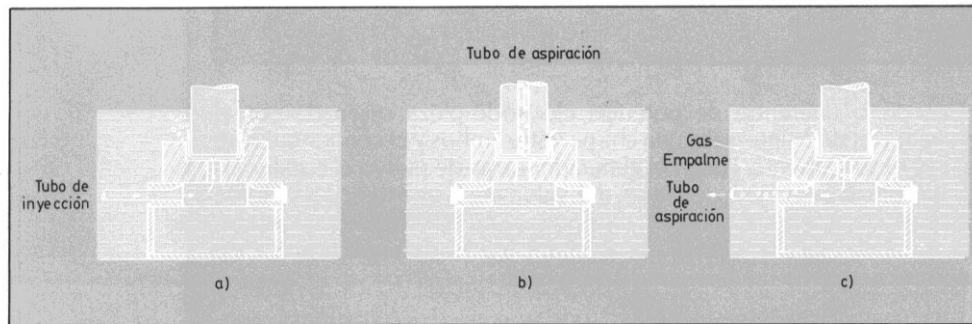


Figura 4.20. Principales sistemas utilizados en las máquinas de electroerosión para hacer circular el líquido dieléctrico: a) Inyección a través de la pieza. b) Aspiración a través del electrodo. c) Aspiración a través de la pieza a mecanizar.

La elección de un sistema u otro procedimiento del líquido dieléctrico depende, fundamentalmente, de la forma de la pieza a mecanizar.

En cuanto a la velocidad del dieléctrico conviene destacar que influye considerablemente en la cantidad de material arrancado de la pieza a mecanizar y en el desgaste del electrodo.

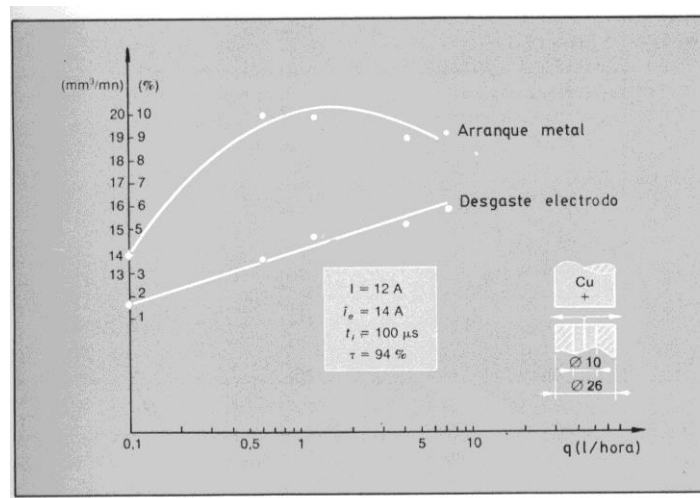


Figura 4.21. Valores aproximados y relativos del arranque de material en la pieza a mecanizar y de desgaste en el electrodo de cobre electrolítico, para la electroerosión del acero, en función del flujo del dieléctrico.

En la figura 4.21 se aprecian los valores de la velocidad del electroerosionado ($\text{mm}^3/\text{min.}$) y del desgaste del electrodo en función del flujo de dieléctrico (l/hora) para un hipotético material.

efectiva del mecanizado. Esta relación efectiva se calcula como el producto de la relación teórica de mecanizado por un coeficiente:

$$t = \frac{s \cdot h}{V_{\text{wth}} \cdot C}$$

4.1.2.9 TIEMPO REAL DE ELECTROEROSIONADO

El tiempo necesario para el mecanizado electroerosivo se obtiene dividiendo la cantidad de volumen de metal arrancado por la relación efectiva del mecanizado. Esta relación efectiva se calcula como el producto de la relación teórica de mecanizado por un coeficiente:

$$t = \frac{s \cdot h}{V_{\text{wth}} \cdot C}$$

donde: s, sección mecanizada (mm^2); h, altura mecanizada (mm) V_{wth} relación teórica de mecanizado (mm^3/mm) dada por los constructores de máquinas; C, coeficiente de correlación: figura 4.22.

4.1.2.10 TALADRADO Y FRESADO

La configuración de las máquinas de electroerosión utilizadas para taladrar y para fresar consta de un bastidor con masa móvil en cruz como portapieza. En la parte superior del bastidor se coloca el cabezal como portaherramientas.. Esta última parte se puede regular vertical (eje z) y horizontalmente (ejes x e y). La mayoría de las actuales máquinas de electroerosionar utilizadas para el taladro y fresado están equipadas con control numérico: el portaherramientas se acciona a lo largo de los ejes mediante un programa de ordenador.

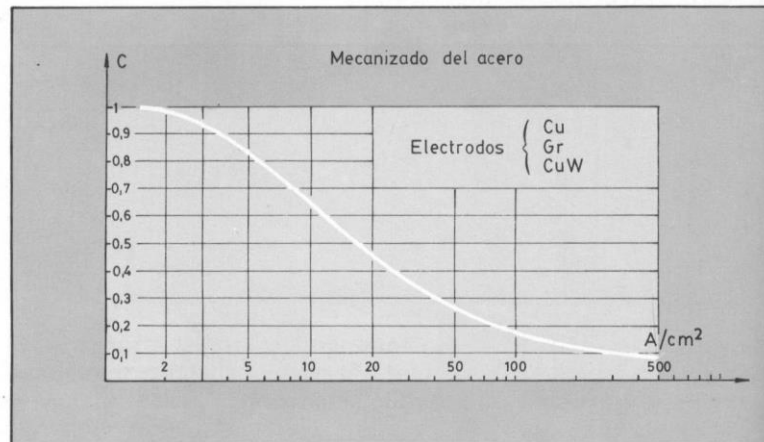


Figura 4.22. Coeficiente de correlación del mecanizado electroerosión por hilo.

En el taladrado, la herramienta o electrodo-útil tiene la forma de barra más o menos compleja y de diámetro más o menos pequeño (véanse las figuras 4.15 y 4.18). De esta manera pueden generarse orificios cuya forma depende, en principio, de la forma del electrodo. No obstante, si al electrodo de varilla se le imprime un movimiento excéntrico alrededor de su eje vertical, pueden practicarse con él orificios de diversos tamaños. Si se reduce la excentricidad de manera continua manteniendo el avance en dirección vertical se obtiene un taladro de forma cónica.

Si el desplazamiento de la herramienta es preferentemente a lo largo de los ejes x... e y, y un insignificante desplazamiento a lo largo del eje z, se consigue el fresado.

En ambos tipos de mecanizado, taladrado y fresado, es de capital importancia la correcta circulación del líquido dieléctrico para eliminar de inmediato los detritos del metal electroerosionado.

4.1.2.11 CORTE POR ELECTRODO DE HILO

El corte por hilo se realiza mediante un procedimiento electroerosivo en el que un electrodo de la máquina está conectado a un hilo. El hilo nuevo procede de la bobina almacén y el hilo usado se aloja en la bobina receptora. La pieza a cortar se sujeta

en una mesa cuyos desplazamientos relativos respecto al electrodo-hilo permiten imponerle órdenes de movimientos definidos en función del contorno a cortar, figura 4.23.

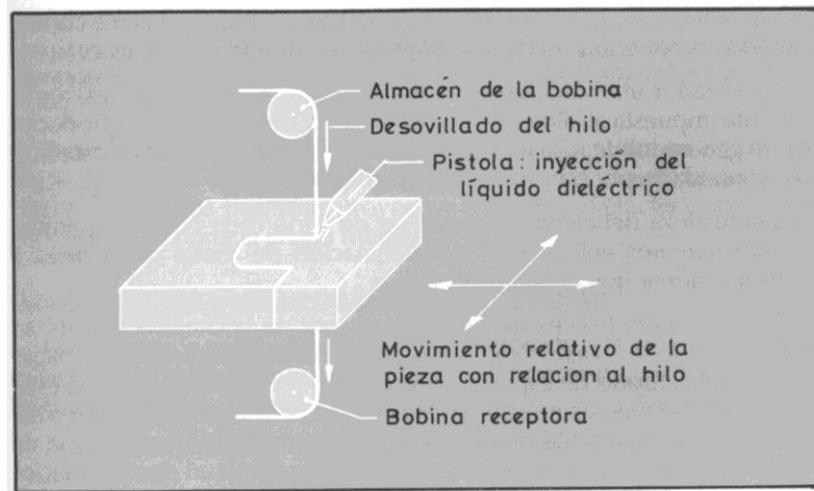


Figura 4.23. Esquema de corte por electrodo de hilo

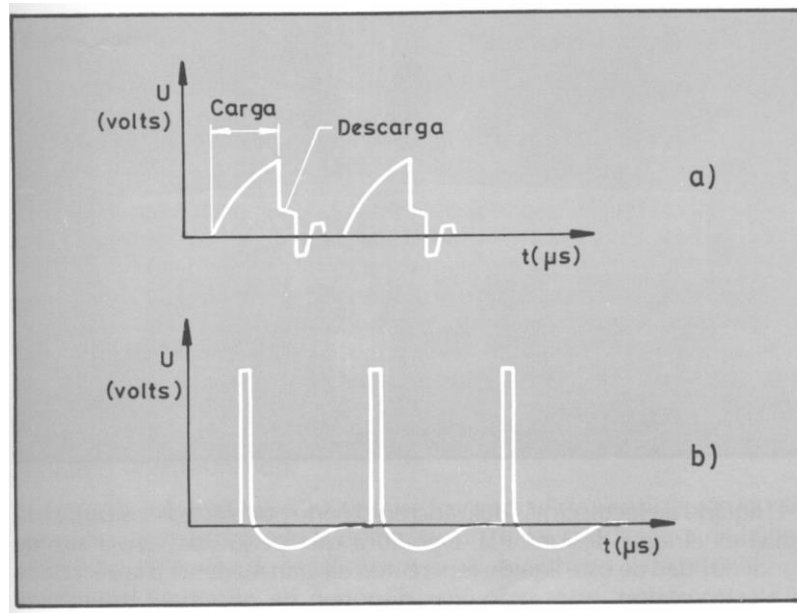


Figura 4.24. Tipos de generadores utilizados en la electroerosión por hilo: a) Impulsos producidos por un generador de relajación b) Impulsos comandados por tiristores.

La geometría a seguir por el electrodo del hilo se traza mediante control numérico o por copia mecánica u óptica de un modelo o gráfico.

El generador utilizado suele ser de potencia más bien baja ya que la corriente impuesta al hilo es de débil densidad. Los impulsos se producen por un generador de relajación o por un generador de impulsos estadísticos comandado por transistores, figura 4.24. La naturaleza del electrodo suele ser de latón o de cobre. El primero permite mayores velocidades de eliminación de metal de la pieza a electroerosionar que el hilo de cobre.

El diámetro del hilo es función del espesor de la chapa a mecanizar. Diámetros inferiores a 0,15 mm no se pueden emplear para cortar chapas de acero al carbono de espesor superior a 60 mm. Los hilos deben estar sometidos a esfuerzos mecánicos suficientes como para que el flujo del dieléctrico no repercuta desplazándolo y aumentando la distancia de corte en la superficie de la pieza a mecanizar. la amplitud de sus vibraciones no debe superar los 0,01 mm y para ello se recomiendan unas tensiones mecánicas de 12 a 20 hbar para el hilo de cobre y de 14 a 28 hbar para el hilo de latón. No obstante, la mayoría de las máquinas de electroerosión de corte con hilo suelen llevar en las instrucciones las tensiones mecánicas más recomendables para su funcionamiento. El desgaste del electrodo de hilo del mecanizado electroerosivo repercute en la resistencia mecánica del citado electrodo y en la precisión del corte. Sin embargo, este inconveniente se puede paliar en gran medida controlando adecuadamente la velocidad de desovillar el hilo metálico, que, como máximo, suelen ser del orden de los 160 mm/s.

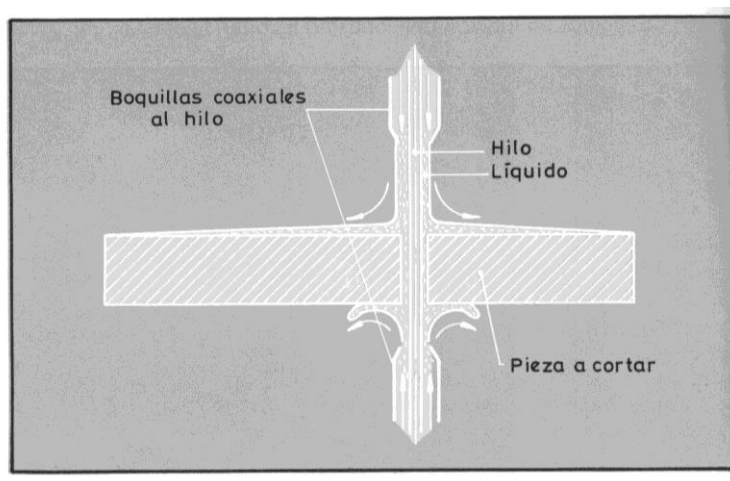


Figura 4.25 Proyección del líquido dieléctrico alrededor de un hilo en el procedimiento electroerosivo de corte con hilo

El líquido dieléctrico más utilizado en el corte por electroerosión, de hilo quizá es el agua desionizada. Debido a que pequeñas variaciones de conductividad de este líquido repercuten en gran manera en la eficacia de la electroerosión, estas máquinas disponen de eficientes sistemas de purificación del líquido, se debe evitar la corrosión metálica de las paredes, lo cual se logra a base de añadir al líquido dieléctrico pequeñas. Proporciones de inhibidor, como por ejemplo trietanolamina $N(CH_2-CH_2OH)_3$ y nitrito sódico $NaNO_2$.

También se pueden eliminar, de modo eficaz, las partículas arrancadas a base de diseños especiales, uno de los cuales está esquematizado en la figura 4.25, allí dos boquillas proyectan el líquido dieléctrico en la zona donde el hilo corta la chapa metálica.

4.1.3 TECNOLOGÍA CNC.

4.1.3.1 INTRODUCCIÓN

El Control Numérico (CN) es un sistema que, aplicado a máquinas-herramienta, automatiza y controla todas las acciones de la máquina. En general, con un CN pueden controlarse:

- ✓ Los movimientos de los carros o del cabezal;
- ✓ El valor y el sentido de las velocidades de avance y de corte;
- ✓ Los cambios de herramientas, así como la de piezas;
- ✓ Las condiciones de funcionamiento de la máquina, en cuanto a su modo de trabajar (con / sin refrigerante, frenos, etc.), o en cuanto a su estado de funcionamiento (deficiencias, averías, etc.)

Paralelamente, el Control Numérico se encarga de coordinar otras funciones que le son propias. Por ejemplo:

- ✓ Control de flujos de información;
- ✓ Control de la sintaxis de programación;
- ✓ Diagnóstico de su funcionamiento, etc.

Toda la información necesaria para la ejecución de una pieza constituye el PROGRAMA, que es escrito en un lenguaje especial (código) por medio de caracteres alfanuméricos sobre un soporte físico (cinta perforada, cinta magnética).

La pauta a seguir en el lanzamiento de una pieza puede ser la siguiente:

1. Se escribe el programa de la pieza a partir de la información que se dispone en ella (plano), del proceso de mecanizado trazado y de las herramientas elegidas para las operaciones necesarias. Esta fase de trabajo, al hacerse externa e independiente de la máquina, permite que esta permanezca en funcionamiento.
2. Previamente a la terminación de la fabricación de la serie anterior, se realiza el acopio de piezas, herramientas y del utillaje necesario, preparándolos alrededor de la máquina.
3. Posteriormente, se colocan las herramientas, el utillaje y la pieza sobre la máquina, así como la cinta perforada, en la unidad de control.
4. Se pone en marcha la máquina y se comprueba si la pieza es correctamente ejecutada. Si no lo es y el error se debe a una mala programación, se corrige inmediatamente a pie de máquina y, si el error es debido al ajuste de las herramientas, se modifican los reglajes en la unidad de control.

Esta descripción de las fases de preparación para el mecanizado de una pieza está lógicamente simplificada, pero su grado de dificultad no es mucho mayor que lo que aquí se expone.

4.1.3.2 LA SECUENCIA OPERATIVA EN LAS MAQUINAS-HERRAMIENTAS

Cada operación que un operario realiza en una máquina-herramienta tradicional constituye una secuencia de posicionamientos relativos entre la herramienta y la pieza que se trabaja. (fig. 4.26)

En el esquema de la figura 4.27 confiamos los posicionamientos relativos entre la herramienta-pieza a un equipo de control. La combinación de la maquina-herramienta y dicho equipo recibe el nombre de maquina-herramienta de control numérico.

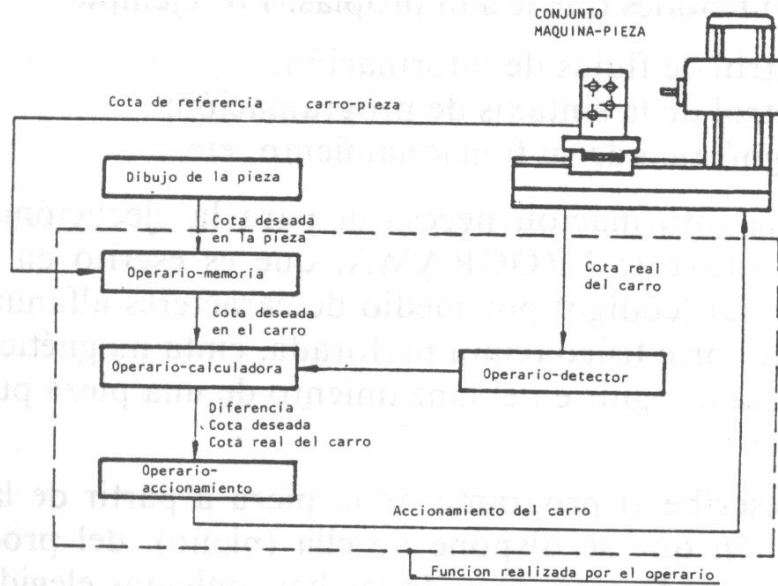


FIGURA 4.26

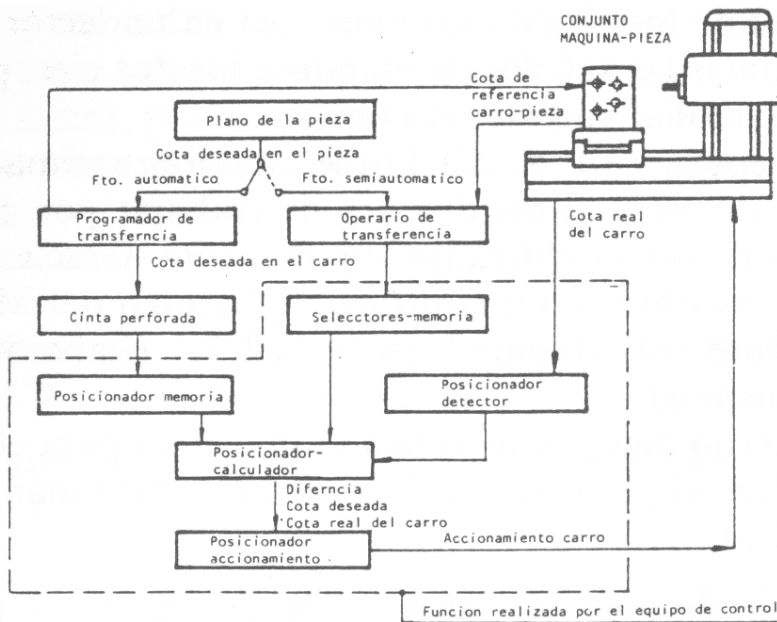


FIGURA 4.27

4.1.3.3 HISTORIA DEL CONTROL NUMÉRICO

En principio, contrariamente a lo que se pudiera pensar, el Control Numérico de maquinas-herramientas no fue concebido para mejorar los procesos de fabricación, sino para dar solución a problemas técnicos surgidos a consecuencia del diseño de piezas cada vez mas difíciles de mecanizar.

En 1942, la “Bendix Corporation” tiene problemas con la fabricación de una leva tridimensional para el regulador de una bomba de inyección para motores de avión. El perfil tan especial de dicha leva es prácticamente imposible de realizar con maquinas comandadas manualmente.

La dificultad provenía de combinar los movimientos del útil simultáneamente según varios ejes de coordenadas, hallando el perfil deseado. Se acordó entonces confiar los cálculos a una maquina automática que definiera gran numero de puntos de la trayectoria, siendo el útil conducido sucesivamente de uno a otro.

En 1947, Jhon Parsons, constructor de hélices de helicóptero, americano, concibe un mando automático con entrada de informaciones numéricas.

Antes, en su afán por controlar la forma de las hélices, así como su paso. Parsons debía utilizar un gran numero de plantillas y su realización estaba lejos de ser rápida y económica.

La idea de utilizar cartas perforadas (comportando las coordenadas de los ejes de los agujeros) en un lector que permitiera traducir las señales de mando a los dos ejes, permite a Parsons desarrollar su sistema Digiton.

En esta época, la U.S. Air Force estaba preocupada con la fabricación de estructuras difíciles de trabajar por copiado y susceptibles de ser modificadas rápidamente. Gracias a su sistema, Parsons obtiene un contrato y el apoyo del Massachussets Institute of Technologie” M.I.T. (Laboratorio de servomecanismos).

El gobierno americano apoya la iniciativa para el desarrollo de una fresadora de tres ejes en contorneado mandado por control digital.

En 1953, después de cinco años de puesta a punto, el M.I.T utiliza por primera vez la apelación de “Numerical Control”.

En 1956, la U.S.A.F. hace un pedido de 170 máquinas de Control Numérico a tres grandes constructores americanos:

- Cincinnati Milling Machine Company,
- Giddin & Levis
- Kearney & Trecker.

Paralelamente a esta evolución, ciertos constructores se interesan por el desarrollo de maquinas mas simples para trabajos, tales como taladrado, mandrinado y punteado, que no requieren ningún movimiento continuo, pero si un posicionamiento preciso.

De aquí que, en contra de lo que pudiera parecer, el “Control Numérico Punto a Punto” hizo su aparición mas tarde que el Control Numérico en Contorneado”. Más tarde aparecería el “Control Numérico Paraxial”.

De esta forma se ha visto que la necesidad industrial de la aeronáutica fue la que creo la demanda de sistemas continuos complejos. El paso de complejos a simples revoluciono los procesos de fabricación.

En 1960, también en el M.I.T. se realizaron las primeras demostraciones de Control adaptable (un perfeccionamiento del Control Numérico que permite, además, la autorregulación de las condiciones de trabajo de las maquinas).

A finales de 1968 tuvieron lugar los primeros ensayos de Control Numérico Directo (DNC).

En general, el incremento en la utilización de máquinas-herramienta con CN se debe a que un gran número de problemas, que se consideraban bien resueltos por los métodos de trabajo clásicos, pueden tener una respuesta ventajosa desde el punto de vista técnico mediante la utilización de dichas máquinas.

4.1.3.4 VENTAJAS DE LA APLICACIÓN DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTA CON CN

A continuación se enumeran algunas de las ventajas que presentan las máquinas-herramienta con CN:

- Reducción de los tiempos de ciclos operacionales. Las causas principales de la reducción al mínimo de los tiempos superfluos son:
 - trayectorias y velocidades más ajustadas que en las máquinas convencionales;
 - menor revisión constante de los planos y hojas de instrucciones;
 - menor verificación de medidas entre operaciones.
- Ahorro de herramientas y utillaje. El ahorro en concepto de herramientas más universales. En cuanto al ahorro de utillajes, se obtiene por el menor número de operaciones en máquinas distintas.
- Mayor precisión e intercambiabilidad de las piezas.
- Reducción del porcentaje de piezas defectuosas
- Reducción del tiempo de cambio de pieza
- Reducción del tamaño del lote
- Reducción del tiempo de inspección. Dado que la probabilidad de que se produzcan piezas defectuosas dentro de una serie es menor, pueden evitarse inspecciones intermedias entre ciclos.

Aunque el CN se ha orientado fundamentalmente hacia máquinas-herramientas que trabajan por arranque de viruta, su utilización no queda restringida a estas

aplicaciones. A título ilustrativo, se relacionan a continuación diversos tipos de maquinas que trabajan conectadas a CN:

- ✓ Taladradoras
- ✓ Fresadoras
- ✓ Mandrinadoras
- ✓ Tornos
- ✓ Centros de mecanizado
- ✓ Rectificadoras
- ✓ Punzonadoras
- ✓ Maquinas de electroerosión
- ✓ Maquinas de soldar
- ✓ Maquinas de oxicorte
- ✓ Dobladoras
- ✓ Plegadoras
- ✓ Maquinas de dibujar
- ✓ Maquinas de trazar
- ✓ Bobinadoras
- ✓ Maquinas de medir por coordenadas
- ✓ Manipuladores
- ✓ Robots
- ✓ Etc.

4.1.3.5 NOMENCLATURA DE EJES Y MOVIMIENTOS PARA EL CONTROL NUMÉRICO DE LAS MAQUINAS.

A continuación se representan esquemáticamente varias maquinas con los sistemas de ejes y movimientos normalizados, según UNE 71-018 – ISO – 841. (ver de la figura 4.28 a la 4.38).

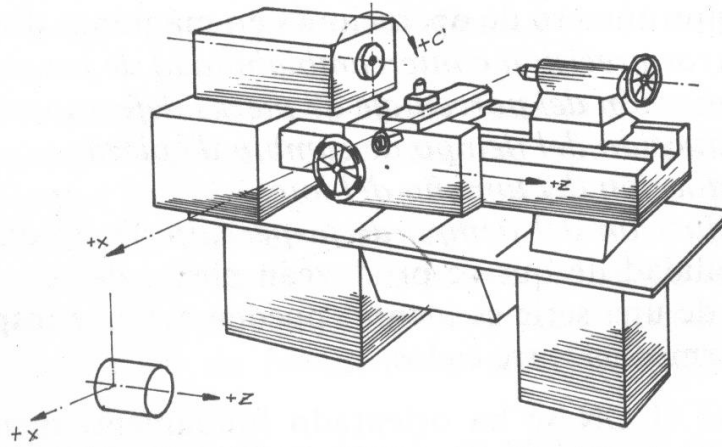
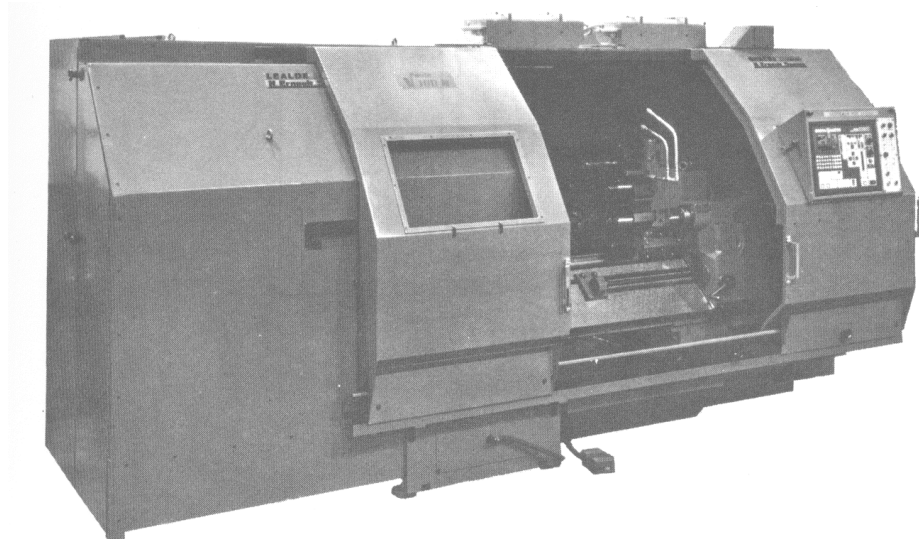


FIGURA 4.28 Torno paralelo.



LEALDE

Torno de producción PILOTE V. 100 N. De LEALDE con Control Numérico de GE 1050 HLX.

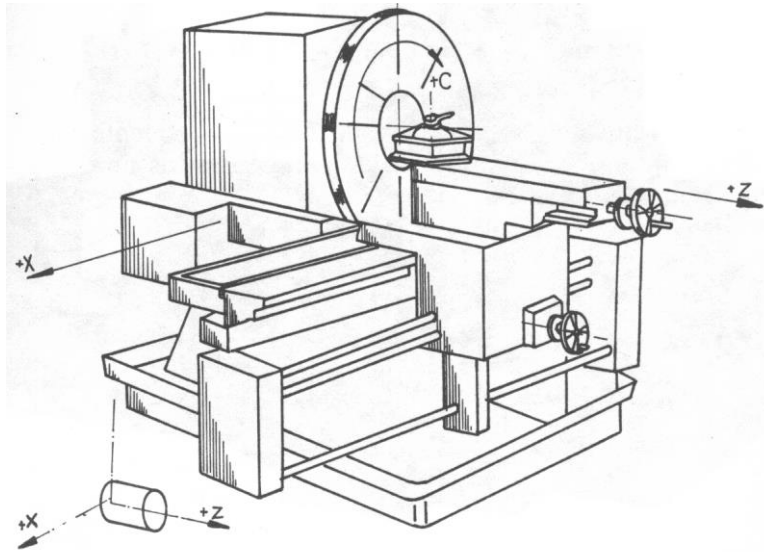


FIGURA 4.29 Torno frontal

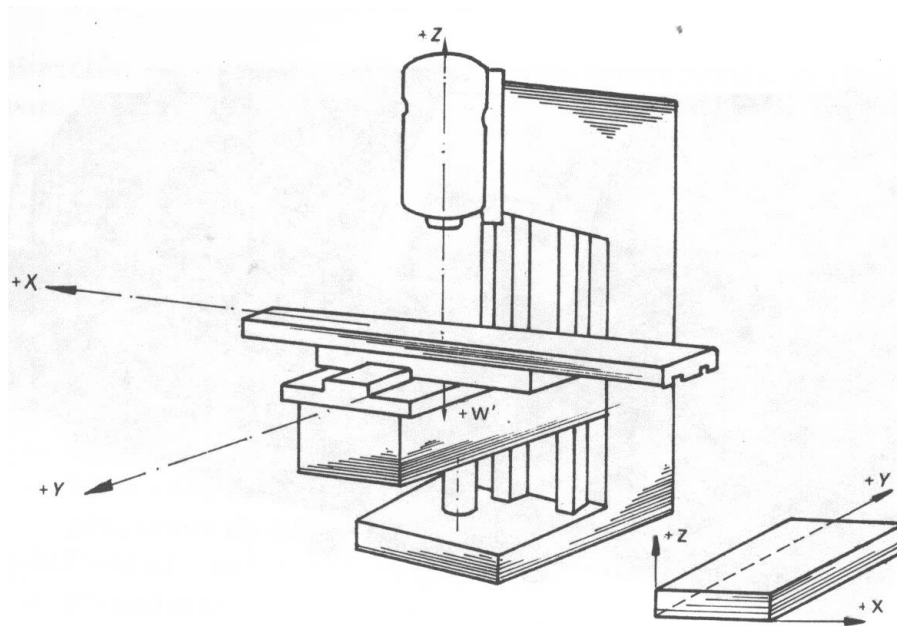
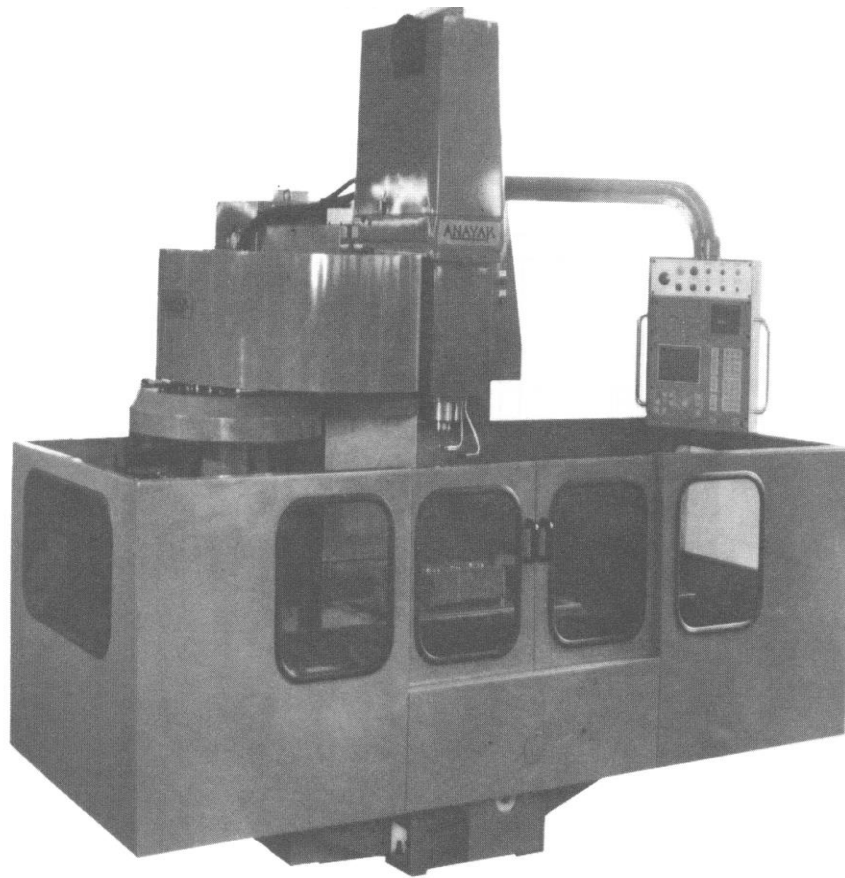


FIGURA 4.30 Fresadora de consola de husillo vertical



Centro de mecanizado vertical de ANAYAK ANAK-MATIC-10 CNC con Control Numérico de AURKI CNC 8000 M.

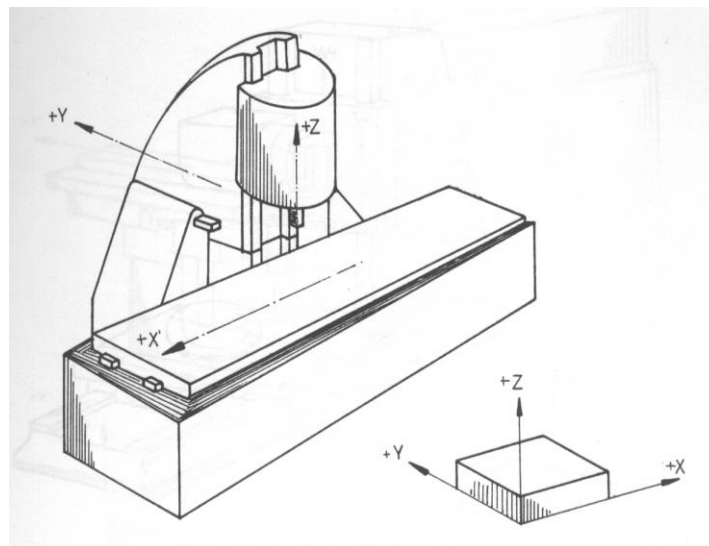


FIGURA 4.31 Fresadora de bancada de husillo vertical.

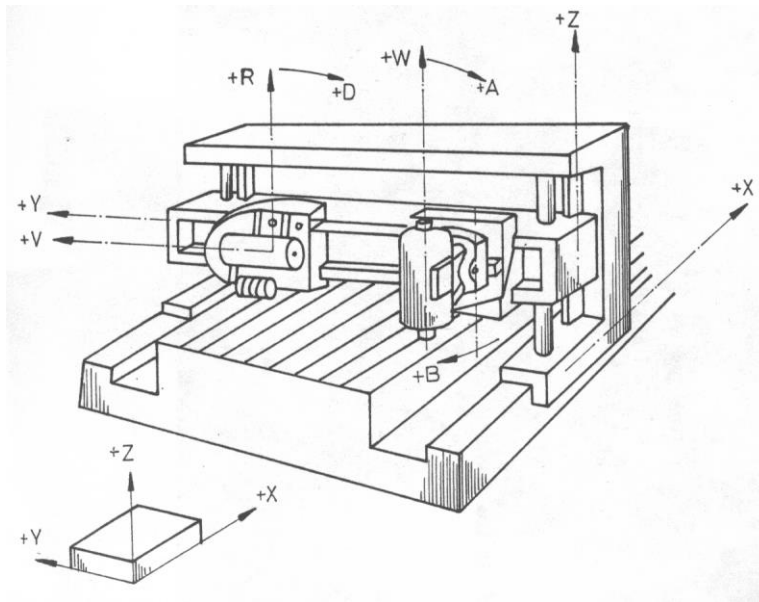


FIGURA 4.32 Fresadora de cabezal inclinable.

