

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**“CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE
PLÁSTICO DE UN AVIÓN C-130 A ESCALA.”**

POR:

VALENCIA ENRÍQUEZ LUIS ALBERTO

Proyecto de Grado presentado como requisito para la obtención del Título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2007

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **VALENCIA ENRÍQUEZ LUIS ALBERTO**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONAÚTICA.

ING. GUILLERMO TRUJILLO
DIRECTOR DE PROYECTO

Mayo del 2007

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado principalmente a las personas que estuvieron desde el inicio dándome el apoyo que necesitaba para poder no solo terminar mi carrera sino también este proyecto, ya que ellos también estuvieron en los momentos que tropecé y me dieron el empuje para poder llegar a mi meta que es la obtención de mi título.

Valencia Enríquez Luis Alberto

AGRADECIMIENTO

A mis padres Gonzalo y Esperanza; mis hermanos Ximena y Andrés, pues sin ellos tal vez la culminación de mi carrera no hubiera sido posible, también un sincero agradecimiento a la Institución y personas que participaron en mi formación académica.

Valencia Enríquez Luis Alberto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | Pág. |
|---------------------------|-------------|
| Portada..... | I |
| Certificación..... | II |
| Dedicatoria..... | III |
| Agradecimiento..... | IV |
| Índice de contenidos..... | V |
| Resumen..... | 1 |
| Introducción..... | 2 |
| Justificación..... | 3 |
| Objetivo general..... | 3 |
| Objetivo específico..... | 3 |
| Alcance..... | 3 |

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

| | | |
|-----------|--|---|
| 1.1 | Molde..... | 4 |
| 1.1.1 | Generalidades..... | 4 |
| 1.1.2 | Consideraciones previas al diseño de un molde..... | 4 |
| 1.1.2.1 | Forma o configuración de piezas inyectadas..... | 4 |
| 1.1.2.1.1 | Diseño..... | 5 |
| 1.1.2.1.2 | Radios..... | 5 |
| 1.1.2.1.3 | Bordes y secciones transversales..... | 5 |
| 1.1.2.1.4 | Conicidad..... | 6 |
| 1.1.2.2 | Material de moldeo..... | 6 |
| 1.1.2.2.1 | Contracciones y tolerancias..... | 6 |
| 1.1.2.3 | Diseño y economía de un molde..... | 6 |
| 1.1.3 | Equilibrado de fuerzas..... | 7 |

| | | |
|--------------|---|----|
| 1.1.4 | Plano de unión..... | 7 |
| 1.1.5 | Punto de inyección..... | 8 |
| 1.1.6 | Reglas para la disposición de los puntos de inyección..... | 8 |
| 1.1.7 | Formas y dimensiones del bebedero..... | 8 |
| 1.1.8 | Canales de alimentación..... | 9 |
| 1.1.9 | Entradas o canales..... | 10 |
| 1.1.10 | Sistema de refrigeración..... | 10 |
| 1.1.10.1 | Intercambio de calor..... | 10 |
| 1.1.10.2 | Intercambio de calor entre el material plástico y el molde..... | 10 |
| 1.1.11 | Material para la fabricación de moldes..... | 11 |
| 1.1.11.1 | Aceros..... | 11 |
| 1.1.12 | Fundición con moldes perdidos..... | 11 |
| 1.1.12.1 | Métodos de moldeo y colada..... | 11 |
| 1.1.12.2 | Diseño de moldeo..... | 12 |
| 1.1.12.3 | Construcción de los modelos..... | 12 |
| 1.1.12.4 | Formación de los moldes..... | 12 |
| 1.1.12.5 | Preparación del molde para la colada..... | 13 |
| 1.1.12.6 | Métodos especiales de formación de los moldes..... | 13 |
| 1.1.12.6.1 | El molde abierto con placa superior..... | 13 |
| 1.1.12.6.2 | Método de moldeo con mascara..... | 14 |
| 1.1.13 | Fundición con moldes perdidos..... | 14 |
| 1.1.13.1 | Formación de moldes..... | 14 |
| 1.1.13.1.1 | Mecanizado..... | 15 |
| 1.1.13.1.1.1 | Electroerosión..... | 15 |
| 1.1.13.1.2 | Estampado o troquelado..... | 18 |
| 1.1.13.1.3 | Colada..... | 19 |
| 1.1.13.1.4 | Método de fundición de precisión..... | 19 |
| 1.1.13.1.5 | Método de molde lleno..... | 19 |
| 1.1.14 | Fundición en moldes permanentes..... | 20 |
| 1.1.14.1 | Fundición estática..... | 20 |
| 1.1.14.2 | Fundición centrífuga..... | 20 |

| | | |
|-------------|---|----|
| 1.1.14.3 | Fundición a presión..... | 21 |
| 1.1.14.4 | Fundición compound..... | 22 |
| 1.1.15 | Sistema de extractores o expulsores..... | 22 |
| 1.1.16 | Proceso de fundición..... | 22 |
| 1.1.16.1 | Proceso de solidificación..... | 23 |
| 1.1.16.1.1 | Fase contracción fluida..... | 23 |
| 1.1.16.1.2 | Contracción de solidificación..... | 23 |
| 1.1.16.1.3 | Contracción lineal..... | 23 |
| 1.1.17 | Defectos en la fundición..... | 24 |
| 1.1.17.1 | Inclusión de escoria..... | 24 |
| 1.1.17.2 | Poros en la estructura de la fundición..... | 24 |
| 1.1.17.3 | Burbujas en la estructura de la fundición..... | 24 |
| 1.1.17.4 | Grietas en la pieza de fundición..... | 25 |
| 1.1.17.5 | Desigualdad de espesor de la pared..... | 25 |
| 1.1.17.6 | Zonas marginales regruesadas y abombamientos redondeados..... | 25 |
| 1.2 | Conformación..... | 26 |
| 1.2.1 | Conformación por fuerzas de tracción y compresión..... | 26 |
| 1.2.1.1 | Conformación por extrusión..... | 26 |
| 1.2.1.1.1 | Prensas de extrusión..... | 26 |
| 1.2.1.1.2 | Prensas de embutición..... | 27 |
| 1.2.1.2 | Conformación por estirado de deslizamiento embutición profunda..... | 27 |
| 1.2.1.2.1 | Estirado..... | 28 |
| 1.2.1.2.1.1 | En el estirado por deslizamiento..... | 28 |
| 1.2.1.2.1.2 | En el estirado por laminación..... | 28 |
| 1.2.1.2.1.3 | El estirado de alambres..... | 28 |
| 1.2.1.2.2 | Embutición profunda..... | 29 |
| 1.3 | Plásticos..... | 30 |
| 1.3.1 | Fundamentos..... | 30 |
| 1.3.1.1 | Subdivisión y propiedades..... | 30 |
| 1.3.1.1.1 | Orgánico..... | 30 |
| 1.3.1.1.2 | Sintético..... | 30 |

| | | |
|-------------|---|----|
| 1.3.1.2 | Termoplásticos, termoestables, elastoplásticos..... | 31 |
| 1.3.1.3 | Composición química..... | 32 |
| 1.3.1.3.1 | Clasificación de los plásticos..... | 32 |
| 1.3.2 | Subdivisión tecnológica..... | 32 |
| 1.3.2.1 | Diversas propiedades de los termoestables y termoplásticos..... | 32 |
| 1.3.2.1.1 | Termoestables..... | 32 |
| 1.3.2.1.2 | Termoplásticos..... | 33 |
| 1.3.2.1.3 | Elastoplásticos..... | 33 |
| 1.3.3 | Fabricación de piezas..... | 34 |
| 1.3.3.1 | Elaboración de plásticos termoestables..... | 34 |
| 1.3.3.1.1 | Los polvos de moldeo..... | 34 |
| 1.3.3.1.1.1 | Los fenoplásticos..... | 34 |
| 1.3.3.1.1.2 | Los aminoplásticos..... | 34 |
| 1.3.3.2 | Elaboración de termoplásticos..... | 35 |
| 1.3.3.2.1 | Moldeo por inyección..... | 35 |
| 1.3.3.2.2 | Moldeo por extrusión..... | 36 |
| 1.3.3.2.3 | Moldeo por compresión..... | 37 |
| 1.3.3.2.4 | Moldeo por transferencia..... | 37 |
| 1.3.3.2.5 | Moldeo por calandrado..... | 38 |
| 1.3.3.2.6 | Moldeo por termoformado..... | 39 |
| 1.3.3.2.7 | Moldeo por colada..... | 40 |
| 1.3.3.2.8 | Moldeo por rotomoldeo..... | 40 |
| 1.3.3.2.9 | Moldeo por soplado..... | 41 |
| 1.3.3.2.10 | Moldeo por hueco..... | 42 |
| 1.3.3.2.11 | Film soplado y extruido..... | 42 |
| 1.3.4 | Termoplásticos..... | 43 |
| 1.3.4.1 | Plásticos importantes..... | 43 |
| 1.3.4.1.1 | El PVC duro..... | 43 |
| 1.3.4.1.2 | El PVC blando..... | 44 |
| 1.3.4.1.3 | El polietileno..... | 44 |
| 1.3.4.1.3.1 | Clasificación y propiedades físicas..... | 44 |

| | | |
|---------------|---|----|
| 1.3.4.1.3.1.1 | PEBD..... | 45 |
| 1.3.4.1.3.1.2 | PEAD..... | 45 |
| 1.3.4.1.3.1.3 | PELBD..... | 45 |
| 1.3.4.1.4 | El perlón y el nylon con poliamidas..... | 46 |
| 1.3.4.2 | Comportamiento de los termoplásticos sometidos a calentamiento..... | 46 |
| 1.3.5 | Materiales combinados..... | 47 |
| 1.3.5.1 | Plásticos reforzados con fibra de vidrio..... | 47 |
| 1.3.5.2 | Materiales matriciales, materiales fibrosos..... | 47 |
| 1.3.5.2.1 | Procedimientos de fabricación..... | 47 |
| 1.4 | Máquinas para inyección de plástico..... | 48 |
| 1.4.1 | Unidad de inyección..... | 48 |
| 1.4.2 | Unidad de cierre..... | 49 |
| 1.4.3 | Molde..... | 50 |
| 1.4.4 | Inyectora de plástico..... | 50 |
| 1.4.5 | Diferentes tipos de máquinas que usan para la inyección de plástico.. | 52 |
| 1.4.5.1 | Allrounder 5700..... | 52 |
| 1.4.5.2 | Bi-Power, de Negri Bossi..... | 52 |
| 1.4.5.3 | Eliandel Netstal..... | 53 |
| 1.4.5.4 | Unidad de cierre Mx de Krouss-Maffei..... | 54 |
| 1.4.5.5 | Máquinas de inyección por rodillera Mtg..... | 54 |
| 1.4.5.6 | Quadloc Tandem..... | 55 |
| 1.4.5.7 | Inyección asistida con agua y proceso x-melt de Engel..... | 56 |
| 1.4.5.8 | DETW-Tecnología doble cubo..... | 57 |

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

| | | |
|-------|---|----|
| 2.1 | Definición de alternativas..... | 58 |
| 2.2 | Análisis de factibilidad de proyecto..... | 58 |
| 2.2.1 | Primera alternativa..... | 58 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.2.1.1 | Ventajas..... | 58 |
| 2.2.1.2 | Desventajas..... | 58 |
| 2.2.2 | Segunda alternativa..... | 59 |
| 2.2.2.1 | Ventajas..... | 59 |
| 2.2.2.2 | Desventajas..... | 59 |
| 2.3 | Parámetros de evaluación..... | 59 |
| 2.3.1 | Complejidad de construcción..... | 60 |
| 2.3.2 | Operación..... | 60 |
| 2.3.3 | Costo..... | 60 |
| 2.3.4 | Factor ergonómico..... | 61 |
| 2.3.5 | Tiempo de moldeo..... | 61 |
| 2.4 | Matriz de selección..... | 61 |
| 2.5 | Selección de la mejor alternativa..... | 62 |