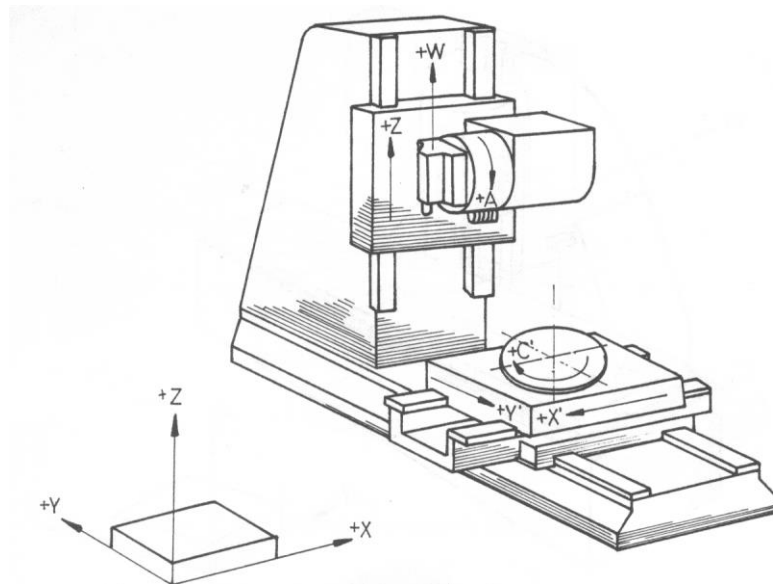


FIGURA 4.33. Fresadora de pórtico móvil

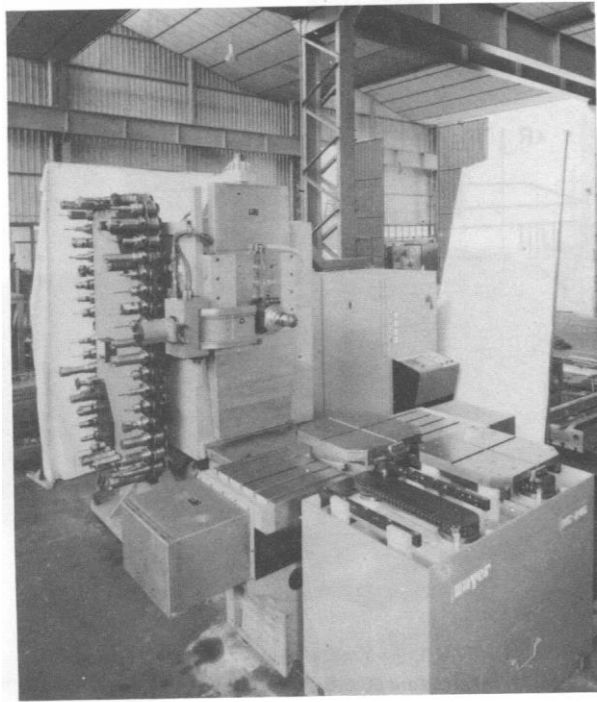


FIGURA 4.34 Centro de mecanizado horizontal de ZAYER con Control Numérico.

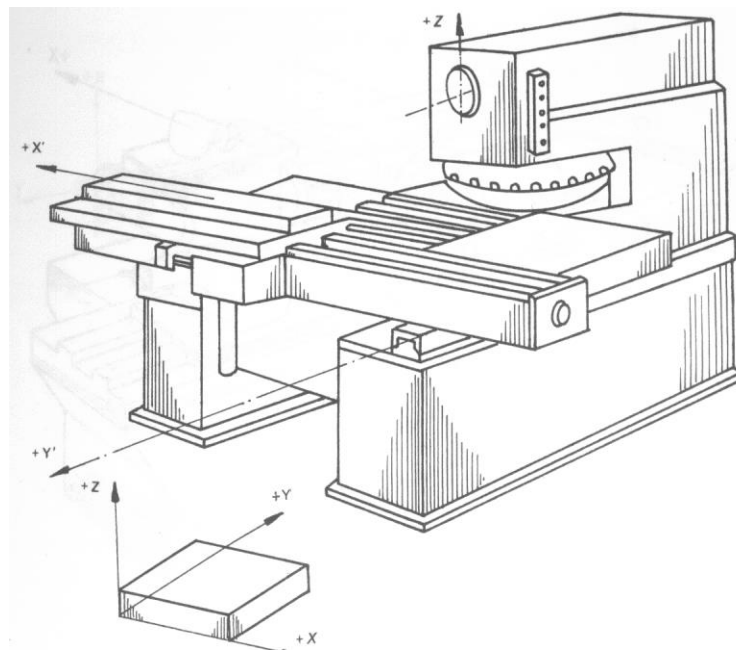
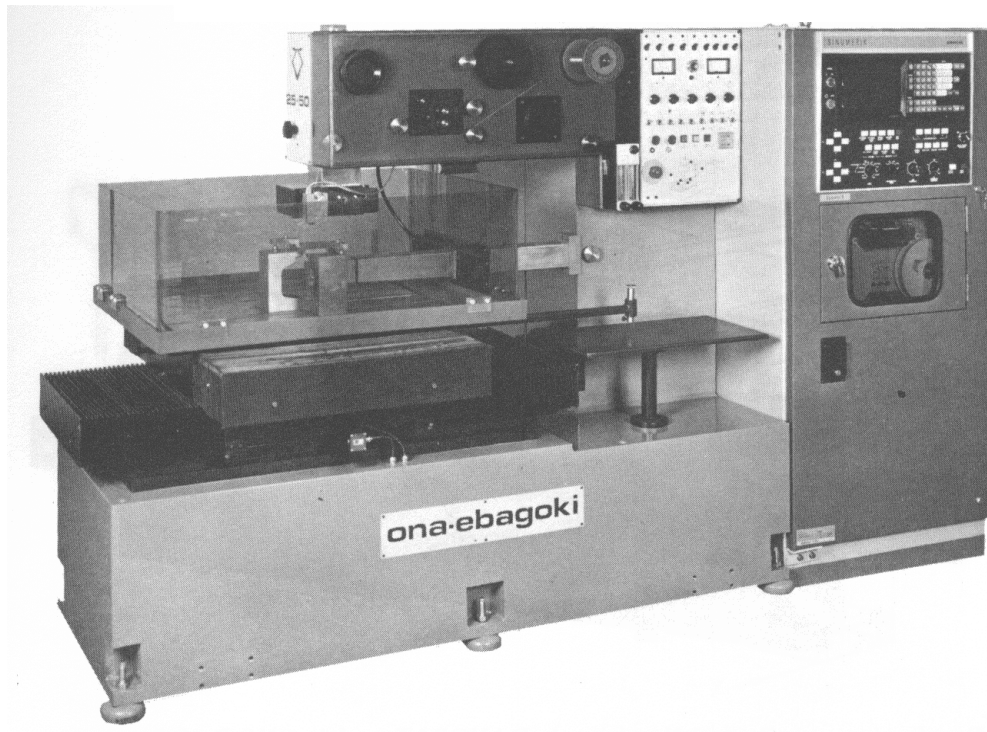


FIGURA 4.35 Punzonadora



Máquina de Electroerosión por hilo de ONA ELECTROEROSION modelo ONAEBAGOKI con Control Numérico en cuatro ejes de SIEMENS.

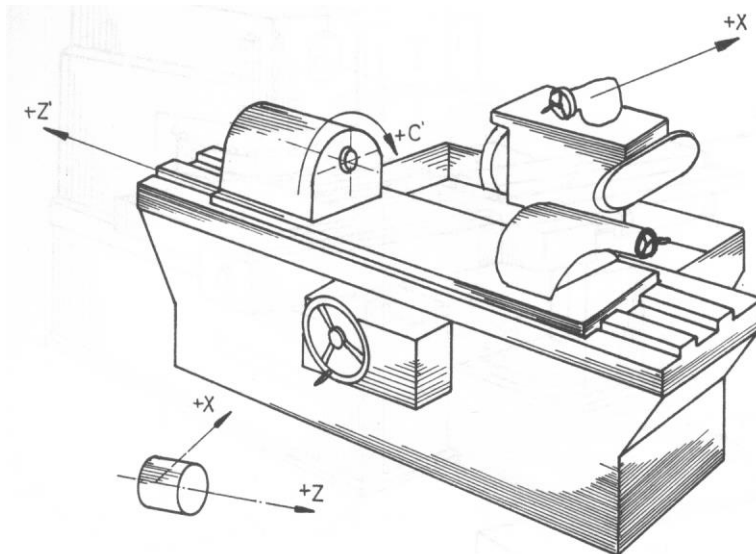
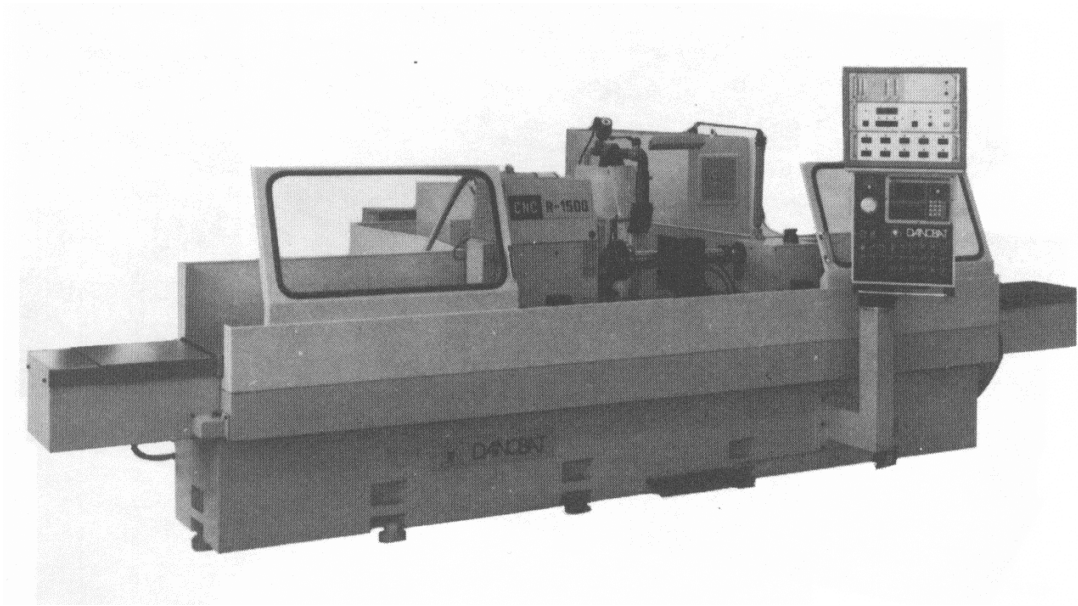


FIGURA 4.36 Rectificadora cilíndrica



Rectificadora con Control Numérico de DANOBAT modelo CNC R-1500 con control BOSCH.

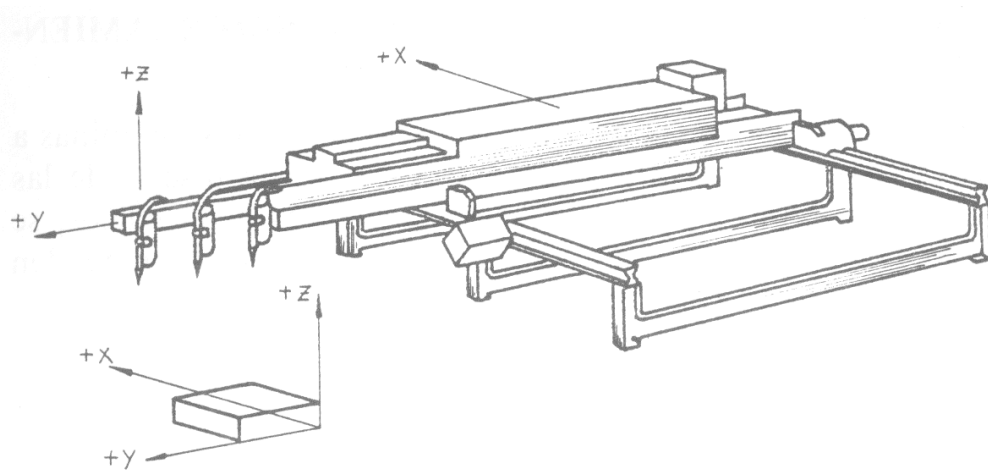


FIGURA 4.37. Máquina de oxicorte

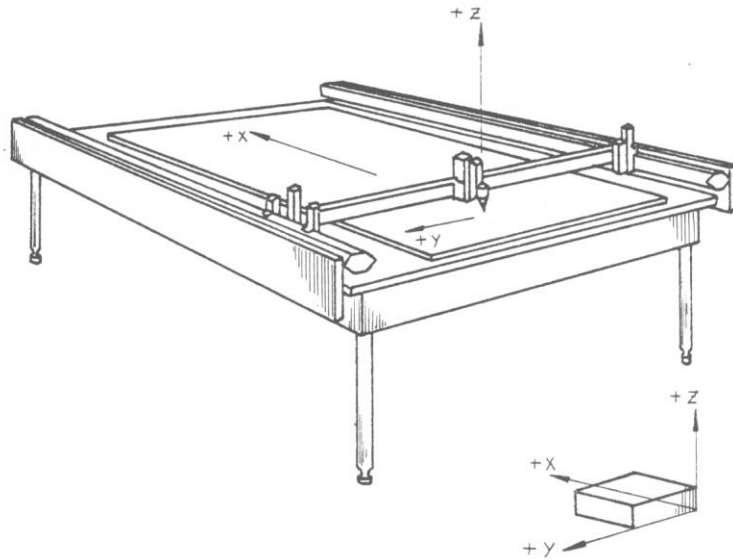


FIGURA 4.38 Máquina de dibujar

4.1.3.6 CLASIFICACIÓN DE LAS MAQUINAS-HERRAMIENTAS CON CN

Como consecuencia de las diferencias entre las maquinas a automatizar, de las dificultades técnicas en el diseño de las unidades de control y de condicionamientos económicos, se han originado diversos tipos de control numérico, que pueden ser clasificados en tres tipos:

1. Control Numérico “punto a punto”,
2. Control Numérico “paraxial”
3. Control Numérico “continuo”

4.1.3.6.1 CONTROL NUMÉRICO “PUNTO A PUNTO”

Este sistema controla el posicionamiento de la herramienta en los sucesivos puntos donde deben efectuarse una o varias operaciones de mecanizado. La trayectoria seguida para pasar de un punto al siguiente no tiene importancia, pues las funciones de posicionamiento y de mecanizado son distintas (figura 4.39).

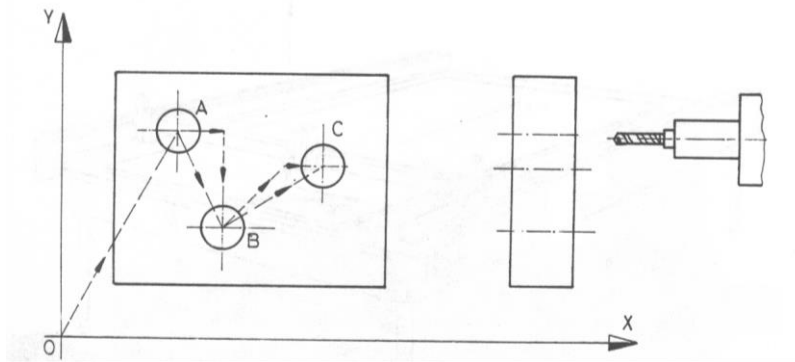


FIGURA 4.39 Control Numérico "punto a punto"

En este caso, para desplazarse a los puntos A, B y C, el útil puede seguir varios tipos de trayectoria:

1. Desplazamientos efectuados según direcciones paralelas; es decir, primero 0-X y luego 0-Y, o a la inversa.
2. Desplazamiento dando una orden simultanea a los dos ejes, pero sin existir coordinación alguna en los sistemas de mando de cada uno de los motores. La trayectoria se aproxima a 45°.

Como aplicaciones principales tenemos: punteadoras, taladros, punzonadoras y mandrinadoras.

4.1.3.6.2 CONTROL NUMÉRICO "PARAXIAL"

Con este sistema es posible controlar, además de la posición del elemento desplazable, la trayectoria seguida por el mismo según la dirección de algunos de los ejes coordenados.

Esta posibilidad se ofrece generalmente como una opción adaptable a un sistema de posicionado "punto a punto" (ver figura 4.40).

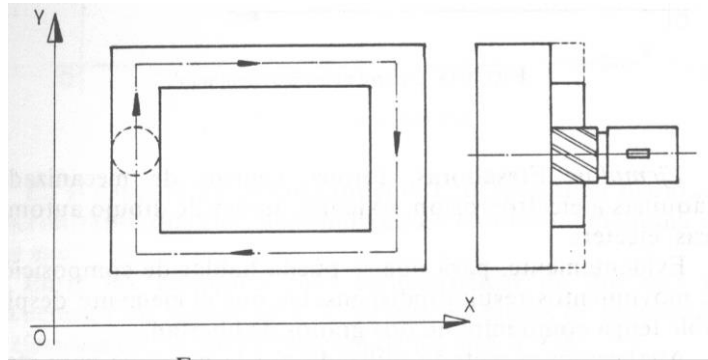


FIGURA 4.40 Control Numérico "paraxial"

Una aplicación corriente de este tipo de sistema, dentro de la máquina-herramienta, se halla en la taladradora-fresadora. En cualquier caso, el fresado sólo puede realizarse según trayectorias rectilíneas paralelas a alguno de los ejes coordenados.

4.1.3.6.3 CONTROL NUMÉRICO "CONTINUO"

En los sistemas de posicionado continuo, los desplazamientos del elemento desplázale son controlados en todo momento, de manera que las posiciones sucesivas del mismo deben corresponder siempre a la trayectoria preestablecida. Se consigue este resultado relacionando entre si los movimientos elementales realizados según los distintos ejes coordenados, de modo que estos movimientos elementales sigan cada uno una ley prescrita por una trayectoria común.(ver fig. 4.41)

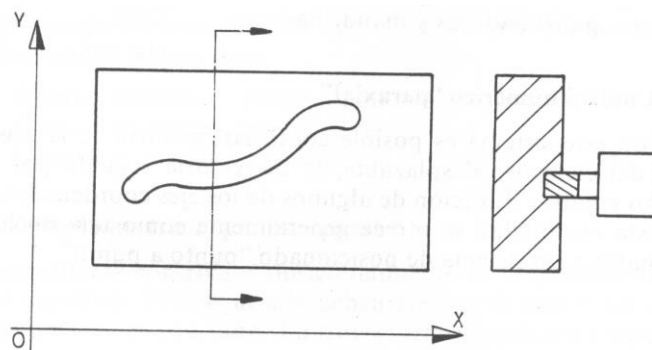


FIGURA 4.41 Control Numérico "continuo"

Ejemplos: Fresadoras, tornos, centros de mecanizado, maquinas a electroerosión, oxicorte, mesas de dibujo automáticas, etc.

Evidentemente, para que se pueda hablar de composición de movimientos resulta indispensable que el elemento desplazable tenga como mínimo dos grados de libertad. Analicemos el método utilizado por la maquina para efectuar este tipo de desplazamiento. Las ordenes de desplazamiento son comunicadas al elemento desplazable bajo forma de componentes de un vector que permite alcanzar un punto próximo. La curva elemental descrita por este elemento será entonces un segmento de recta. Cuando se quiere seguir un contorneado cualquiera, se descompondrá en segmentos elementales llamados incrementos. Su numero dependerá de la precisión con que se quiera efectuar el trabajo. Si es elevada, el numero de incrementos será grande. Esta descomposición de la curva en segmentos se llama "interpolación". Es necesario sincronizar las velocidades siguiendo las direcciones 0-X y 0-Y a fin de definir correctamente los vectores V_A , V_B , etc. La curva real es así situada en el interior de una zona delimitada por dos curvas paralelas y donde la anchura está definida por la precisión de mecanizado (ver figura 4.42).

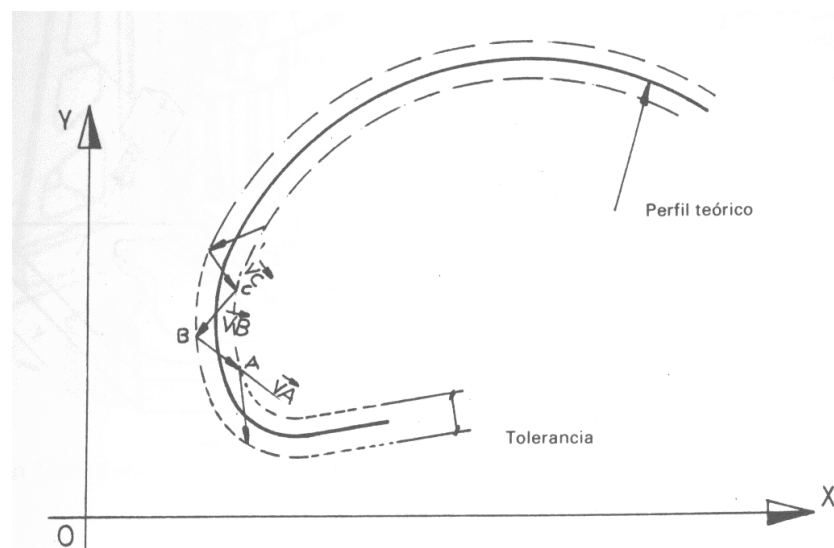


Figura 4.42 Interpolación

En el caso de un desplazamiento continuo en el plano, se sincronizaran dos ejes, denominándose entonces: “máquina de dos ejes”.

Entre las maquinas mas características de dos ejes (ver figura. 4.43) se encuentran los tornos de CN, ya que las piezas de revolución se ejecutan con la sincronización de los ejes X y Z.

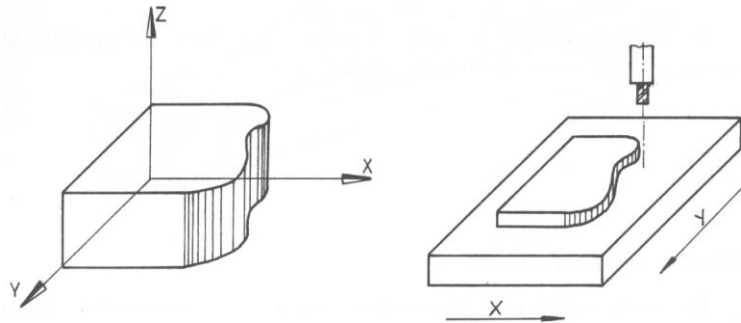


FIGURA 4.43 Mecanizado en el plano.

Para un mecanizado en el espacio se deberá utilizar una máquina de tres ejes (ver figura. 4.44).

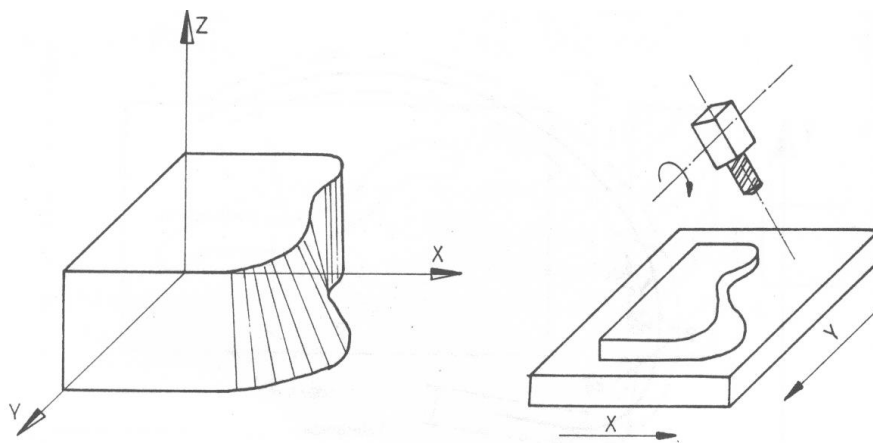


FIGURA 4.44 Mecanizado en el espacio.

Se pueden encontrar también otras expresiones que es necesario precisar:

- Máquina de dos ejes y medio. Con esta máquina se puede trabajar en contorneado en el plano. El tercer eje (el de la herramienta) puede ser mandado, pero sin sincronización con los dos primeros.
- Máquina de dos ejes conmutable. La máquina posee tres ejes de libertad, pero no se pueden sincronizar más que dos a la vez (X,Y) O (X, Z) por conmutación.

A continuación se representa algunas maquinas con varios ejes de movimiento. (v. Fig. 4.45)

4.1.3.6.3.1 CALCULO DE TRAYECTORIAS

Es materialmente imposible, para un preparador, definir todos los elementos necesarios para conducir la maquina en mecanizado de gran precisión.

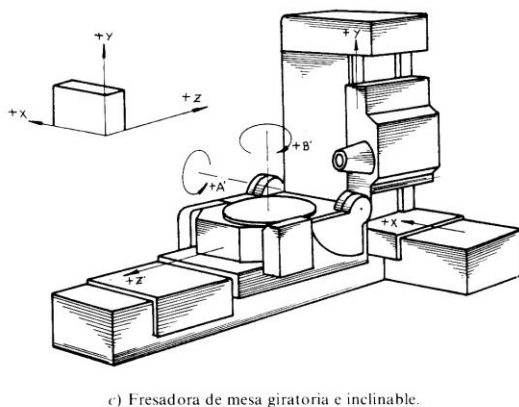
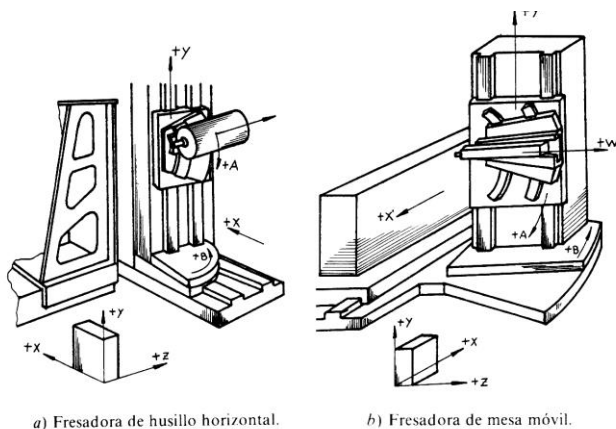


FIGURA 4.45 Máquina de CN de 5 ejes.

Dos son los procedimientos empleados para efectuar estos cálculos:

1° Hacer calcular a un ordenador las coordenadas de los puntos necesarios para seguir correctamente la trayectoria, en función de la precisión requerida, y dar, bajo formas numéricas, estas coordenadas al Control Numérico. Este procedimiento es utilizado en programación automática.

2° El control de la maquina comporta un calculador denominado “interpolador”, que efectúa el calculo de las coordenadas y las suministra a la cadena de control. Estos interpoladores son de varios tipos, según las curvas que permite realizar:

4.1.3.6.3.2 INTERPOLADOR LINEAL

Descompone un segmento recto. Es suficiente con indicar las coordenadas de las extremidades del segmento (ver figura 4.46).

El equipo de control, al recibir la instrucción en forma de $G01 X-, Y-,$ pasa la información a la tarjeta destinada exclusivamente a este tipo de calculo y manda desplazarse a los motores X e Y de forma sincronizada hasta alcanzar la posición B siguiendo una línea recta.

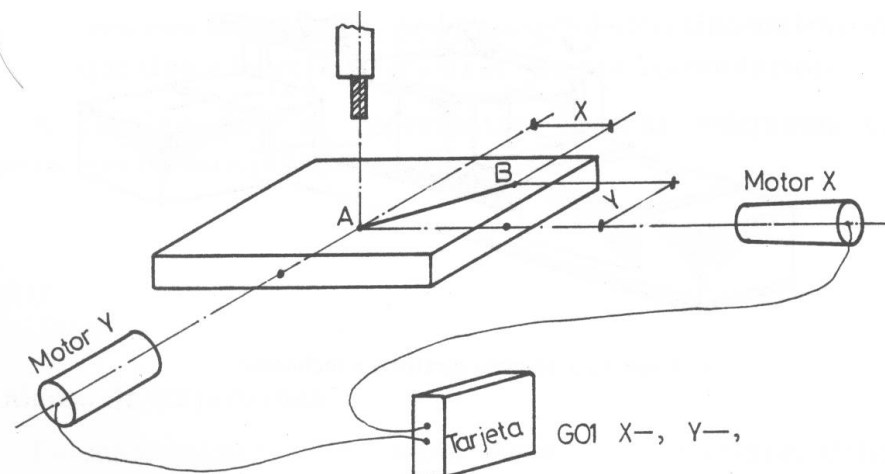


FIGURA 4.46 Interpolación lineal

4.1.3.6.3.3 INTERPOLADOR CIRCULAR

Descompone un arco de circunferencia conociendo los elementos necesarios para definirlo; frecuentemente se define el arco con el punto inicial, punto final y centro (ver figura 4.47).

En este caso, al recibir la información en forma de $G02...$, la tarjeta manda movimientos sincronizados a los motores X e Y teniendo en cuenta un punto (I,J), que es el centro del arco.

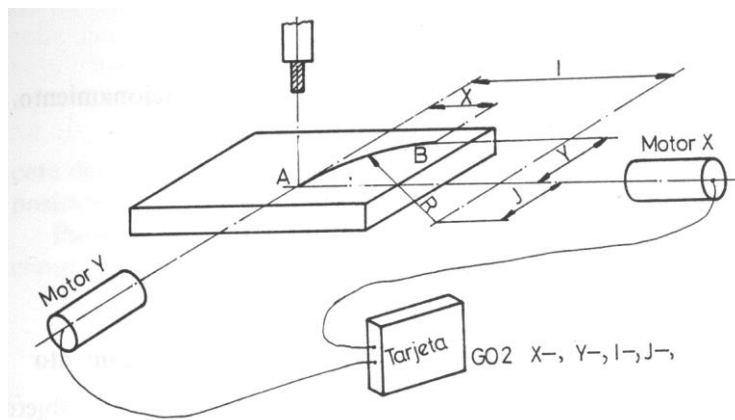


FIGURA 4.47 Interpolación Circular

4.1.3.6.3.4 INTERPOLADOR PARABÓLICO

Se utiliza el mismo principio, pero para una parábola. No es muy corriente que las maquinas sean equipadas con el interpolador parabólico.

4.1.3.7 TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN DE LAS MAQUINAS-HERRAMIENTAS CON CN

Por las condiciones que deben cumplir las maquinas-herramientas con CN, en cuanto a precisión y fiabilidad se refiere, hay que indicar que la tecnología de fabricación difiere de la empleada en las maquinas convencionales.

El equipo (armario) de CN calcula cualquier secuencia operacional sin errores y envía las ordenes necesarias para que la maquina-herramienta materialice en forma de movimientos dichos cálculos.

Para que el calculo hecho por el control y el desplazamiento realizado por la maquina se correspondan, dichas maquinas han sido equipadas con los elementos (captadores de posición, etc.) que le son necesarios, dando así origen a una nueva tecnología de fabricación.

Entre los puntos más importantes están:

- ✓ Bucle de servomecanismo o control de posicionamiento.
- ✓ Medida de los desplazamientos
- ✓ Características de diseño
- ✓ Cambio automático de herramientas.

4.1.3.7.1 BUCLE DE SERVOMECANISMO O CONTROL DE POSICIONAMIENTO

El control numérico de un órgano móvil tiene por objeto conducirlo automáticamente a una posición determinada, sea siguiendo una trayectoria recta o curva. Cuando una orden ha sido emitida, es preciso cerciorarse de que el útil adopta la posición exacta.

Para ello se utilizan dos sistemas:

1. Sistema de bucle cerrado
2. Sistema de bucle abierto.

4.1.3.7.1.1 SISTEMA DE BUCLE CERRADO

Principio de un servomecanismo de posición

El principio de un servomecanismo de posición consiste en comparar en todo momento la posición del móvil con la orden dada. La señal que se emite al motor es función de la relación entre la posición y la orden (fig. 4.48).

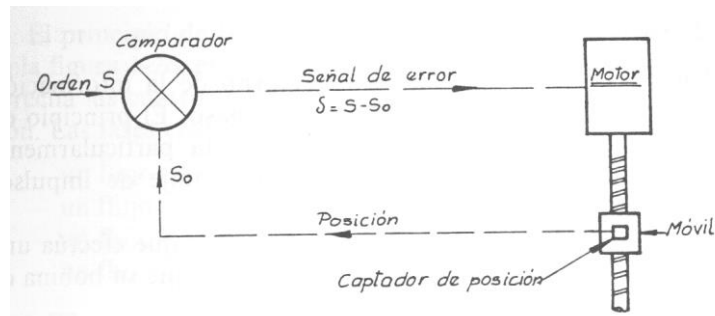


FIGURA 4.48 Sistema de bucle cerrado.

Las maquinas que utilizan este sistema normalmente tienen dos bucles de retorno de información, uno para el control de la posición y otro para el control de la velocidad de desplazamiento del móvil, ya que momentos antes de alcanzar la cota deseada disminuye la velocidad de éste para conseguir un posicionado correcto (fig. 4.49)

Para este tipo de bucle se utilizan motores de corriente continua, corriente alterna o hidráulicos.

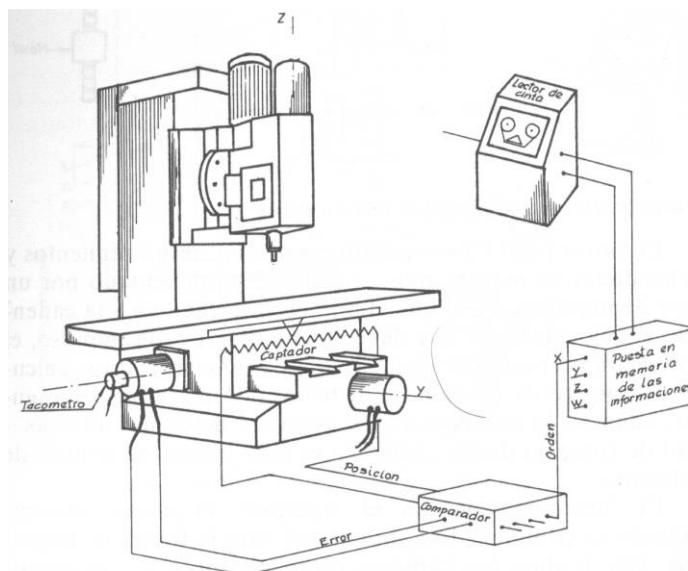


FIGURA 4.49 CN en bucle cerrado.

4.1.3.7.1.2 SISTEMA DE BUCLE ABIERTO

En este sistema se suprime el retorno e la información por la introducción de motores paso a paso. El principio de funcionamiento de estos motores se presta particularmente bien para máquinas que trabajan por contaje de impulsos.

(Fig. 4.50)

El motor paso a paso comporta un rotor que efectúa una rotación de un ángulo determinado cada vez que su bobina de mando recibe un impulso eléctrico.

Entre el generador y el motor se ha dispuesto de un circuito de apertura y cierre. El contador preseleccionado cierra la puerta cuando ha recibido el número de impulsos correspondientes al desplazamiento a realizar.

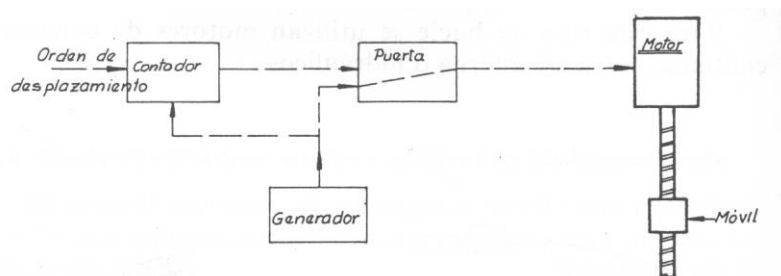


FIGURA 4.50 Sistema de bucle abierto.

4.1.3.7.2 MEDIDA DE LOS DESPLAZAMIENTOS

La medida de los desplazamientos o de las posiciones de los órganos controlados es la base de los sistemas de control numérico que funcionan en bucle cerrado a través del captador de posición. (En las máquinas-herramienta con control numérico que trabajan en bucle abierto no hay captadores, ya que la función de medida está a cargo de motores de accionamiento de paso a paso).

El papel del captador de posición es el de transformar el desplazamiento del móvil de magnitud mecánica en magnitud eléctrica, para ser analizado por el equipo de control y proceder a su tratamiento correspondiente.

La variedad de los modelos de captadores empleados es considerablemente reducida; es por tanto útil tener las ideas claras sobre los principios y los métodos de medida, así como sobre el funcionamiento de los modelos más corrientes.