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE

| | | |
|-------|--------------------------------|----|
| 3.1 | Procedimiento..... | 63 |
| 3.1.1 | Planos del avión C-130..... | 63 |
| 3.1.2 | Modelo..... | 64 |
| 3.1.3 | Mecanizado..... | 64 |
| 3.1.4 | Electrodos..... | 65 |
| 3.1.5 | Estampa..... | 66 |
| 3.2 | Pruebas de funcionamiento..... | 68 |
| 3.2.1 | Sistema de cierre..... | 68 |
| 3.2.2 | Sistema térmico..... | 69 |
| 3.2.3 | Sistema hidráulico..... | 70 |
| 3.2.4 | Pieza moldeada..... | 70 |
| 3.2.5 | Pieza terminada..... | 71 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.2.6 | Costo por pieza moldeada..... | 71 |
| 3.2.7 | Diagrama de procesos del molde de inyección..... | 71 |

CAPÍTULO IV

ELABORACIÓN DE MANUALES

| | | |
|-----|------------------------------|----|
| 4 | Descripción general..... | 73 |
| 4.1 | Manual de operación..... | 74 |
| 4.2 | Manual de mantenimiento..... | 76 |
| 4.3 | Manual de seguridad..... | 78 |
| 4.4 | Hojas de registro..... | 80 |

CAPÍTULO V

ESTUDIO ECONÓMICO

| | | |
|-------|----------------------------|----|
| 5.1 | Presupuesto..... | 82 |
| 5.2 | Análisis económico..... | 82 |
| 5.2.1 | Materiales..... | 82 |
| 5.2.2 | Máquinas herramientas..... | 83 |
| 5.2.3 | Mano de obra..... | 83 |
| 5.2.4 | Otros..... | 83 |

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | | |
|-----|----------------------|----|
| 6.1 | Conclusiones..... | 84 |
| 6.2 | Recomendaciones..... | 85 |

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTADO DE FIGURAS

CAPÍTULO I

| | | |
|-----------|---|----|
| Fig. 1.1 | Ejemplos de radios..... | 4 |
| Fig. 1.2 | Bordes y secciones transversales..... | 5 |
| Fig. 1.3 | Equilibrio de fuerzas..... | 7 |
| Fig. 1.4 | Plano de unión..... | 8 |
| Fig. 1.5 | Forma y dimensiones del bebedero..... | 9 |
| Fig. 1.6 | Plano de un modelo..... | 12 |
| Fig. 1.7 | Preparación del molde para la colada..... | 13 |
| Fig. 1.8 | Pieza fundida en bruto..... | 13 |
| Fig. 1.9 | Molde abierto con placa superior..... | 14 |
| Fig. 1.10 | Método de moldeo con mascara..... | 14 |
| Fig. 1.11 | Esquema de un equipo de electroerosión..... | 15 |
| Fig. 1.12 | Movimiento del electrodo..... | 18 |
| Fig. 1.13 | Método de fusión de cera..... | 19 |
| Fig. 1.14 | Método de colada con molde lleno..... | 20 |
| Fig. 1.15 | Fundición centrífuga..... | 21 |

| | |
|---|----|
| Fig. 1.16 Fundición a presión, método de la cámara caliente..... | 21 |
| Fig. 1.17 Fundición a presión, método de la cámara fría..... | 21 |
| Fig. 1.18 Contracción fluida..... | 22 |
| Fig. 1.19 Contracción de solidificación..... | 23 |
| Fig. 1.20 Contracción lineal..... | 24 |
| Fig. 1.21 Inclusiones de escoria..... | 24 |
| Fig. 1.22 Poros de donde aumenta el espesor..... | 24 |
| Fig. 1.23 Burbujas en la estructura de la fundición..... | 25 |
| Fig. 1.24 Grietas en la estructura de la fundición..... | 25 |
| Fig. 1.25 Desplazamiento del macho..... | 25 |
| Fig. 1.26 Fundición irregular..... | 26 |
| Fig. 1.27 Piezas de extrusión, piezas macizas..... | 26 |
| Fig. 1.28 Piezas de extrusión, piezas huecas..... | 26 |
| Fig. 1.29 Prensas de embutición para fabricar cuerpos huecos..... | 27 |
| Fig. 1.30 Estirado por deslizamiento de cuerpos macizos..... | 28 |
| Fig. 1.31 Fabricación de la copa..... | 29 |
| Fig. 1.32 Estirado por deslizamiento de un tubo..... | 29 |
| Fig. 1.33 Embutición profunda..... | 29 |
| Fig. 1.34 Comportamiento de los termoestables y los termoplásticos a temperatur ambiente y al calor..... | 31 |
| Fig. 1.35 Comportamiento de los termoestables y termoplásticos..... | 31 |
| Fig. 1.36 Procedimiento de inyección..... | 36 |
| Fig. 1.37 Moldeado plástico por extrusión..... | 37 |
| Fig. 1.38 Procedimiento por compresión..... | 37 |
| Fig. 1.39 Procedimiento por transferencia..... | 38 |
| Fig. 1.40 Calandrado de materiales plásticos..... | 39 |
| Fig. 1.41 Procedimiento de termoformado..... | 39 |
| Fig. 1.42 Moldeo por colada..... | 40 |
| Fig. 1.43 Moldeo por rotomoldeo..... | 41 |
| Fig. 1.44 Moldeo por soplado..... | 41 |
| Fig. 1.45 Moldeo en hueco..... | 42 |

| | |
|---|----|
| Fig. 1.46 Film soplado y extruido..... | 43 |
| Fig. 1.47 Estructura de lo termoplásticos..... | 43 |
| Fig. 1.48 Corte esquemático de inyectora de plástico..... | 48 |
| Fig. 1.49 Máquina inyectora de plástico..... | 50 |
| Fig. 1.50 Allrounder 570c..... | 52 |
| Fig. 1.51 Bi-Power..... | 52 |
| Fig. 1.52 Elian de Netstal..... | 53 |
| Fig. 1.53 Unidad de cierre M..... | 54 |
| Fig. 1.54 Máquinas de inyección por rodillera..... | 54 |
| Fig. 1.55 Quadloc Tandem..... | 55 |
| Fig. 1.56 Inyección asistida con agua y proceso X-Melt..... | 56 |
| Fig. 1.57 DETW..... | 57 |

CAPÍTULO III

| | |
|---|----|
| Fig. 3.1 Dimensiones del avión C-130..... | 63 |
| Fig. 3.2 Modelo..... | 64 |
| Fig. 3.3 Máquina de electroerosión..... | 65 |
| Fig. 3.4 Electrodo..... | 65 |
| Fig. 3.5 Desbaste por electroerosión..... | 66 |
| Fig. 3.6 Drenaje del diesel..... | 66 |
| Fig. 3.7 Desbaste de la barquilla..... | 67 |
| Fig. 3.8 Molde..... | 67 |
| Fig. 3.9 Inyectora vertical..... | 68 |
| Fig. 3.10 Sistema de cierre..... | 69 |
| Fig. 3.11 Sistema térmico..... | 69 |
| Fig. 3.12 Sistema hidráulico..... | 70 |
| Fig. 3.13 Pieza moldeada..... | 70 |
| Fig. 3.14 Pieza en bruto..... | 71 |

LISTADO DE TABLAS

CAPÍTULO I

| | |
|--|----|
| Tabla 1.1 Tamaños óptimos de orificios para el moldeo..... | 9 |
| Tabla 1.2 Características del Polietileno..... | 46 |

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1 Evaluación cualitativa y cuantitativa..... | 59 |
| Tabla 2.2 Evaluación cualitativa y cuantitativa de complejidad de la construcción..... | 60 |
| Tabla 2.3 Evaluación cualitativa y cuantitativa de operación..... | 60 |
| Tabla 2.4 Evaluación cualitativa y cuantitativa de costo..... | 60 |
| Tabla 2.5 Evaluación cualitativa y cuantitativa de factor ergonómico..... | 61 |
| Tabla 2.6 Evaluación cualitativa y cuantitativa del tiempo de moldeo..... | 61 |
| Tabla 2.7 Matriz de evaluación..... | 62 |

CAPÍTULO V

| | |
|--|----|
| Tabla 5.1 Detalles de rubros y costos..... | 83 |
|--|----|

RESUMEN.

La concepción de este proyecto surgió de la necesidad de tener aviones a escala del C-130, para las presentaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, en diferentes eventos, en los cuales tiene que promocionarse como es el caso de las ferias educativas. Con este proyecto se podrá disminuir gastos en contratos para la fabricación de productos de promoción, para las presentaciones futuras.

El estudio que se realizó nos permitió conocer el proceso de fabricación desde el modelo hasta la obtención del molde. Permitiendo conocer varias formas en las que un cuerpo en estado sólido o líquido puede ser moldeado, como también los diferentes materiales que se usan tanto en la construcción del molde como en el moldeo.

Para la fabricación del molde se escogieron dos alternativas, en donde se plantearon ventajas y desventajas, pudiendo así escoger a la que mejor cumplía con las exigencias y facilidad para su uso.

Con la finalización del molde se procedió a realizar las respectivas pruebas de funcionamiento, para observar el producto terminado

INTRODUCCIÓN.

El moldeado hoy en día ha tenido un gran avance, permitiendo de esta manera obtener piezas más complejas con respecto a su forma, las cuales que por su complejidad no pueden ser mecanizadas.

Hay que tener en cuenta que mediante este proceso de producción se obtendrá una por una piezas inyectadas en serie a través del vertido de polímeros u otros cuerpos sólidos de igual características, logrando de esta una gran producción de aviones a escala.

El molde que se utiliza para estos tipos de trabajo es una pieza o conjunto de piezas acopladas en que se hace en hueco la forma que en sólido quiere darse a la materia fundida, fluida o blanda. También hay que tener en cuenta que es un instrumento, aunque no sea hueco, sirve para estampar o para dar forma o cuerpo a algo; por ejemplo, las letras de imprenta, las agujas de hacer media, los palillos de hacer encajes, etc.

JUSTIFICACIÓN.

La construcción de este molde para inyección de plástico permitirá tener una mejor presentación en los eventos que participe el INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO con la cual se dará una mejor imagen como centro educativo los cuales se lo utilizará principalmente como un artículo promocional. El molde será aprovechado para realizar aviones a inyección de plástico para ser expuestos en un pedestal.

OBJETIVO GENERAL.

“Construir un molde para inyección de plástico de un avión C-130 a escala”

OBJETIVO ESPECÍFICOS.

- ❖ Conocer el proceso para la inyección y los distintos elementos que interviene al momento del moldeo de la pieza.
- ❖ Analizar el funcionamiento del molde y las distintas formas que se utiliza para realizar el moldeo.
- ❖ Determinar los procesos más adecuados para alargar la vida del molde, por medio del mantenimiento
- ❖ Conocer que tipo de polímeros se puede usar para la inyección en el molde.

ALCANCE.

Este proyecto va encaminado a la implementación como un artículo promocional, pudiéndolo utilizarlo en los diferentes eventos que va a participar en el futuro el INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO como un centro educativo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 MOLDE

1.1.1 GENERALIDADES.

La concepción y proyecto de un molde, requiere de una gran competencia técnica y se debe realizar con el máximo cuidado y atención, así se conseguirá resultados cuando el molde se ha estudiado, dimensionado y construido adecuadamente.

Entonces llamamos molde a los útiles que partiendo de una chapa plana la transforma en un objeto o pieza de forma hueca, en donde se vierte el material fundido para que tome la forma de la cavidad.

Para la construcción de un molde es indispensable adaptarse a la pieza que va a ser moldeada, al material y a la máquina de inyección.

1.1.2 CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO DE UN MOLDE

Fundamentalmente hay que considerar tres puntos.