4.1.3.7.3 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Las principales características funcionales de las MHCN son la precisión y la capacidad de arranque de material, y por ello requiere unas características de diseño y construcción mejores que las máquinas convencionales.

Los factores más importantes a tener en cuenta para conseguir esta precisión y capacidad de arranque de material son :

- Holguras,
- Rozamientos,
- Deformaciones,
- Vibraciones,
- Desalineaciones,
- Rigidez,
- etcétera.

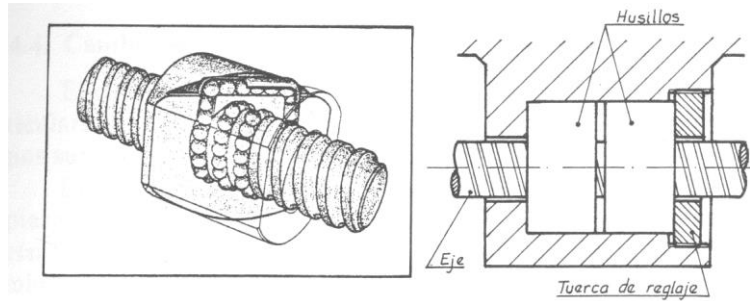


Fig. 4.51 Husillo de bolas y montaje

Para evitar las holguras se emplean generalmente los husillos de bolas (ver figura 4.51). El husillo de bolas es el elemento encargado de transmitir el movimiento de un motor a un carro sin peligro de arrastrar holguras, e incluso, en caso de aparecer éstas, cabe la posibilidad de reglarlo de nuevo a cero.

En lo que a rozamiento se refiere, existen tres soluciones: guías comunes de rozamiento, guías de rodadura (patines) y guías hidrostáticas. Las guías hidrostáticas son las que reúnen mejores condiciones, bajo coeficiente de rozamiento, ausencia de desgaste y buen amortiguamiento. Su uso se va extendiendo particularmente al campo de las rectificadoras.

La solución más extendida es la guías de rodadura, siempre que se precise un coeficiente de rozamiento bajo y constante. La guías comunes de rozamiento constan de una capa de plástico fijada a una de las superficies de fricción. Su uso no es muy extendido, dado que su resistencia al desgaste es baja y posee un alto coeficiente de rozamiento (cinco veces el del acero).

En lo que a deformaciones, vibraciones, desalineaciones, ect., se refiere, estos factores, unidos a otros que también tienen importancia a la hora de concebir una MHCN, han hecho evolucionar de tal forma el diseño de estas máquinas que ahora se podría hablar de una nueva " arquitectura de fabricación " (Por ejemplo véase figura 4.52).

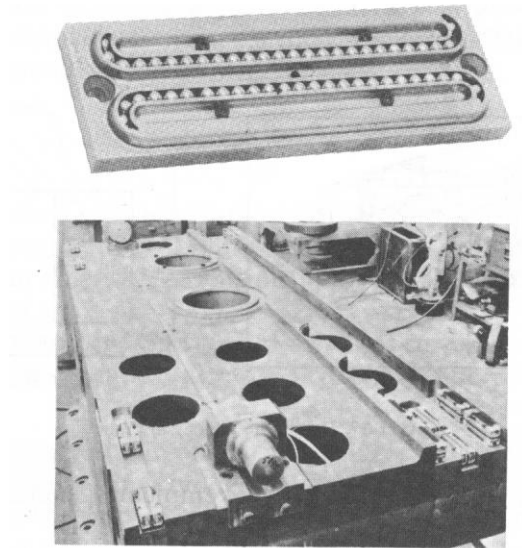


Fig. 4.52 Montaje de guías de rodadura

Hasta hace algún tiempo, pocos cambios se habían producido en la concepción general de las máquinas, debido a la convicción de que los tipos existentes eran el resultado de una evolución natural y cubrían las necesidades de mecanizado. El desarrollo en los primeros sesenta años de este siglo ha tendido, en general, a hacer las máquinas cada vez más versátiles (fresadoras de tornea, ect.). Sin embargo, en los últimos años se ha tratado de adaptar las máquinas a las piezas a producir (máquinas transfer).

Entre los factores que han determinado la aparición de nuevas arquitecturas de máquinas destacan, además de la adaptación máquina-pieza :

- El aumento de la rigidez estática,
- El aumento de la estabilidad térmica,
- La cuestión de evacuación de virutas,
- La búsqueda de soluciones constructivas más simples,
- La simplificación de las cadenas cinemáticas,

- La utilización de chapa soldada y hormigón como elementos estructurales,
- La construcción modular.

4.1.3.7.4 CAMBIO AUTOMÁTICO DE HERRAMIENTAS

El cambio automático de herramientas es otra de las particularidades de las MHCN, ya que se evitan todos tiempos superfluos necesarios para cambiarlas manualmente. Las herramientas necesarias para la mecanización de la pieza que se está trabajando están codificadas sobre el almacén, de tal forma que, cuando se precisa cambiar de herramienta para realizar otra operación, este cambio lo hace automáticamente la máquina.

Entre los distintos sistemas de cambio están:

1. Cambio por giro de torreta.
2. Cambio por desplazamiento de un brazo giratorio.

El primer sistema es el adoptado por los tornos y taladros, en los cuales el número de herramientas necesario para mecanizar una pieza es reducido. El cambio de herramientas por desplazamiento de brazo giratorio (véase figura 4.53) es propio de máquinas que necesitan un gran número de herramientas por cada pieza a mecanizar. Este sistema es empleado por los centros de mecanizado.

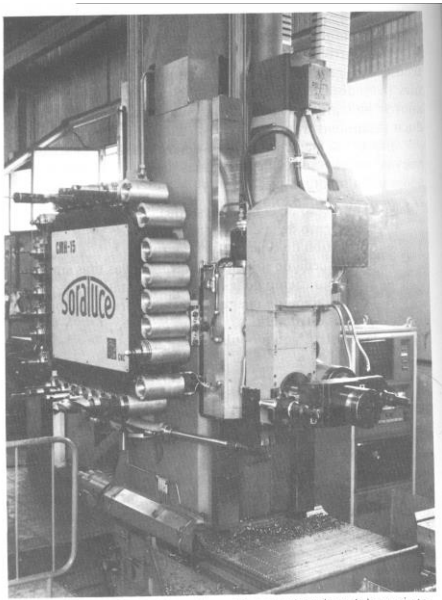


Fig. 4.53 Almacén potaherramientas y sistema de cambio por desplazamiento de brazo giratorio de SORALUCE

4.2 TECNOLOGÍA DEL PULIDO EN LA FABRICACIÓN DEL MOLDES

4.2.1 GENERALIDADES

En la actualidad, a pesar de todo los computadores y la teología disponible, el acabado superficial en la fabricación de moldes continua dominado por métodos manuales. El personal hábilmente entrenado y el equipo apropiado en el lugar de trabajo continua siendo la más económica y efectiva manera de trabajo.

4.2.2 DEFINICIÓN DE SUPERFICIE RUGOSA

El termino “Superficie rugosa” define la calidad de una superficie. La valorización de la superficie de un molde está basada en por lo menos en dos criterios: 1) La precisión geométrica de una superficie y 2) medir la rugosidad de la superficie para valorar la calidad del pulido y para establecer los errores del pulido tales como hendiduras, rayas y otros tipos de efectos.

Los parámetros usuales de una superficie rugosa son (Fig. 4.54)

R_a : Promedio aritmético de la desviación del perfil de la línea media.

R_z : Los espacios de las partes altas del valle en áreas medidas individualmente cinco veces.

R_{max} : La parte más alta del valle, dentro de un área medida completamente.

R_t : Diferencia de longitud entre la altura del pico y el valle dentro de un área medida completamente.

Todos los parámetros pueden ser establecidos por un escaneado de la superficie con un medidor de rugosidad superficial.

Para satisfacer los requerimientos de precisión en los aceros para moldes, las superficies son definidos por el parámetro R_t .

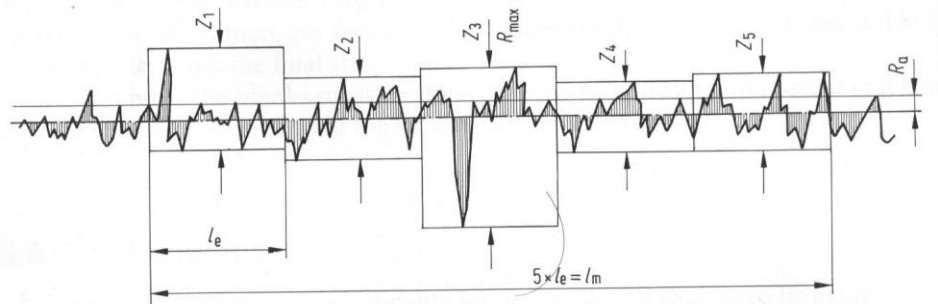


Fig. 4.54 Terminos importantes de una superficie rugosa según DIN 4168

le: área unitaria medida , lm: área total medida, zi: profundidad unitaria del pico al valle, Ra: valor medio de rugosidad, Rmax. Valor mas grande del pico al valle.

4.2.3 EFECTOS DE PULIBILIDAD DE LOS MATERIALES PARA MOLDES.

Las propiedades de pulido generalmente dependen de las inclusiones no metálicas en el acero, las cuales tienen un impacto negativo en el la calidad de pulido, debido a los diferencias de dureza superficial. Por lo tanto, la selección del acero es importante para la calidad del pulido.

La calidad de la superficie mejora con el incremento de la dureza del material, por lo cual, los aceros son ampliamente usados.

Cuando el acero es maquinado, es necesario recordar que los cristales en la estructura son cortados, formados y pulidos. Es por lo cual el tiempo de maquina se incrementa con una herramienta suave se incrementa invariablemente la rugosidad de la superficie. Aunque es posible alcanzar rango de precisión cerrada con varios métodos de maquinado, hay solamente una limitada calidad o acabado, dependiendo del método usado.

4.2.4 TÉCNICAS DE PULIDO

Los métodos de pulido superficial son:

- Lapeado
- Lapeado y pulido
- Acabado superficial.

4.2.4.1 LAPEADO

Para el lapeado son usadas herramientas metálicas no elásticas, estas son noresilientes, durante el proceso de lapeado al grano se mantiene a una distancia precisa sobre la superficie de la pieza. Fig. 4.55 muestra tal operación de lapeado en la cual el grano de lapeado es rolada sobre la superficie a ser terminada sin ninguna operación de corte.

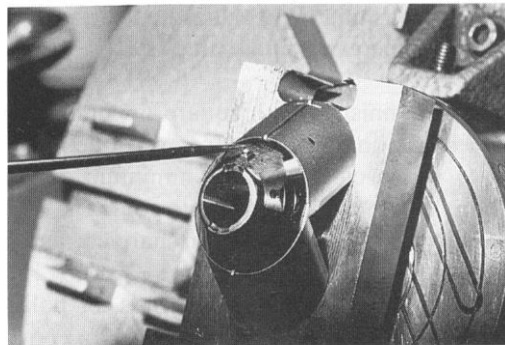


Fig. 4.55 Lapeado con un acarreador cuadrado de cobre adaptado para obtener el radio.

El lapeado es realizado con una mínima presión y con el uso de fluidos de lapeado para asegurar que el grano no se estrelle entre ellos y a la vez causa el efecto de espaciarlos entre ellos. La experiencia muestra que la presión que se ejerce durante el lapeado no debería exceder 300 N/cm^2

Las herramientas de lapeado de unos pocos milímetros cuadrados son a menudo usados en la fabricación de moldes.

Esto significa que el operador deberá pasar la herramienta sobre la superficie con una presión igual al peso de una hoja normal de escritura. Cuando esto es relacionado al tamaño individual de una punta de grano de diámetro, esto significa que presiones altas como de varios miles N/m^2 son ejercidos sobre la superficie. La formación de depósitos sobre la orilla son virtualmente evitables. Si la presión de la herramienta es demasiado alto; esto genera como resultado que los granos de diamantes que son presionados contra la superficie de trabajo de la herramienta de lapeado se acumulen y por lo tanto causen una acción de corte. Como resultado esa partícula no puede ser removida, particularmente porque no existen espacios, tales como las de una operación de taladro, fresado, etc. Un ejemplo ilustrado de la presión que puede ser alcanzado por el lapeado. En principio el material puede solamente ser removido si la herramienta y las partículas en los bordes se mueve. Se asume que la cavidad para una caja puede ser finalizada por lapeado. Si usamos para trabajar un lado de pared con una cierta carrera vertical, en tal caso el grano de lapeado de debajo de la herramienta tendrá contacto con la superficie de trabajo. Si no se cuenta con un rango de carrera, el grano de lapeado solamente trabajara intermitentemente, con lo cual menos material será removido. Como resultado se genera una superficie irregular, con partículas remanentes. (Fig 4.56).

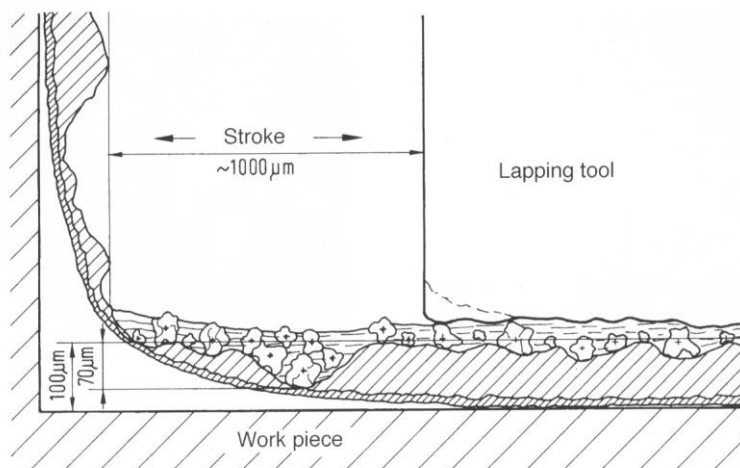


Fig. 4.56 Representación esquemática del removimiento de los granos de diamante pedidos usando la carrera de movimiento recíprocante de la herramienta manual.

Traducción

Work Piece: Pieza de Trabajo, Stroke: Carrera, Lapping Tool: Herramienta para lapeado

La precisión depende de la rugosidad inicial de la superficie y de la cantidad de irregularidad a ser removido. Consecuentemente, la herramienta de maquinado siempre corta tan fino como sea debido a que el lapeado y pulido no necesitan ayuda manual la herramienta puede trabajar con una precisión y rápidas como una máquina herramienta.

El grano de diamante es una de las más importantes herramientas para el pulido. Existen tres fuentes principales de granos de diamantes:

- ✓ Granos Naturales de diamante averiado.
- ✓ Granos de diamante manocristalinos oreado sintéticamente por un proceso desarrollado por general electric (USA)
- ✓ Granos de diamante policristalinos creados sintéticamente por un proceso desarrollado por Du Pont (USA)

Los pastas de granos de diamante son de tamaño de 40, 30, 15 y 10 μ m son de granos de diamante policristalinos y son usados para el lapeado ordinario de superficies rugosos. Estos granos son ideales para el trabajo ordinario en los cuales la rugosidad a ser removida es grande.

Los granos de diamantes sintético manocristalino son de tamaño de 7, 3 y 1 μ m son utilizados para acabados finísimos. Naturalmente los granos de diamante se dañan cuando se usan en metales duros.

Las pastas de diamante son caracterizados por el tipo de grano de diámetro usado, la concentración de granos de diamantes y particularmente la distribución de los tamaños de los granos. Es importante que las pastas de diamante tengan un espectro de granos que incluya granos pequeños (Fig. 4.57)

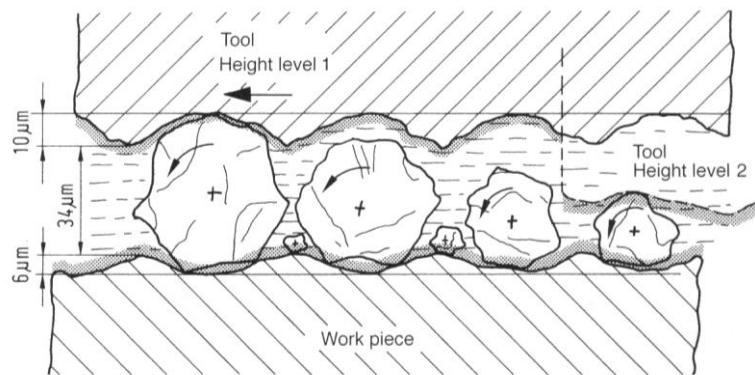


Fig. 4.57 representación esquemática del movimiento de los granos de diamante cuando se usa granos de tamaño variado.

Traducción

Tool Height level 1: Herramienta de altura de nivel 1, Tool Height level 2: Herramienta de altura de nivel 2, Work piece: pieza de trabajo.

La tabla 4.18 muestra los valores de rugosidad que pueden lograrse con diferentes tamaños de grano.

Tabla 4.18

Grano de diamante – Calidad del acero.

Regla Básica:

50μm grano de diamante	Recocido 600 N / mm ² Fuerza 7-8μm R _t	Endurecido 600 N / mm ² Fuerza = 7-8 μm R _t
30 μm	Recocido = 4.8-5.5 μm	Endurecido =3μm
20μm	Recocido =3.5-4.4 μm	Endurecido =2.5μm
15μm	Recocido =3.0μm	Endurecido =0.8-1.0m
10m	Recocido =1.0-2.0 μm	Endurecido =0.08-0 .09μm
7μm	Recocido =0.07-0.08μm	≤ 7μm no existe diferencia en la rugosidad de la superficie R _t entre acero recocido o endurecido
3μm	Recocido =0.06μm	Endurecido =0.06 μm
1μ	Recocido =0.04μm	Endurecido =0.04μm

4.2.4.2 LAPEADO Y PULIDO

EL proceso de lapeado y pulido, este utiliza herramientas como: madera, plástico, fibras duras, hules duros, etc. Un buen brillo puede lograrse, aun con granos ásperos.

Sin embargo, los granos ásperos, generan una pobre microgeometría de la superficie. Esto se debe a la estructura cristalina del acero, lo consiste de partículas de diferente dureza.

Los componentes ferríticos y níquel son constituyentes suaves que son más rápidamente removidos con suaves y elásticos acarreadores que los que son duros como la Cemetita y el carbono de cromo. El elemento resiliente pierde las partículas duras pero lava todos los componentes suaves. Mientras más largo sea el proceso de acabado con un elemento de pulido elástico y con una estructura cristalina áspera, más prominente es la aparición del efecto de cascarilla (Orange peel). El proceso de pulido se muestra en la Fig. 4.58

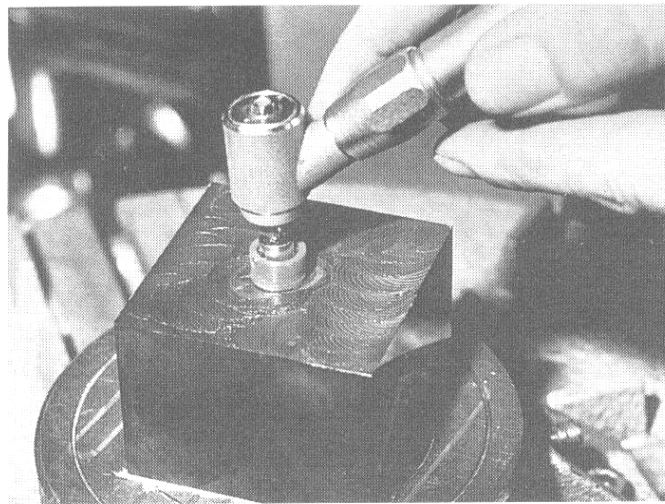


Fig. 4.58 Lapeado y pulido con un disco plástico en un joint universal.

4.2.4.3 PULIDO

Para el pulido se usan herramientas muy suaves que son exclusivamente aplicables para producir una superficie brillante (Fig.4.59). es posible producir una superficie brillante con herramientas suaves hechas de felpa. Cuero o tela, aun utilizándose en superficies con grandes rugosidades.

Si el pulido es realizado solamente con pasta (sin lubricante) se obtiene una superficie lisa opaca.

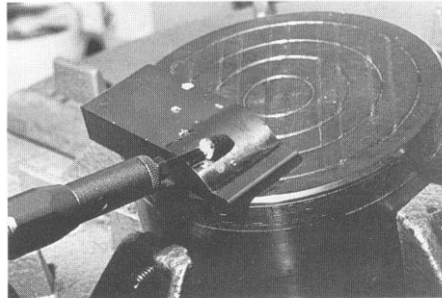


Fig. 4.59 Producción de un acabado brillante en un disco usando una felpa con el uso de una herramienta manual.

Generalmente, una superficie cristalina llega a empeorar la duración del tiempo de pulido. Consecuentemente, la operación de pulido debe ser examinada brevemente con el fin de lograr alta calidad en el acabado superficial. Se debe preparar todo para trabajar con el pulido con el cuidado y limpieza necesario.

CAPITULO V
PROCESOS DE TRATAMIENTO DE SUPERFICIE

5.0 PROCESOS DE TRATAMIENTO DE SUPERFICIE

En este capítulo, como un complemento al proceso de maquinado se tienen los procesos de tratamiento térmico, con los cuales se logran cambios en las propiedades de los materiales; por lo que es de gran importante el conocimiento de las especificaciones técnicas sobre la aplicación de tratamiento térmico para los diferentes materiales para la construcción de moldes, dichas especificaciones se incluyen en el presente avance.

5.1 TRATAMIENTO TERMICO

Es del conocimiento universal, que el acero es el material de uso más difundido para la fabricación de herramientas. Las razones son que el acero puede alearse con diferentes elementos y por lo tanto impartirles las diferentes propiedades requeridas. y al mismo tiempo, dentro de ciertos límites variar éstas por medio de, su tratamiento térmico. El tratamiento térmico, es por lo tanto. de una importancia muy grande tanto para la fabricación de una herramienta, como para su vida de servicio. En vista de esto, vamos a tratar de explicar de una manera sencilla, exactamente lo que sucede cuando se sujeta el acero a diferentes tratamientos térmicos. Además, se va a describir someramente el equipo necesario para las diferentes operaciones.

5.1.1 RECOCIDO SUAVE.

Después de haber sido laminado o forjado, el acero está normalmente duro y difícil de trabajar. Esto se debe a que la estructura contiene carburos en forma laminar-perlita (fig. 5.1)

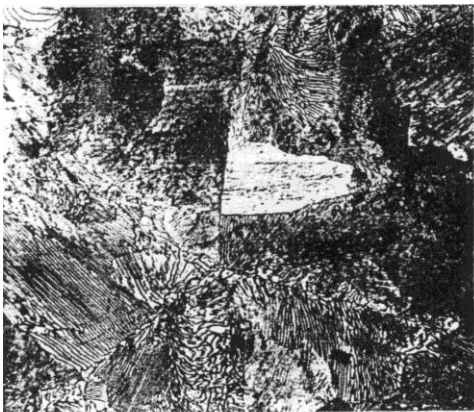


Fig. 5.1 Perlita Laminar. El contenido de carbono es de 0.9%

Calentando el acero a una temperatura apropiada de acuerdo al grado o tipo que se trata, puede hacerse que estos carburos obtengan una forma esférica - perlita esferoidal (fig. 5.2) Esta forma de estructura imparte muy baja dureza al acero, y por tal motivo puede trabajarse con cierta facilidad con cualquier herramienta de corte, con formación de virutas.

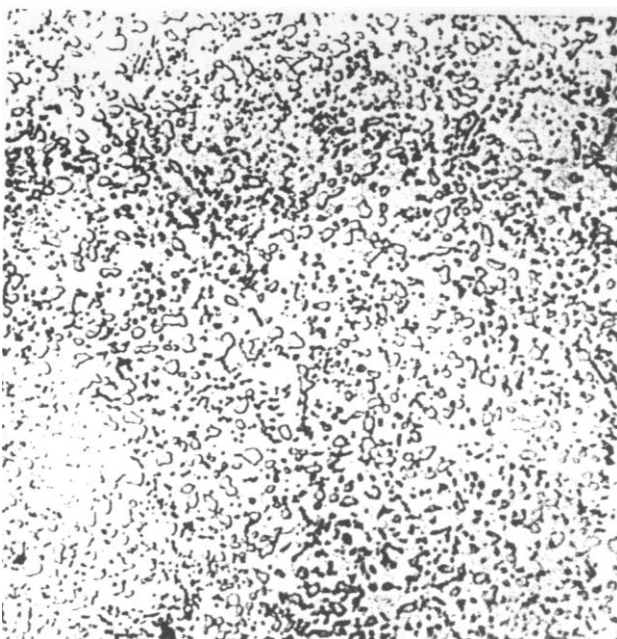


Fig. 5.2 Perlita Esferoidal. Contenido de carbono 1%

En la gráfica, fig. 5.3 puede verse cómo se lleva a cabo el recocido de determinado acero. Normalmente otros grados de aceros requieren diferentes temperaturas. Sin embargo una característica común del tratamiento es que el enfriamiento hasta aproximadamente 600°C debe llevarse a cabo con lentitud.

Los aceros para herramientas, son suministrados de la fábrica en estado de recocido ya que su proceso de fabricación así lo incluye. Sin embargo en cada hoja técnica de cada grado de acero, se indica la temperatura de recocido más apropiada para los casos en que éste sea necesario volverlo a hacer, por ejemplo cuando se requiere forjar o la pieza está templada.

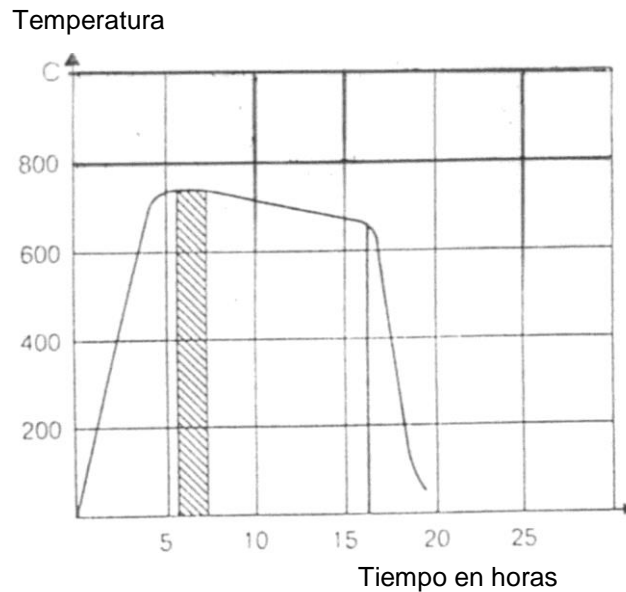


Fig. 5.3 Grafica que ilustra el principio del recocido

5.1.2 RELEVADO O ALIVIO DE ESFUERZOS (LIBERACIÓN DE TENSIONES).

Después de soldarse, de algún trabajo plástico, o de maquinado pesado, el acero queda tensionado, por lo cual deberán de someterse al tratamiento de liberación de tensiones sobre todo antes del procesamiento final o de un posible templado.

Como puede verse en la gráfica fig. 5.4, la operación involucra el calentamiento de la pieza a una temperatura. a la cual el limite de fluencia es tan bajo, que puede atenuarse o liberarse cualquier esfuerzo interno. Con este tratamiento no se presenta ningún cambio estructural

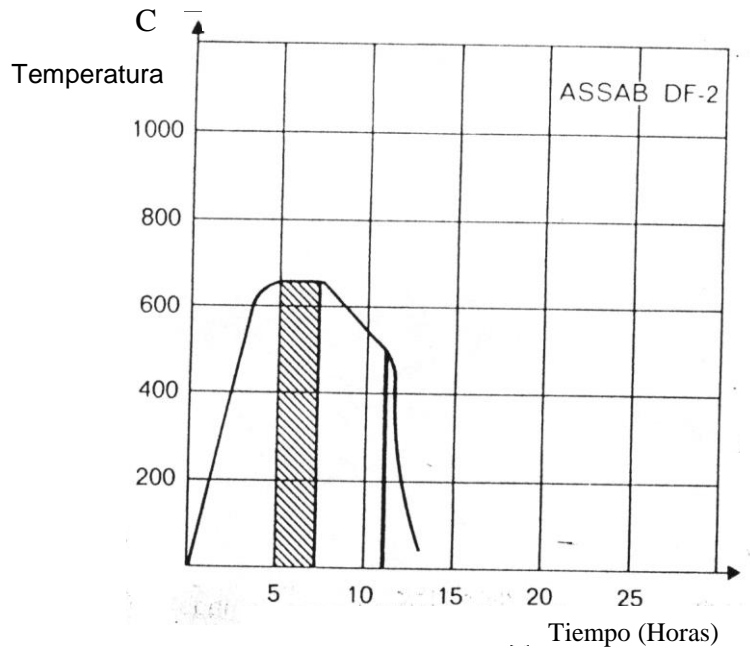


Fig. 5.4 Grafica de ilustra el principio de alivio de esfuerzo o liberación de tensiones

5.1.3 **TEMPLADO.**

En el templeado ordinario se calienta el acero a una temperatura tal, que la estructura de recocido – perlita- se transforma en estructura (véase figura 5.5).

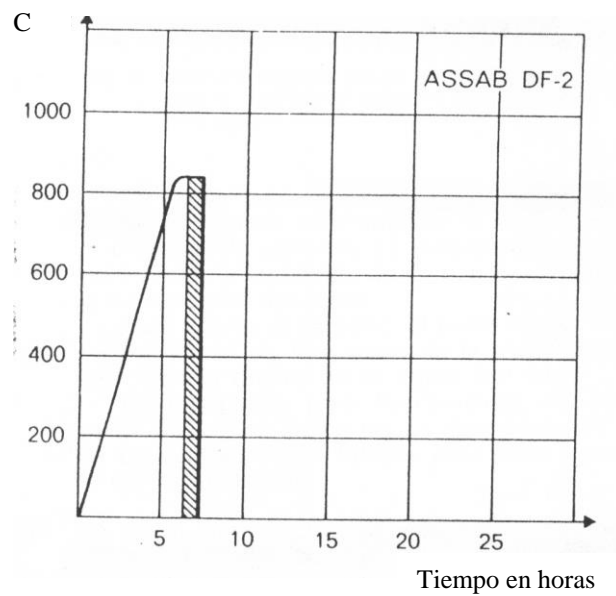


Fig. 5.5 grafica que ilustra el principio de templeado

austenítica. Este calentamiento es seguido por un rápido enfriamiento (temple o templado).

En el material recocido la mayoría del carbono existente, está en forma de carburos metálicos. Estos carburos son disueltos a elevada temperatura , y como la estructura cristalina de la austenita (fig. 5.7) es capaz de absorber mejor el carbono que la ferrita del material recocido (fig. 5.6) el carbono se distribuye uniformemente. En el templado o enfriamiento brusco, el carbono no tiene tiempo de regresar a sus posiciones originales (recocido) y en su lugar se obtiene una estructura reticulada, llamada martensita (fig. 5.8).

La martensita tiene un volumen mayor que la austenita de la cual se forma, es dura y contiene grandes esfuerzos o tensiones internos

○ = átomos de hierro ● = posiciones posibles de los átomos de carbono

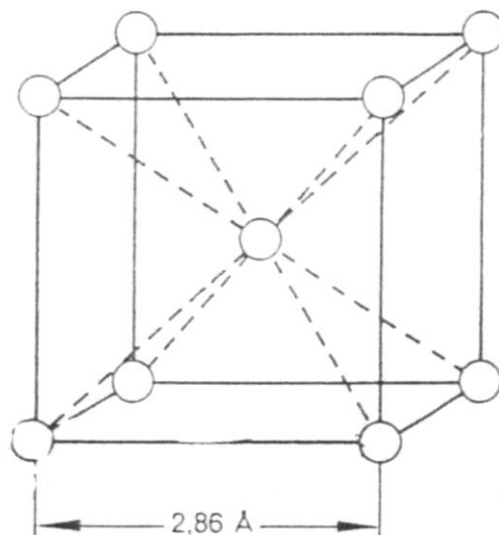


Fig. 5.6 Posiciones de los átomos de hierro en un cristal de ferrita

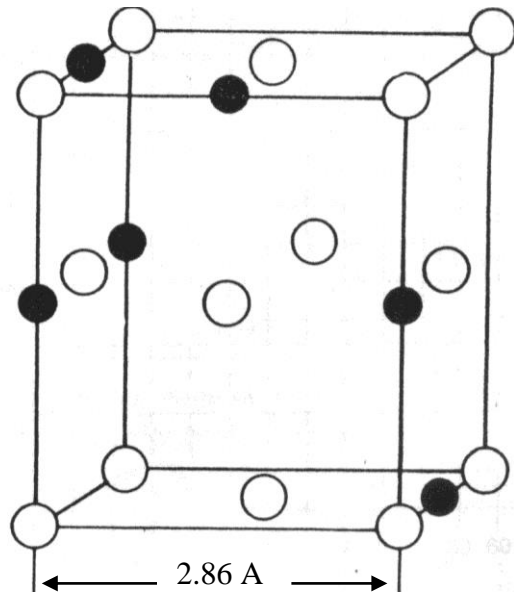


Fig. 5.7 Un cristal de austenita con las posibles posiciones para los átomos de carbono.

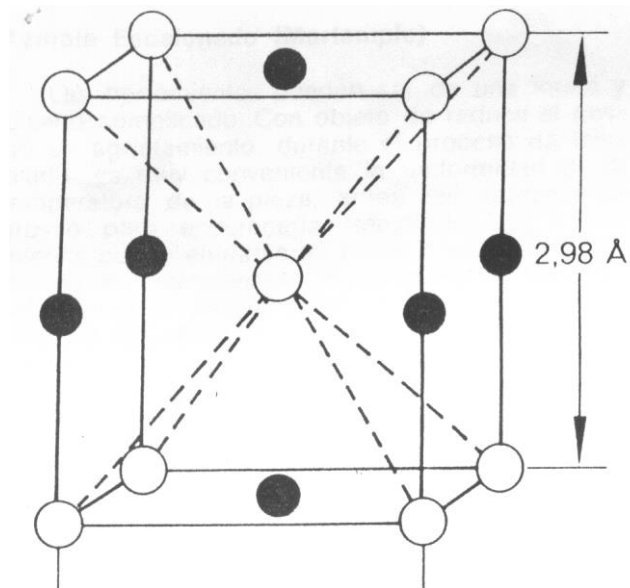


Fig. 5.8 Un cristal de martensita con las posibles para los átomos de carbono.

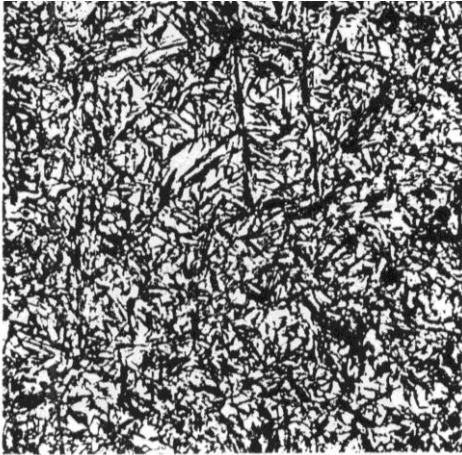


Fig. 5.9 Martensita (oscura) con un elevado contenido de austenita residual (clara) debido a una temperatura demasiado elevada de austenitización.

La formación de la martensita (véase figura 5.9) depende de la temperatura y puede interrumpirse si no se continua el enfriamiento uniforme. La temperatura necesaria para iniciar la formación de martensita depende de la composición de acero.

Para aceros al carbono, el punto inicial - M_s (comienzo de formación de la martensita), se indica en la gráfica de la figura 5.10.

En los aceros para herramientas, el punto M_s - se indica en los diagramas TTT que se encuentran en los folletos para cada grado de acero en particular.

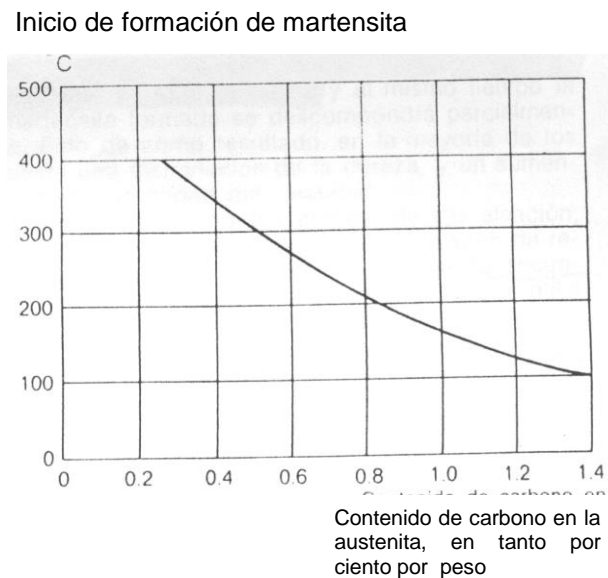


Fig. 5.10 Temperatura M_s para aceros al carbono (sin aleación)

De la composición del acero depende la velocidad a la cual se regenera la perlita, es decir nos indica la velocidad mínima a la cual el acero debe enfriarse con objeto de que tome dureza.