1. Forma o configuración de las piezas.
2. Material de moldeo más adecuado.
3. Diseño y economía del molde.

1.1.2.1 FORMA O CONFIGURACIÓN DE PIEZAS INYECTADAS

Es fácil dar reglas generales para una constitución adecuada de las piezas; tales disposiciones no pueden dirigirse a todas las exigencias que se presentan en la práctica. Sin embargo, siguiendo paso a paso, es posible acoplar estas ideas generales a cada caso particular:

1.1.2.1.1 Diseño.- Se realizará un estudio del diseño de la pieza para determinar si puede ser o no moldeada, es decir, examinaremos si su configuración

permite que, una vez moldeada, puede ser extraída del molde y que sus dimensiones son las adecuadas para que el material pueda penetrar en todos los puntos de la cavidad.

1.1.2.1.2 Radios.- Para conseguir una buena fluidez del material dentro del moldeo se necesitan amplios radios en las esquinas evitando siempre que sea posible los cantos vivos y los laterales rectos.

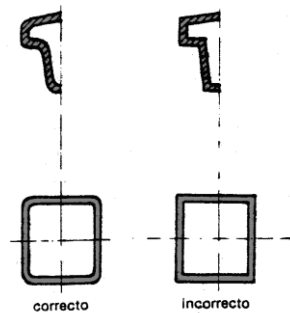


Fig. 1.1 Ejemplos de radios

1.1.2.1.3 Bordes y secciones transversales.- Los objetos fabricados con materiales plásticos por proceso de inyección no deben tener bordes finos, ya que durante su manejo pueden sufrir roturas de igual forma las secciones nunca deben ser tan delgadas que disminuyan la facilidad de flujo del material, impidiendo la soldadura de sus bordes mas delgados. Como radio de redondeo de superficies se tomará de una a dos veces el espesor de pared para redondeo de cantos de tomará la mitad.

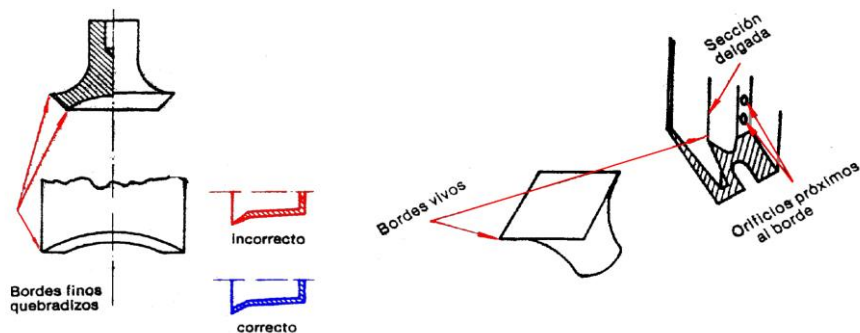


Fig. 1.2 Bordes y secciones transversales

1.1.2.1.4 Conicidad.- En el diseño de piezas inyectadas hay que pensar en que todas las superficies situadas en la dirección del movimiento de apertura y cierre del molde han de realizarse con una determinada inclinación para facilitar el desmoldeo.

1.1.2.2 MATERIAL DE MOLDEO

Cada tipo de material plástico tiene sus características tanto en lo que se refiere a las que posee una vez transformadas, como las relativas a sus condiciones de procesado. El conocimiento de ellas no solo es necesario, el transformador que va realizar una pieza para un fin determinado sino también al diseñador de un molde. En general hay que tener en cuenta que la elección del material requiere de los puntos de estudios favorables y desfavorables de cada uno de ellos, en función del fin que va destinado el producto final.

1.1.2.2.1 Contracciones y tolerancias

Al diseñar un objeto de plástico hay que considerar dos tipos de contracciones:

1. Una contracción inicial llamada *DE MOLDEO* que tiene lugar mientras se enfría la pieza en el procesado.
2. Y otra llamada contracción *DE POS-MOLDEO* que ocurre durante las 24 horas siguientes al moldeo de la pieza. Los valores de ambas dependen no solo del tipo de material sino también de las condiciones de procesado, presión, temperatura y tiempo de enfriamiento en el molde.

1.1.2.3 DISEÑO Y ECONOMÍA DEL MOLDE

Estos dos conceptos están íntimamente ligados entre sí. El precio de un molde dependerá de su complejidad y tamaño, lo cual da al tipo de pieza, exigencias técnicas de construcción, tolerancias requeridas y automatismos.

Es necesario la simplificación del molde aunque posteriormente se necesite realizar algunos trabajos sobre la pieza, tales como taladros, roscados, etc.

1.1.3 EQUILIBRADO DE FUERZAS

Lo primero que hay que hacer en el actual proyecto es establecer el PLANO DE UNIÓN. No hay que olvidar que este plano de unión corresponde exactamente con la marca de rebaba que aparecerá al rededor del objeto moldeado.

A continuación se sitúa el PUNTO DE INYECCIÓN, es decir, la abertura a través de la cual penetra la masa fluida hacia la cavidad del moldeo. Esta entrada puede estar situada en el plano de partición del moldeo.

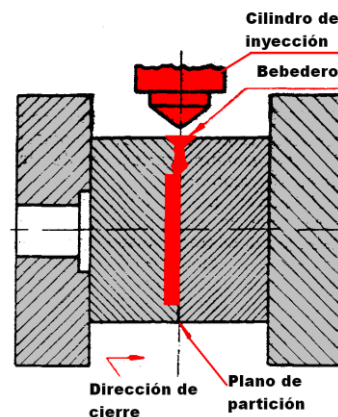


Fig. 1.3 Equilibrado de fuerzas

1.1.4 PLANO DE UNIÓN

Evidentemente la unión de las dos mitades de las estampas por perfecta que sea y aunque no permita la salida de rebaba dejara su huella en la pieza moldeada.

Por esta causa el plano de unión deberá situarse de forma que las marcas que se produzcan sean lo menos visibles y en el caso de formación de posibles rebabas puede ser eliminarlas fácilmente.

En general para la colocación del plano de unión debemos estudiar la geometría de la pieza y situarla en función de la misma.

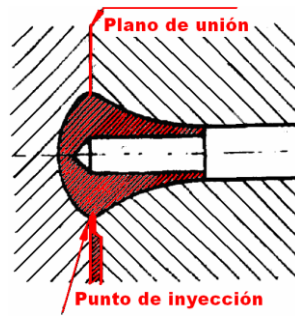


Fig. 1.4 Plano de unión

1.1.5 PUNTO DE INYECCIÓN

La elección del punto de inyección es fundamental para el diseño ya que de su posición dependerá el recorrido y la distribución del material dentro del molde.

1.1.6 REGLAS PARA DISPOSICIÓN DE LOS PUNTOS DE INYECCIÓN

- a. El punto de inyección debe situarse en las cercanías de la superficie de la pieza.
- b. La colocación se realizara en zonas que permitan un flujo fácil.
- c. Estudiar la zona más adecuada para que permita la salida del aire atrapado en la cavidad.
- d. El punto de inyección se colocara de forma que el material avance según un frente continuo.
- e. En piezas con espesores diferentes se situara en una sola gruesa.

1.1.7 FORMA Y DIMENSIONES DEL BEBEDERO

El bebedero de inyección es un orificio tronco cónico que generalmente esta realizado en la pieza fija del molde y que permite el paso del flujo del material procedente de la boquilla de la máquina de inyección hacia los canales y cavidades del molde.

El taladro del bebedero es de forma cónica y este grado es variable pero hay que tener en cuenta que cuanto mayor sea mas fácil será sacar el material que hay solidificado dentro del bebedero, unos 3 a 5 permiten una buena inyección del material y extracción de mazarota.

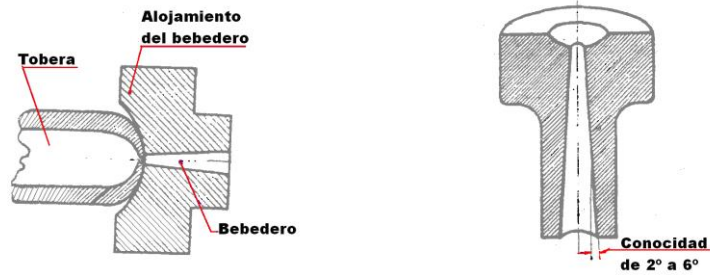


Fig. 1.5 Forma y dimensiones del bebedero

Tabla 1.1 Tamaños óptimos de orificios para el moldeo

| PESO DE LA PIEZA INYECTADA (g.) | DIÁMETRO MÍNIMO DEL BEBEDERO (mm) |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| 10..... | 3,5 |
| 10 – 20..... | 4,5 |
| 20 – 40..... | 5,5 |
| 40 – 150..... | 6,5 |
| 150 – 300..... | 7,5 |

Para otros materiales estos valores se multiplicaran por los siguientes factores:

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| Otros grados de poliestireno..... | 1,2 a 1,5 |
| PVC plastificado..... | 2,0 |
| Poliamidas..... | 0,8 |
| Polietileno..... | 0,5 |
| Acetato de celulosa..... | 1,0 |

1.1.8 CANALES DE ALIMENTACIÓN

Los canales de alimentación o de distribución constituyen la parte del sistema de alimentación que une el bebedero con las cavidades del molde.

La elección disposición de los canales es muy importante, ya que influye directamente en el éxito de la operación del moldeo.

En consecuencia del diseño de los canales de alimentación exige un riguroso cuidado en los tres puntos siguientes:

- ❖ Forma del canal
- ❖ Tamaño de la sección y distribución
- ❖ Disposición de los canales

1.1.9 ENTRADAS O CANALES

La entrada es la porción terminal de un canal de alimentación que da acceso al interior de la cavidad.

Las entradas se hacen frecuentemente con las dimensiones mínimas que luego se van agrandando hasta conseguir un llenado perfecto de todas las cavidades.

El tamaño óptimo de la entrada depende de:

1. Las características del flujo del material
2. De la sección de la pared de la pieza
3. Del volumen de material que se va a inyectar en la cavidad
4. De la temperatura del fundido
5. De la temperatura del molde

1.1.10 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El principio básico del moldeo.

La masa se adapta a la forma del molde lo que obliga a disipar su calor hasta que se solidifique. La pieza solo puede ser desmoldeada cuando ha adquirido suficiente rigidez. Es así que el enfriamiento es tan importante para la calidad y rentabilidad.

1.1.10.1 Intercambio de calor.- El problema de enfriamiento de un molde viene determinado por:

1. Un intercambio de calor entre el material plástico y el acero del molde.
2. Un intercambio de calor entre el acero y el ambiente.
3. Disipación del calor hacia la atmósfera.

1.1.10.2 Intercambio de calor entre el material plástico y el molde.-

Depende de:

1. La masa de la pieza o piezas que se van a moldear.

2. La diferencia de temperatura entre la materia plástica y la superficie del molde.
3. De la naturaleza de la materia a moldear.

1.1.11 MATERIAL PARA LA FABRICACIÓN DE MOLDES

Para la elaboración de materiales plásticos por el proceso de inyección son indispensables moldes de gran calidad. La parte técnica y económica de los transformadores de plástico depende de la utilización apropiada de los aceros.

1.1.11.1 Aceros.- En base a la experiencia y de lo que se deduce resulta que para la fabricación de moldes para inyección se utilizan unos cuarenta tipos de acero, que pueden ser clasificados dentro de estos grupos:

- ❖ Aceros de cementación
- ❖ Aceros de tratamiento térmico
- ❖ Aceros nitrurados
- ❖ Aceros resistentes a la corrosión
- ❖ Aceros de mínima variación dimensionar.

1.1.12 FUNDICIÓN CON MOLDES PERDIDOS

Al efectuar la colada, el hueco del molde se llena con material de fundición en estado líquido. Una vez solidificado, el material queda con una “forma primitiva” o “bruta”.

1.1.12.1 Métodos de moldeo y colada

1. Con moldes perdidos y modelos permanentes:
(molde de caja, molde de plantilla, molde de máscara).
2. Con modelos perdidos:
(métodos de colada de precisión, método de colada con molde lleno).
3. Con moldes permanentes:
(fundición en coquillas, fundición centrifugada, fundición a presión, fundición compoud).

1.1.12.2 Diseño del modelo

El modelo es la pieza que se pretende reproducir, pero con algunas modificaciones derivadas de la naturaleza del proceso de fundición. Será ligeramente más grande que la pieza, ya que se debe tener en cuenta la contracción de la misma una vez se haya extraído del molde.

1.1.12.3 Construcción de los modelos.

La figura de la pieza de fundición utilizada para la confección del molde se denomina modelo. El modelo se construye de madera, metal o plástico de acuerdo con los planos técnicos. En la construcción de los modelos se utiliza una escala de contracción cuya longitud es mayor que la proporción en que la pieza fundida se contrae desde el comienzo de la solidificación hasta alcanzar la temperatura ambiente.

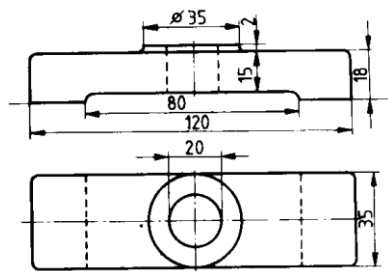


Fig. 1.6 Plano de un modelo

1.1.12.4 Formación de los moldes

Los moldes se hacen de arena o barro, a mano o mecánicamente, en crisol o en cajas de moldear.

Para moldear en cajas se utiliza arena de moldear. Está formada de arena de cuarzo de grano pequeño y un aglomerante (que es una fina capa de arcilla) que rodea todos los granos de arena. Esta capa de arcilla adquiere su capacidad aglomerante de resinas sintéticas. Las propiedades que ha de tener la arena para moldear son plasticidad, estabilidad, resistencia al calor y permeabilidad a los gases.

Los huecos de la pieza fundida se obtienen colocando a los que el metal en fusión envuelve. Los machos se moldean en cajas para machos. El macho a de tener mayor resistencia que el molde.

Por esta razón se prepara con una arena especial (arena para machos). Una vez seco, el macho se coloca en la semicaja inferior.

1.1.12.5 Preparación del molde para la colada.

Una vez moldeado el modelo en la semicaja inferior, se le da vuelta y se le coloca la semicaja superior. El modelo se dota con los embudos de vertido y alimentación. Una vez practicados los orificios de ventilación, se sacan las maderas vertido y alimentación y se levanta la semicaja superior. Se saca el modelo y se cortan las entradas.

Se vuelve a colocar la semicaja superior y se embrida a la inferior, o se le colocan pesos encima para que no se levante al efectuar la colada.

La colada se efectúa en el taller de fundición. La pieza fundida en bruto tiene la forma del modelo con la mazarota y rebosadero con los huecos formados por los machos.

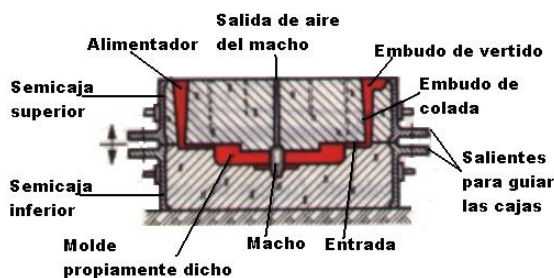


Fig. 1.7 Preparación del molde para la colada

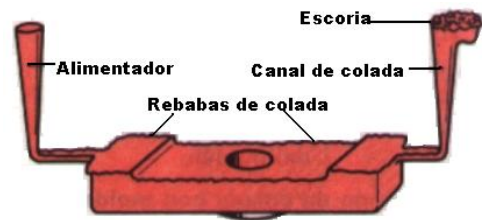


Fig. 1.8 Pieza fundida en bruto

1.1.12.6 Métodos especiales de formación de los moldes

1.1.12.6.1 El molde abierto con placa superior es apropiado para modelos muy grandes. Se utiliza para ello una placa superior. De esta manera, la superficie queda mas perfecta que con el molde abierto sin la placa.

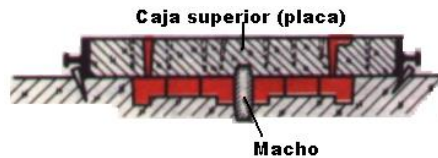


Fig.1.9 Molde abierto con placa superior

1.1.12.6.2 Método de moldeo con máscara. Para la preparación de estas máscaras de moldear se utiliza arena para moldear (cuarzo) y resina sintética en la proporción 10:1 a 25:1. El material de moldear se vierte o sopla sobre la placa del modelo (a) que se ha calentado a 300 °C. Al reblandecerse la resina sintética se forma una capa de 5 a 10 mm. de espesor (b). Una vez retirado el material sobrante, la placa modelo se lleva a una estufa de caldeo (c) hasta que se endurezca la capa adherida al modelo. Una vez endurecida, la máscara puede retirarse de la placa modelo para formar el semimolde terminado (d). El método es económico y puede automatizarse.

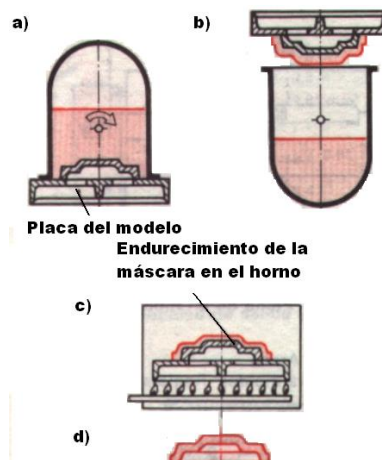


Fig.1.10 Método de moldeo con máscara.

1.1.13 FUNDICIÓN CON MOLDES PERDIDOS

1.1.13.1 Formación de moldes

Tan importante es el material que se utiliza para la construcción del molde como lo son los métodos que se emplean para la creación del mismo como son:

1.1.13.1.1 Mecanizado

Puede ser dividido en dos fases, el desbaste (su objetivo es eliminar la mayor cantidad de material posible) y el mecanizado de acabado, el cual tiene como objetivo generar las superficies finales.

1.1.13.1.1.1 Electroerosión

La electroerosión es un proceso de fabricación, también conocido como Mecanizado por Descarga Eléctrica o EDM. Básicamente tiene dos variantes, la que utiliza el electrodo de hilo metálico o alambre fino, WEDM, donde las siglas describen en inglés Wire Electrical Discharge Machining, y el proceso que utiliza el electrodo de forma, conocido como Ram EDM, donde el término ram podría traducirse como "carnero" y es ilustrativo del "choque" del electrodo contra la pieza o viceversa.

El proceso de electroerosión consiste en la generación de un arco eléctrico entre una pieza y un electrodo en un medio dieléctrico para arrancar partículas de la pieza hasta conseguir reproducir en ella las formas del electrodo. Ambos, pieza y electrodo, deben ser conductores, para que pueda establecerse el arco eléctrico que provoque el arranque de material.

Proceso de electroerosión con electrodo de forma

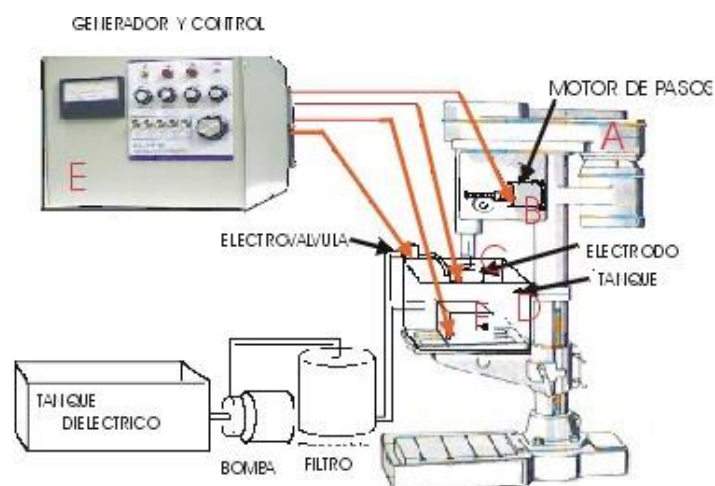


Fig. 1.11 Esquema de un equipo de electroerosión

Durante el proceso de electroerosión la pieza y el electrodo se sitúan muy próximos, dejando un hueco que oscila entre 0,01 y 0,05 mm, por el que circula un líquido dieléctrico. Al aplicar una diferencia de tensión continua y pulsante entre ambos, se crea un campo eléctrico intenso que provoca el paulatino aumento de la temperatura, hasta que el dieléctrico se vaporiza.

Al desaparecer el aislamiento del dieléctrico salta la chispa, incrementándose la temperatura hasta los 20.000 °C, vaporizándose una pequeña cantidad de material de la pieza y el electrodo formando una burbuja que hace de puente entre ambas.

Al anularse el pulso de la fuente eléctrica, el puente se rompe separando las partículas del metal en forma gaseosa de la superficie original. Estos residuos se solidifican al contacto con el dieléctrico y son finalmente arrastrados por la corriente junto con las partículas del electrodo.

Dependiendo de la máquina y ajustes en el proceso, es posible que el ciclo completo se repita miles de veces por segundo. También es posible cambiar la polaridad entre el electrodo y la pieza.

El resultado deseado del proceso es la erosión uniforme de la pieza, reproduciendo las formas del electrodo. En el proceso el electrodo se desgasta, por eso es necesario desplazarlo hacia la pieza para mantener el hueco constante. En caso que el desgaste sea severo, el electrodo es reemplazado.

Las tasas de arranque de material con electrodo de forma son del orden de 2 cm³/h.

1. El electrodo

El electrodo es comúnmente hecho de grafito pues este, por tener una elevada temperatura de vaporización, es más resistente al desgaste. Puede ser trabajado en una fresadora específica con el fin de crear ya sea un electrodo macho o un electrodo hembra, lo que significa que el electrodo tendrá la forma opuesta a la forma deseada y resultante en la pieza de trabajo.

Es buena práctica tener un electrodo de erosión en bruto y uno que consuma en forma fina y final, mas esto puede ser determinado por las dimensiones y características de la pieza a ser lograda.

Los electrodos pueden ser manufacturados en forma que múltiples formas pertenezcan al mismo pedazo de grafito.

También el cobre es un material predilecto para la fabricación de electrodos precisos, por su característica conductividad, aunque por ser un metal suave su desgaste es más rápido. El electrodo de cobre es ideal para la elaboración de hoyos o agujeros redondos y profundos. Comúnmente estos electrodos se encuentran de diámetros con tamaños milimétricos en incrementos de medio milímetro y longitudes variadas. Este proceso en particular es muy utilizado para antes del proceso de electroerosión con hilo, para producir el hoyo inicial donde pase el hilo a través de un grosor de material que es inconveniente al taladro convencional.

1 El fluido dieléctrico

Los dieléctricos más utilizados industrialmente son parafinas, aceites minerales ligeros y agua des-ionizada. Todos ellos son relativamente baratos, con baja viscosidad y con temperaturas de inflamación lo suficientemente altas como para que sea seguro trabajar con ellos. Los productos muy densos y viscosos como los aceites minerales tienen buenas cualidades como la capacidad de concentración del calor y de la intensidad de corriente en la zona de descarga pero presentan problemas respecto a su capacidad de evacuación de los productos de deshecho. La función que cumple el dieléctrico es múltiple:

- ❖ En primer lugar, aísla y llena la zona comprendida entre el electrodo y la pieza de trabajo.
- ❖ Apaga rápidamente la chispa después de que tiene lugar la descarga, de esta forma se previene la formación de un arco continuo que haría imposible una nueva descarga.
- ❖ Concentra la energía de la descarga eléctrica en la zona de trabajo.
- ❖ Se ioniza rápidamente al voltaje de trabajo.
- ❖ Arrastra el calor y los materiales generados después de cada descarga.