Un incremento en el contenido de elementos de aleación retarda la formación de la perlita. La llamada nariz de perlita en el diagrama TTT (Fig. 5.11), está desplazada hacia la derecha, lo cual nos permite conocer el enfriamiento más lento del acero sin que tenga ningún efecto importante en la dureza final, Por lo mismo los aceros al carbono (sin aleaciones) que requieren una elevada velocidad de enfriamiento, deben ser templados en agua salada al 10% (salmuera) o lejía.

Los aceros de baja aleación pueden enfriarse en aceite o en un baño de sal fundida, y los aceros altamente aleados en aceite, en baño de sal fundida o al aire.

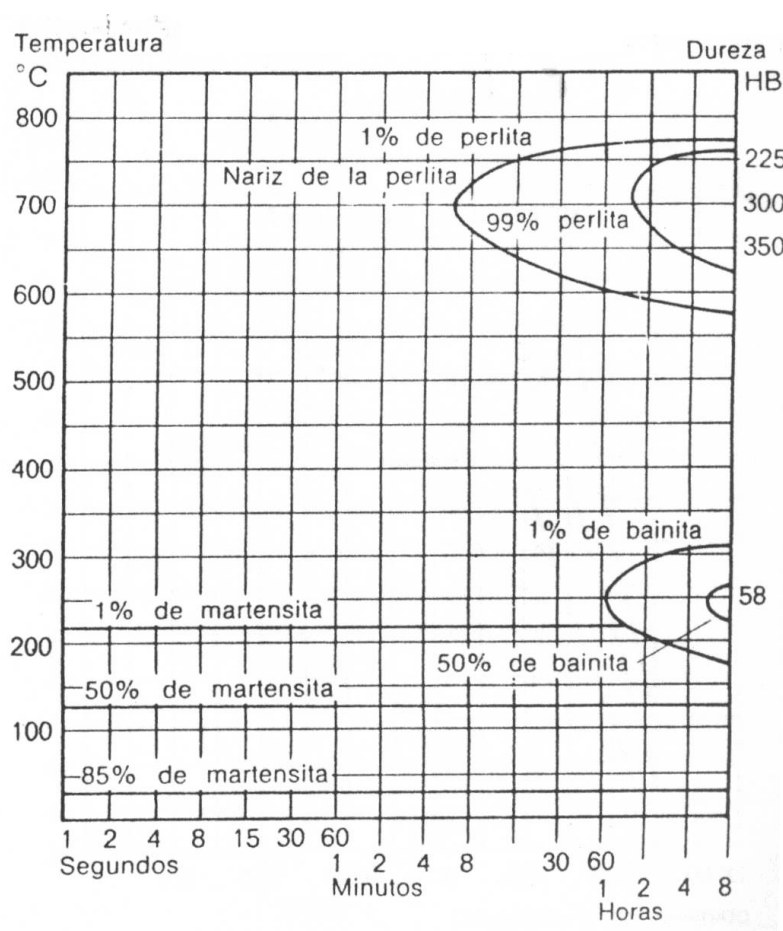


Fig. 5.11 Diagrama TTT para determinado acero de aleación

5.1.4 TEMPLE ESCALONADO (MARTEMPLE)

Las herramientas pueden ser de una forma y diseño complicado. Con objeto de reducir el riesgo de agrietamiento, durante el proceso de templado, es muy conveniente la uniformidad de la temperatura de la pieza, antes del enfriamiento brusco para endurecerla (templado). La herramienta, puede enfriarse en pasos o escalones, por decirlo así: templándola digamos en un baño de sal fundida, a una temperatura cercana a la temperatura M_s para el grado de acero correspondiente (véase figura 5.12).

Con objeto de que sea factible el templado escalonado, el acero debe ser aleado.

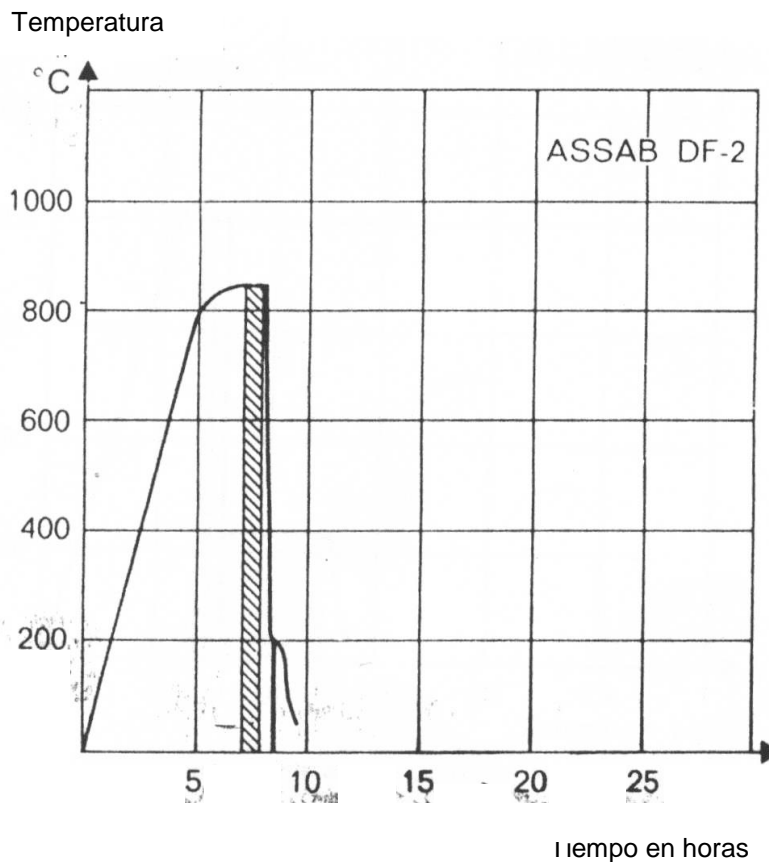


Fig. 5.12 Gráfica que ilustra el principio del temple escalonado. (Martemple)

5.1.5 REVENIDO

Debido a los enormes esfuerzos que se desarrollan en el acero durante su templado, estos deben revenirse inmediatamente – a una temperatura apropiada. Durante este procedimiento (véase figura 5.13) los esfuerzos internos serán distribuidos uniformemente en toda la pieza y al mismo tiempo la martensita formada se descompondrá parcialmente (véase figura 5.14). Esto da como resultado, en la mayoría de los casos una disminución de la dureza, y un aumento en la tenacidad del material.

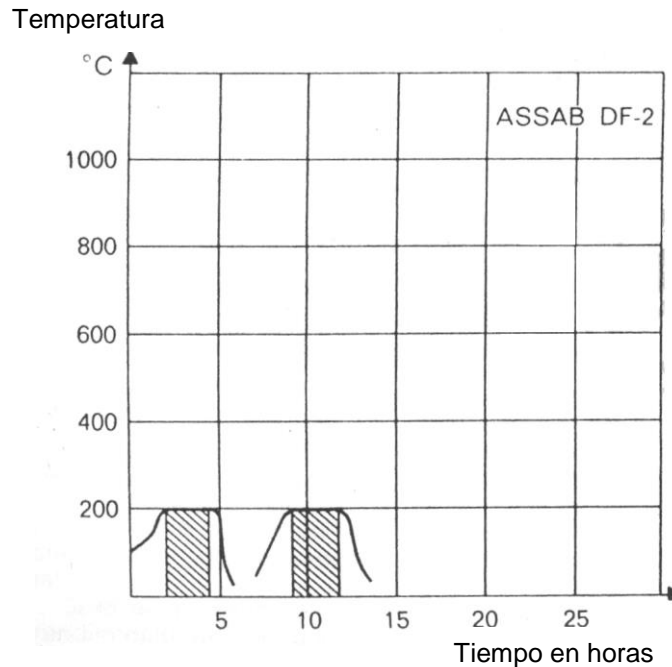


Fig. 5.13 Grafica que ilustra el principio de revenido.

Sin embargo, ciertos aceros, de alta aleación (véase figura 5.15), incrementan su dureza a cierta temperatura de revenido, debido al llamado endurecimiento secundario. Es frecuente en algunos casos que halla una disminución en su resistencia al impacto.

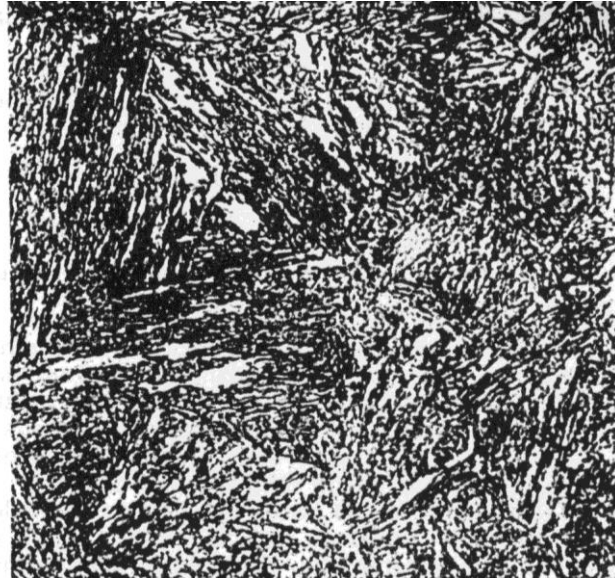


Fig. 5.14 Estructura altamente revenida

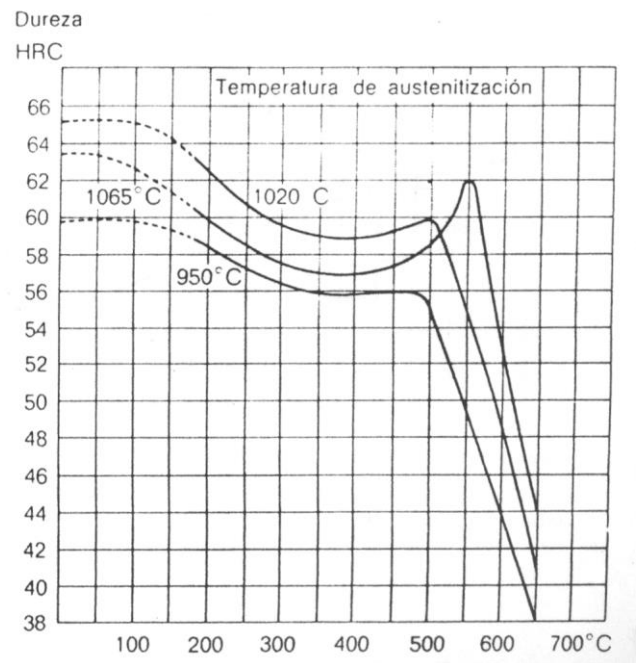


Fig. 5.15 Diagrama de revenido para determinado acero de alta aleación

El templado seguido de un revenido a alta temperatura 550 a 650°C - se llama generalmente temple tenaz.

5.1.6 TEMPLE BAINÍTICO (AUSTEMPLE)

El procedimiento para el temple bainítico es el mismo al usado en el temple escalonado con la diferencia e que el tiempo en el baño de alta temperatura debe ser mas largo (véase figura 5.16).

La temperatura del Baño debe ser arriba de la temperatura Ms para el grado de acero que se está tratando.

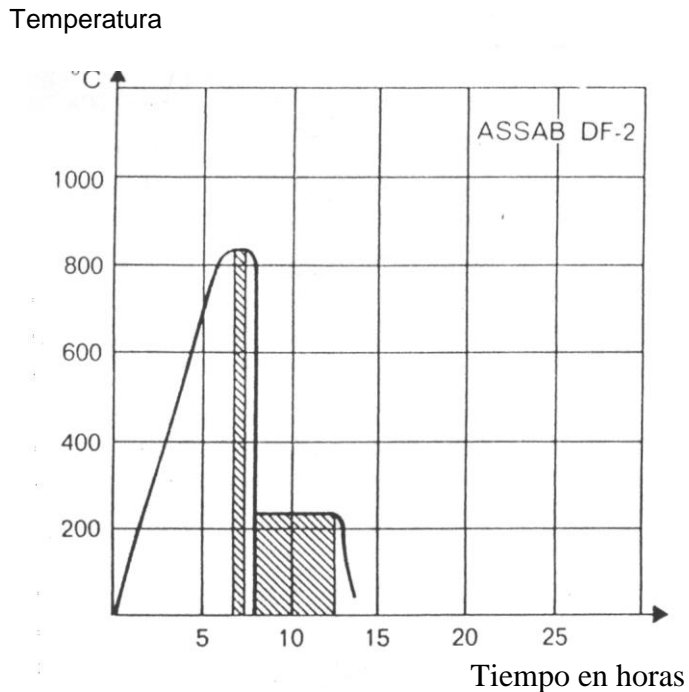


Fig. 5.16. Gráfica que ilustra el principio del temple bainítico,

El templado bainítico proporciona una tenacidad mas elevada en relación a la dureza que adquiere y presenta menos riesgo a grandes esfuerzos internos, que en el templado normal. El método se usa normalmente para pequeñas piezas hechas de acero de baja aleación. Sin embargo, debido al tiempo que requiere, resulta costoso y por esta razón no es muy usual.

El endurecimiento obtenido a diferentes temperaturas de transformación austenítica, se indica en los diagramas TTT, para los grados de acero correspondientes. (Ver Fig. 5.11)

Como regla general, no es necesario el revenido, después del endurecimiento bainítico.

5.1.7 CEMENTADO

En algunos casos, puede ser deseable, o necesario la cementación, por ejemplo en herramientas de acero con un contenido de carbono tan bajo, que no se puede lograr la dureza suficiente, con un tratamiento de templeado normal (véase figura 5.17).

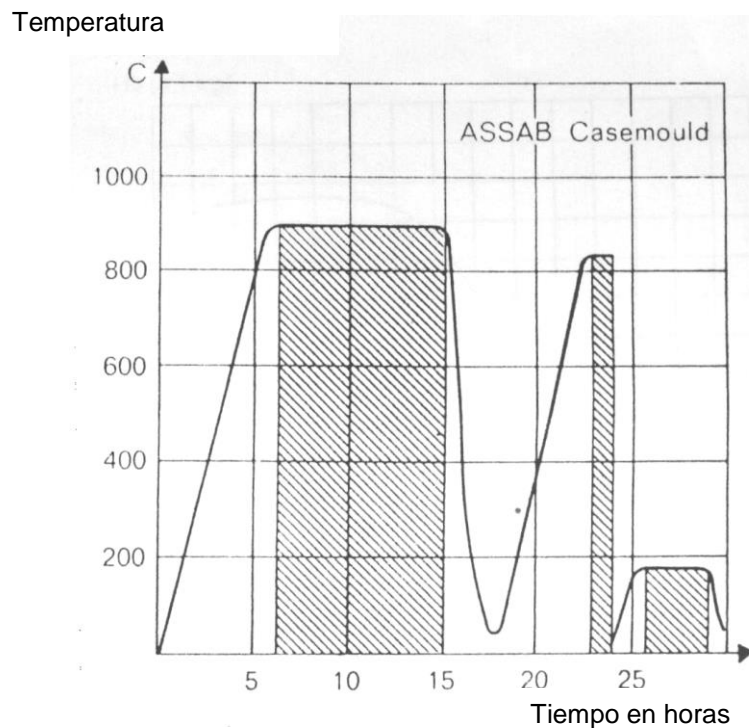


Fig. 5.17. Gráfica que ilustra el principio del cementado.

Si el acero se mantiene, en un medio de desprendimiento de carbono a una temperatura de 850°C - 950°C. puede incrementarse su contenido de carbono en la

superficie de la pieza. Durante el endurecimiento subsecuente, se obtiene una dureza superficial muy alta, con un núcleo suave y altamente tenaz, Este proceso de carburización y su correspondiente endurecimiento se llama cementado.

El medio carburizante puede ser logrado con polvo de carbón activado, en un baño de sal de cianuro ó en gas que contenga monóxido de carbono. La profundidad del cementado depende de la temperatura a la cual se efectúa el proceso, el tiempo de mantenimiento a la misma, y la actividad del carbón usado. (Fig. 5.18).

En la carburización normal la profundidad del cementado es de 0.25 a 1.5 m

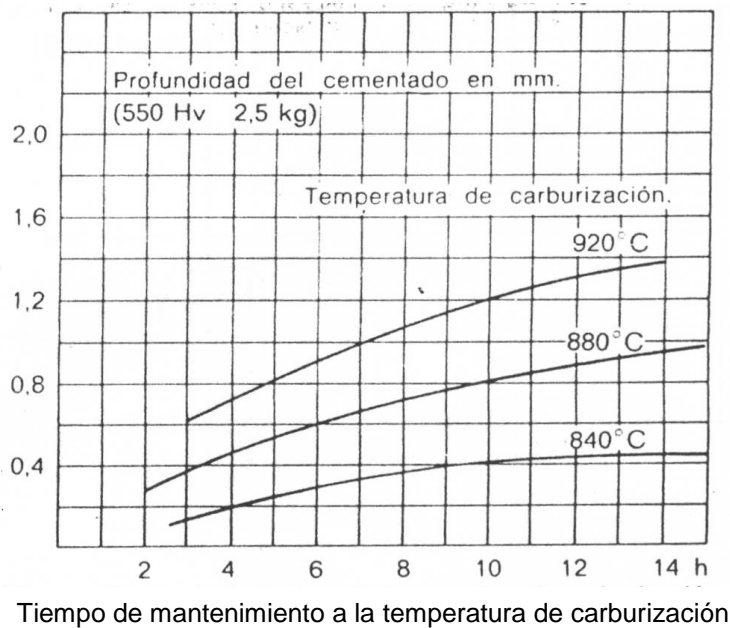


Fig. 5.18. Profundidad del cementado como una función de tiempo y temperatura en un medio de gas carburizante, para determinado acero de cementación para moldes.

5.1.8 NITRURACIÓN

Sometiendo las piezas a la acción de un medio nitrogenado, los aceros de composición apropiada pueden obtener una dureza superficial muy elevada. La nitruración puede llevarse a cabo en gas de amoníaco a 500° - 530°C o en un baño de sal a 550° - 570° C (véase figura 5.19)

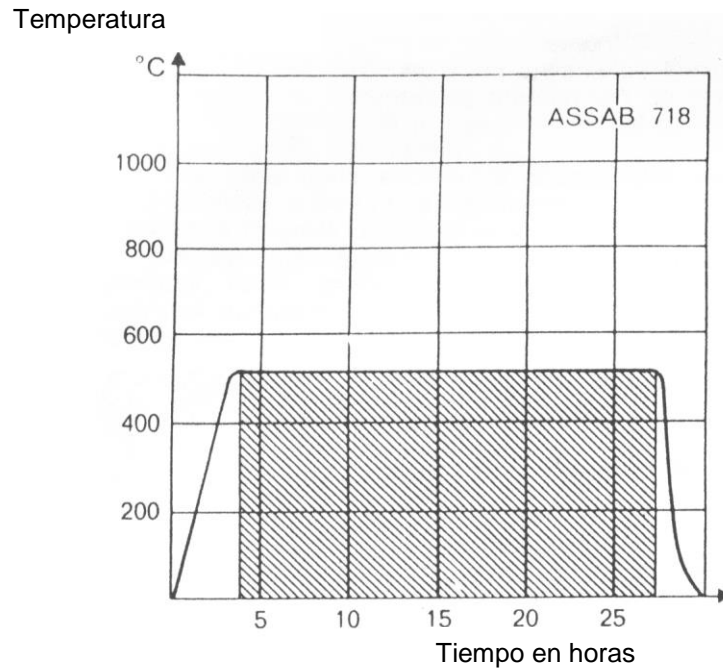


Fig. 5.19 Grafica que ilustra el principio de nitruración

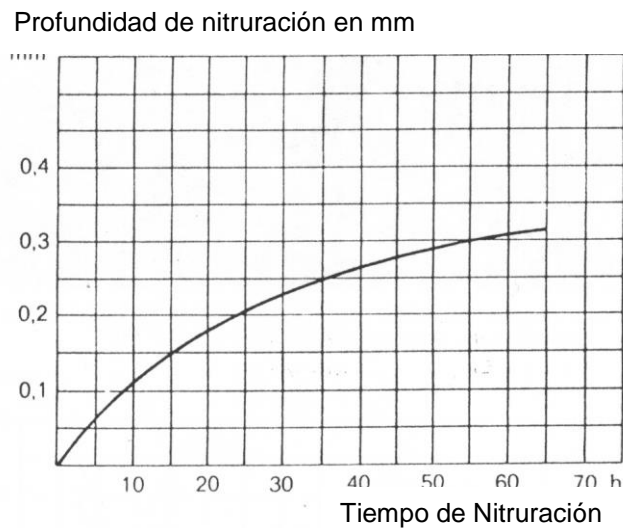


Fig. 5.20, Influencia de tiempo de mantenimiento en el espesor de la capa nitrurada para AISI H 13. (nitruración por gas a 525°C),

La nitruración con gas, requiere de tiempos de mantenimiento a temperatura, relativamente largos (Fig. 5.20).

En el caso de nitruración con baño de sal la superficie del acero tiende a corroerse ligeramente por lo cual el tiempo de mantenimiento es cada vez mayor de dos horas. La dureza de las superficies resultantes, depende primeramente de la composición del acero. El aluminio, el cromo, el molibdeno y el vanadio son elementos de aleación que ayudan a proporcionarle a la superficie nitrurada una alta dureza (véase figura 5.21). Por regla general, los cambios dimensionados ocasionados por el proceso de nitruración son tan pequeños. que normalmente no se toman en cuenta.

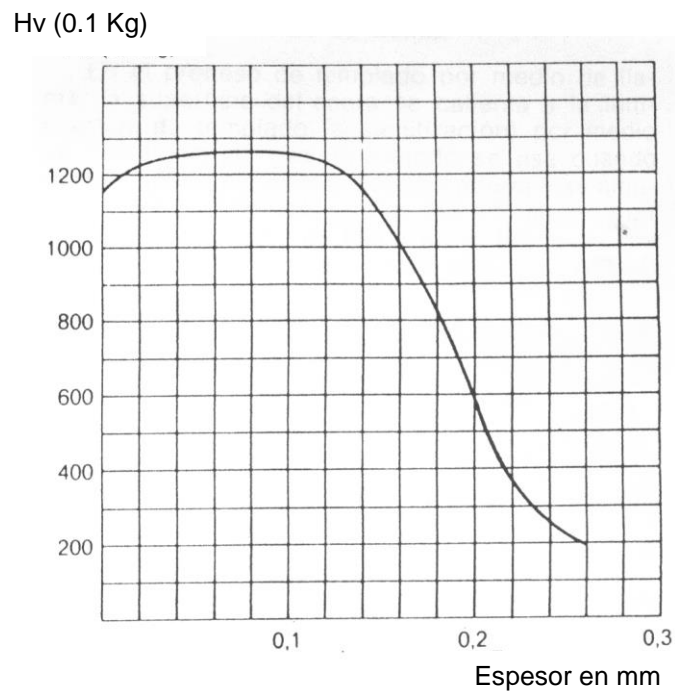


Fig. 5.21 Dureza después de la nitruración con gas por 30 horas a 525°C de AISI H 13

5.1.9 TRATAMIENTO "TENIFER" (TUFFTRIDE)

Se ha inventado un método de nitruración especial en baño de sal, con inyección de aire, con el cual se mejoran las propiedades resultantes de la nitruración ordinaria. (Véase figura 5.22). Este método se conoce como tratamiento "TENIFER (Tufftride).

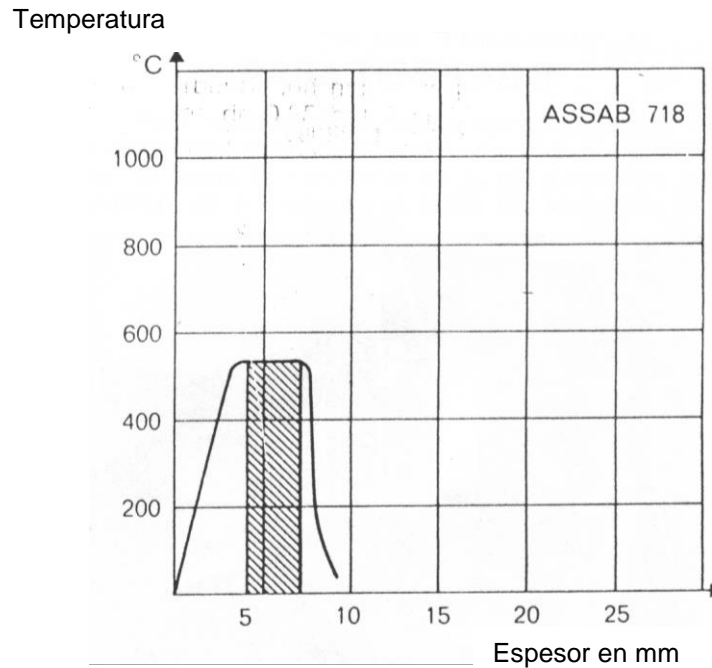


Fig. 5.22 Grafica que ilustra el principio del método de tratamiento "TENIFER" (Tufftride)

El método tiene las siguientes ventajas:

- ✓ Proporciona una capa superficial menos frágil que con la nitruración ordinaria,
- ✓ Permite que prácticamente se puedan nitrurar todas las aleaciones de hierro
- ✓ Proporciona un resultado uniforme,
- ✓ Es rápido y
- ✓ El tratamiento no resulta caro

Como resultado de esto, el método se ha popularizado grandemente en corto tiempo. Con este método, una zona brillante se forma en la superficie, variando su profundidad de 5 a 20, dependiendo de la composición de acero y del tiempo de tratamiento. Esta zona tiene excelentes propiedades de deslizamiento y mejora la resistencia a la corrosión en la mayoría de los aceros.

Con este método se logra una penetración superficial, hasta de una profundidad de 0.8 mm, con una dureza decreciente (véase la figura de 5.23 y 5.24).



Fig. 5.23 AISI H 13, tratado con "TUFFTRIDE" (570°C por espacio de 2 horas)

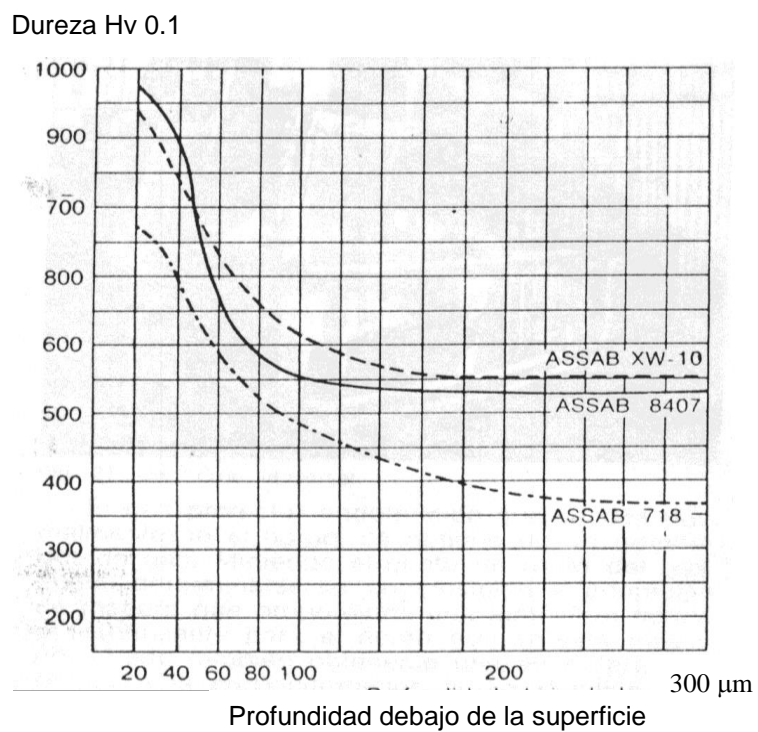


Fig. 5.24. Gráfica de dureza para algunos aceros de la herramienta, después del tratamiento "TENIFER" (Tuffride). por espacio de, 2 horas a 570°C Las piezas de prueba, fueron templadas y revestidas a 600°C.

5.1.10 TEMPLADO POR MEDIO DE FLAMA

En el proceso de templado por medio de flama, la superficie del acero se calienta a la temperatura de Templado (austenización) por medio de una flama de gas. El método se usa cuando por ejemplo, únicamente deben endurecerse algunas partes de la pieza.

5.1.11 TIEMPO DE CALENTAMIENTO Y TIEMPO DE MANTENIMIENTO PARA EL ENDURECIMIENTO Y REVENIDO

5.1.11.1 TIEMPO DE CALENTAMIENTO

El tiempo necesario de calentamiento depende del peso y forma de las piezas que van a templarse, del tipo de horno y energía que se disponga. Por lo tanto, el cálculo del tiempo necesario para cada caso individual con objeto de lograr un calentamiento uniforme, puede ser complicado. Sin embargo, se ha encontrado que los siguientes factores pueden proporcionar una estimación aceptable de dicho tiempo.

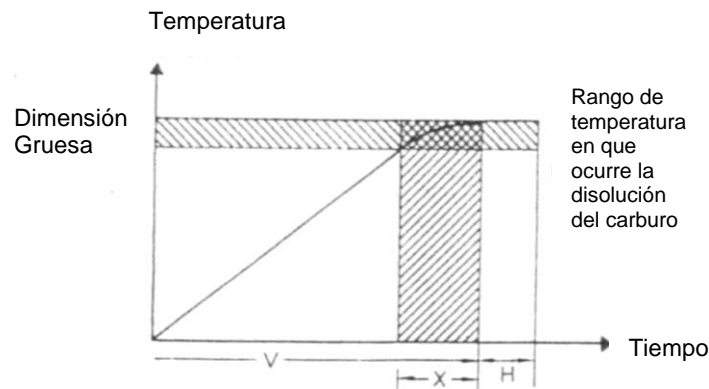
Tiempo de Horno	Rango de Temperatura	Tiempo de Calentamiento en Horas	Notas
Hornos de convección	Max 500°C	Espesor de la pieza en mm x 0.015	No empacada
Horno de Mufla	700 - 1000°C	Espesor de la pieza en mm x 0.025	No empacada
Horno de mufla	700 - 1000°C	Espesor de la pieza en mm x 0.030	Empacada
Horno de sal	Max 500°C	Espesor de la pieza en mm x 0.007	
Horno de sal	700 - 1000°C	Espesor de la pieza en mm x 0.005	

5.1.11.2

TIEMPO DE MANTENIMIENTO A TEMPERATURA DE TEMPLE (AUSTENITIZACIÓN)

El tiempo de mantenimiento a temperatura de templado, depende del grado del acero, y por lo consiguiente de su temperatura de austenitización, Para los aceros para herramientas, en cada hoja técnica (proporcionada por determinado proveedor) se especifican los valores guías que sirven de referencia para calcular los tiempos de mantenimiento a diferentes temperaturas. teóricamente el tiempo de mantenimiento debe también bien incrementarse al aumentarse el espesor de la pieza, ya que el tamaño de los carburos aumenta, y por lo tanto su disolubilidad,

En la práctica normal esta condición puede despreciarse si el tiempo de calentamiento se calcula como se indica en la tabla anterior. En realidad para una pieza de cierto espesor, y de acuerdo al rango de temperatura que asegure la disolución de los carburos, se encuentra el tiempo de calentamiento, el cual aumentará en proporción al espesor. Todo esto se puede ver en los siguientes diagramas:

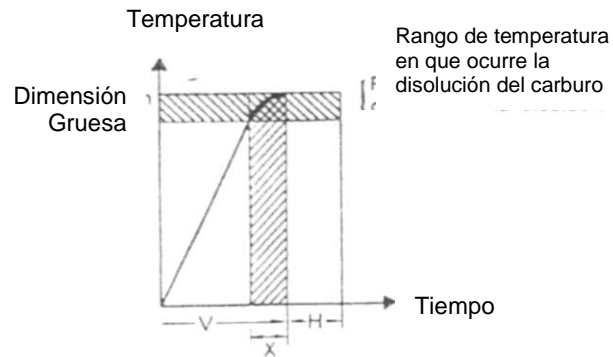


H = Tiempo de mantenimiento a temperatura de templado (De acuerdo con el folleto).

V = Tiempo de calentamiento.

X = Tiempo de calentamiento dentro del rango de disolución del carburo.

X + H = Tiempo en el cual la herramienta está dentro del rango de temperatura necesaria para la disolución del carburo,



$H =$ Tiempo de mantenimiento a temperatura de templado (De acuerdo con el folleto).

$V =$ Tiempo de calentamiento.

$X =$ Tiempo de calentamiento dentro del rango de disolución del carburo.

$X + H =$ Tiempo en el cual la herramienta está dentro del rango de temperatura necesaria para la disolución del carburo.

5.1.11.3 TIEMPO DE REVENIDO

Para cada grado de acero para herramienta, se suministran las gráficas que recomiendan los tiempos y temperaturas más convenientes de revenido. Las variaciones pequeñas de temperatura influyen mucho más, que las variaciones de tiempo de la misma magnitud, por lo que en la gráfica primero se selecciona la temperatura de acuerdo a la dureza requerida y a continuación se estima el tiempo mínimo correcto para la transformación completa de revenido

5.1.12 PROTECCIÓN CONTRA DESCARBURIZACIÓN Y OXIDACIÓN

A menos que esté protegida por algún medio apropiado, la superficie del acero se descarburizará y oxidará cuando se caliente a temperaturas arriba de 600 - 700°C.

Puede obtenerse la protección necesaria empacándolo en una caja con viruta de hierro gris, carbón de coque, mica, etc. envolviéndolo en lámina de acero inoxidable, calentándolo en un baño de sal, mediante un gas protector o bien al vacío. En ciertos casos también deben tomarse precauciones para evitar la carburación (cementación) durante el calentamiento. El empaque, es quizá el método más comúnmente usado para proteger las herramientas contra la descarburización. Como regla general, el procedimiento se ha llevado a cabo con piezas que se envuelven en papel y después se empacan en rebabas quemadas de hierro fundido, para ser colocadas en una caja de acero resistente al calor, Sin embargo a temperaturas arriba de 1000°C. existe el riesgo de que las rebabas se sintericen entre si, dañando el acabado superficial de la pieza; por lo tanto a esas temperaturas tan elevadas. es más común usar solamente papel o recorte de papel como medio de empaque. En aceros de baja aleación con un contenido de carbono de más de 1%, puede usarse granos de carbón para carburación, como medio de empaque. Esto también es aplicable a casos en que se deseé una ligera carburación de la superficie de los aceros aleados.

La laminilla inoxidable, puede proporcionar una protección excelente contra la descarburización y oxidación. La laminilla se adapta especialmente para herramientas pequeñas y de mediano tamaño hechas de acero para templar al aire. Es fácil envolver herméticamente las piezas y dado lo delgado de la laminilla, ningún problema se presentará al templarse y reventarse dentro de dicha protección. Un baño de sal neutro, proporciona normalmente una protección adecuada contra la descarburización para la mayoría de los aceros. Sin embargo, los baños de sal deberán regenerarse a intervalos regulares, debido a que la sal fundida absorbe hierro del material que va a endurecerse y este hierro se oxida cuando el baño se pone en contacto con el aire. El óxido de hierro puede tener subsecuentemente una influencia descarburizante sobre el material que se va a endurecer.

El gas protector, puede consistir en un gas endotérmico que se produce en un generador de gas especial. Midiendo el punto de rocío o el contenido de bióxido de carbono del gas, puede ajustarse su composición de manera que proporcione una

atmósfera apropiada para el grado de acero correspondiente. En hornos de mufla con calentamiento de gas o de aceite, el control de la cantidad de aire puede proporcionar una atmósfera en la cual el contenido de carbono en la superficie del acero no se vea afectado en forma apreciable.

5.1.13 ¿QUE MEDIO DEBE USARSE PARA EL TEMPLADO?

Los diferentes medios de templado proporcionan diferentes velocidades de enfriamiento. El agua mezclada con sal común proporciona la velocidad más elevada de enfriamiento y para aceros al carbono, con un elevado índice de transformación (templabilidad) este medio de templado es la única elección. Entre más elevada es la aleación de los aceros, su índice de transformación o templabilidad disminuye y es posible utilizar medios de templado menos bruscos como son el aceite y el aire.

Con un medio suave de templado, la diferencia de temperatura entre la superficie y el núcleo de la pieza será pequeña, y por tal motivo la variación de volumen interno - externo también lo será, lo cual favorece, ya que los esfuerzos son menores y también la deformación de la pieza.

Como mencionamos anteriormente, el volumen del acero se incrementa al endurecerse, es decir 'durante la formación martensítica, y entre más uniforme sea esto a través de la pieza, habrá menos riesgos de distorsión y agrietamientos.

5.1.14

ACEROS PARA MOLDES Y SU TRATAMIENTO TÉRMICO

AISI 420

Tipo de aleación: C 0.2 Cr 1 3 % Si 0.4 Mn 0.4%

Color de Identificación: Rojo, Blanco, Azul

Estado de suministro: Bonificado 82-95 Kp/mm.2

Acero especial anticorrosivo martensítico. Debido a su alto contenido de Carbono es bonificable. Resistente a la corrosión por agua y vapor, con superficie de rectificado fino, preferible pulido (con carborundo).

APLICACIONES

Cuchillas para la industria del papel, para instrumentos quirúrgicos que no requieran filo, planchas de prensado para la industria del plástico, partes de bombas, artículos deportivos y de pesquería.

Estado de empleo: Recocido o Bonificado.

INSTRUCCIONES PARA EL TRATAMIENTO TERMICO

Forjado: 1150 - 7500C enfriamiento en ceniza.

Recocido: 750 - 8000C, enfriamiento lento en horno.

Temple: 980 - 10300C, al aceite

Dureza obtenible: Aprox. 47 HRC

Revenido: 650 - 7000C

Nitruración: 5700C baño de sal

AISI P20

Tipo de aleación: C 0.33, Mn 0.8, Cr. 1.6, Mo 0.4, S 0.07%

Color de identificación: Verde - Azul - Rojo

Estado de Suministro: Bonificado 90 - 110 kg/mm²

(Brinell 263 - 321 HB)

Acero especial aleado al cromo-molibdeno desarrollado para la industria de plástico. Se caracteriza por tener buena maquinabilidad (micro aleación de azufre), alta dureza, homogeneidad estructural, buenas propiedades para el pulido y elevada resistencia al desgaste.

APLICACIONES

Utensilios y matrices para la inyección de plástico y moldes de compresión (se recomienda nitrurar). El estado de suministro bonificado, facilita fabricar moldes de gran dimensión que no requieren un temple posterior. En caso de altas exigencias abrasivas se recomienda una nitruración que produce una superficie muy dura y también aumenta la resistencia a la corrosión; la dureza superficial alcanza los 700 HV. no hay variación de medidas con este tratamiento.

INSTRUCCIONES PARA EL TRATAMIENTO

Forjado: 1100 - 850°C

Normalizado: 850 - 900°C

Recocido: 760 - 780°C

Enfriamiento lento en horno hasta 600°C

Resistencia a la tracción en estado recocido aprox. 70 kp/mm²

(Brinell: Aprox. 205 HB) :

Distensionar: en

estado bonificado 550 – 600°C

en estado recocido 600 – 650°C

Temple: 820 - 850°C

Enfriamiento en aceite .

Dureza obtenible aprox. 50Rc

Revenido : 200 – 650°C

AISI H13

Tipo de aleación: C 0.4 C r 5.2 Mo 1.3 V 1.0 Si 1.10/0

Color de identificación: Amarillo - Rojo - Amarillo

Estado de suministro: Recocido 70 -80 kp/mm²

(Brinell: 204 - 234 H B)

De gran resistencia a la temperatura y al desgaste en caliente, de buena tenacidad y resistencia a las fisuras por recalentamiento. Se presta para refrigeración con agua,

APLICACIÓN

Herramientas para trabajar en caliente sometidas a grandes exigencias, especialmente para la transformación de metales ligeros, como P.ej. punzones y matrices para prensar, contenedores para prensado de extrusión y tubos de metal, herramientas de extrusión por impacto en caliente, herramientas para la fabricación de cuerpos huecos, herramientas para la fabricación de tuercas, tornillos, rernaches y bulones.

Herramientas para fundición a presión, herramientas para prensar piezas perfiladas, elementos de matrices, cuchillas para cortar en caliente, moldes para material plástico.

INDICACIONES PARA EL TRATAMIENTO:

Forjado- 1100- 900°C

Recocido: 750-800°C

Enfriamiento lento en el horno hasta 600°C

Temple: 1020-1 1080°C

Enfriamiento: en aceite, baño de sal de 500-550°C aire comprimido o aire quieto.

Dureza obtenible al aceite 52-56Rc

al aire 50-54Rc

Revenido: 500-620°C

Nitruración: en baño de sal de 550-580°C

Duración del revenido: 2 horas:

Sección de la probeta 50 mm

AISI D3

Tipo de Aleación: C 2.00 Mn 0.3Cr 12.0%

Color de identificación: Amarillo - blanco

Estado de suministro: Recocido 70 - 85 kp/mm²

(Brinell: 204 - 249 H B)

Marca standard de los aceros ledeburíticos al 12% de cromo para herramientas de corte y estampado de alto rendimiento,

APLICACIONES

Matrices cortantes de alto rendimiento hasta espesores de 8 mm., rasquetas, cuchillas para guillotinas para cortar espesores hasta 4 mm., herramientas para rebarbar, rodillos y peines para roscar, bordear, acanalar y moletear. Estampas y cuños para embutir en frío. Dados para trafilar metales no ferrosos. Placas moldes y cuños para la elaboración de materiales cerámicos muy abrasivos. Herramientas para prensar en la industria farmacéutica.

INSTRUCCIONES PARA EL TRATAMIENTO:

Forjar:	1050 - 850°C
Recocer: (Enfriamiento lento en horno)	800 - 850°C
Templar: (Aceite, baño isotérmico 220-250°C; 400-450°C)	930 – 980°C
Revenir:	100 – 400°C

AISI 1045

Tipo de aleación: C 0.45% Si 0.3 Mn 0.7

Color de identificación: Blanco. - Negro - Blanco

Estado de Suministro: Dureza natural.- 60 - 75 kp/mm²

(175 - 219 HB)

Acero fino al carbono de alta calidad. Gran pureza lograda con un proceso especial de fabricación y estricto control de calidad.

APLICACIONES

Partes de maquinaria y repuestos sometidos a esfuerzos normales. Arboles de transmisión, ejes, pernos, tuercas, ganchos, pines de sujeción, pasadores, cuñas, chavetas, etc. También para herramientas de mano, portamatrices, etc.

INSTRUCCIONES PARA EL TRATAMIENTO

Forjar:	1100 - 850°C
Normalizar:	840 - 870°C
Recocer:	650 - 700°C
Resistencia a la tracción en estado recocado:	55 - 65 kp/mm ²
Temple: al agua	820 - 850°C
Dimensiones menores: al aceite	830 - 860°C
Revenido: depende de; uso	100 - 300°C ó 550- 660°C
Nitrurado: en baño de sa!	570°C

AISI 01

Tipo de aleación: C 0.95 Cr 0.5 V 0.1 W.O.5 Mn 1.1%

Color de Identificación: Rojo - Azul

Estado de suministro: Recocido 65 - 75Kp/mm²

(Binell: 191 - 219 HB)

Acero especial, aleado, de temple parejo y seguro con poca variación de medidas, excelente conservación de filo, buena resistencia al desgaste y magnífica tenacidad. Fácilmente maquinable,

APLICACIONES

Especialmente para dispositivos de roscar como también para punzones y cizallas para chapa delgada, herramientas para labrar madera. Matrices de corte con exigencias normales; guías y pines para matricería.

Cuchillas para cortar papel, tabaco o similares materiales delgado. Herramientas de medición p. ej, calibradores, reglas, etc. Moldes para plástico y resinas sintéticas

INSTRUCCIONES PARA EL TRATAMIENTO

Forjado: 1050 - 850 (-)C

Recocido: 710 - 750 °C

Temple: 780 - 820 °C

En baño isotérmico 200 - 250 OC o aceite

Dureza obtenible: 63 - 65 PC

Revenido: 100 - 400 °C

WNo 1-8507

Tipo de aleación: C 0.34 Cr 1.2 Mo 0.2 Al 0.95%

Color de identificación: Verde - Amarillo

Estado de suministro: Bonificado 80 - 100 Kp/mm²

(Brinell: 255 305 HB)

Acero bonificado especial para nitruración aleado al cromo-aluminio.

APLICACIONES

Para elementos de máquinas de menores dimensiones de altísima dureza superficial y resistencia al desgaste, tales como émbolos, bujes en compresoras especiales, bielas, cilindros para motores de explosión, maquinaria textil, instrumentos de medición de alta precisión, ciertos moldes para plásticos y duroplastos.

INSTRUCCIONES PARA EL TRATAMIENTO:

Forjado:	1050 - 8500C
Normalizado:	910 - 940°C
Recocido:	650 - 700°C
Resistencia a la tracción en estado recocido:	máx 85 kp/mm ² (Brinell: máx. 248 HB)
Temple: al agua	900- 930°C
Revenido:	580 - 6500C
Nitruración: en baño de sales	5700C
Dureza superficial obtenible:	aprox. 950 HV.

CAPITULO VI
COMPONENTES ESTÁNDAR PARA MOLDES

6.0 COMPONENTES ESTÁNDAR PARA MOLDES.

En este capítulo, se describen los principales componentes estandarizados para moldes debido que en la actualidad el proceso de fabricación de moldes esta tan avanzado que se cuenta con elementos normalizados (estandarizados) para la fabricación rápida y segura de moldes de alta eficiencia. Por esta razón se proporciona al lector una base sobre los diferentes componentes normalizados existentes en el mercado.

6.1 CONSIDERACIONES BÁSICAS.

Los moldes de inyección pueden estar en rangos de tamaño desde moldes de bolsillo para la producción de engranes de precisión hasta grandes moldes de varias toneladas para la fabricación de bumper o para choques de vehículos.

En vista al incremento de demanda de productos de calidad , es esencial es esencial la acción de trabajo. Como en otro negocio los matriceros están forzados a limitar su campo de actividad y concentrarse en la fabricación en serie

En la actualidad , las tiendas modernas de fabricación de moldes operan similarmente a las industrias de construcción en serie. Operadores especializados en maquinas fresadoras, equipo de electro erosionado (EDM) y rectificadoras producen componentes de moldes independientemente unos de otros, siguiendo detalles de diseño. Finalmente , todos estos artículos vienen juntos con las bases estándar para moldes y otras piezas que son ensambladas por el matricero. Los moldes estándar son designados exactamente para este método de manufactura.

6.1.1 BREVE HISTORIA DE LOS ESTÁNDARES

Los moldes son artículos que se fabrican en serie y están regularizados en la forma y dimensión estas regularizaciones son llamadas " normas " (o " las partes

normalizadas”). Según las inscripciones del catálogo, estas partes están disponibles en bodega y pueden pedirse como requerimiento para la fabricación del molde (Fig.6.1).

Las primeras actividades de regularización para estampar troqueles y moldes se remontan hasta principios de 1930s. El Instituto Alemán de Estandarización (DIN) publicó la primera norma sobre los juegos del dado para estampar los troqueles (DIN9812) en 1941.

Debido a la geometría del producto compleja, las actividades de regularización para el sector de fabricación de molde eran bastante difíciles. Aunque ya se desarrollaron las primeras normas en los moldes de compresión a principios de 1930s por Turnwald/Lockweiler (Saar, Alemania), una versión modificada. DIN 16702, sólo se publicó en 1952. Esta norma cubrió las bases del molde en tres tamaños para el moldeo de thermosets. Desde 1942. la Quarnstrom compañía de Herramienta (Detroit, MI) estuvo envuelta en la regularización de componentes del molde. En 1959, como la primera compañía en Europa, Norma (Wuppertal, Alemania) introdujo un rango completo de componentes estándar para las bases de los moldes; esto incluyó varios elementos por ejemplo, elementos de alineación, pines de eyección, y bujes de colada.



Fig. 6.1 Componentes estándar para moldes y otros elementos para control y medición de la temperatura.

En 1960. Dr. Rolf Hasenclever (Liidenscheid, Alemania) inventó un sistema modular de las partes estándar del molde. Por primera vez, era ahora posible ofrecer todos los componentes del molde como artículos fabricados en serie con una garantizada intercambiabilidad entre ellos. En contraste con las piezas estándar de los bases de moldes conocidas en este tiempo. En las cuales era difícil cambiar las placas individuales en caso de la reparación, ahora el diseñador podría beneficiarse por la combinación de los componentes estándares. El primer " Juego de piezas para la construcción de moldes " estaba patentada mundial y es hoy el estado del arte a lo largo del mundo. Este método de la construcción estandarizada de molde se introdujo en 1983 como las primeras normas del mundo

Hoy en día los componentes estándar para la industria de la fabricación de moldes son comercializados por un gran número de compañías. En este capítulo, las ventajas de usar los artículos estandarizados están descrito en base al rango del producto de un proveedor particular. Al final de este capítulo se incluye una lista de los mejores proveedores conocidos de componentes estándar para moldes. La lista esta dividida en dos partes. En la primera (1) están los proveedores de rango completo del producto, la tecnología llamada de componentes estándar con el servicio de las ventas totales. Estas compañías agregan a su propio rango de productos otros, comprados como artículos estándar según la DIN/ Organización Internacional estándar (ISO) y la segunda parte de la lista (2) comprende los proveedores de artículos de especialidad como los elementos caloríficos, accesorios para la temperatura y lectura de presión, equipo de mando. y proveedores de tornillos, pines eyectores, o el hardware similares.

6.1.2 NORMAS DIN/ISO PARA LOS COMPONENTES ESTÁNDAR DEL MOLDE.

Los rangos del producto ofrecidos por los varios proveedores de partes estándar se producen según sus normas internas o a las normas de DIN/ISO. Aunque las partes diseñadas según norma internacionales son completamente intercambiables sin

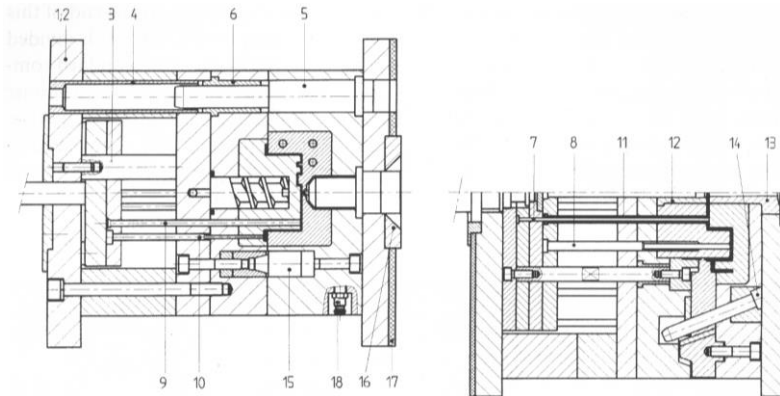
tener en cuenta el proveedor, esto no sería posible con los típicos artículos estándar basados en los planes específicos de la compañía. Por consiguiente, tales componentes estándar pueden estar referidos como un primer paso a una norma oficial; cosas así intentó y probó que pueden regularizarse las partes del molde y finalmente pueden publicarse como normas DIN o ISO. El Comité de Regularización Alemán en las Herramientas (FWS) junto con DIN tienen distribuido un nuevo manual DIN titulado Compresión , inyección y dados de aceros , el cual contiene todos los estándares y diseños estándar a ser usados en la fabricación de moldes

Todos los resultado de los comités relacionados con la normalización tanto nacionales e internacionales se resumen en la Fig. 6.2. además de las normas existentes para los varios componentes del molde, DIN 16750, Términos y Símbolos para moldes de Compresión, inyección. Se publicó a mediados de 1991. Esta norma pone la condición previa para la unificación de condiciones técnicas que son completamente esencial para la comunicación entre el fabricante del molde y el comprador, para escuelas técnicas y finalmente para el diseño asistido por computadora (CAD).

La Asociación Internacional de Maquinas Herramientas Especiales (ISTMA), con miembros de Europa, EE.UU., Canadá, y Asia. En 1997, la ISTMA publica una nueva edición de un folleto sobre la terminología en la fabricación de moldes en diez idiomas diferentes. La referencia se hace en base a normas ISO existentes.

Los números preferidos (Numero Renard) según DIN323/ISO3 son conocidos mundialmente y se usan para la simplificación técnica y cooperación económica. Este rango de números tiene comprobado mucho usos para la normalización y planeación de los tamaños para las partes estructurales. También, en el campo de componentes estándar puede notarse que a la larga. Las partes diseñadas con las dimensiones específicas de un fabricante se cambiarán por encima de los números preestablecidos.

Aunque el sistema métrico es la norma aceptada en el campo de ingeniería mecánica alrededor del mundo, en América del Norte el sistema inglés se usa todavía en la industria de fabricación de molde. Cualquiera que quiere exportar el género al EE.UU. o preparar los medios de la producción en este mercado se aconseja bien para enterarse con normas americanas que pueden obtenerse del Instituto de la Norma Nacional americano (ANSI), la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), o la Sociedad de Ingenieros Automotores (SAE) señala a los proveedores principales de componentes normalizados de molde que tienen facilidades para la producción y actividades de las ventas en el mercado americano debido a sus rangos de productos en ambos sistemas métrico e inglés



Pos. Nr	Denominación	Norma	
		DIn	ISO
1	Placa sencilla	16760-1	6753-2
2	Placa taladrada	V 16760-2	/
3	Soporte	10073	10073
4	Camisa de centrado	16759	9449
5	Barra guía de localización	16761	8017
6	Buje de localización	16716	8018
7	Pin eyector cabeza cilíndrica	1530-A	6751
8	Barra de eyección	1530-C	8694
9	Pin eyector cabeza cónica	1530-D	/
10	Pin eyector cuadrado	1530-F	8693
11	Camisa del eyector	16756	8405
12	Inserto de la cavidad	16757	/
13	Buje de colada	16752-1	10072
14	Barra inclinada	/	8404
15	Unidad de centrado, redonda	/	8406
16	Anillo centrador	16763	10907-1
17	Hoja para insolación térmica	16713	15600
18	Terminales de refrigeración	16766	/

Fig. 6.2 Estado de la normalización (1998) componentes para moldes de inyección y compresión.

6.2 COMPONENTES ESTÁNDAR PARA BASE DEL MOLDE.

Básicamente, nosotros distinguimos entre dos tipos básicos de ensambles de moldes, los llamados bases para moldes preensamblados, los cuales tienen solamente una limitada Intercambiabilidad de las placas y las bases para moldes ensamblados de componentes normalizados modulares que son completamente intercambiables, estos permiten al diseñador seleccionar los componentes según sus requisitos. El uso de CAD y computadora ayuda a la realización de los cálculos y es posible hoy seleccionar las bases individualmente ensambladas al igual que se obtiene automáticamente las listas de las partes. Sin embargo, la entrega de las partes al cliente tiene lugar como requerido según un horario especificado.

Los tamaños de las placas de molde están desde 800 x 1,000mm y de 400mm en el diámetro está disponible en bodega; todos los tamaños de las placas están disponibles y son ofrecidas por los proveedores de partes estándar del molde o también se pueden hacer según de acuerdo a especificaciones del consumidor.

6.2.1 BASES PARA MOLDES PREENSAMBLADOS.

Este tipo de bases para moldes, es ofrecido solamente como unidades ensambladas, son introducidos como un inicio de la era de la estandarización. Como una regla, la variedad de partes son intercambiables. Su rango de aplicación es limitado, porque el diseño del molde está restringido por las dimensiones dadas. Este tipo de moldes es raramente utilizado en la actualidad

6.2.2 COMPONENTES ESTÁNDAR MODULARES.

Los componentes normalizados diseñados según el sistema modular son elementos individuales que le permiten al diseñador que ensamble los moldes según sus necesidades particulares. Las placas normalizadas están disponibles en el mercado en dos versiones, como sigue: listas para usarse intercambiable con los agujeros

para la alineación y localización de los elementos y para los tornillos; y las placas con las perforaciones, con todas las superficies mecanizadas, disponible en las mismas dimensiones y calidades de acero. Estos dos tipos de placas pueden ser combinadas como requerimiento para resolver cada problema del diseño de moldes.

Si debe ser necesario remover mucho material de tales placas normalizadas, es preferible que el proveedor realice el mecanizado previo de las placas para evitar deformación que podría afectar la exactitud de alineación. Normalmente, uno de los pines líder usado para la alineación de todas las placas tiene un diámetro diferente para prevenir la alineación incorrecta. Porque las localización de los elementos de alineación se ponen simétricamente sobre la línea de centro, las placas pueden usarse en ambos lados inyección y lados de la eyección.

6.2.3 MOLDES SECCIONADOS.

Los moldes seccionados son usados con una línea de partición perpendicular a la dirección de apertura de molde. Los equipos normales especialmente diseñados con el carrera fija, predeterminada están disponibles. Los deslizadores son accionados por pines o levas. Se recomienda usar sólo los juegos de piezas de estos moldes (Fig. 6.3) estos puede combinarse con otro molde los elementos normalizados. Normalmente, las placas del molde son hechas de acero 1.2312, con un esfuerzo de $1.080\text{N} / \text{el mm}^2$; los deslizadores son hechos de acero endurecido 1.2764 o a través de acero endurecido por trabajo en caliente acero 1.2343.

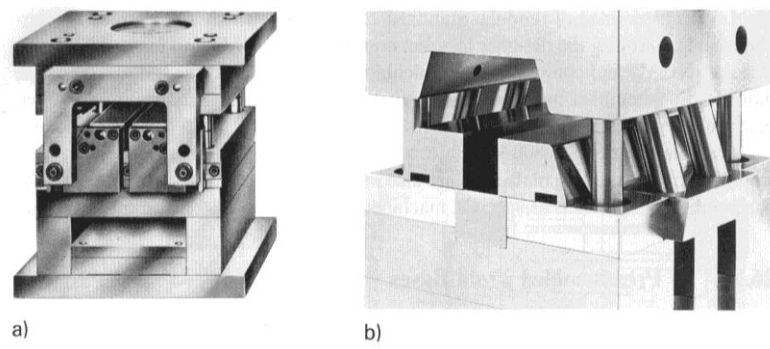


Fig. 6.3 (a) Molde seccionado, actuado por deslizadores; (b) Molde Seccionado actuado con deslizadores en ángulo.

Para moldes que requieren uno o mas núcleos, el sistema modulas para deslizadores en varias formas y en un rango de dimensiones y diseños están disponibles. El acabado de alto-precisión de estos artículos simplifica la fabricación de moldes substancialmente con los núcleos del lado y, mas importante, los costos incluso de moldes complicados pueden ser estimados sin riesgo. Figura 6.4. muestra una selección de componentes esenciales disponibles en un sistema para deslizadores modulares. La guías están disponibles en acero endurecido o de construcción de auto lubricado

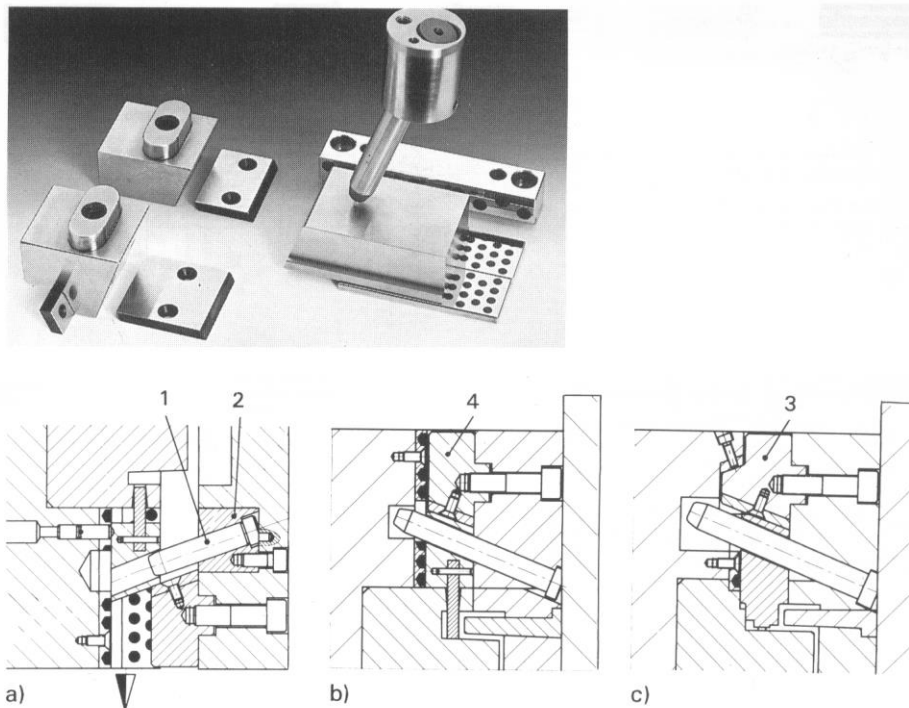


Fig. 6.4 Sistema modular de deslizadores; varios ejemplos (a) pines en ángulos 1 montados en conjunto con el bloque 2; (b) deslizadores con una cuña 3; (c) deslizadores con doble cuña

6.2.4 SISTEMA MODULAR PARA INSERTAR LA CAVIDAD.

Este sistema (Fig. 6.5) representa una expansión extensa de las numerosas aplicaciones ofrecida por los sistemas modular de componentes normalizados. Las dimensiones de los componentes están relacionadas a las listas estándar de catálogo y son totalmente intercambiable. La precisión del molde con diferente forma

de insertos pueden ser combinadas como se requiera. La placa de la cavidad (1) es hecha de acero preendurecido 1.2312 con un esfuerzo de $1,080\text{N/mm}^2$; el endurecido no es necesario. Los vacíos para los insertos son con tolerancias estrechas en todos los lados. Dos piezas del extremo separables (2) facilitan el encajando y montando de las inserciones (3). Los insertos son mecanizadas finalmente y son las que contienen la cavidad después del tratamiento térmico.

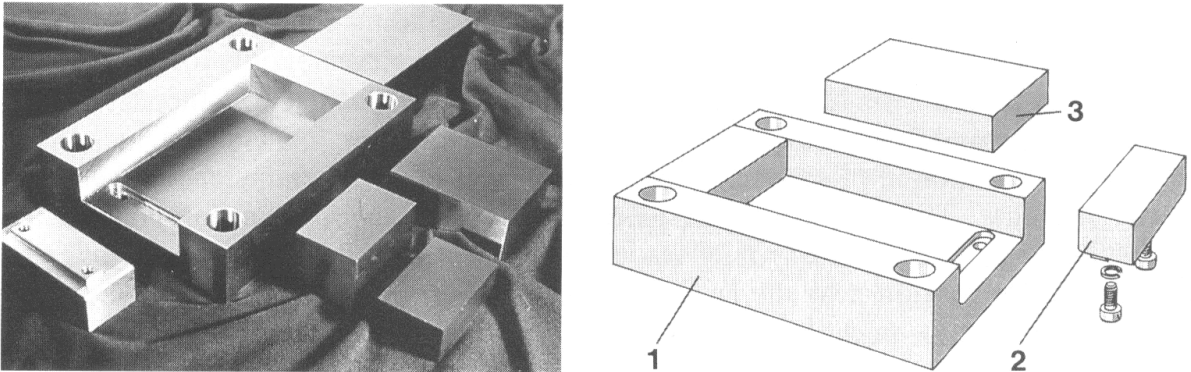


Fig. 6.5 Sistema modular para insertos. 1: Marco, 2: Topes, 3: inserto

Debido a su construcción los insertos pueden ser combinados como sea requerido. El espesor de los insertos corresponde a la profundidad de la cavidad en la placa de la cavidad. Los diferentes espesores también pueden seleccionarse como sea requerido para el moldeo, Ejemplo. si el contorno de la cavidad (Núcleo) debe proyectarse mas en el lado opuesto.

Los insertos están disponibles en el acero endurecido 1.2764 y en aceros para endurecido 1.2767 Especialmente para prototipos y moldes para producciones pequeñas, los bloques de los insertos también están disponibles en la aleación de aluminio (mat. n.º. 3.4365), con un esfuerzo de $\sim 540\text{N/mm}^2$. Este material ofrece fácil maquinado comparado con el acero.

Los insertos de la cavidad están también disponibles como los artículos normalizados, por ejemplo, marcos cuadrados con una a seis cavidades las cuales están listas para el endurecido y acabado superficial. En relación a la cavidad o

inserto existen con o sin canales de enfriamiento en la periferia y estas se encuentran disponibles. Estos artículos también forman la parte del molde que se ensambla según el diseño de sistema modular.

6.2.5 SISTEMAS DE ALINEAMIENTO.

Los elementos de alineación y centrando en el sistema modular se muestran en la Fig. 6.6a. Estos son acoplados o ubicados en perforaciones estándar a través de todas las placas de la base del molde con el objetivo de alinear con todas las placas. El pasador líder (1), buje del pasador líder (2). y la camisa de alineación (3) el conjunto puede ser colocado en el diseño del molde. Este tipo de sistema de alineación del molde, es ofrecido por casi todos proveedores de partes normalizadas, conforme a las normas de DIN/ISO. Los componentes de alineación como el mostrado en Fig. 6.6b puede usarse en simples ensambles del molde donde no todas las placas necesitan ser centrados por el sistema de alineación. Los Bujes no tienen una espiga de centrado esto es particularmente conveniente para los moldes sin placa de sujeción en el lado de inyección. Para algunos casos especiales, se tiene otro juego de componentes guías (Fig. 6.6c) se ha desarrollado Los componentes son diseñados especialmente no sólo servir con el propósito de alinear sino también para servir de cerrojo al conjunto de placas. El espacio ganado por esto puede usarse para los diseños mejorados de cavidades.

Como una regla, todas las placas del molde son proporcionadas con los taladros de diámetro igual para los elementos de alineación. Esto le permite al diseñador combinar cualquiera de los componentes, como mostrado en Fig. 6.6a,b. El tipo de pasador líder mostrado en Fig. 6.6d tiene dos montajes diferentes, un a presión que encaja con la porción cerca de la cabeza para un asiento seguro en el H7 encajando en el taladro de la placa del molde y un deslizador en el diámetro guía en el buje líder H7. Por lo menos en Fig. 6.6 a-c, uno de los diámetros del pin líder es diferente de los otros con el fin de evitar un ensamble incorrecto de las mitades del molde fijas y móviles.

Porque es imposible la completa eliminación de los cambios de dimensión causado por el tratamiento térmico, como una alternativa, los placas están disponibles de acero endurecido. Ya que después del tratamiento térmico los taladros en las placas sufren cambios de dimensión.

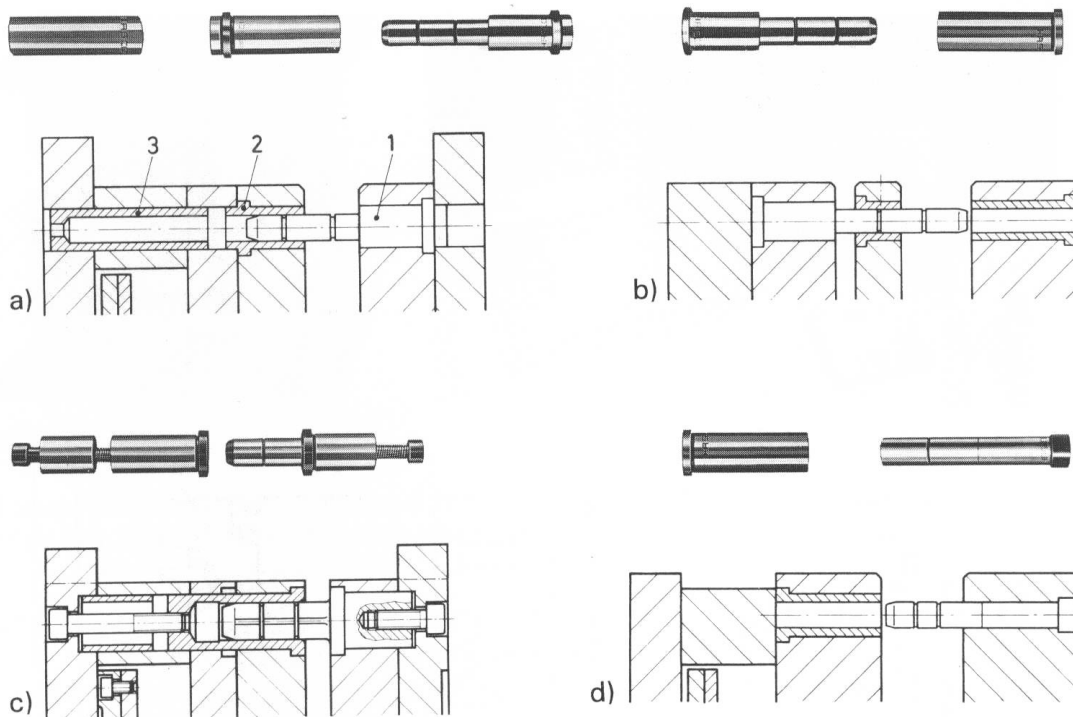


Fig. 6.6 Elementos de alineación para partes modulares típicos ejemplos. 1: Pin líder, 2: buje guía para pin líder, 3: camisas de alineamiento.

6.2.6 BUJE DE AUTO-LUBRICACIÓN.

Se este tipo de bujes especialmente diseñados son utilizados en la industria de los moldes, los bujes son hechos de bronce especial. Los depósitos de grasa sólida son distribuidos a lo largo de la superficie corrediza para que se asegure una lubricación automática y continua durante el funcionamiento. Las partes pueden resistir una máxima temperatura de operación de 200 °C; la velocidad de desplazamiento permisible, depende del factor de carga, si es aproximadamente 0.5 m/s. Los bujes y las placas guías están disponibles en dimensiones relacionadas con otros artículos de normalización tales como pasadores guía o cremalleras y engranes. Los

depósitos de grasa sólida son diseñados en tales casos que puedan ser cortados durante el maquinado si es requerido. Estos componentes de auto lubricación aseguran un adecuado funcionamiento en condiciones severas de operación y previenen los pequeños paros. La aplicación mas común se muestra en la Fig. 6.4

6.2.7 ELEMENTOS DE CENTRADO.

En los moldes de precisión, se exigen que se han cerrados o anclados. El anclaje es requerido para enclavar la placa de la cavidad con otras. Para evitar cualquier desplazamiento entre las placas de la cavidad que tienen diferentes temperaturas, los seguros (Fig. 6.7a) son montados opuestamente uno de otro en cada placa de la línea de partición. Los centros de ambas placas y por consiguiente también los centros de cavidades siempre coinciden exactamente, incluso en el caso de diferentes expansiones de calor de estas placas.

El pasador fijo (1) aseguran la alineación correcta de las porciones superiores y de las porciones inferiores. Los diámetros exteriores de ambas partes son concéntricos y tienen una guía interior para ayudar al ensamble. El espacio (2) permite la adaptación a diferentes espesores de la placa, las partes están sujetadas con los tornillos de cabeza (SHCS) (3).

Los enclavamientos o seguros cónicos (Fig. 6.7b) son recomendados si la localizando adicional de las placas es requerida. Estos artículos son montados en el plano de partición del molde para prevenir el desplazamiento más ligero incluso entre las cavidades y núcleos. Estos pueden encajarse como sea requerido, o en los agujeros separados o diagonalmente en los pasadores guías en caso de que exista agujeros para pasadores guías.

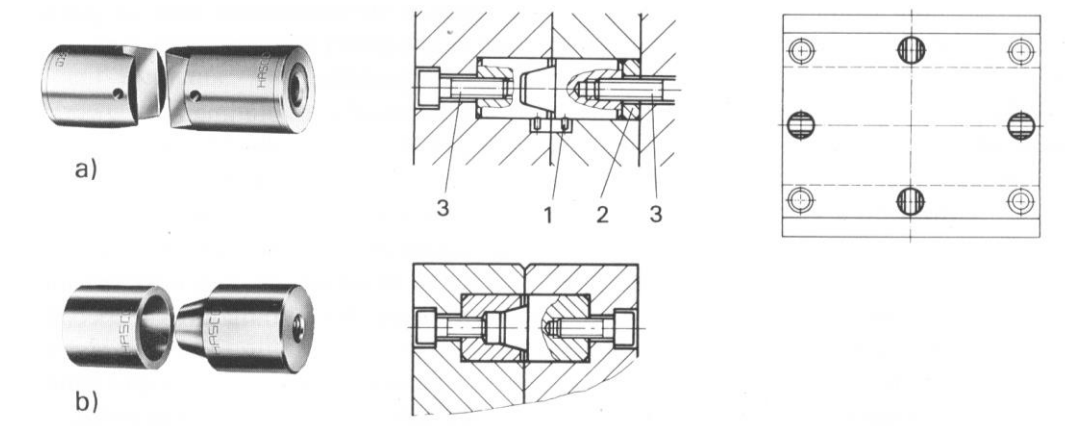


Fig. 6.7 Elemento de centrado tipo plano (a) y tipo cónico (b)
 1: clavija, 2: disco espaciador, 3: tornillo

Los anillos de centrado son utilizados para ubicar el molde en la maquina de inyección. Algunos de las placas de montaje del molde normalizadas tienen un hueco para la ubicación del anillo de centrado. Para moldes pequeños es posible también hacer un saque del anillo de centrado como un buje de colada; en este caso, es hecho de acero para herramienta, el cual puede ser tratado térmicamente después del mecanizado.