2 El sistema de movimiento del electrodo

Ya se ha comentado que la eficiencia del proceso de electroerosión depende en gran medida de que la distancia entre electrodo y pieza de trabajo sea la apropiada. Por tanto, la misión del sistema de movimiento es posicionar continuamente al electrodo mientras dura el mecanizado. Esto se consigue comparando el voltaje actual con el voltaje teórico. El error detectado sirve para alimentar un servo amplificador que a su vez pasa la información a un sistema que abre y cierra unas válvulas hidráulicas que permiten el paso de un fluido hidráulico hacia un pistón que en última instancia es quien mueve el brazo sobre el que va montado el electrodo.

El sistema descrito a grandes rasgos, en la práctica, es muy sensible y preciso ya que en condiciones normales de trabajo la distancia que separa electrodo y pieza oscila entre 0,010 a 0,050 mm.

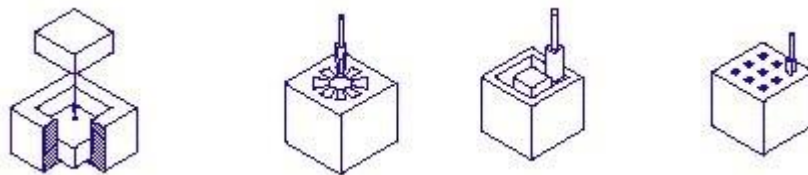


Fig.1.12 Movimiento del electrodo. Izquierda: según el eje Z; Derecha: combinación de los tres movimientos

1.1.13.1.2 Estampado o troquelado

Se emplea principalmente cuando hay que obtener cavidades del molde con una superficie difícil para ser elaborada por mecanizado. El punzón, estampa o troquel es elaborado exteriormente según el perfil deseado. Los elementos así obtenidos se someten a un recocido para la liberación de tensiones antes de la elaboración mecánica final, para que en el tratamiento térmico definitivo no se produzcan deformaciones.

1.1.13.1.3 Colada

En este proceso el costo de la mecanización es alto y el tiempo empleado en la fabricación del molde puede ser considerable. Hay que tener en cuenta, además que la exactitud de dimensiones y la calidad superficial son inferiores respecto a los moldes fabricados por mecanización.

1.1.13.1.4 Método de fundición de precisión

Se utiliza el método de fundición de cera. Para ello, primero se funde el de modelo de cera por el método de inyección (a). Los modelos de cera se reúnen para formar un racimo de fundición uniéndose todos al embudo de colada a través de los conductores.

Los modelos de cera se sumergen en una masa cerámica o se impregnan con ella de modo que se forma una cáscara alrededor del modelo (b). El molde así preparado se mete en una estufa de caldeo con lo que la cera se funde y se elimina (c). En el molde así formado se vierte el material fundido. Este método permite una gran precisión de dimensiones (para una pieza de 115 mm. de longitud, aproximadamente $\pm 0,12$ mm.), y una buena calidad de la superficie (profundidad de las asperezas 25 μ m). Así puede prescindirse, en muchos casos, de un laborioso trabajo de rectificación.

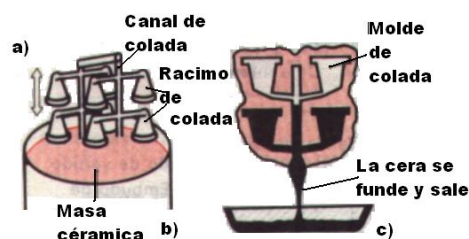


Fig.1.13 Método de fusión de cera

1.1.13.1.5 Método de molde lleno

Al efectuar la colada desaparecen los modelos insertos en el molde. Para la construcción de los modelos suele utilizarse espuma de plástico glasificable. Puede cortarse con un alambre caliente. También puede fundirse el plástico

directamente para formar los modelos (a). El modelo se coloca en arena para moldear con aglomerante plástico de endurecimiento en frío. Al efectuar la colada, el modelo se mantiene en el modelo y se gasifica a través de la corriente caliente de fundición (b).

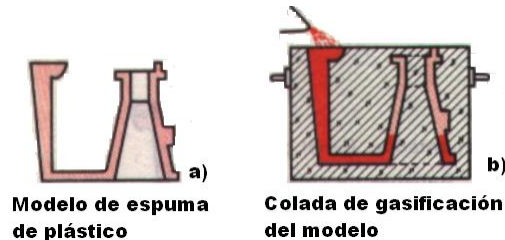


Fig. 1.14 Método de colada con molde lleno

1.1.14 FUNDICIÓN EN MOLDES PERMANENTES

En general, la fundición se hace en coquillas o lingoteras. La coquilla es molde permanente y esta construida con fundición gris de calidad o de acero aleado. Por lo tanto, su construcción es bastante más cara que la de un molde de arena. Por ello, la fundición en coquilla sólo resulta económica si hay que fabricar un número elevado de piezas.

1.1.14.1 Fundición estática

El material fundido se vierte en el molde, previamente calentado, por medio de un caldero de colada. Los gases que se forman escapan a través del alimentador y de las juntas del molde.

1.1.14.2 Fundición centrífuga

Este método es económicamente apropiado para la fabricación de tubos, cuerpos cilíndricos y para fundir casquillos de cojinete. El vertido en el molde y la solidificación del material en fusión se produce con la coquilla en rotación bajo la acción de la fuerza centrífuga. De esta manera, la fundición es compacta y de grano fino.

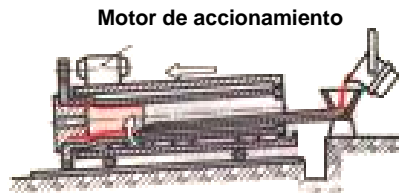


Fig.1.15 Fundición centrífuga – colada en moldes permanentes

Las coquillas o los canales de colada pueden desplazarse en sentido longitudinal

1.1.14.3 Fundición a presión

Su aplicación es para la fundición de metales no férreos. El metal, en estado pastoso, se introduce a presión en moldes permanentes de varias piezas. Durante la solidificación se mantiene la presión. Las operaciones de un proceso de fundición de este tipo son: cierre del molde, introducción del metal a presión, apertura del molde y expulsión de la pieza.

La fabricación se realiza con una precisión de dimensiones que llega 0,1 mm. para un número de piezas de 400 y más por hora. En comparación con la fundición de arena, los gruesos de las paredes pueden ser menores, por lo que se consigue ahorro del material. A las ventajas económicas se les oponen los inconvenientes del elevado coste de los moldes y el peligro de porosidad de las piezas fundidas por inclusiones de aire. Hay que distinguir dos métodos: 1º, el método de cámara caliente y 2º, el método de cámara fría.

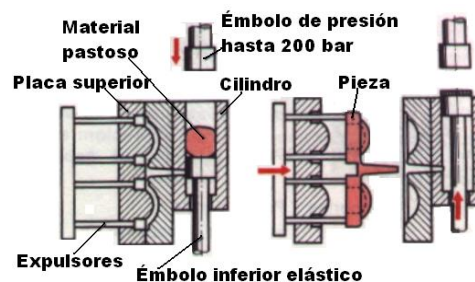


Fig.1.16 Fundición a presión, método de la cámara caliente

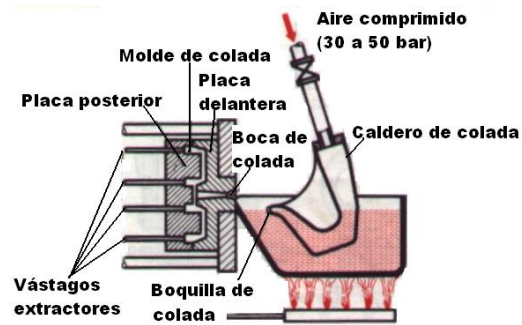


Fig.1.17 Fundición a presión, método de la cámara fría

1.1.14.4 Fundición compound

Las piezas de fundición gris de acero colado se trasiegan con otro metal, por ejemplo aluminio o cobre. En las superficies de la mazarota, los metales se tienen que unir entre sí por difusión. En la fundición compound o compuesta cada metal conserva sus propiedades. Así, en los cojinetes de fricción, el cuerpo base de acero mantiene su resistencia y la capa que le recubre, de aleación de Cu-Sn, mantiene sus propiedades deslizantes.

1.1.15 SISTEMA DE EXTRACTORES O EXPULSORES

Una vez inyectada y enfriada la pieza hay que extraerla del molde. Lo ideal sería que al producirse la temperatura del mismo la pieza cayera por gravedad pero debido a la contracción esta tienden a quedarse.

Adheridas a las cavidades lo cual es necesario poner un sistema de extracción para efectuar el desmoldeo de la pieza. Generalmente los extractores se montan en la parte móvil del molde a fin de aprovechar la carrera de apertura de la máquina de inyección

1.1.16 PROCESO DE FUNDICIÓN

El metal que llega a los hornos de fusión se vierte en el molde con calderos manejados a mano, con horquillas o con grúa. El embudo de colada debe mantenerse siempre lleno durante el proceso de colada porque, de lo contrario, se podría arrastrar partículas de escorias o aire por la formación de remolinos. Se da

por terminada la colada cuando queda lleno el alimentador. Cuando se ha enfriado lo suficiente, se destruye el molde, se saca la pieza y se limpia.

1.1.16.1 Procesos de solidificación. La pieza fundida, al enfriarse, se hace primero viscosa, luego plástica y por último sólida. Hay diferenciarse pues tres fases.

1.1.16.1.1 Fase de contracción fluida. Se aprecia por el descenso del nivel de líquido en el alimentador.



Fig. 1.18 Contracción fluida

1.1.16.1.2 Contracción de solidificación. Se produce durante la solidificación y se llega a formar un embudo. Este embudo no debe quedar en la pieza, sino en el alimentador para impedir que se produzca cavidades de contracción.



Fig. 1.19 Contracción de solidificación

1.1.16.1.3 Contracción lineal. Es la última fase de la solidificación hasta alcanzar la temperatura ambiente. Esta contracción se tiene en cuenta en el modelo utilizando la escala de contracción. Las cuantías de contracción longitudinal son del 2% para el acero colado, del 1% para la fundición gris, del 1,25% para el aluminio y del 1,5% para la fundición de aleaciones de Cu, Zn, Sn, aproximadamente.



Fig. 1.20 Contracción lineal.

1.1.17 DEFECTOS EN LA FUNDICIÓN

1.1.17.1 Inclusión de escorias. Las escorias y los óxidos metálicos no se han retenido al efectuar la colada. El embudo de colada no se ha mantenido lleno durante el vertido.



Fig. 1.21 Inclusiones de escorias

1.1.17.2 Poros en la estructura de la fundición. El material fundido no se ha solidificado uniformemente. La solidificación se produce de fuera hacia adentro. En los lugares más gruesos de la pieza se forma así un hueco al que se denomina poro o coquera. Para evitarlo, conviene que las piezas fundidas tengan un espesor uniforme de pared (principio de construcción).



Fig. 1.22 Poros donde aumenta el espesor

1.1.17.3 Burbujas en la estructura de fundición. La arena de moldear húmeda desprende hidrógeno y oxígeno a la temperatura de colada y estos gases penetran en la estructura del material.



Fig. 1.23 Burbujas en la estructura de la fundición

1.1.17.4 Grietas en la pieza de fundición. Los cambios de sección han hecho constructivamente demasiados cortos por lo que la solidificación de las zonas gruesas del material se efectúa con demasiada lentitud. Para evitar grietas y poros, en los puntos mayor sección se alojan en el molde unos hierros de enfriamiento.

De esta manera puede controlarse el proceso de enfriamiento.

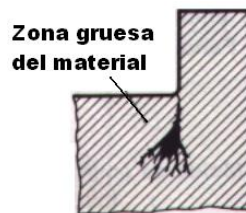


Fig. 1.24 Grietas en la estructura de la fundición

1.1.17.5 Desigualdad de espesor de la pared. La pieza tiene espesores desiguales en dos zonas enfrentadas. El macho se ha desplazado durante la colada.