6.2.8 PILARES DE SOPORTE.

Los pilares de soporte se normalizan según ISO 10073. La cual recomienda el uso de estos pilares si la fuerza requerida para el moldeo sólo puede obtenerse usando las placas gruesas o donde el apoyo local es necesitado. El diseñador debe asegurarse que la presión de la superficie permisible no se excede. Si la placa de montaje del molde se hace de acero 1.1730 con un esfuerzo de $\sim 640\text{N/mm}^2$ no es suficientemente fuerte, otro material (como acero 1.2312, con un esfuerzo de $\sim 1,080\text{N/mm}^2$) debe seleccionarse. El mismo aplica para pilares de soporte. Poniendo estos pilares adecuadamente, la distancia entre las paralelas es significativamente reducida, y también la deflexión de las placas. Algunas maquinas para el moldeo por inyección tienen placas con grandes centros perforados u otros huecos; pilares de apoyo no deben ser tales espacios de la hondonada. Si esto es inevitable, el

espesor de la placa de montaje de molde debe calcularse para ser lo bast.ante fuerte para resistir alguna excesiva deflexión.

6.2.9 UNIDADES DE ENMARCADO.

Hoy en día, comprar moldes es muy difícil si se tienen la mentalidad de mantener los costos a un mínimo y alcanzar razonablemente, una reducción en los tiempos de producción. Los proveedores de piezas estándar para molde ofrecen ahora moldes especialmente diseñados con la idea que le permite al productor de piezas plásticas cambiar los insertos o cavidades del molde de forma rápida.

Se muestran dos ejemplos de tales marcos en la Fig. 6.8. El ejemplo a la izquierda muestra un marco con las inserciones redondas a ser cambiado completamente en las mitades móviles y fijas. El ejemplo de la derecha se muestra un marco cuadrado en el cual la unidad puede resbalar fuera del marco. A menudo, hace a más sentido quitar el molde completo y cambiar el molde inserta fuera de la máquina. Más importante de todos, los costos más altos el almacenamiento, y la preparación de moldes debe ser considerada.

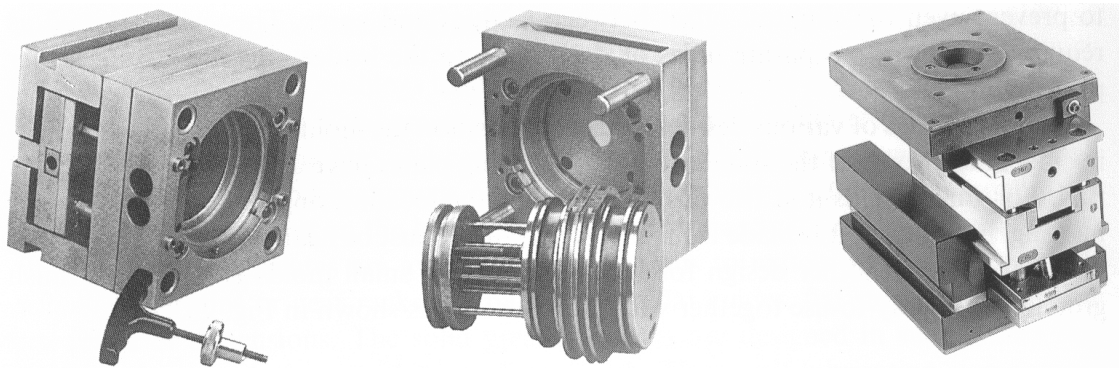


Fig. 6.8 Ejemplos de marcos estándar.

6.2.10

PLACAS ESTÁNDAR CON MAQUINADO ADICIONAL.

En el presente, es común la práctica que los proveedores de placas estándar no solamente envíen los componentes para las bases de los moldes, sino también ofrecen los servicios de mecanizado especial adicional. Delegando tales trabajos a subcontratistas competentes, la fabricación puede mejorarse usando sus propias capacidades para reducir los costos de operación.

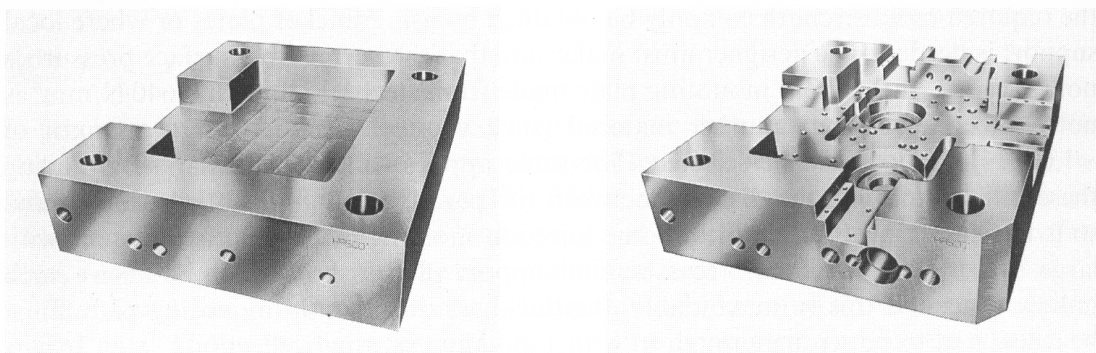


Fig. 6.9 Placas estándar con maquinados adicionales.

La Fig. 6.9 muestra la costumbre de hacer las placas de la cavidad lista para el montaje.

Los trabajos de prolongación de la profundidad de los agujeros taladrados para los canales de enfriamiento o los cartuchos caloríficos están incluidos en los servicios de maquinado. Porque la intercambiabilidad de muchos componentes de diferentes proveedores no es segura. La mayoría de los consumidores preguntan a un proveedor específico si la intercambiabilidad es posible, ya que de esta forma se logra mantener un mínimo de artículos en bodega y otros pueden pedirse, según la lista de partes de molde para el mantenimiento preventivo.

6.3

PARTES ESTÁNDAR PARA EL ÁREA DE LA COLADA.

Para lograr un molde de precisión es de gran importancia la selección del adecuado tipo de colada y de una adecuada ubicación del bebedero, todo esto se debe realizar durante el diseño.

Para esto hoy en día, las coladas caliente son usadas grandemente, la posibilidad de colada convencional (colada fría) siempre se mantiene pero en un mínimo. Los proveedores de partes estándar para moldes ofrecen asistencia, en forma de tablas de selección, en los cuales se puede decidir cual sistema de colada es el adecuado.

Estas tablas muestran todos los sistemas de colada en conjunto con otras recomendaciones para el proceso de los materiales plásticos más comunes y otros criterios de producción (vea tabla 6.1 y 6.2).

También están disponibles los diseños especiales de boquillas de colada fría para el proceso de materiales Thermosets y elastomeros. Los datos de las tablas para la selección de los sistemas de colada están basados en años de experiencia y en datos de software como CAD.

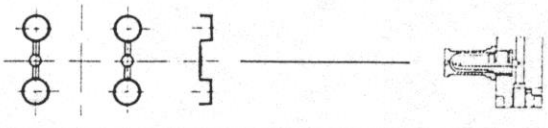
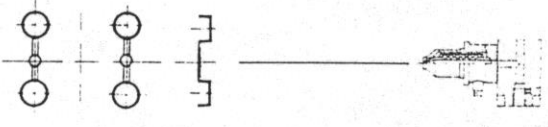
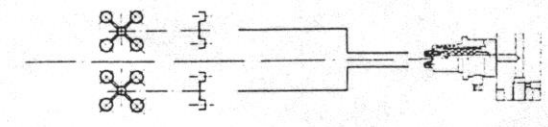
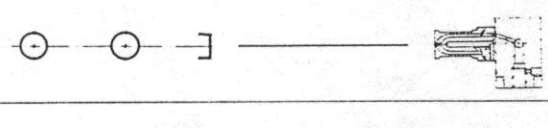
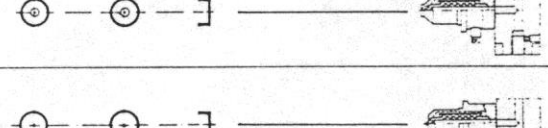
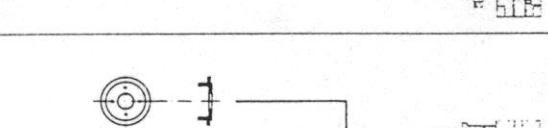
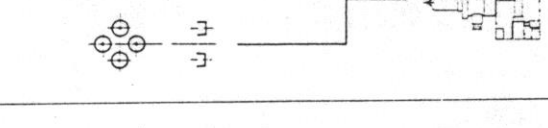
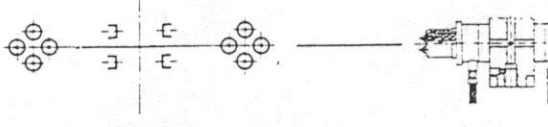
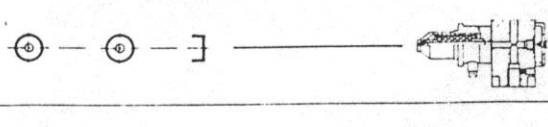
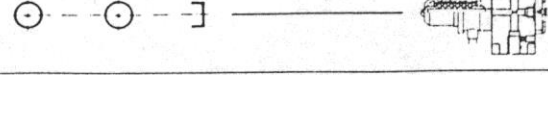

Para cada molde, es aconsejable hacer un molde prototipo para el estudio y corrección de las líneas de soldadura del producto o el aire atrapado en la cavidad.

Las modificaciones en la etapa de diseño son adecuadas ya que pueden evitar cambios en el molde con costos altos.

Tabla 6.1 Ejemplos de Componentes Estándar para el Bebedero
(Extensión de la boquilla de la Maquina)

1.1	Bebedero directo con buje de colada sobre el producto	
1.1.1	Bebedero indirecto con buje de colada sobre el canal de colada	
1.2	Colada caliente (usada para termoset) bebedero en la colada	
1.2.1	Colada caliente (usada con termoset) bebedero en canal de colada	
1.3	Bebedero en canal de colada con colada caliente de alta eficiencia.	
1.4	Bebedero multiple de alta eficiencia. Colada caliente sobre colada ramificada	
1.5	Bebedero de punto con colada neumatica en molde de tres placas	
1.6	Bebedero de punto con alta eficiencia , con una boquilla de colada caliente en molde de tres placas	
1.7	Bebedero de punto con alta eficiencia, colada caliente con marca circular sobre el producto	
1.8	Bebedero de punto con alta eficiencia colada caliente sin marca sobre el producto	
1.9	Bebedero de punto (cuatro) con multiple bebederos , sin marca sobre el producto	
1.9.1	Bebedero de punto (c/u) con colada caliente individual , sin marca sobre el producto	

Tabla 6.2 Ejemplos de Inyección con Manifold de Colada Caliente

2.10	Bebedero con colada, buje de colada termico (Cu-Be) y carcasa de boquilla de acero endurecido.	
2.20	Bebedero con colada y buje de colada caliente igh-	
2.3	Bebedero con colada de multiples bebederos colada caliente de alta eficiencia	
2.4	Bebedero de punto con torpedo calentado internamente y carcasa de boquilla de acero endurecido	
2.5	Bebedero de punto con colada caliente de alta eficiencia y con una leve marca sobre el producto	
2.6	Bebedero de punto con colada caliente de alta eficiencia y sin marca sobre el producto	
2.7	Bebedero multiple con alta eficiencia sin marca sobre el producto	
2.7.1	Bebedero multiple con alta eficiencia con marca sobre el producto	
2.8	Bebedero de punto(c/u) en molde de pisos con colada caliente de alta eficiencia y sin maraca sobre el producto	
2.9	Colada caliente de alta eficiencia con valvula de bebedero operada por aire, con leve marca sobre el producto	
2.10	Colada de alta eficiencia, válvula de bebedero, operada por aire sin marca sobre el producto.	

6.3.1 BUJE DE COLADA.

El tipo clásico de buje de colada (1) (150 10072) es el mostrado en la Fig. 6.10. Estos componentes son ofrecidos, con diferente ángulo de diseño en el taladro principal y con varios tamaños de radio de asiento para las diferentes boquillas.

Para realizar un buen diseño de buje de colada, el llamado buje retenedor de colada (2) (DIN 16757) son usados.

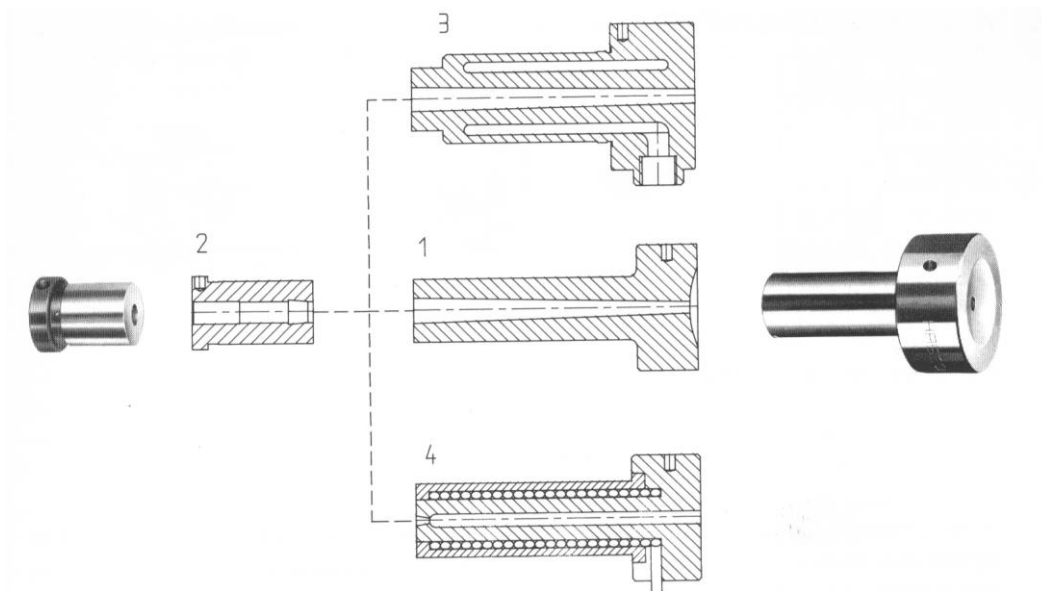


Fig. 6.10 Bujes de colada estándar y buje retenedor
1: diseño básico, 2: buje retenedor. 3: refrigerado por agua, 4: buje de colada eléctricamente calentado

La acumulación de plástico en la colada a menudo afecta el tiempo de ciclo en forma negativa. Como una alternativa para el buje de colada antes mencionado, un buje de colada enfriado son recientemente desarrollados (3) y se encuentran disponibles; se diseñaron originalmente para el proceso de Thermoset. Este buje ofrece un flujo circulante de líquido el cual es bueno para enfriar el área del bebedero.

Una versión modificada del buje de colada es “colada caliente” (4). Con una sección cruzada y reducida del flujo de plástico a la punta.

6.3.2 BOQUILLAS NEUMÁTICAS.

Las boquillas neumáticas (Fig. 6.11) ofrece una alternativa para la colada. Convencional en moldes de dos o tres placas, y con colada caliente. Los productos y coladas son separados automáticamente dentro de la máquina, se obtiene una relación de trayectoria de flujo y espesor de pared favorable, debido a la ubicación del bebedero es posible en áreas no aceptable de otra manera.

Los productos pueden ser inyectados a través de un menudo bebedero del tipo punto. Hoy en día las válvulas de colada caliente son una interesante alternativa lista para ser aplicada en la práctica.

Los disco (2) del cuerpo de la boquilla (1) están sujetos a la placa de la cavidad, los beberos son maquinados directamente en la cavidad o insertos en la boquilla (II).

Después de la inyección y el tiempo de sostenimiento, la boquilla de la máquina (6) se retracta o se retira. El aire a presión que entra en (8) es controlado por una válvula y empuje el pistón (3) hacia delante. Esto quiebra la colada y libera aire para la activación del pistón (4), el cual eyecta la colada (5), ayudada por una descarga de aire adicional. Antes de que inicie el próximo ciclo de inyección, la boquilla de la máquina (6) la fuerza de vacío del pistón (3) hace que este regrese a su posición original. El enfriamiento del área del bebedero es realizada por el canal de enfriamiento (7).

Las boquillas tienen aplicaciones grandes aplicaciones para el procesamiento de todas las resinas más comunes y son igualmente aplicables para materiales reforzados.

Los moldes con boquillas neumáticas garantizan una gran rentabilidad de operación sin requerimientos de controles sofisticados.

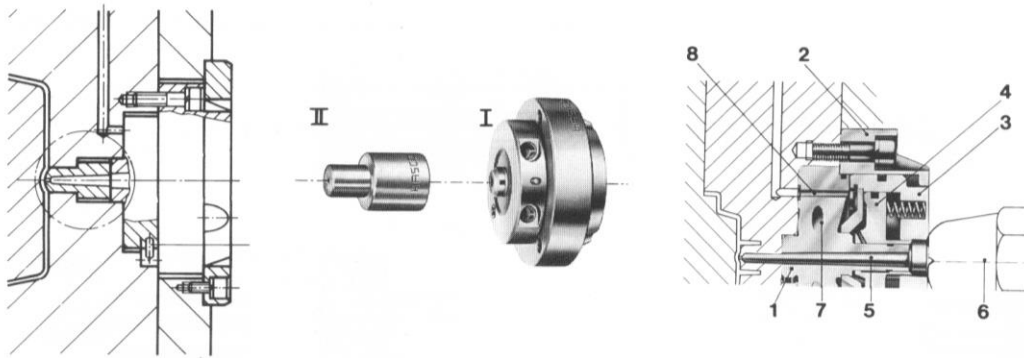


Fig. 6.11 Boquilla neumática

I: boquilla, II: boquilla inserta.

1: cuerpo de la boquilla, 2: disco de montaje, 3: cavidad del pistón, 4: pistón, 5: colada, 6: boquilla de la maquina, 7: canal de enfriamiento, 8: entrada de aire a presión.

6.3.3 BOQUILLAS CALIENTES.

Las boquillas de alto rendimiento con termocuplas incorporadas y canal central de flujo son usadas cuando las temperaturas de proceso son limitadas y se requieren constantes para el flujo del derretido. Estas boquillas están disponibles en varios tamaños y diseños. Dos versiones son mostradas en la Fig. 6.12. El espiral de salida de calor (bobina)(4) es controlado por la termocupla incorporada (3); La punta del cuerpo de la boquilla (7) penetra dentro de la apertura (2),asegurando una favorable marca del bebedero. Si la marca circular del cuerpo de la boquilla (a) no es aceptable en el moldeo, el otro tipo (b) puede ser usado. El diseño de una boquilla con una cámara de derretido resulta ideal para una insolación térmica entre la boquilla y la placa de la cavidad. Si el bebedero es maquinada directamente en el interior de la placa de la cavidad, la marca circular durante el moldeo es eliminado. El cuerpo de la boquilla (7) esta compuesto por una resistencia de calor en forma de espiral (230 v) y una termocupla incorporada la cual es intercambiable y puede ser usada en carcasas de boquilla del tipo *a* or *b*. Dependiendo del diseño de la boquilla, el cuerpo de la boquilla puede ser hecho de una aleación de Plata-Berilio o de acero cubierto con una capa especial de Molideno.

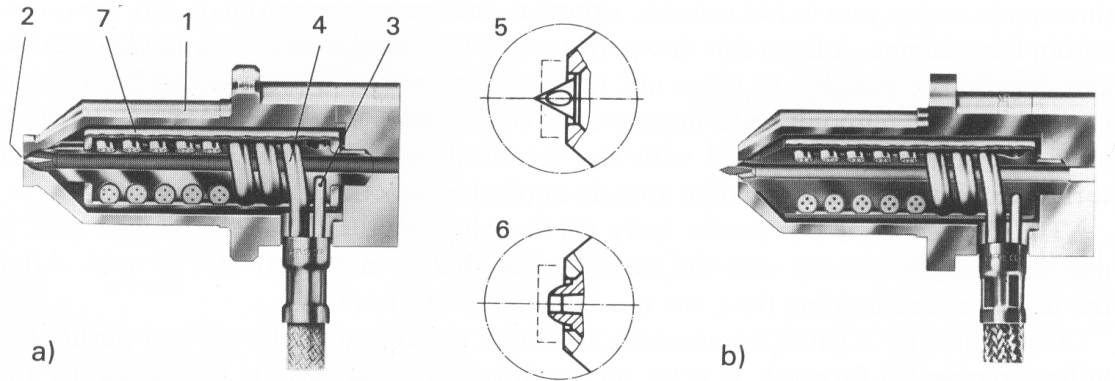


Fig. 6.12 boquilla calentada de alta eficiencia con (a) sin marca (b) marca circular

1: carcasa de la boquilla, 2: bebedero, 3: termocupla, 4: calefactor, 5: bebedero circular, 6: bebedero abierto, 7: cuerpo de la boquilla

Con mucho interés sobre las puntas de las boquillas, se puede seleccionar el diseño entre un bebedero circular (85) o un bebedero abierto (6), los cuales también poseen una válvula del tipo pin.

Según el diseño de la cavidad no siempre es posible proveer de un flujo, igual en la longitud de los corredores con un sistema de colada caliente. Recientemente se ha patentado, los llamados “balances hidráulicos” los cuales pueden ser una a este problema.

Porque los sistemas estándar de colados caliente son equipados con bloques manifold que tienen canales de alimentación con diámetros iguales, solamente el tamaño del bebedero y el canal para el flujo en la boquilla son izquierda para el balance hidráulico.

Para este propósito, el cuerpo de la boquilla esta disponible con diferentes diámetros, con estas nuevas boquillas balanceadas, es posible por primera vez ensamblar un sistema de colada caliente balanceado usando componente estándar. Si es necesario, corregir, puede hacerse durante las pruebas del molde con un simple cambio de algunos cuerpos de las boquillas.

6.3.4 SISTEMAS DE COLADA CALIENTE.

Los manifolds estándar para colada caliente, están disponibles en el mercado, estos difieren cada uno de otros principalmente por los canales de flujo y el tipo de calefactor.

Las compañías especialistas en la producción de sistemas de colada caliente pueden ofrecer una amplia experiencia en este campo; ellos también proveen un gran número de coladas calientes y componentes asociados, los cuales son ensamblados en las bases de los moldes. Esto puede ser apreciado, por los bloques manifold así como también por las boquillas, internamente y externamente son usados ambos sistemas de calentamiento, porque un sistema no puede satisfacer la demanda. Los sistemas de calentamiento externa usan un taladro alrededor de los canales de flujo son preferidos porque estos pueden ser calculados exactamente.

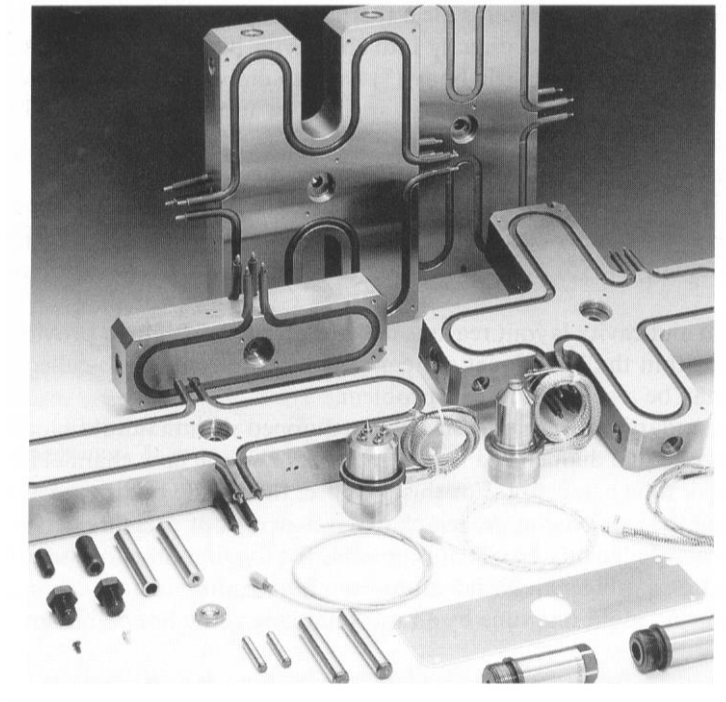


Fig. 6.13 Sistemas modulares de colada caliente.

La figura 6.13 muestra el diseño de varios manifolds de colada caliente, con diseños de bloques en forma de *X* o *H*. Los manifolds son con un acabado de precisión y listos para ser usados.

Los bloques son calentados por medio de calefactores de cartucho o elementos tubulares de calefacción, los cuales están incorporados o montados en canales. Las termocuplas están ubicados en lugares adecuados entre los elementos de calefacción y los canales de flujo.

Las pérdidas de calor son reducidas al mínimo por un apropiado espaciamiento hecho de Titanio y bajo reflectoras hechas de aluminio.

La Fig. 6.14 muestra un ensamble completo de una unidad de colada caliente con todos sus elementos.

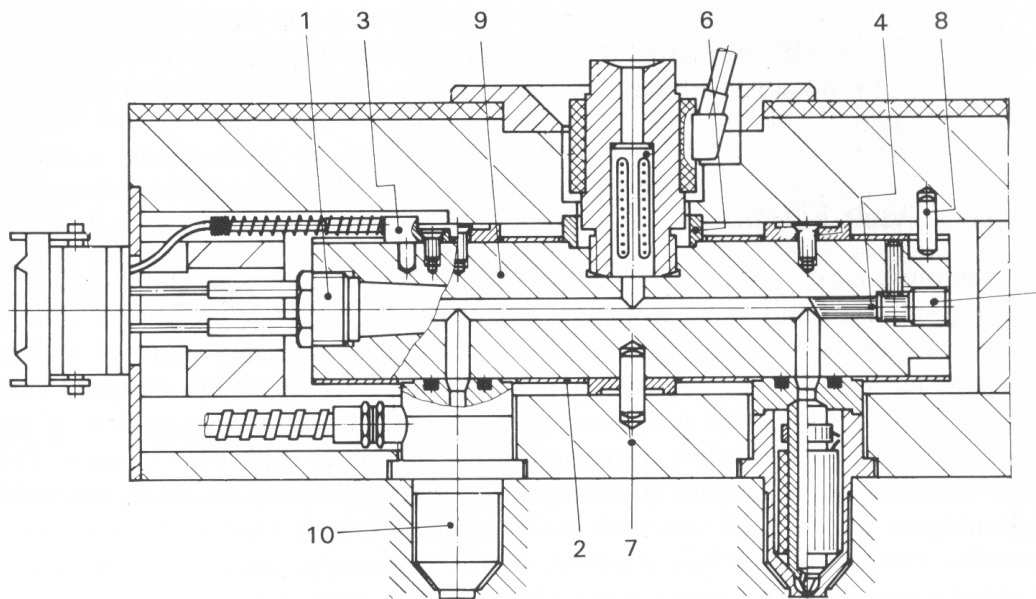


Fig. 6.14 Unidad completa de colada caliente, lista para ser ensamblada.

1:Cartucho calorífico, 2: reflector, 3: termocupla, 4: tapones de canal de flujo, 5: tornillo, 6: centrador del manifold, 7,8: prisioneros, 10: boquilla calentada.

6.3.5 VÁLVULAS DE BEBEDERO.

Un sistema de válvula de bebedero permite evitar la marca del bebedero. La cavidad es llenada a través de un bebedero con un diámetro adecuado para el flujo, libre de requerimientos de central de temperatura para el bebedero.

Otra solución interesante fue introducida con el “apagado térmico” en el cual la punta de la colada es calentada con cada uno de los ciclos de inyección debido a que el bebedero es frío después del tiempo de presión de sostenimiento.

Los más confiables, pero más caros, sistemas de válvulas para bebederos usan un pin controlado por un pistón hidráulico o neumático. Por razones de control y operación se prefiere los sistemas neumáticos. Otro método ofrecido es el que usa resortes cargados con sistema de auto descarga. La válvula abre cuando la presión se incrementa arriba o cerca de la fuerza del resorte; el pin cierra nuevamente tan pronto como la presión del derretido disminuye debajo de la fuerza del resorte.

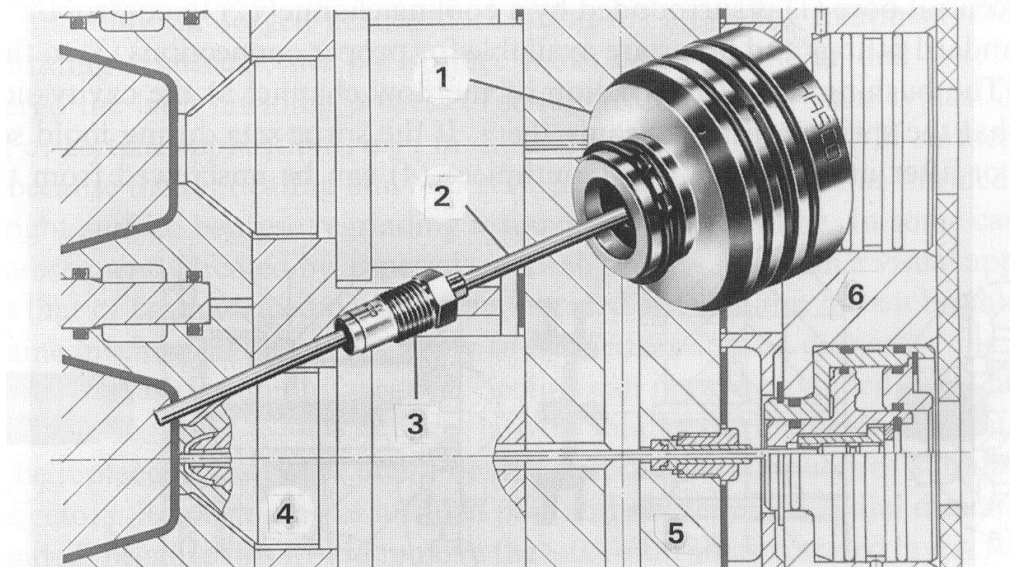


Fig. 6.15 Válvula neumática

1: unidad de válvula, 2: pin de la válvula, 3: pin guía, 4: diseño de molde: molde con colada caliente y válvula de bebedero con boquilla calentada, 5: manifold, 6: placas de montaje del molde.

La válvula neumática de aguja (1) como se muestra en la Fig. 6.15 es diseñada para controlar la auto descarga de los bebederos en los moldes de inyección. Estos son preferiblemente usados en conjunto con las boquillas calentadas de alto rendimiento (4). Debido a la longitud de apertura del bebedero, el material específico en proceso puede mantenerse arriba del canal caliente del manifold abajo del bebedero. El sistema de autocerrado permite grandes bebederos. Los efectos de presión de sostenimiento son fácilmente reparables, debido a la acción de apertura y cierre del pin (2) puede ser controlado precisamente para algún intervalo de tiempo requerido.

Las marcas del bebedero en el moldeo son automáticamente eliminadas, por lo tanto es posible localizar el bebedero en una posición favorable, incluso en una superficie visible. El pin de la válvula (1) es montado en el interior de la placa refrigerada (6), y la guía ajustable del pin (3) es montada en el manifold (5). El pin (2) es montado flotante en un pistón.

6.3.6 SISTEMA DE COLADA FRÍA.

Para el procesamiento de Thermosets, todas las piezas son producidas por el método de coladas perdidas, o al menos se moldea con un método en colada mínima. La tecnología de colada fría tiene que haber sido conocida por algún tiempo y ya que varios diseños se encuentran en producción, es más importante que la temperatura de la colada sea controlada, también que la resina en el canal no tenga posibles remanentes antes de entrar a la cavidad. Una solución para la producción con Thermosets es hacer uso de bujes de colada fría (Fig. 6.16), solamente una pequeña cantidad de material remanente permanece en el producto o en la colada.

Los bujes de colada fría son hechos de acero para herramientas para trabajar en caliente, con buen acabado superficial y están listos para ser usados. El taladro central (1) está rodeada por un canal de enfriamiento (2) para el control de la temperatura. Las piezas estándar adecuadas para la conexión están disponibles (3) para el sistema de enfriamiento. El buje tiene construido un canal de flujo hacia el

final de la cavidad para asegurar que la colada sea separada y por consiguiente se limpie el canal. La pieza de salida (4) puede ser roscada desde la cavidad usando una llave hexagonal. Diferentes pruebas han demostrado que este buje puede ser usado en la mayoría de proceso de todos los Thermosets conocidos; son también adecuados para el proceso de elastómeros.

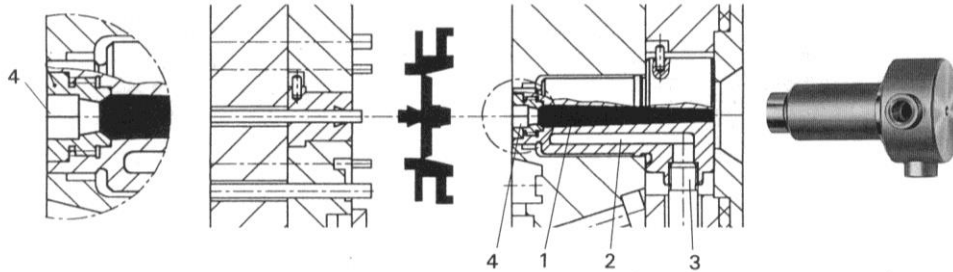


Fig. 6.16 buje de colada frío para el proceso de materiales termosets y elastómeros
1: canal de flujo, 2: canales de refrigeración, 3: conexión al sistema de enfriamiento, 4: pieza de desembocadura.

Para la insolación térmica, el buje tiene contacto con la placa de la cavidad solamente en el diámetro central. Si el buje alimenta una colada interior, una profundidad de ~ 0.3 mm entre la cara de la boquilla y la cara opuesta es sugerido para la insolación de calor. Las características de este buje son reducción del tiempo de ciclo y un ahorro de los costos del moldeo.

6.4 PIEZAS ESTÁNDAR PARA LA EYECCIÓN






Cuando los productos y su respectivo molde son diseñados, la ubicación de los eyectores es importante para asegurar la eyección de los núcleos. Para la selección adecuada de los componentes de la eyección se debe considerar la apariencia visual de los productos, ya que esta tiene gran influencia.

6.4.1 PINES EJECTORES Y DESLIZADORES.

Un resumen de pines eyectores estandarizados y deslizadores son mostrados en la tabla 6.3 dichos pines se encuentran disponibles en dos tipos de aceros: (1) aceros

para herramientas a través del endurecido con una dureza de ~60 HRc, and (2) aceros para trabajos en caliente, con una dureza de núcleo de ~45 HRc y una superficie nitrurada de ~950 Hv 0.3. Todos los eyectores son hechos de aceros para herramientas con un acabado brillante, dependiendo del tratamiento de Nitruración, la superficie se observa brillantes o gris mate, los eyectores que son sometidos a un baño de nitrurado, muestran una típica superficie gris mate.