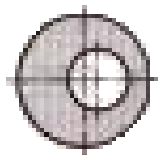


Fig. 1.25 Desplazamiento del macho

1.1.17.6 Zonas marginales regreasadas y abombamientos redondeados. Si el molde no se ha compactado suficientemente, sede bajo la presión del material de fundición.



Fig. 1.26 Fundición irregular

1.2 CONFORMACIÓN

1.2.1 Conformación por fuerzas de tracción y compresión

Conformar es fabricar modificando plásticamente la forma de un cuerpo sólido. Esto puede hacerse por tracción, compresión o flexión, en caliente o en frío

1.2.1.1 CONFORMACIÓN POR EXTRUSIÓN

La pieza se obliga a pasar, total o parcialmente, por una abertura de la herramienta. La conformación se produce por deformación plástica con reducción de la sección o del diámetro.

1.2.1.1.1 Prensas de extrusión

El material caldeado se comprime mediante un émbolo contra una boquilla y sale con la forma de ésta, bien sea macizo o cubriendo otras piezas, como por ejemplo, envoltura da cables.

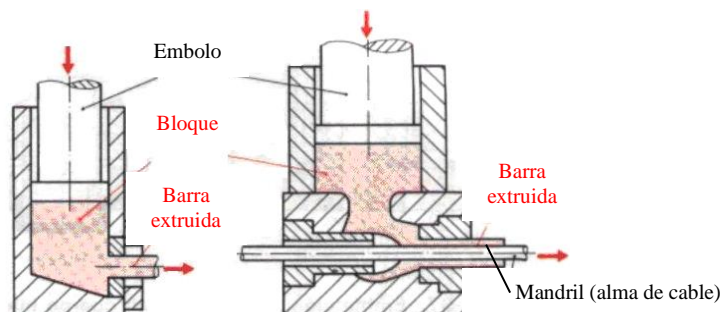


Fig. 1.27 Piezas de extrusión piezas macizas (izq.)
Fig. 1.28 Piezas de extrusión piezas huecas (der.)

1.2.1.1.2 Prensas de embutición

Con ellas se fabrican cuerpos huecos de paredes delgadas a partir de discos (platinas) aprovechando la capacidad de fluencia de determinados materiales.

Los más apropiados son el plomo, el zinc, el cobre, el aluminio y las aleaciones de aluminio y CuZn.

Se coloca en una matriz una platina con la forma de sección de la pieza terminada. El diámetro del troquel o punzón ha de ser menor que el diámetro de la matriz en una cuantía igual al doble del espesor de las paredes del cuerpo hueco que se ha de fabricar. El portantil de la prensa oprime el troquel contra la platina. De esta manera, el material se ve obligado a fluir por la ranura anular que queda entre el troquel y la matriz forzado por el movimiento del troquel. La fluencia del material se facilita colocando un cono redondeado en el frente del troquel o abombándolo ligeramente. El diámetro del troquel ha de ser unos 0,2 mm. menor que le diámetro del canto de inyección. Al retirarse el troquel, un rascador tira de la pieza hacia abajo. Con las prensas de embutición se fabrican tubos, latas y otros cuerpos huecos de paredes delgadas con buena rentabilidad.

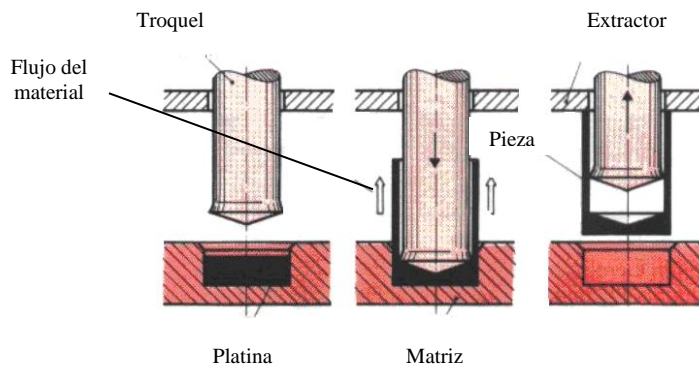


Fig.1.29 Prensas de embutición para fabricar cuerpos huecos de paredes delgadas

1.2.1.2 CONFORMACIÓN POR ESTIRADO DE DESLIZAMIENTO Y EMBUTICIÓN PROFUNDA

El estado plástico de un cuerpo para su conformación se logra por medio de fuerzas combinadas de tracción y compresión. Al estirar la pieza se hace pasar

por una estrecha abertura de la herramienta; en la embutición profunda, un trozo de chapa se conforma como cuerpo hueco sin modificar intencionadamente el espesor de la chapa.

1.2.1.2.1 Estirado

1.2.1.2.1.1 En el estirado por deslizamiento, la pieza se hace pasar, a tracción, por una herramienta de trefilado fija (hilera o anillo estirador).

1.2.1.2.1.2 En el estirado por laminación, la abertura está formada por cilindros. La pieza puede ser maciza o hueca.

Por medio del estirado por deslizamiento de cuerpos macizos se obtiene alambres y varillas.

1.2.1.2.1.3 El estirado de alambres hasta 5 mm. de grueso se hace en maquinas de estirar alambres (trefiladora). El alambre se hace pasar, tirando de él, por un anillo estirador con cabezal en forma de cono, hasta que se ha conseguido la sección deseada. Los alambres muy finos se hacen pasar por hileras de metal duro o de diamante. Como los cristales del material se deforman, el material se endurece y hay que recocerlo.

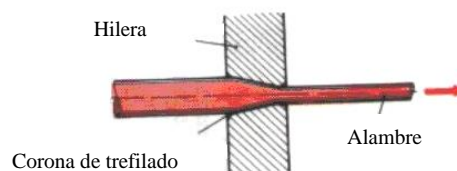


Fig. 1.30 Estirado por deslizamiento de cuerpos macizos (trefilado de alambres)

Por medio del estirado por deslizamiento de cuerpos huecos se obtienen cojas y tubos.

Para el estirado por deslizamiento de trozos de tubo se comprime un troquel cilíndrico contra un lingote cuadrangular, calentado al rojo blanco, que está en una matriz cilíndrica. De esta manera se forma un cilindro hueco con fondo copa. La copa precomprimida se coloca en un mandril y se empuja a través de varios

anillos estiradores de calibres decrecientes. El cuerpo hueco va teniendo cada vez paredes más delgadas a igualdad de diámetro interior.

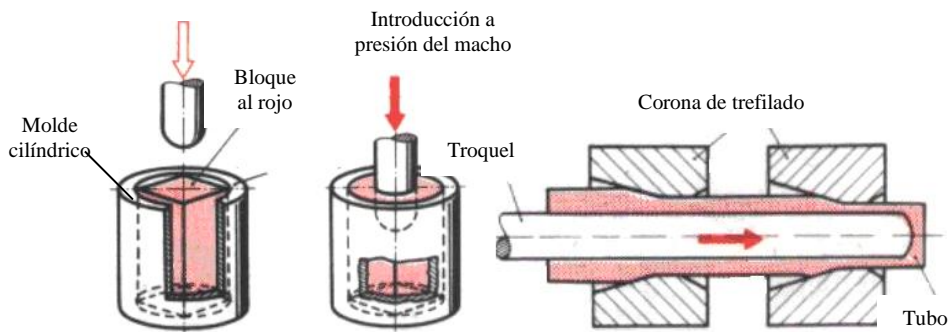


Fig. 1.31 Fabricación de la copa **Fig.1.32 Estirado por deslizamiento de un tubo**

1.2.1.2.2 Embutición profunda

Para la embutición profunda se necesita una matriz de embutición que puede ser abierta (anillo de embutición) o cerrada (molde de embutición). En la embutición profunda con herramientas, el material se comprime con un troquel para hacerlo pasar por el anillo de embutición. En la embutición profunda con medios activos, el material se embute en una matriz rígida. Los medios activos pueden ser líquidos, gases, campos, magnéticos, etc.

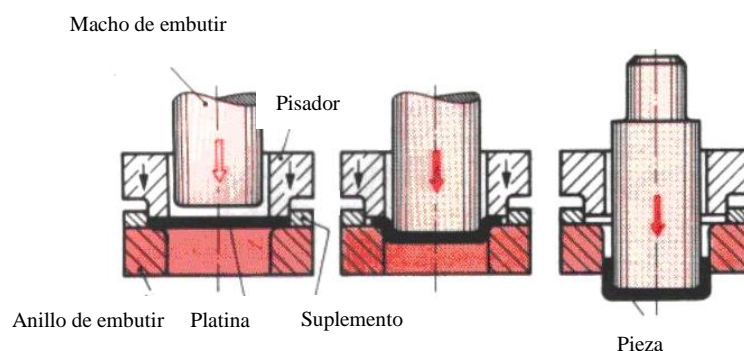


Fig. 1.33 Embutición profunda

1.3 PLÁSTICOS

1.3.1 Fundamentos

1.3.1.1 SUBDIVISIÓN Y PROPIEDADES

Los plásticos son sustancias orgánicas de alto peso molecular, obtenidas ya sea sintéticamente o por transformación de sustancias naturales los cuales tenemos:

1.3.1.1.1 Orgánico indica que las moléculas de esta sustancia son semejantes en su estructura a las de los organismos vivos.

1.3.1.1.2 Sintético significa que la estructura de estas combinaciones químicas al contrario que en las sustancias naturales, es el resultado de procesos dirigidos por el hombre.

Características comunes importantes son:

1. Se fabrican partiendo de materias primas baratas y técnicamente fáciles de obtener. En su mayor parte se trata de combinaciones del carbono, con excepción de la silicona, que se deriva de una combinación de silicio y oxígeno.
2. Tienen una densidad pequeña, inferior a la del aluminio ($\rho = 0,9$ a 2 Kg. /dm^3).
3. Generalmente poseen una superficie lisa y se pueden colorear por lo que no hace falta pintarlos.
4. Tienen una superficie impermeable, son pues estancos al agua y al gas.
5. Son variadamente estables frente a los ácidos, debiendo adaptarse esta estabilidad a la aplicación deseada.
6. Son malos conductores del calor, pero se dilatan fuertemente por efecto de éste. La estabilidad al calor y de forma son limitadas.
7. Casi todos pueden emplearse como aislantes eléctricos, ya que prácticamente no son conductores. En la combustión se convierten parcialmente en ceniza ardiendo sin llama, pero sin embargo desprenden gases corrosivos, por lo que pueden producir grandes daños en máquinas y herramientas.

8. Pueden mecanizarse fácil y rápidamente. Por colada, estampación, laminación, soldadura inyección o soplado pueden dárseles las más variadas formas.

1.3.1.2 Termoplásticos, termoestables, elastoplásticos

Los plásticos se diferencian por la combinación de las macromoléculas: termoplásticos, combinación de las moléculas por fuerzas físicas; termoestables, combinación química de retícula estrecha; elastoplásticos, retícula ancha.

Una tira de resina fenólica (termoestable) y otra de poliestireno (termoplástico) pueden partirse fácilmente a la temperatura ambiente. Si se calientan ambos materiales, el termoestable sigue siendo quebradizo, pero, por el contrario, el termoplástico se deforma con facilidad, El proceso puede repetirse cuantas veces se quiera con los termoplásticos.

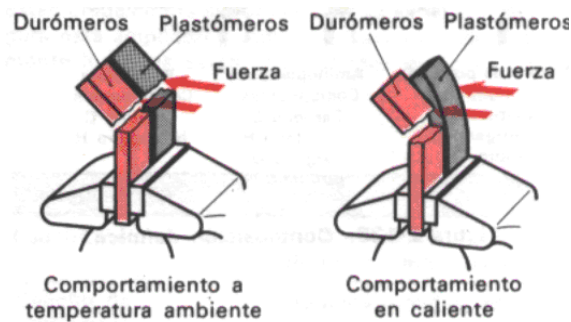


Fig. 1.34 Comportamiento de los termoestables y los termoplásticos a temperaturas ambiente y al calor

Los termoestables se descomponen a altas temperatura con desprendimiento de vapores acompañados de mucho humo. Los termoplásticos se ablandan, se descomponen y arden con llama pequeña, goteando parcialmente.

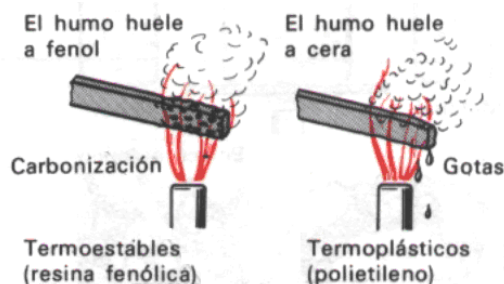


Fig. 1.35 Comportamiento de los termoestables y termoplásticos

1.3.1.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Todos los plásticos contienen carbono e hidrógeno, y algunos oxígeno, nitrógeno, azufre y cloro.

1.3.1.3.1 Clasificación de los plásticos

Suele clasificarse a los materiales plásticos en varias categorías:

- ❖ Según el monómero base: En esta clasificación se considera el origen del monómero del cual parte la producción del polímero.
- ❖ Naturales: Son los polímeros cuyos monómeros son derivados de productos de origen natural con ciertas características como, por ejemplo, la celulosa y la caseína.
- ❖ Sintéticos: Son aquellos que tienen origen en productos elaborados por el hombre, principalmente derivados del petróleo.

1.3.2 SUBDIVISIÓN TECNOLÓGICA

1.3.2.1 Diversas propiedades de los termoestables y termoplásticos.

1.3.2.1.1 Termoestables

Los plásticos termoestables son materiales que una vez que han sufrido el proceso de calentamiento-fusión y formación-solidificación, se convierten en materiales rígidos que no vuelven a fundirse.

- ❖ Polímeros del fenol: Son plásticos duros, insolubles e infusibles pero, si durante su fabricación se emplea un exceso de fenol, se obtienen termoplásticos.
- ❖ Resinas epoxi.
- ❖ Resinas melamínicas.
- ❖ Baquelita.
- ❖ Aminoplásticos: Polímeros de úrea y derivados. Pertenece a este grupo la melanina.

- ❖ **Poliésteres:** Resinas procedentes de la esterificación de polialcoholes, que suelen emplearse en barnices. Si el ácido no está en exceso, se obtienen termoplásticos. Pueden ser tanto naturales como artificiales.

1.3.2.1.2 Termoplásticos

Los termoplásticos son polímeros que pueden cumplir un ciclo de calentamiento-fusión y enfriamiento-solidificación por acción de la temperatura repetidas veces sin sufrir alteraciones. Los principales son:

- ❖ **Resinas celulósicas:** obtenidas a partir de la celulosa, el material constituyente de la parte leñosa de las plantas. Pertenece a este grupo el rayón.
- ❖ **Polietilenos y derivados:** Emplean como materia prima el etileno obtenido del craqueo del petróleo que, tratado posteriormente, permite obtener diferentes monómeros como acetato de vinilo, alcohol vinílico, cloruro de vinilo, etc. Pertenecen a este grupo el PVC, el poliestireno, el metacrilato, etc.
- ❖ **Derivados de las proteínas:** Pertenecen a este grupo el nailon y el perlón, obtenidos a partir de las diamidas.
- ❖ **Derivados del caucho:** Son ejemplo de este grupo los llamados comercialmente pliofilmes, clorhidratos de caucho obtenidos adicionando ácido clorhídrico a los polímeros de caucho.

1.3.2.1.3 Elastoplásticos

Se componen de pocas cadenas de moléculas enlazadas en forma de hilos, que si no están sometidos a carga se presentan en forma de ovillo. Se caracterizan por su elevada elasticidad y su gran alargamiento. Los elastoplásticos pueden soportar grandes cambios de forma y volver a su estado primitivo después de cesar la acción de la carga, es decir, que la forma de ovillo de las cadenas de moléculas se estira. Los elastoplásticos soportan alargamientos de varias veces su longitud original. Al contrario que los termoplásticos, los elastoplásticos no pueden fundirse de nuevo.

1.3.3 Fabricación de piezas

1.3.3.1 Elaboración de plásticos termoestables

1.3.3.1.1 Los polvos de moldeo son plásticos termoestables mezclados con sustancias de relleno (cargas).

Entre los termoestables importantes están los fenoplásticos y los aminoplásticos.

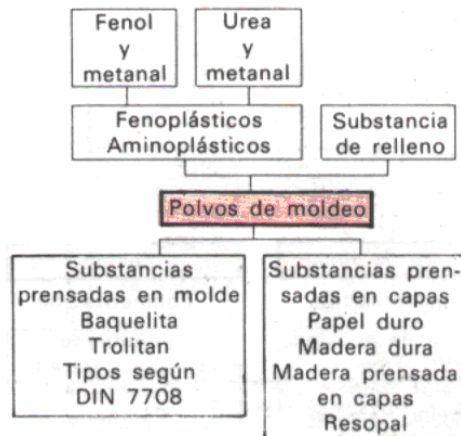
1.3.3.1.1.1 Los fenoplásticos se componen de fenol (C_6H_5OH del alquitrán de hulla) y metanal ($HCHO$). Del plástico se desprende olor a ácido fórmico.

1.3.3.1.1.2 Los aminoplásticos están compuestos de urea y metanal. La urea se obtiene de amoníaco (NH_3) y dióxido de carbono (CO_2). Puesto que estos plásticos son frágiles, se les añaden cargas de relleno (piedra molida, fibra de amianto, serrín, trozos de papel). El plástico gana así en resistencia y elasticidad, reduciéndose su fragilidad.

Los polvos de termoestables se moldean por prensado. Para ello se colocan en los moldes las cantidades necesarias de polvo calentado previamente. El molde va provisto de calefacción permanente. Una vez cerrado el molde, la masa lo rellena, El calentamiento se hace a una temperatura de 140 a 170°C y la presión aplicada es de varias centenas de bar. Una vez endurecido el polvo de plástico, se abre el molde y se expulsa la pieza.

El Color natural de los fenoplásticos es pardo amarillento. Entre otras piezas, se fabrican con este material muebles de aparatos de radio, interruptores eléctricos, envases, cajas, discos y tubos. Los aminoplásticos son inodoros, insípidos e incoloros, Se fabrican con ellos piezas de electrodomésticos, teléfonos y artículos electrotécnicos. Ensayo de combustión: las probetas huelen a pelo quemado.

Las piezas formadas por moldeo a presión de láminas son más duras que las obtenidas por el moldeo de polvos. Están constituidas por capas de tela o de papel, como carga de relleno, impregnadas de resina fenólica, que se prensan en caliente.



1.3.3.2 ELABORACIÓN DE TERMOPLÁSTICOS

Los termoplásticos se deforman plásticamente calentándolos entre 80y 200°C y no pierden sus propiedades. A la temperatura ambiente son sólidos y dúctiles. Plásticos de esta clase son el poliestireno la poliamida y el cloruro de polivinilo.

1.3.3.2.1 Moldeo por Inyección

Es el principal método de la industria moderna en la producción de piezas plásticas, la producción es en serie, se moldea termoplástico y para el moldeo de los duroplásticos se tiene que realizar modificaciones. El material plástico en forma de polvo o en forma granulada, se deposita para varias operaciones en una tolva, que alimenta un cilindro de caldeo, mediante la rotación de un husillo o tornillo sin fin, se transporta el plástico desde la salida de la tolva, hasta la tobera de inyección, por efecto de la fricción y del calor la resina se va fundiendo, el husillo también tiene aparte del movimiento de rotación un movimiento axial para darle a la masa líquida la presión necesaria para llenar el molde, actuando de ésta manera como un émbolo.

Una vez que el molde se ha llenado, el tornillo sin fin sigue presionando la masa líquida dentro del molde, éste es refrigerado por medio de aire o por agua a presión hasta que la pieza se solidifica y las mitades se abren expulsando el artículo terminado. Las máquinas para este trabajo se denominan inyectora de husillo impulsor o de tornillo sin fin, también se le denomina extrusora en forma genérica.

Para partes pequeñas, muchos moldes están montados en una máquina y el polímero fundido se inyecta simultáneamente en todos ellos.

El moldeo por inyección puede producir artículos más complejos que el proceso de extrusión, pero no es un proceso continuo. Este proceso permite obtener artículos huecos.

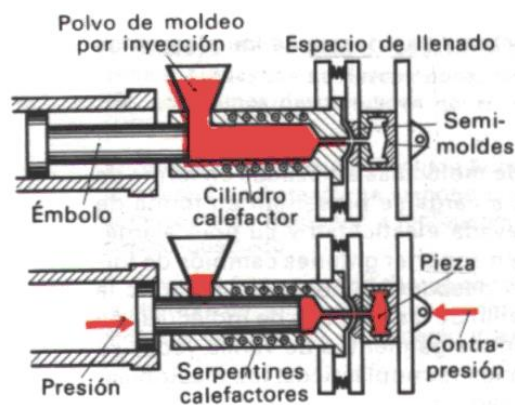


Fig. 1.36 Procedimiento de inyección

1.3.3.2 Moldeo por Extrusión

La extrusión es el mismo proceso básico que el moldeoado por inyección, la diferencia es que en la extrusión la configuración de la pieza se genera con el troquel de extrusión y no con el molde como en el moldeoado por inyección.

Se utiliza un transportador de tornillo helicoidal. El polímero es transportado desde la tolva, a través de la cámara de calentamiento, a través de la cual se mueve el material por acción de un tornillo sin fin, al final de la cámara el plástico fundido es forzado a salir en forma continua y a presión a través de un troquel de extrusión preformado, la configuración transversal del troquel determina la forma de la pieza.

A medida que el plástico extruido pasa por el troquel, alimenta una correa transportadora, en la cual se enfría, generalmente por ventiladores o por inmersión en agua, con éste procedimiento se producen piezas como tubos, varillas, láminas, películas y cordones.

En el caso de recubrimiento de alambres y cables, el termoplástico se estruje alrededor de una longitud continua de alambre o cable, el cual al igual que el

plástico pasa también por el troquel, después de enfriado el alambre se enrolla en tambores.

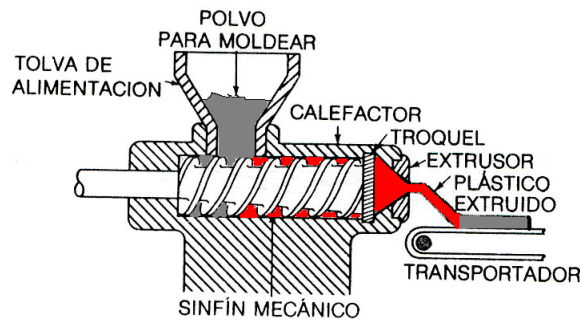


Fig. 1.37 Moldeo de plásticos por extrusión

1.3.3.2.3 Moldeo por compresión

Se emplean polímeros termorrígidos. Una vez comenzado el calentamiento, un plástico termorrígido continúa endureciéndose. En el moldeo por compresión, el material se coloca en el molde abierto. Un taco calentado aplica suficiente calor y presión para ablandar el polímero termorrígido y llenar la cavidad del molde. La temperatura del taco y de la cavidad del molde puede ser de hasta 149 C y la presión de las cadenas del polímero se entrecruzan rápidamente y el plástico se endurece tomando su forma permanente, pudiendo ser retirado del molde.