Tabla 6.3 Sumario de Pines Eyectores y Camisas

Diseño	Designación / Norma	Material	Dureza
	Pin eyector con cabeza cilíndrica DIN 1530-A ISO 6751	Acero trabajado en Caliente 1.2343	Nitrurado > 950 HV 0.3 Resistencia en el núcleo > 1400 N/mm ²
		Acero de herramienta 1.2516	Después del endurecido 60 ±2 HRc
	Pin eyector escalonado con cabeza cilíndrica DIN 1530-C ISO 8694	Acero trabajado en Caliente 1.2343	Nitrurado > 950 HV 0.3 Resistencia en el núcleo > 1400 N/mm ²
		Acero de herramienta 1.2516	Después del endurecido 60 ±2 HRc
	Pin eyector con cabeza cónica DIN 1530-D	Acero trabajado en Caliente 1.2343	Nitrurado > 950 HV 0.3 Resistencia en el núcleo > 1400 N/mm ²
		Acero de herramienta 1.2516	Después del endurecido 60 ±2 HRc
	Eyector de hoja DIN 1530-F ISO 8693	Acero trabajado en Caliente 1.2343	Nitrurado > 950 HV 0.3 Resistencia en el núcleo > 1400 N/mm ²
		Acero de herramienta 1.2516	Después del endurecido 60 ±2 HRc
	Camisa eyectora DIN 16756 ISO 8405	Acero trabajado en Caliente 1.2343	Nitrurado > 950 HV 0.3 Resistencia en el núcleo > 1400 N/mm ²
		Acero de herramienta 1.2516	Después del endurecido 60 ±2 HRc

Para ciertas aplicaciones. Ejemplo en un molde, este tipo de superficie es más adecuada, debido a que la película de lubricante se adhiere mejor a la superficie.

El nitrurado a gas en los eyectores tiende a generar una superficie brillante ya que es necesario un nuevo rectificado después del nitrado. En algunos casos estos pines

son tratados por un proceso especial de sulfatado para obtener una apariencia similar a la de un pin con baño de nitruro.

El nitrurado por plasma en los pines eyectores tiene como resultado una superficie brillante pero algunas propiedades mecánicas son aplicadas a este tipo de eyectores. Un nuevo método para la eyección es ofrecido con pines de extensión (Fig. 6.17) para la longitud del eyector, para proveer de estabilidad a los pines delgados y deslizadores. Estos componentes estándar para la eyección, eliminan la necesidad de incrementar en los costos por tener que comprar otras piezas de tamaño superior.

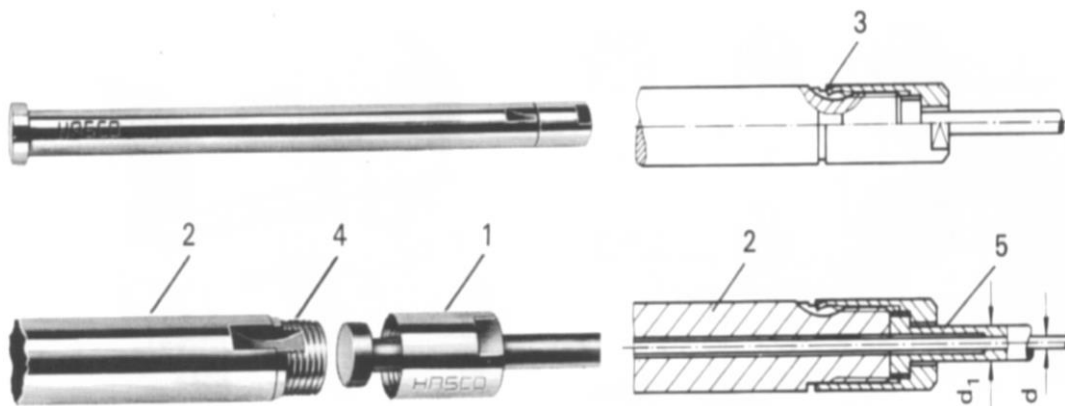


Fig.6.17 Extensión par pines eyectores y camisas
1: capuchón roscado, 2: extensión, 3: bloqueador, 4: ranura,
5: camisa eyectora.

Cuando se usan barras de extensión y cuando los eyectores están desgastados, solamente los eyectores estándar, los cuales son montados en una barra robusta (2) con un capuchón roscado (1) es necesario ser remplazado.

Una ranura de seguridad (3) es presionado en el interior roscado (4) la cual previene la perdida del capuchón roscado (1) para el uso con deslizadores eyectores (5), las extensiones pueden ser taladradas a través del centro de diámetro d . En muchos casos, los taladros en los capuchones roscados pueden ser maquinados para una forma de diámetro d del pin o deslizador.

6.4.2 COMPONENTES MOTRICES.

Para productos con roscas internas, consideraciones especiales son requeridas cuando se diseñan los mecanismos de desenroscado. Esta puede ser una ventaja al integrar los mecanismos de movimiento al molde, cuando la rotación es iniciada para el movimiento del tornillo por medio del movimiento de apertura del molde. Cuando el molde es instalado, solamente es necesario una carrera específica de apertura; por lo tanto, tal desenroscado es también muy apropiado para un cambio automático del molde.

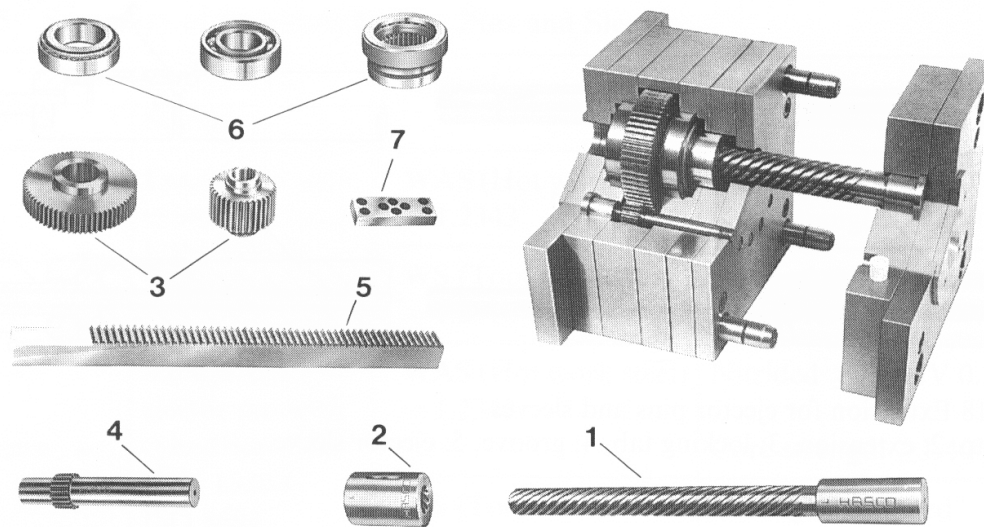


Fig. 6.18 Componentes motrices para roscas.

1: husillo roscado, 2: tuerca, 3: engranes, 4: barras a fresadas, 5: cremalleras, 6: rodamiento,, 7: placas guías.

La Fig. 6.18 muestra unos capuchones roscados para molde. El mecanismo motriz está compuesto por piezas estándares; todos estos diseños también pueden ser apropiados para otros moldes, y numerosas combinaciones son posibles. Los elementos básicos de movimiento son con ángulos de paso precisos para la dirección de la rosca (1) y fuerza(2) disponibles en varios diámetros y pulgadas, y con rosca derecha o izquierda. Los engranes (3) barras fresadas (4) y la cremallera (5) son diseñados para combinarse cada uno con otros. La Fig. 6.19 muestra ejemplos de tales moldes.

En adición a la generación del movimiento de rotación por medio del uso de la carrera de apertura de la línea de partición y la dirección de la rosca (Fig. 6.19), estas partes pueden también ser usadas en moldes de pisos; el movimiento de apertura y cierre de las dos líneas de participación puede ser exactamente controlado usando tornillos y tuercas. Si utilizamos cremalleras para el movimiento de desenroscado, estas son accionadas por un cilindro hidráulico.

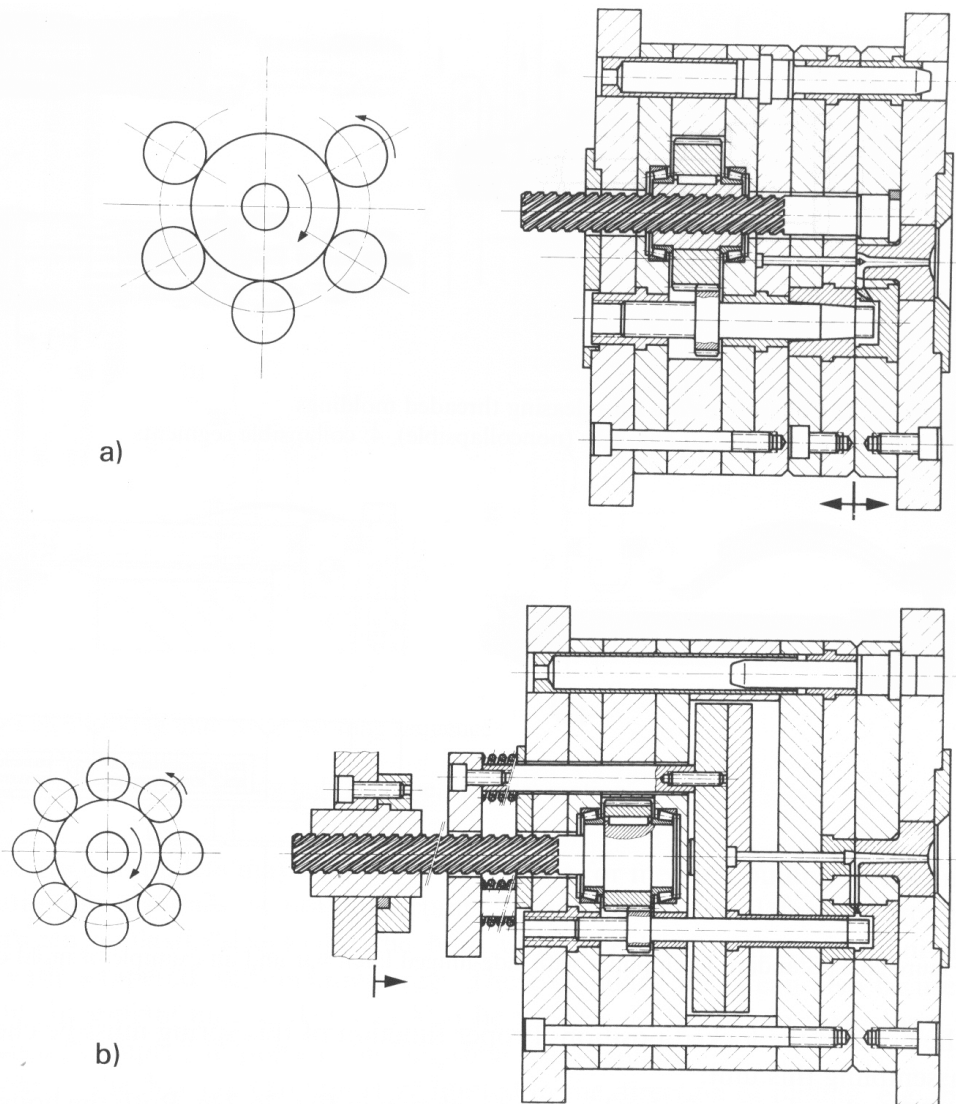


Fig. 6.19 aplicaciones de mecanismos motrices de desenroscado (a) rotación accionada por el movimiento del molde (b) rotación accionada usando el eyector hidráulico de la maquina.

6.4.3 VÁLVULAS DE AIRE POPPETS.

Para el desmoldeo de formas tipo caja o productos similares se utilizan válvulas de aire poppets. Estas piezas estándar son incorporadas en el interior de los núcleos de los moldes de inyección. Los resortes cargados con asiento cónico son retraídos por la aplicación de aire a presión por algún tiempo cuando la eyección inicia. En algunos casos es necesario el uso de válvulas poppet para romper el vacío.

6.5 ELEMENTOS ESTÁNDAR PARA EL CALENTAMIENTO DEL MOLDE.

Aunque los moldes pueden ser calentados o enfriados usando líquidos, los elementos eléctricos pueden ser usados solamente para propósitos de calentamientos. Ambos sistemas son a menudo combinados.

6.5.1 ELEMENTOS ELÉCTRICOS PARA EL CALENTAMIENTO.

Los elementos eléctricos para el calentamiento son típicamente divididos en calefactores internos y externos. Las bandas calentadoras de forma redonda o cuadrada son diseñadas con una capacidad superficial de $\cong 5\text{W}/\text{cm}^2$, están disponibles en muchos tamaños estándar pero son también hechas según especificaciones del consumidor (Fig. 6.20) los moldes para thermoset son usualmente calentados externamente.

Para pequeños calentamientos en partes redondas del molde con diámetros superiores a $\cong 60\text{ mm}$, los cartuchos de calentamiento con una capacidad térmica de $\cong 8\text{ W}/\text{cm}^2$ tienen éxito comprobado. Los calentadores producidos en forma de espiral tubular o tubo plano son ofrecidos según los espacios en el molde.

Estos pueden ser formados como sea requerido para su uso o producidos por los proveedores de componentes estándar según especificaciones del consumidor. La capacidad superficial de calentamiento es $\cong 10 \text{ W/cm}^2$.

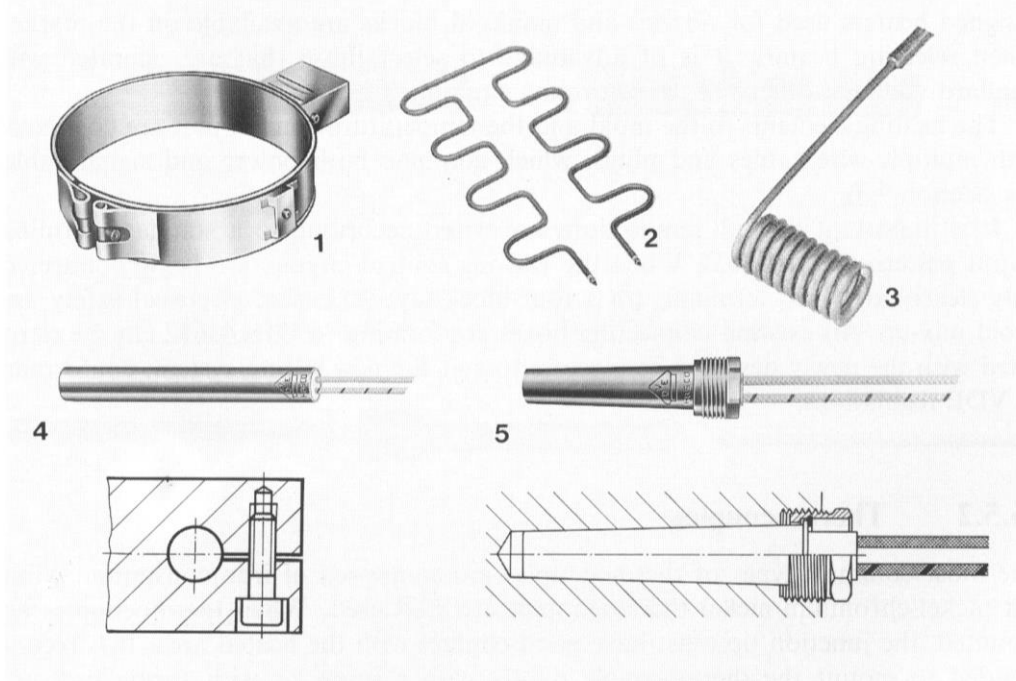


Fig. 6.20 Elementos eléctricos estándar para el calentamiento.

1: bandas de calor, 2: serpentín calorífico, 3: bobina con sección plana o redonda, 4: cartucho calorífico, 5: ejemplo de ensamble de un cartucho calorífico

Estos elementos de calentamiento ofrecen nuevas posibilidades para reducir espacio, sistema de calentamiento uniforme para boquillas o manifolds. Los elementos son ubicados en el interior de los canales; sellados con aleaciones de Cobre o Aluminio las cuales tienen comprobado éxito.

6.5.2 TERMOCUPLAS.

Los tipos más comunes de termocuplas están compuestas de alambres de hierro; pero Niquel-Cromo/ Niquel también son usados como termocuplas. Cuando las termocuplas son montadas, la punta debe tener buen contacto con el área calentada.

Es recomendable para el montaje ajustado de la termocupla con un tornillo o con un resorte de presión.

Para el chequeo ocasional de la temperatura en zonas muy críticas de la cavidad, las termocuplas tienen ventajas comprobadas; ya que las termocuplas de alambre son incorporadas en estos lugares y pueden ser conectadas a medidores de temperatura cuando sea requerido.

Cuando las termocuplas son instaladas en el interior de los bloques manifold, estas deben estar aproximadamente a igual distancia entre el calefactor y el canal de alimentación. Estos arreglos aseguran que la termocupla controle al calefactor como también al derretido. Los calefactores de cartucho con termocupla incorporada son también disponibles, pero estos controlan solamente la temperatura del calefactor; para controlar la temperatura del derretido, son recomendables los sensores infrarrojo.

6.5.3 NÚCLEOS REFRIGERADOS Y PINES TÉRMICOS.

Los circuitos cerrados de refrigeración pueden lograrse por el uso de componentes estándar. Los insertos de Aluminio en forma de espiral, con una o doble diseño de hélice, son a menudo usados en moldes con núcleos redondos (Fig. 6.21)

Para núcleos con diámetros pequeños 12mm, también llamados “burbujas” son usados, donde el flujo refrigerante circula a través de un pequeño tubo de cobre localizado en el interior a lo largo de un agujero. Las placas deflectoras tiene comprobado su funcionamiento para este propósito.

Los pines térmicos permiten remover el calor de lugares con difícil acceso, estos son tubos de cobre llenos con un líquido, esto gracias a un diseño especial de la cápsula, la evaporación se realiza en el lugar donde el calor es suplido, la condensación se realiza o ocurre en la zona fría. El principio de operación se muestra en la Fig. 6.22

Similar a el calefactor de cartucho cilíndrico, el grado de eficiencia generalmente depende del contacto apropiado en el taladro y en la posición de operación.

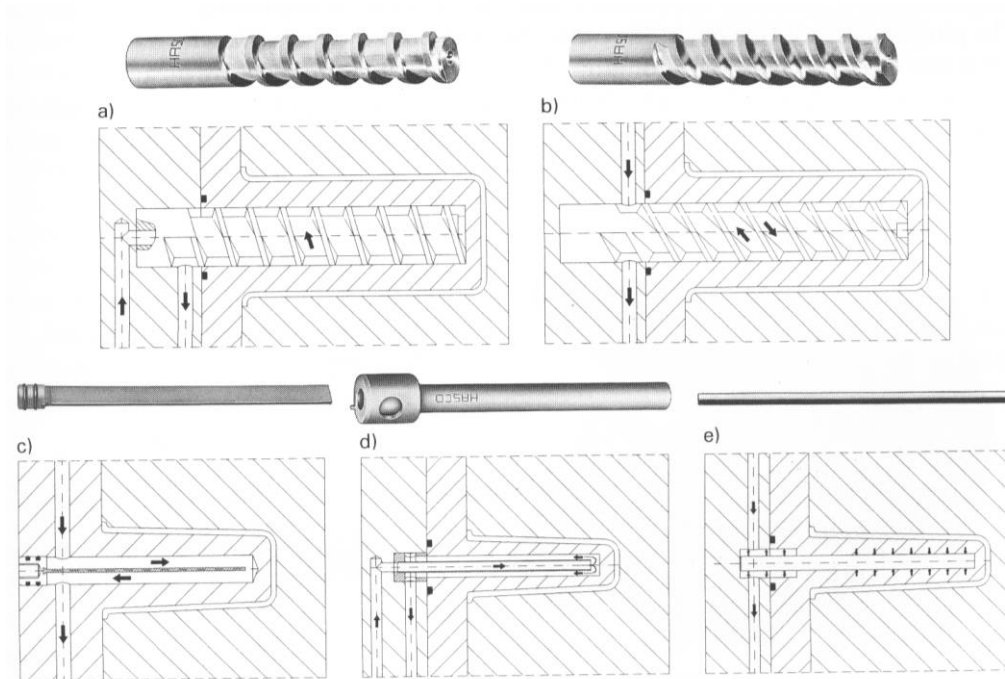


Fig. 6.21 Núcleos refrigerados y algunos ejemplos a) núcleo en espiral, de hélice simple; b) núcleos en espiral con doble hélice, c) pared deflectora; d) burbujeador; e) cápsula térmica.

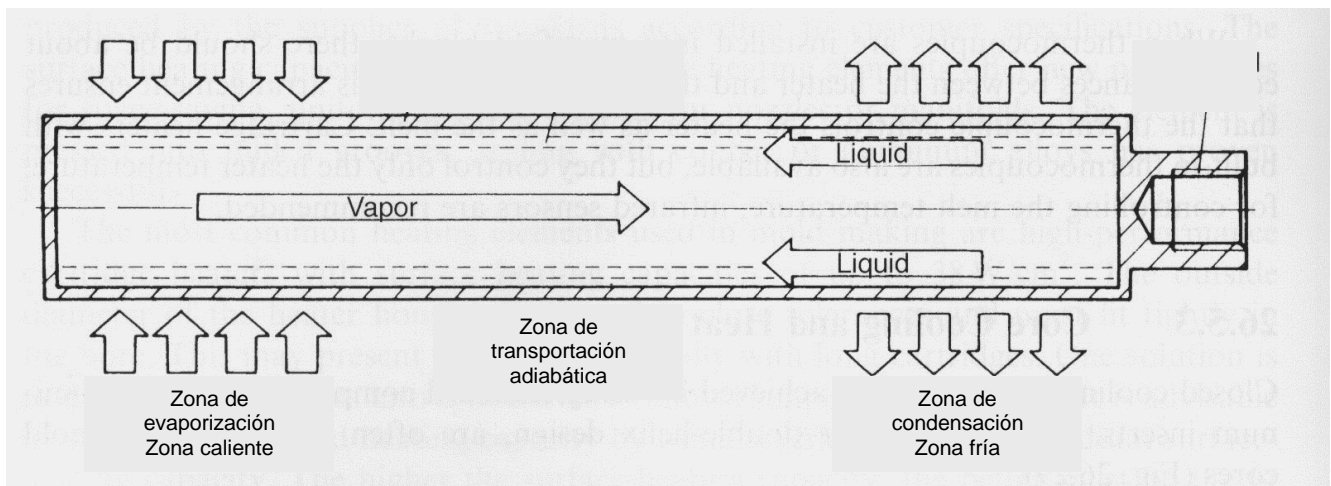


Fig. 6.22 Ensamble de una cápsula térmica, y su principio de operación.

6.5.4

ELEMENTOS APROPIADOS PARA EL ENFRIAMIENTO.

Un desmontaje rápido de los acoples provee una rápida conexión de las líneas de enfriamiento de un molde, los cuales pueden ser equipados con niples (Fig. 6.23). ambos tipos son apropiados y se encuentran disponibles con o sin auto cerrado que se cierre automáticamente cuando se desconecta. Este son usados especialmente cuando se use aceite como refrigerante para prevenir el goteo durante el transporte y almacenaje del molde.

Debido al compacto diseño de los niples y extensiones, estos pueden ser avellanados en el interior comparados con el espesor de las placas del molde. Estos aseguran la reconexión y reducción de los tiempos de instalación.

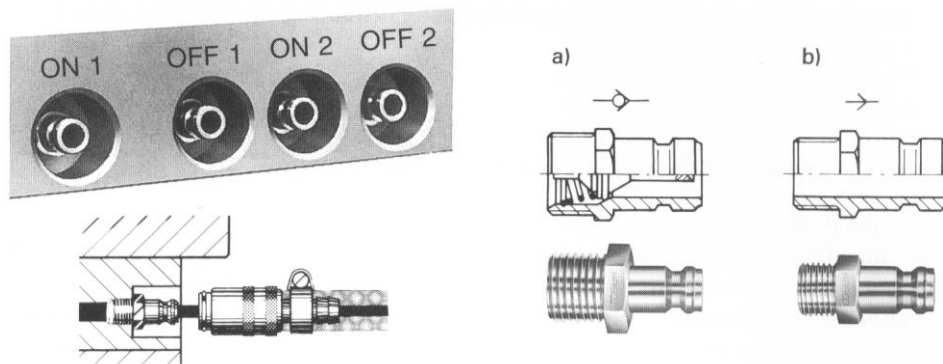


Fig. 6.23 Varios diseños de niples y ejemplos de su montaje, a demás se observa la identificación de los circuitos de entrada y salida. A) niple de auto cerrado, b) niple del tipo abierto.

6.6

COMPONENTES ESTÁNDAR PARA LA INDICACIÓN DE PRESIÓN.

La presión interna del molde actúa uniformemente en todas direcciones. Esta puede ser considerada cuando se dimensionan las placas del molde y también cuando se calcula la fuerza de anclaje de eyección. La rebaba en las líneas de partición del molde o en los núcleos indica que los componentes del molde están diseñados inferiormente o que la fuerza de anclaje de la máquina debía ser superior. Programas

de computadoras son usadas para determinar el dato de la correcta presión, tamaños del bebedero y la ubicación óptima del bebedero.

Equipos electrónicos son usados para el monitoreo del valor exacto de la presión. Dos sistemas están disponibles en el mercado ambos tienen buenos resultados y ofrecen algunas compatibilidades, (1) sistema de medida piezoeléctrico y (2) sistema medidor de tensión.

El sistema de medida piezoeléctrico trabaja sobre el principio de aplicación de presión a un cristal de cuarzo en el cual la presión se transforma para generar un voltaje eléctrico que es proporcional a la presión aplicada. Debido al voltaje, las conexiones pueden ser tratadas con gran cuidado.

El principio del sistema medidor de tensión está basado en el cambio de resistencia de los alambres cuando son estirados por una fuerza mecánica. El diseño de estos sistemas de medición es relativamente simple, los cuales trabajan sobre el principio de un "Circuito de puente Wheatstone" es particularmente adecuado para condiciones de operación pesada.

La precisión y operación de los esfuerzos medidos son fáciles para el chequeo con equipos de pruebas disponibles.

Debido a que la presión es aplicada en el interior de la cavidad, esta puede ser chequeada aquí. Dos tipos diferentes de transductores de presión son usados en los moldes, (1) es el transductor directo el cual es instalado directamente en la cavidad para el chequeo permanente, y (2) transductores de presión indirecta los cuales son ubicados atrás del pin eyector

El último es usado solamente ocasionalmente, durante la instalación del molde o para medir la presión en el pin eyector.

Es recomendado para equipos con moldes nuevos conecta equipos indicadores de presión; la medición de valores puede ser usada como una base para requerimientos de presión y para optimizar la construcción del molde. Cuando se compran máquinas para moldeo por inyección, una interfase para la lectura de ambos sistemas de presión se encuentran disponibles, con esta proyección los microprocesadores pueden ser conectados directamente con el receptor de datos de los transductores estándar de presión.

6.6.1 TRANSDUCTORES DE PRESIÓN DIRECTA.

Los transductores de presión directa forman parte del molde, debido a que son usualmente instalados de tal forma que pueden usarse solamente en un molde (Fig.6.24 a). Dentro de los límites, la cara del transductor puede ser maquinada en la superficie del molde. Los transductores son muy sensibles; estos consisten de una parte mecánica que sensó la presión de la cavidad y la transmite a la parte electrónica. Usualmente ambas porciones forman una unidad. En el caso de fallo electrónico o mecánico; el transductor es afectado completamente. Una alternativa es ofrecida por un nuevo transductor patentado en el cual la porción mecánica y electrónica es separada y roscada junta (Fig. 6.24b). Este transductor puede ser equipado con un medidor de tensión o con un sensor piezoelectrico.

En la fabricación de un molde existe la habilidad de crear la forma donde el transductor será ubicado en la superficie de moldeo y para chequear la operación mecánica. Similares transductores de presión son disponibles en el presente, una camisa con un pin integrado de medida es usado para los diámetros pequeños como 6 mm; este de pequeñas dimensiones es montado directamente en el interior de la cavidad. En adición a los comúnmente usados pines cilíndricos, rectangulares, cuadrados, o otras tipos de secciones de pines pueden ser usadas.

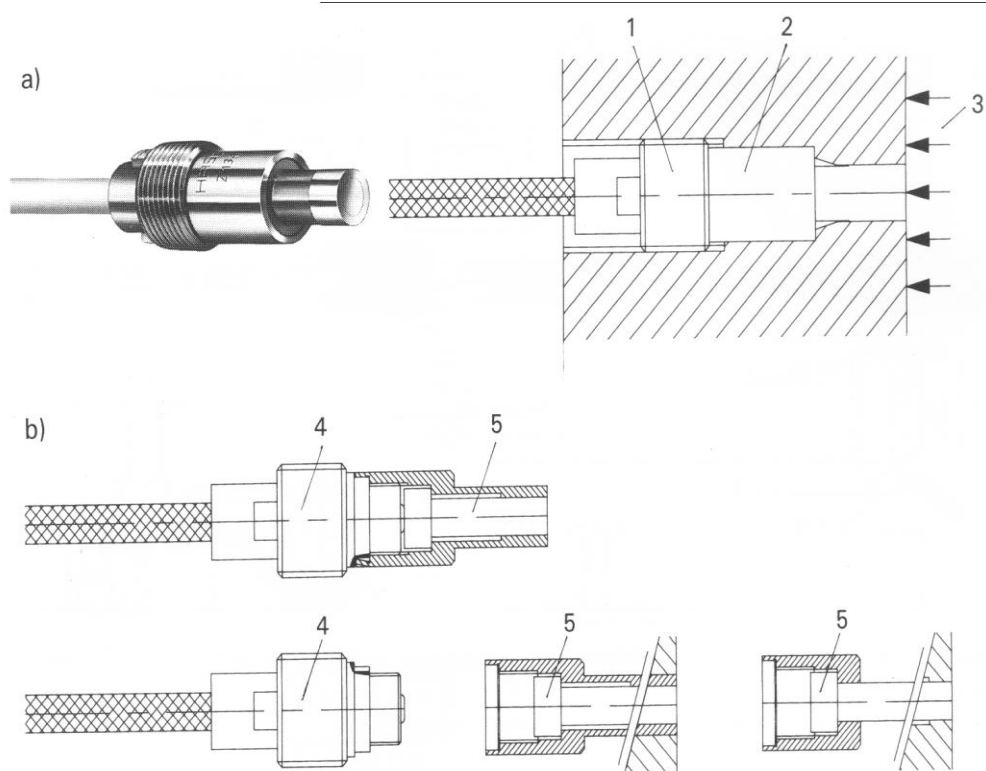


Fig. 6.24 Transductor directo y ejemplo de instalación.

a) diseño convencional.

1: acople, 2: transductor, 3: presión interna en la cavidad.

b) transductor universal de presión con separación electrónica (4) y una porción mecánica.

6.6.2 TRANSDUCTORES DE PRESIÓN INDIRECTA.

Una ventaja de instalación de transductores de presión indirecta es que estos son solamente ubicados en el interior del molde para el chequeo, por lo tanto, su uso en diferente número de moldes es posible (Fig. 6.25).

Si el transductor de presión (1) no es necesario, un accesorio o bloque para el contacto (2) es instalado en su lugar para mantener el eyector o pin en su posición. Para medidas remotas, una barra de adapte (3) es usada para sostener el transductor o al bloque. Como una alternativa a este transductor, el transductor de presión indirecta tipo redondo (4) es principalmente usada para instalación permanente atrás del eyector.

La ubicación óptima para el transductor puede ser determinado solamente durante la prueba del molde. Por lo tanto, para asegurar el éxito de la ubicación, se deben realizar pruebas en diferentes lugares y seleccionar la posición ideal durante la prueba.

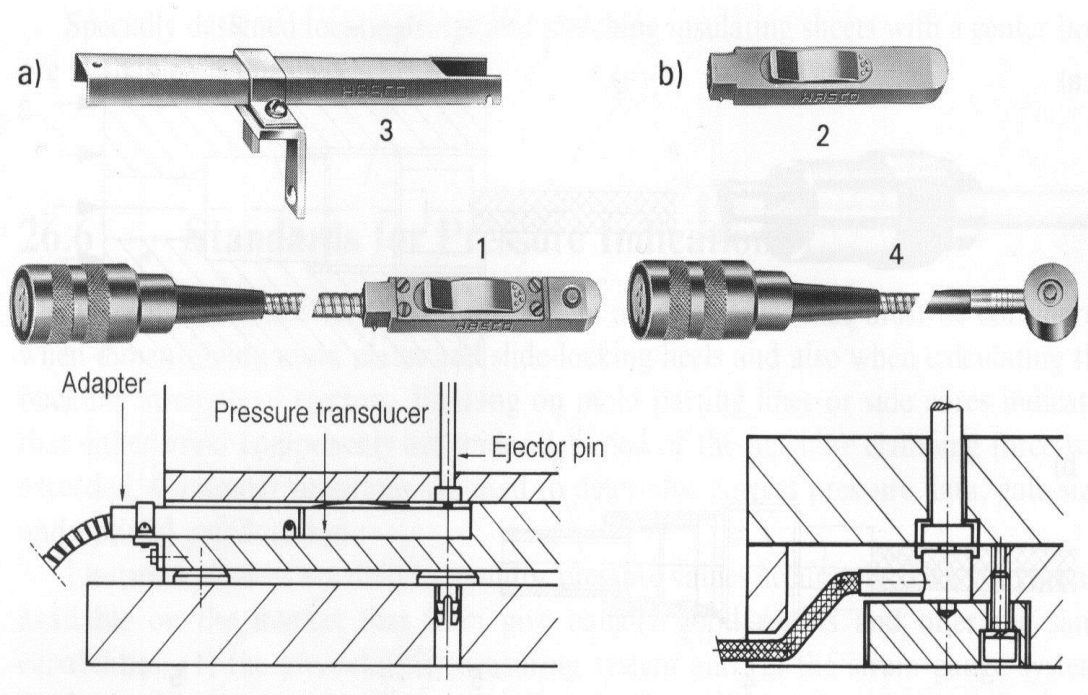


Fig. 6.25 transductor de presión indirecta con ejemplos de instalación atrás del eyector y atrás del pin eyector.

1: transductor cuadrado, 2: accesorio o bloque de contacto, 3: adaptador, 4 transductor redondo

Traducción:

Adapter: adaptador; Pressure transducer: transductor de presión; Ejector pin: pin de eycción

6.7 COMPONENTES ESTÁNDAR UTILIZADOS ENTRE EL MOLDE Y MÁQUINA.

Los moldes y máquinas para el moldeo por inyección son igualmente importantes para la producción de productos plásticos económicos. Estos siempre deben ser considerados como una unidad. Las capacidades de ambas unidades de producción tienen que estar listas para adaptarse acabo una de las diferentes fases planeadas de producción. Algunos equipos periféricos pueden ser conectados a la máquina y al molde.

6.7.1 SISTEMA DE ANCLAJE PARA MOLDES.

El montaje de moldes con anclaje ajustable tiene numerosas ventajas sobre los métodos convencionales. El sistema de anclaje mostrado en Fig. 6.26a Solamente necesita de un tornillo. Este se ajusta automáticamente a diferentes alturas de anclaje y puede ser usado con diferentes tamaños de tornillo.

El radio del nivel no puede ser modificado. Por lo menos 50% de la fuerza total de anclaje de la rosca actúa en el molde. El sistema de anclaje tiene tres puntos de apoyo; dos puntos de presión contra el molde y uno contra el soporte.

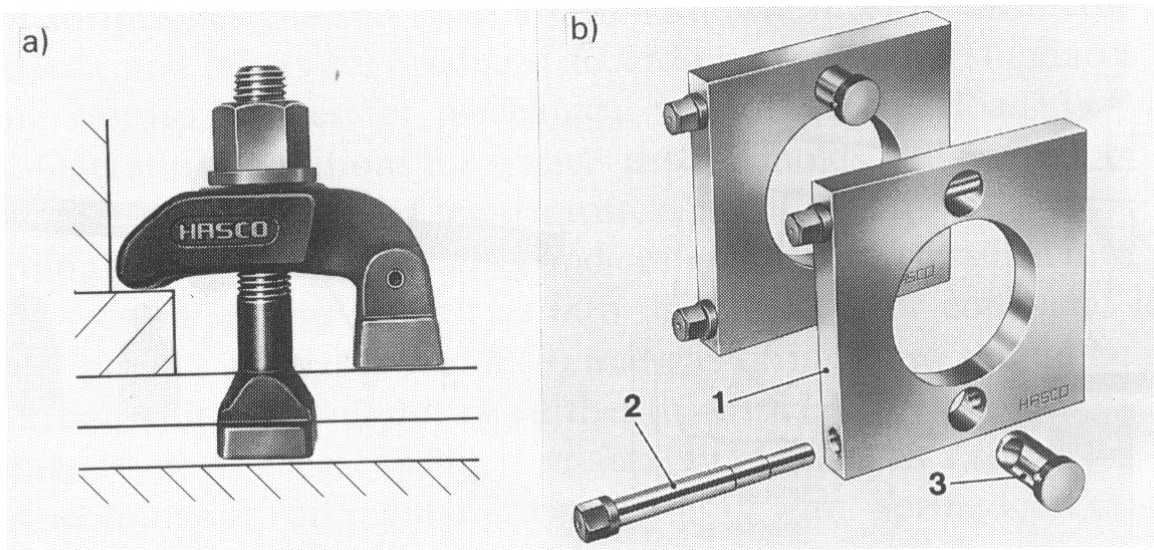


Fig. 6.26 (a) sistema de anclaje estándar y (b) sistema de anclaje rápido y fácil.
1: placa de sujeción, 2: perno excéntrico, 3: perno de anclaje.

Los elementos para el cambio rápido de un molde con el fin de reducir y optimizar el tiempo de instalación están disponibles en el mercado. Al menos la mayoría de proveedores de máquinas de inyección ofrecen sus propios elementos de anclaje.

La Fig. 6.26b muestra un elemento para anclaje de acción rápida para moldes de tamaño medio, que son fácilmente montados en las máquinas de moldeo existentes.

Las placas de anclaje (1) son empernados en las placas de la máquina. Cada molde está proveído con un perno de anclaje (3) y es entonces anclado por el perno excéntrico (2) por un giro de 30. Diferentes tipos y marcas de máquinas pueden ser fácilmente modificados para conseguir un sistema de anclaje uniforme. Cuando se ordenan nuevas máquinas, los agujeros roscados pueden ser especificados. Esto ofrece la posibilidad que moldes existentes puedan correr o trabajar en máquinas nuevas sin necesidad de adaptes.

6.7.2 COMPONENTES ESTÁNDAR PARA CONEXIONES ENTRE EL MOLDE Y LA MÁQUINA.

Debido a la gran variedad de máquinas, las conexiones realizables entre el sistema eyector de la máquina y el eyector del molde están siempre sujetas a mejoras.

Los dispositivos de acoplamiento, neumáticos del eyector (Fig. 6.27), conformados por especificaciones de EUROMAP II, se han comprobado en dados y en máquina de moldes por inyección, estos son designados para conexiones positivas de los eyectores hidráulicos de la máquina con el molde y por lo tanto son especialmente aproximados para los sistemas automáticos de cambio de moldes. Otra aplicación en la conexión de dispositivos de tiro accionados por los núcleos o pasadores.

El mecanismo de bloques es retenido con una fuerza de sostenimiento constante sin presión aplicada; el desbloqueo es solamente posible por la aplicación de aire a presión. Los acoplamientos del eyector (1) con un sistema de cierre automático son también disponibles, la longitud de la barra eyectora (2) es ajustable conforme al tamaño de la máquina. Una característica útil es la barra de acoplamiento (3), la cual conecta con la barra eyectora del molde (4) la cual es ajustable a la longitud requerida.

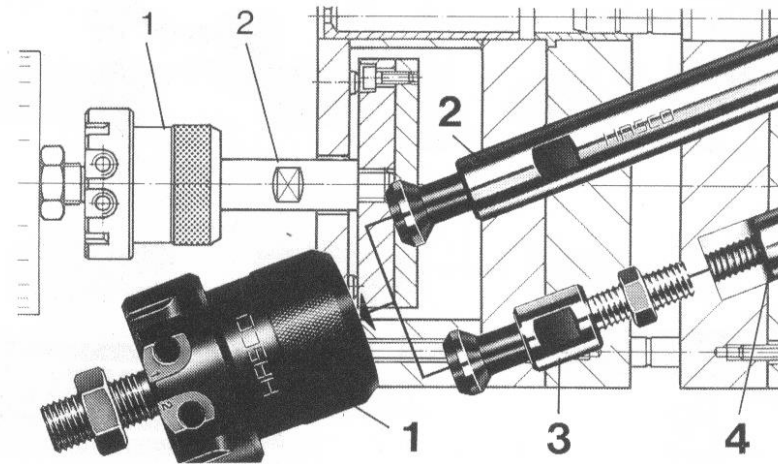


Fig. 6.27 acople del eyector operado neumáticamente con sistema de bloqueo mecánico.
1: acople de eyector, 2: barra eyectora, 3: acople de la barra, 4: barra eyectora del molde.

6.7.3 MANEJO DE LOS MOLDES.

Los pernos de ojo para levantamiento de moldes, de acuerdo con DIN 580 (6) y las tuercas de ojo de acuerdo a DIN 582(5) son bien conocidos. De acuerdo a las condiciones desfavorables de carga, tamaños superiores de pernos de ojo son siempre usados. Debido al limitado espacio en la superficie exterior del molde, se presentan frecuentemente problemas. Especialmente los pernos de ojo se encuentran ahora disponibles en el mercado, como para trabajo pesado los pernos de ojo (7) y las argollas con pernos de ojo (8) (Fig. 6.28).

Una barra tipo puente (1) es segura y de fácil manejo para la transportación. Las barras de levantamiento (1) son empernadas al molde y previenen la apertura accidental durante la transportación, la ubicación de los montajes (3) y el centro de gravedad pueden ser establecidos fácilmente y ajustado seguramente. La barra de levantamiento forma parte del molde y solamente se remueve durante la producción.

Para los elementos sobresalientes del molde (ejemplo, cajas de conexión, trinquetes, elementos de bloques) pueden simplemente ser usada la barra de levantamiento usando espaciadores (4) y ajustándola a la longitud requerida.

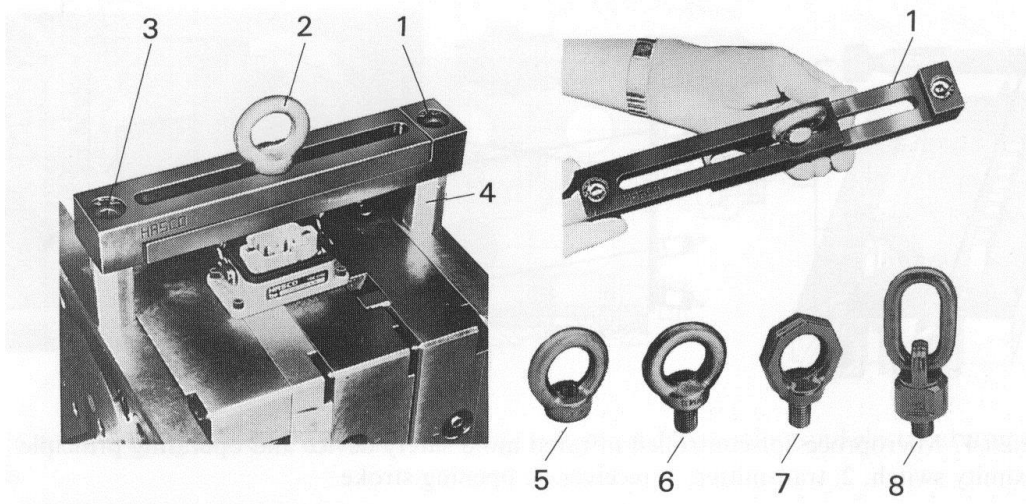


Fig. 6.28 ejemplo de una barra de levantamiento con pernos de ojo.

1: barra de levantamiento, 2: perno de levantamiento, 3: tornillo de la articulación, 4: espaciador, 5: tuerca de ojo (DIN 582), 6:perno de ojo (DIN 580), 7: perno de ojo para trabajo pesado, 8: argolla y perno de ojo.

6.8 COMPONENTES ESTÁNDAR PARA APLICACIONES MISCELÁNEOS.

Un nuevo sistema de anclaje (Fig. 6.29) fue desarrollado para mejorar las placas estándar de instalación para alineamiento antes del maquinado en las máquinas herramientas . los sistemas son capaces de anclar toda pieza de trabajo usado en la fabricación del molde. Las características de estas placas especiales de adapte con medidor son que tienen distancias de centrado exactas que conforman una placa estándar de agujeros roscados para ser centrado y anclado.

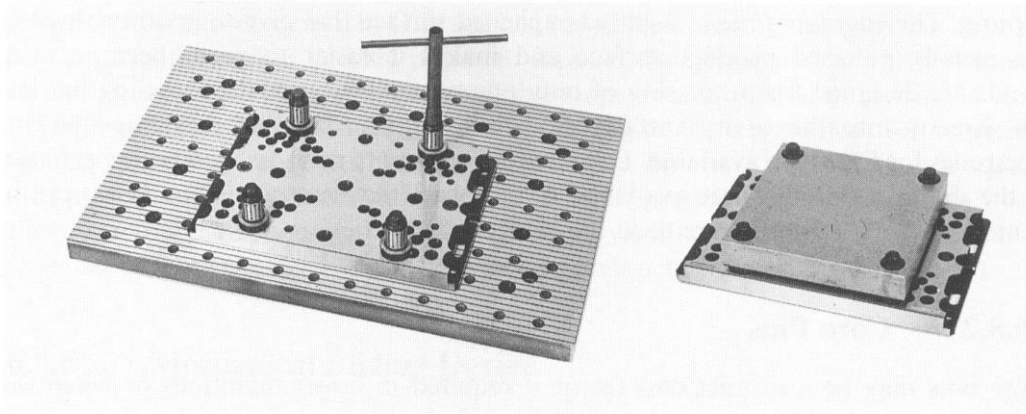


Fig. 6.29 sistema de anclaje para maquinas herramientas con placas de retención para placas estándar.

6.8.1 INSERTOS PARA MARCAS.

Para razones de garantizar calidad se aumenta el requerimiento de producir piezas plásticas marcadas con datos de producción.

Preferiblemente, son usados los insertos de datos, los cuales pueden ser ajustados fácilmente mientras el molde es abierto por el uso de un tornillo accionador.

Los insertos para datos se muestran en Fig. 6.30a son diseñados de manera que es posible cambiar la flecha para cambiar la fecha cambiar el año del lado de la cavidad. Los insertos de datos son usualmente hechos de acero para trabajar en caliente.

Como una medida para facilitar el reciclaje de los plásticos surge de acuerdo a la norma DIN 6120, distribuido en 1990.

La obligación de marcar los productos. para este fin se cuenta con los insertos (Fig. 6.30b) en tres diferentes configuraciones: El “símbolo de tres flechas” para el reciclaje, el cual tiene que ser comúnmente conocido alrededor del mundo desde 1980; el símbolo “Reciclaje” y el número de código para el plástico, y la abreviación

para el polímero de acuerdo a ISO 1043/1. los insertos son rápidos de atornillar con un tornillo exterior.

Debido a que muchos moldes son diseñados para procesar solamente una resina en particular, la marca de reciclaje es cortado directamente en la superficie inferior de la cavidad.

Para este propósito, se dispone de electrodos para EDM con marcas de reciclaje.

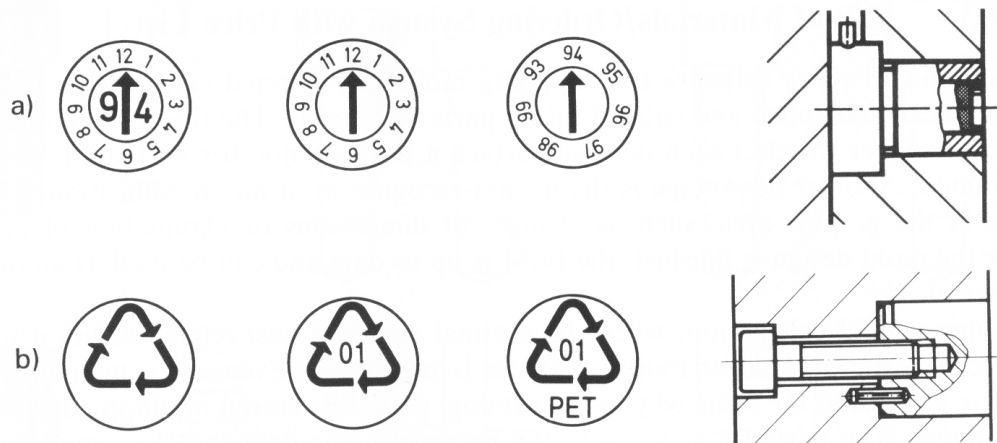


Fig. 6.30 Insertos para marcar.
a) insertos para datos; b) insertos para reciclaje con inscripción DIN 6120

6.9 PROVEEDORES DE COMPONENTES ESTÁNDAR

El siguiente sumario contiene los proveedores internacionales de componentes estándar.

6.9.1 COMPONENTES DE MOLDES DE ACUERDO A LA NORMA DIN/ISO.

Drei-S-Werk, Germany

Fibro GMBH, Germany

Hasco-Normalien, Germany
Progressive Components, USA
Rabourdin, France
Schumag, Germany

6.9.2 SISTEMAS DE COLADA CALIENTE Y BOQUILLAS CALIENTES.

DME-Company, USA
Enrietti, Italy
Eurotool/Dynisco, USA
Ewikon Heibkanaltechnik, Germany
Günther Heibkanaltechnik, Germany
HASCO Normalien, Germany
Husky Ltd., Canada
Incoe Corp., USA
Mold-Masters, Canada
PSG Plastic Service, Germany
Seiki, Spear System, Japan
Initemp, Switzerland

6.9.3 COMPONENTES ELÉCTRICOS DE CALENTAMIENTO.

DME-Company, USA
Fast Heat, USA
HASCO-*Normalien, Germany
Hotset, Germany
Tempco, USA
Türk + Hillinger, Germany
Watlow, USA

6.9.4 COMPONENTES DE CONTROL PARA LA TEMPERATURA.

DME, USA
Ewikon Heibkanalsysteme, Germany
Günther Heibkanaltechnik, Germany

HASCO-Normalien, Germany

Husky, Canada

Incoe Corp. , USA

Mold-Masters, Canada

Plastik Service, Germany

Watlow, USA

6.9.5 COMPONENTES MEDIDORES DE PRESIÓN.

Dynisco, USA

HASCO-Normalien, Germany

Kistler Instrumente, Switzerland

CAPITULO VII
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1

CONCLUSIONES

- ✓ Tanto en el Diseño como en la Construcción de moldes de inyección es necesario conocer sobre las diferentes áreas como selección de aceros, sistemas de refrigeración, elementos estandarizados, procesos de mecanizado, etc. Por lo que en la presente investigación se proporciona información fundamental sobre dichas áreas, de forma que pueda ser aprovechada en la industria metal mecánica, en nuestro país. Toda esta información es presentada en forma de gráficos , tablas, especificaciones técnicas, ejemplos de cálculos, y otros; de manera que resulta de fácil comprensión para el lector.
- ✓ El seleccionar el material para moldes de inyección, implica tomar en cuenta varios factores, por ejemplo, es necesario el conocimiento de propiedades de los diferentes aceros, para tener el criterio adecuado para su correcta elección. Existe una variedad de aceros con su respectiva nomenclatura, y especificaciones técnicas de uso, por lo que en el presente capítulo se describen los diferentes aceros (Aceros de cementación, bonificados, etc), con sus propiedades (dureza, esfuerzo de tensión, etc) estas relacionadas con la aplicación en moldes de inyección, con esto se estaría cubriendo la parte fundamental sobre la selección de los materiales para moldes
- ✓ No se puede llegar a detallar un proceso único para la selección de los aceros para moldes, ya que este proceso se realiza en base a varios factores por ejemplo: Cantidad de piezas a producir, material a ser inyectado, costos de producción del molde, costos de materiales (aceros), tiempo de entrega del molde. Sin embargo, se ha detallado la información necesaria para la formación de criterios para la selección de materiales.
- ✓ Es de gran importancia el conocimiento de los diferentes procesos de mecanizado ya que en la fabricación de moldes es necesario utilizar una gran variedad de procesos para lograr dar la forma requerida para cierto producto,

por lo cual se proporciona información práctica sobre ciertos métodos de mecanizado para los materiales para moldes.

- ✓ El tratamiento térmico tiene un papel importante en los aceros para moldes, ya que a través de éste se logra modificar la dureza de un acero. Por esta razón parte de la presente investigación posee información sobre los diferentes tratamientos térmicos aplicables a los aceros para moldes de inyección.
- ✓ En lo referente al proceso de mecanizado y tratamiento térmico de los aceros para molde solo se trataron los aceros existentes en nuestro país. Dado que el presente trabajo esta orientado a ser utilizado o empleado en nuestra industria metal-mecánica.
- ✓ Existe suficiente cantidad de elementos normalizados, como para solo dedicarse a la construcción de la cavidad, por ejemplo, se tiene elementos para el sistema de eyección, sistema de inyección, sistemas de enfriamiento y controles de temperatura y presión. El campo de los componentes estandarizados es amplio y en esta ocasión hemos tratado algunos elementos principales. Ya que en la actualidad se cuenta con varias empresas o industrias dedicadas a la fabricación de dichos componentes, y a su vez dichas empresas proporcionan manuales o catálogos sobre la selección y aplicación de dichos elementos.

7.2

RECOMENDACIONES.

Diseño de los productos:

- ✓ Al diseñar los productos se debe tener en cuenta que si en el producto existe un cambio de sección esta debe realizarse en forma gradual.
- ✓ Se debe tener en cuenta que el polímero deberá fluir de la sección más gruesa a la más fina.
- ✓ Las paredes de los productos deben ser lo más delgado posible, esto sin llegar a sacrificar la integridad mecánica.
- ✓ Las costilla tienen como función principal agregar fuerza a los productos y facilitar hasta cierto punto el flujo durante el llenado.
- ✓ Los productos se deben diseñar colocando el material solamente donde este funcionalmente necesario, de esta manera se reduce al mínimo el costo de masa del componente. Mientras que se optimiza la fuerza, función y calidad
- ✓ En la fabricación de productos con agujeros se debe tener en cuenta que el espaciamiento mínimo entre dos agujeros o entre un agujero y un flanco es debe ser un diámetro, además los agujeros se deben localizar tres o mas veces el diámetro del borde de la pieza con el fin de evitar la tensión, en el caso de agujeros ciegos u ocultos no debe ser más de dos diámetros la profundidad.

Determinación del número de cavidades:

Para determinar el número de cavidades se tienen dos casos:

- Se tiene la posibilidad de seleccionar el número de cavidades y la maquina.
- Solo se tiene la posibilidad de seleccionar el número de cavidades, la maquina ya fue asignada.

Para el primer caso se recomienda el siguiente análisis.

- ✓ Se debe hacer un análisis de costos de maquina., el cual incluye:
- ✓ Costos de energía
- ✓ Los costos de servicio y mantenimiento.
- ✓ Costos generales (iluminación, manejo de materiales)

- ✓ Salarios.
- ✓ Requerimientos de calidad.
- ✓ Fechas de entrega.
- ✓ Condición de mercado y aspectos financieros.

Además, si los costos de máquina, salarios, costos de molde, costo de materiales, costos de manufactura se grafican como una función del número de cavidades podemos notar que la intersección de la curva de costo de máquina mas salarios con la curva de costos de molde nos indican el número más económico de cavidades. Este número debe ser cuestionado por seis preguntas que fueron señaladas en la sección.2.2.2.1

Para el segundo caso se sugiere el procedimiento descrito en la sección 2.2.2.2

Coladas

- ✓ Al momento de seleccionar un tipo de colada se debe tener presente que una colada de solidificación genera un costo adicional al momento de producir , ya que se tiene que reciclar l acolada y por consiguiente se incrementa los costos del producto.
- ✓ En el caso de colada de no solidificación, los costos de fabricación del molde se incrementan, pero no se tiene la tarea extra de reciclado.
- ✓ Para elegir entre los tipos de colada se sugiere un análisis que considere por lo menos el factor económico y las fechas de entrega de los productos.
- ✓ Localización del punto de inyección

Para los polímeros termoplásticos, la posición del punto de inyección debe satisfacer los siguientes requisitos:

- ✓ Dirigir el flujo del polímero contra la pared de la cavidad o contra el corazón.
- ✓ Dirigir el aire hacia las ventanas de salida para evitar que sea atrapado.
- ✓ Inyectar el material de la sección más gruesa hacia la sección más delgada.

- ✓ Reducir al mínimo la línea de unión (o soldadura), es decir donde se encuentran los flujos.
- ✓ Evitar la línea de unión en zonas sujetas a impacto o áreas de esfuerzo.

Sistema de enfriamiento.

- ✓ Se debe tener presente que en un sistema de enfriamiento el flujo (agua /aceite) debe ser turbulento para garantizar un buen enfriamiento.
- ✓ Se recomienda el uso de agua de enfriamiento tratada (suavizada) para reducir el riesgo de creación de óxido e incrustaciones, lo cual tiende a disminuir la eficiencia del sistema.
- ✓ Se recomienda usar circuitos de enfriamiento independientes y si es posible también el uso de reguladores de flujo con termómetro incorporado.
- ✓ El sistema de enfriamiento debe presentar facilidad para desincrustar y eliminar los depósitos de sarro los conductos de enfriamiento.

Sistema de eyección.

- ✓ Para la eyección de contrasaldas se sugiere los sistemas de eyección por mordazas o machos plegables.
- ✓ El sistema seleccionado no debe producir un alargamiento de la pieza o marcarla.
- ✓ Se recomienda en el caso de moldeo de piezas delgadas que puedan generar vacío interno al momento de la eyección , auxiliarse de válvulas *poppet* para la eyección.

Sistemas de salida de gases (o ventilación)

- ✓ Se recomienda que la profundidad del respiradero sea adecuada a fin de evitar que se pueda obstruir con facilidad (poco profundo) o que puede causar un destello en la pieza o rebaba (muy profundo) y para este fin remítase a la tabla 2.3 Técnicas de la ventilación.
- ✓ Se recomienda el uso de tapones de metal poroso en lugares donde difícilmente pueda salir los gases.

Selección de materiales.

- ✓ El acero para moldes pretemplado puede tratarse superficialmente a fin de obtener una mayor resistencia al desgaste el tratamiento o recubrimiento de la superficie tipo nitruración, cromado, etc. Deben aplicarse preferentemente después de que el molde haya sido acabado debidamente; puesto que un posterior mecanizado podría ser dificultoso
- ✓ Es conveniente utilizar aceros con una elevada temperatura de revenido, para evitar un cambio de la estructura del molde y con ello de las medidas del mismo. (sobre todo cuando se requiere alta estabilidad en las medidas)
- ✓ Respecto a una termo conducción sensiblemente superior del cobre y sus aleaciones, se han de tener en cuenta el bajo modulo de elasticidad, la poca dureza y la baja resistencia al desgaste.
- ✓ El nivel de producción de un molde depende principalmente de la capacidad de éste en transferir el calor plástico moldeado al agente de enfriamiento.
- ✓ Una buena resistencia a la corrosión tiene mayor importancia cuando se desea una producción elevada y uniforme. Esto tiene un efecto beneficioso en las propiedades de transferencia de calor resultantes en los canales de refrigeración. Como por ejemplo cuando se requieren materiales para moldes con buena resistencia a la corrosión en combinación con una muy alta conductividad térmica se pueden utilizar aleación Cobre-Berilio.
- ✓ La dureza de trabajo del molde y el tratamiento térmico utilizado para alcanzarla es un importante factor que influye en muchas propiedades. Propiedades tales como tenacidad, resistencia ala compresión, desgaste y resistencia a la corrosión.
- ✓ El bonificado es un tratamiento térmico para conseguir aceros de alta tenacidad con una resistencia mecánica determinada. El tratamiento se lleva a cabo templando la pieza y calentándola posteriormente a una temperatura de 300 a 700 °C, según los requerimientos.
- ✓ El acero para temple se utiliza normalmente para:
 - Largas series de producción

- Resistir la abrasión de algunos materiales de moldeo
 - Contrarrestar las grandes presiones de cierre o inyección
- ✓ Se debe evitar de forma directa la nitruración de los aceros resistentes a la corrosión, ya que disminuye la misma propiedad.

Proceso de mecanizado y tratamiento de superficie:

Se sugiere que para el proceso de mecanizado y tratamiento térmico de los diferentes materiales para moldes se tome en cuenta las especificaciones técnicas brindadas por el fabricante del acero o en su defecto el proveedor, con el objetivo principal de aprovechar al máximo ciertas propiedades de los materiales, por ejemplo el no afectar la dureza del material por un mal proceso de mecanizado o tratamiento térmico.

Componentes estándar para moldes:

Debido a que en nuestro país el tema de componentes estandarizados, se encuentra en desarrollo, se recomienda a las personas o industrias dedicadas a la fabricación de moldes investigar más sobre el tema orientándolo a un análisis de costo-beneficio, con el fin de evaluar las ventajas de la inversión en elementos estandarizados.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE CONSULTA

- 📖 Gastrow, Injection Molds, 102 Proven Designs, 2nd edición, Hanser, Munich, 1983.
- 📖 Stoeckhert / Mennig, Mold-Making Handbook, 2nd Edition, Hanser
- 📖 Gianni Bodini / Franco Cacchi Pesan, Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos. Tomo I y II, 2 nd Edición, McGraw-Hill.
- 📖 Gastrow, Moldes de Inyección para Plásticos, 100 casos prácticos , 1° edición española, 4° edición alemana completa corregida y ampliada. 1990, Hanser München Wien.
- 📖 John Kluz, Moldmaking & Diecast , National Tooling and Machining Association.
- 📖 Tablas de Selección de Aceros para moldes (ACAVISA)
- 📖 Juan Gózales / El control numérico y la programación manual de las MHCN. Editorial URMO, S.A.
- 📖 Pere Molera Solá / Electromecanizado, electroerosión y mecanizado electroquímico. Editorial Marcombo.
- 📖 Tratamiento Térmico de los aceros para herramientas ASSAB

1. www.plenco.com/tips/ventt
2. www.dupont.com/industrial-polymers

GLOSARIO TECNICO

AMORFO

Característica de algunos materiales plásticos, cuyas cadenas están desordenadas en el espacio, permitiendo el paso de la luz. Este concepto es contrario a la cristalinidad.

BEBEDERO

Orificio del molde que entra en contacto con la boquilla de la inyectora. El bebedero recibe el material plastificado y lo transporta a las ramificaciones del molde o bien a la cavidad del mismo.

BOQUILLA

Pieza de la unidad de inyección, que aglomera al material donde termina el cilindro, para ser enviado al molde.

BUSHING (BUJE)

En la extrusión, es el anillo externo del lado que moldea la superficie de un tubo. En inyección, es un cilindro en las contrapartes de los pernos y tornillos.

CELULOSA

Polímero natural de cadena lineal, sólido incoloro con una densidad de 1.5, insoluble al agua y solventes orgánicos. Está presente en todos los tejidos vegetales y es la materia orgánica más abundante del planeta.

COLADA

En un molde de inyección ó transferencia, el canal usualmente circular, que conecta la esperera con la compuerta de la cavidad del molde.

CONVECCIÓN

Es una forma de transferencia de calor a través de un líquido o gas en movimiento.

COPOLIMERO

Si en la reacción de obtención de un polímero, intervienen dos monómeros, se obtiene un copolímero. Los hules termoplásticos son ejemplos de copolímeros, como el EPDM copolímero de etileno-propileno.

CRISTALINIDAD

Arreglo estructural, donde las cadenas de un polímero se acercan unas a otras formando “zonas cristalinas” que impiden el paso de la luz.

CRISTALITOS

Son estructuras donde los átomos o moléculas forman una red, algunos de ellos son visibles al microscopio.

DESMOLDEO

Etapas de un proceso como inyección o termoformado, donde la pieza se retira del molde después de tomar la forma deseada.

DUCTIBILIDAD

Es la propiedad que tienen los materiales de transformarse con facilidad.

DUREZA

La resistencia de un material plástico a la compresión y al mellado. Los métodos de prueba más importantes para ésta propiedad son: Brinell, Rockmell y Shore.

DUREZA BRINELL

Prueba de dureza, en la que una esfera se presiona contra una superficie bajo condiciones conocidas, para medir el diámetro de la impresión.

DUREZA ROCKMELL

Método para determinar la resistencia al mellado de los materiales, donde se emplea un diamante o bola de acero bajo presión para penetrar el espécimen de prueba, la carga usada es expresada en kilogramos

ELASTÓMERO

Denominación genérica para materiales capaces de recuperar su forma después de someterse a un esfuerzo o tensión, generalmente son hules.

ELONGACIÓN

Incremento en la longitud de una muestra debido a una tensión que se aplica sobre ella. Generalmente se expresa como un porcentaje de la longitud original.

ENTALPÍA

Cantidad de calor que se calcula al sumar la energía interna y el producto de la presión por el volumen de un sistema donde se ha efectuado un calentamiento, es decir: $H=U+PV$ donde H es la entalpía.

EYECTOR

Cualquier pieza o elemento que facilite la expulsión de algo. En inyección existen pernos que empujan al producto fuera del molde, son llamados botadores.

FLUJO NEWTONIANO

Corresponde a un líquido que no cambia su viscosidad cuando es agitado, por ejemplo, el agua responde uniformemente a la fuerza aplicada sin cambiar su viscosidad.

FLUJO NO NEWTONIANO

Fluido que altera su viscosidad al agitarse, ya

Sea para aumentar o disminuir, según la naturaleza del líquido. Los plásticos son fluidos no newtonianos porque su viscosidad baja al agitarse en estado fundido.

FORMALDEHÍDO

Gas conocido como metanal, es el primero del grupo de los aldehídos, se presenta comercialmente en solución de agua y alcohol. Encuentra aplicaciones en las resinas uréicas, melamínicas, fenólicas y acetálicas.

INYECCIÓN

Técnica del moldeo en la que se pueden formar piezas plásticas de geometría compleja. El proceso se basa en un husillo que inyecta plástico fundido dentro de un molde, donde el material toma la forma deseada.

MANIFOLD

Anglicismo correspondiente a distribuidor.

MAZAROTA

Sinónimo de colada. Material plástico excedente resultado del recorrido del mismo por las ramificaciones y bebedero del molde.

MOLDE STACK O DE PISO

Molde cuyas cavidades se acoplan, con objeto de fabricar más piezas en cada ciclo.

PLATICO

Material formado por largas cadenas hidrocarbonadas, de naturaleza orgánica, susceptibles de ser moldeados. Su propiedades varían en función de su conformación química y modificaciones de las que pueden ser objeto (mezclas y aditivos).

PLASTIFICACIÓN

- (1) Fundir un material por efecto de esfuerzo cortante o calentamiento, de manera que sea moldeable.
- (2) Acción de un plastificante sobre la resina, esta absorbe al primero, de manera que las partículas resbalan unas sobre otras, suavizando el material.

POLÍMERO

Palabra derivada del latín poli = muchos y meros = partes; utilizada para designar materiales formados por la unión de monómeros, los polímeros pueden ser naturales (laca, algodón) o sintéticos.

RESINA

Fluido polimérico denso, viscoso, natural o sintético con alto peso molecular.

SEMICRISTALINO

Material polimérico que presenta zonas amorfas y cristalinas en su estructura.

TEMPERATURA DE FUSIÓN

Es la temperatura en la cual un material cambia del estado sólido al líquido.

TERMOFIJO

Polímero que solidifica irreversiblemente cuando se calienta por primera vez debido al entrecruzamiento de las cadenas que lo constituyen. La pieza moldeada no fundirá al calentarse de nuevo, si la temperatura resulta excesiva, el plástico se carbonizará antes de fundir.

TERMOPLÁSTICO

Plástico capaz de ser moldeado en repetidas ocasiones, ya que puede fundir y enfriarse. Los miembros típicos de esta familia son los polímeros estirénicos, acrílicos, vinílicos y olefínicos, entre otros.

VISCOELÁSTICO

Denominación que recibe un material que tiene un comportamiento intermedio entre un líquido viscoso y un sólido elástico. Esta conducta es característica de todos los plásticos en mayor o menor grado.

VISCOSIDAD

Resistencia que presenta un líquido a fluir, generalmente debido a la fricción entre las moléculas del líquido.

APÉNDICE

A

Abanico, 76
Aceros de cementación, 162
aceros para bonificación, 162
Aceros para moldes y su tratamiento térmico, 262
Aceros para moldes, 155, 156
Aceros para temple, 164
Aceros resistentes a la corrosión, 165
Agujeros, 60
AISI 01, 267
AISI 1045, 266
AISI 420, 262
AISI D3, 265
AISI H13, 264
AISI P20, 263
Aleación de metal duro, 167
Alivio de esfuerzos, 241
Alta estabilidad en las medidas, 153
Alta resistencia a la corrosión, 153
Alta resistencia al desgaste, 152
Colada de anillo, 77

B

Boquillas calientes, 290
Boquillas neumática, 289
Bucle abierto, 225
Bucle cerrado, 224
Buje de colada, 288

C

Cálculo del sistema de enfriamiento
Canales de ventilación, 144
Colada capilar, 75
Cementado, 251
Clasificación de moldes de inyección, 54
Coeficientes de hidratación térmica para materiales plásticos, 42
Colada caliente, 86
Colada múltiples, 78
Coladas no solidificables, 85
Componentes estándar motrices, 299
Componentes para el calentamiento, 301
Conductividad térmica, 154
Colada cónica, 77
Construcción metódica de moldes, 53

Contrasalidas externas, 133
Control numérico "continuo", 217
Control numérico "paraaxial", 216
Control numérico "punto a punto", 215
Criterios de diseño, 148

D

Desenrosque activado por el movimiento del molde, 123
Desenrosque motorizado, 124
Detección e identificación de los materiales, 24
Determinación de la presión específica en la cavidad, 67, 68
Determinación de la superficie moldeada proyectada, 67, 70
Determinación del número de cavidades, 62
Colada de diafragma, 75
Diámetro de la colada, 79
Diseño de las costillas, 58
Diseño de los bujes Sprue, 74
Distribución de las coladas, 81

E

Ejemplo de cálculo de la presión específica y el área proyectada, 71
Ejemplo de cálculo del sistema de enfriamiento, 103
Elastómeros , 20
Estado de la normalización, 274
Extracción por segmentos, 131
Eyección combinada, 121
Eyección del lado estacionario, 120

F

Factores que repercutan en los procedimientos electroerosivos, 182
Fases del proceso de inyección, 15
Fechas de aparición de los materiales plásticos, 7
Fundamentos de electroerosionado, 179

G

Grueso de pared, 56

H

Historia del control numérico, 204
Historia sobre los moldes de inyección, 11

J

Insertos para marcas, 314
Introducción al control numérico, 201

L

La velocidad de eliminación del material de la pieza, 187
Lapeado, 232
Colada lateral, 76
Colada de lengüeta, 77
Localización del punto de inyección, 78

Localización del respiradero, 145

M

Machos intercambiables, 126

Maquinado por torno y fresa, 170

Materiales con conductividad de calor elevada, 167

Medio que debe utilizarse para el templado, 261

Molde con contrasalidas internas, 142

Molde con recorrido de apertura reducido, 135

Molde de pisos, 138

Moldes de mordazas, 128

N

Nitrurado, 252

Nombres y abreviaturas de los termoplásticos, 23

Nomenclatura de los ejes en CN, 207

Normas DIN/ISO para moldes, 272

NW 1.8507, 268

P

Partes estándar para la colada, 285

Colada de película, 75

Pines de eyección, 116

Placas de eyección, 118

Plásticos y polímeros, 19

Polímeros originados por un proceso de poliadición, 20

Polímeros originados por un proceso de policondensación, 20

Polímeros originados por un proceso de polimerización, 19

Principio de funcionamiento de los maquinas de inyección, 13

Propiedades físicas y mecánicas de los plásticos, 33

Propiedades que deben poseer los aceros, 152

Protección contra la descarburación y oxidación, 259

Pulido, 237

Pulimento del respiradero, 146

R

Colada radial o estrella, 76

Recocido suave, 239

Requisitos más importantes para los aceros de moldes, 151

Revenido, 248

S

Secuencia operativa en las máquinas herramientas, 202

Separación entre canales de enfriamiento, 107

Separación entre los canales de enfriamiento y la cavidad, 107

Sistema de colada fría, 295

Sistema de enfriamiento para núcleos de pequeñas dimensiones, 109

Sistemas de alineamiento, 279

Sistemas de anclaje para moldes, 310

Sistemas de manifold, 292
Sistemas modulares para insertar la cavidad, 277
Superficie rugosa, 230

T

Tamaño del respiradero, 144
Tapones de metal poroso, 147
Templado por medio de flama, 257
Templado, 242
Temple bainítico, 250
Temple escalonado, 247
Termoestables, 21
Termoplástico amorfo, 22
Termoplástico cristalinos, 22
Termoplásticos, 21
Tiempo de electroerosionado, 197
Tipos de coladas solidificables separadas automáticamente, 83
Tipos de coladas solidificables, 74
Tipos de expulsos y desmoldeos, 113
Tratamiento "TENIFER", 254
Tratamiento térmico, 239

U

Unidades de enmarcado, 283

V

Variables que influyen en el comportamiento de los plásticos, 43, 44
Ventajas de la aplicación de las maquinas herramientas con CN, 206
Viscosidad y fluidez de los materiales plásticos en estado fundido, 25