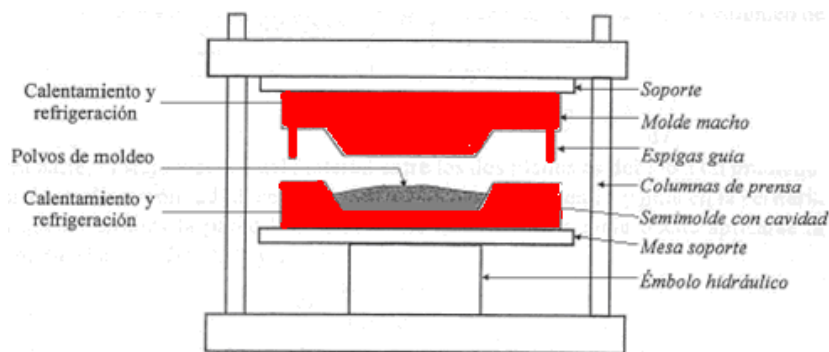


Fig. 1.38 Procedimiento por compresión

1.3.3.2.4 Moldeo por transferencia

Para mejorar el proceso de moldeo por compresión se desarrolló un segundo método del procesamiento de los materiales de moldeo termoendurecidos,

llamada Moldeo por Transferencia. El molde consiste en una cámara que está separado, pero conectado a las cavidades por medio de canales y entradas. En moldeo por transferencia el molde está cerrado y restringido completamente; así pues todo el material para la inyección de las piezas se carga en el pote. Este material es usualmente en forma de pastillas comprimidas y precalentadas llamada las preformas. En el caso de los productos en masa de moldeo (BMC), el material estará cargado en el molde como un tronco o en masa. Por último un segundo cilindro empuja el material, por los canales y entradas y en las cavidades. El cilindro está contenido bajo presión y el molde se mantiene cerrado el tiempo suficiente para curar las piezas. Esto típicamente significa que las piezas están mantenidas en el molde hasta que puedan ser quitadas sin que se haga una ampolla después de retirarse del molde. Como con el moldeo por compresión, la duración de curar será determinada por la sección transversal más gruesa en la pieza, la temperatura del material cargada y la temperatura del molde.

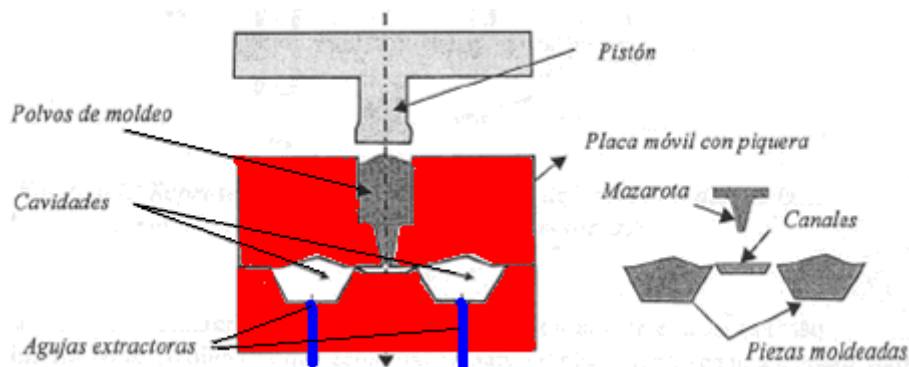


Fig. 1.39 Procedimiento por transferencia

1.3.3.2.5 Moldeo por Calandrado

El proceso se emplea para la fabricación de chapas y películas plásticas. Consiste en pasar un polímero convertido en una masa blanda entre una serie de rodillos calentados. A medida que el polímero pasa a través de los rodillos se forma un producto uniforme. El último par de rodillos se ajustan para dar el espesor deseado. El sistema de rodillos de enfriamiento da a las chapas o películas su estructura molecular permanente.

En ella, hay normalmente cuatro rodillos de distintos tamaños que giran a velocidades ligeramente diferentes para formar láminas. Estas pueden tratarse mecánicamente ó orientarse por estirado.

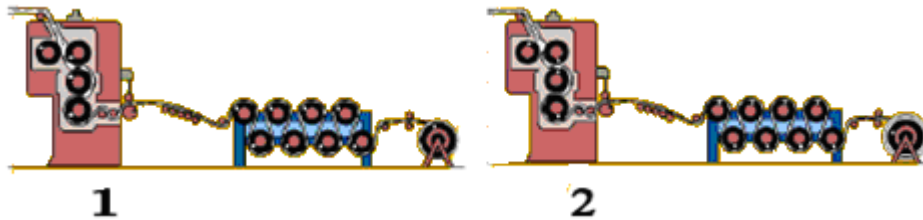


Fig. 1.40 Calandrado de materiales plásticos

1.3.3.2.6 Moldeo por Termoformado

Proceso de producción de artículos formados a partir de una hoja plana, con ayuda de presión y temperatura. La misma se calienta, se coloca en un molde y por medio de vacío se le da la forma. Posteriormente se enfría con un fluido refrigerante y se retira del molde el producto terminado.

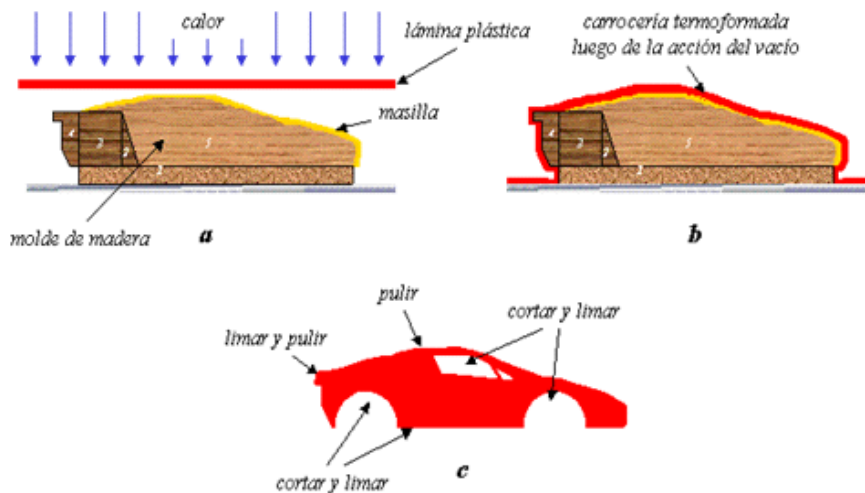


Fig. 1.41 Procedimiento de termoformado

Una vez conformada la lámina se procede a extraer el modelo de madera por partes en el orden indicado: 1, 2, 3, 4 y finalmente la pieza de madera grande la número 5. Por lo general la lámina plástica es resina poliéster líquida reforzada con fibra de vidrio, en la cual esta actúa como carga y con su respectivo colorante y endurecedor.

1.3.3.2.7 Moldeo por Colada

Posibilita la aplicación de varias capas con o sin color en un modelo (molde) prediseñado. Ejemplos de este proceso pueden ser la producción de etiquetas, cubre alfombras para automóviles y llaveros. Se coloca una capa de polímero, de un color, al molde, se lleva al horno a pregelificarse, y luego se van colocando las sucesivas capas de color en la posición que corresponda, previo al agregado de la siguiente.

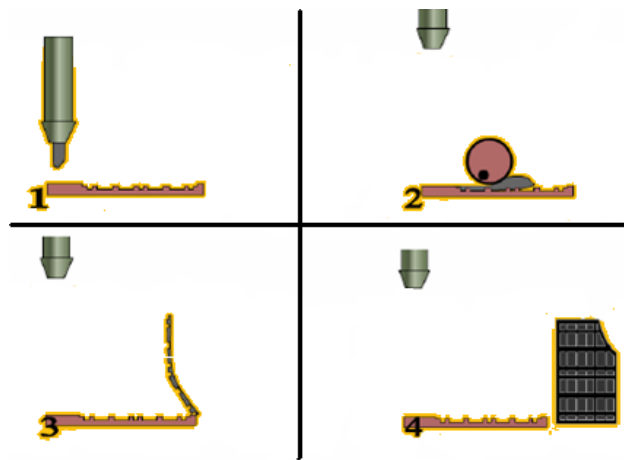


Fig.1.42 Moldeo por colada

1.3.3.2.8 Moldeo por Rotomoldeo

Es un proceso utilizado para obtener artículos normalmente huecos como juguetes, pelotas, etc. El rotomoldeo utiliza un plastisol (pasta más o menos viscosa obtenida por la dispersión de PVC en plastificante) muy fluido que se introduce en el molde, éste se cierra, se rota vertical y horizontalmente y se introduce en un horno. Cuando el plastisol comienza a fundir, el molde que continúa rotando, distribuye al plastisol sobre sus paredes por efecto de la fuerza centrífuga formando una piel. Después de un período determinado, el molde se retira del horno y se enfría cuidadosamente para evitar que el producto sufra encogimiento o torsión.

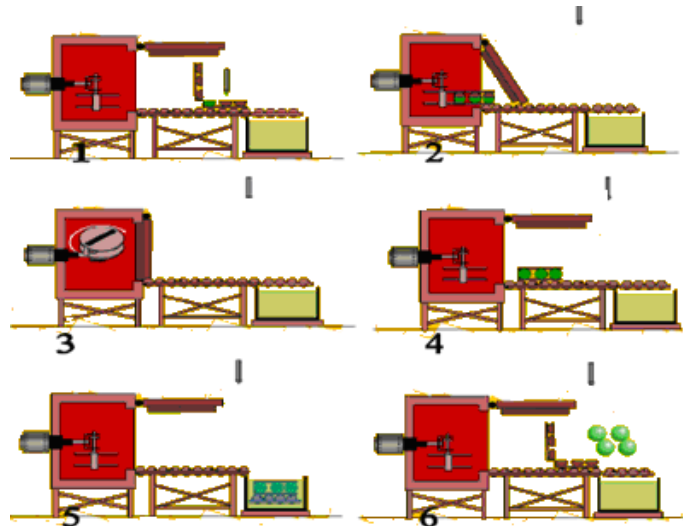


Fig. 1.43 Moldeo por rotomoldeo

1.3.3.2.9 Moldeo por soplado

Es un proceso usado para hacer formas huecas (botellas, recipientes). Un cilindro plástico de paredes delgadas es extruido y luego cortado en el largo que se desea. Luego el cilindro se coloca en un molde que se cierra sobre el polímero ablandado y le suprime su parte inferior cortándola. Una corriente de aire o vapor es insuflado por el otro extremo y expande el material hasta llenar la cavidad. El molde es enfriado para el fraguado.

Para recipientes grandes, el polímero fundido debe extruirse muy rápidamente o se deformará debido a la gravedad. Esto se llama extrusión intermitente ya que normalmente sólo produce uno o dos recipientes durante cada ciclo de máquina.

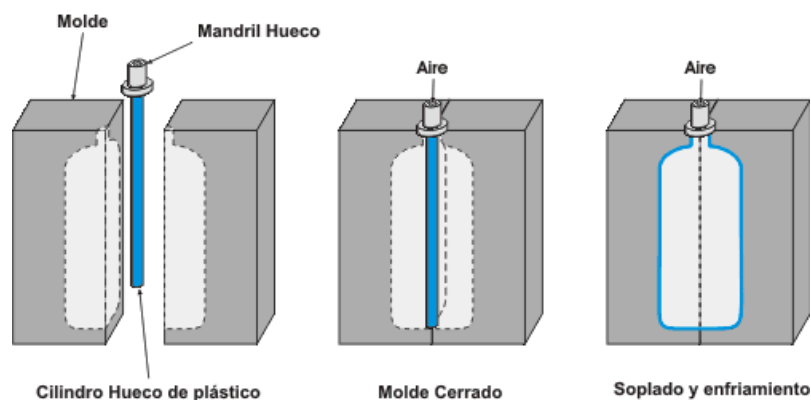


Fig. 1.44 Moldeo por soplado

1.3.3.2.10 Moldeo en hueco

Se aplica el polímero en un molde, y se gelifica en un baño caliente. El periodo de permanencia dentro del baño depende del espesor requerido. Se extrae el polímero sobrante no gelificado, completándose luego la gelificación del mismo que permanece en el molde.

Finalmente, desmolda. Las aplicaciones para este proceso incluyen auto partes y máscaras.

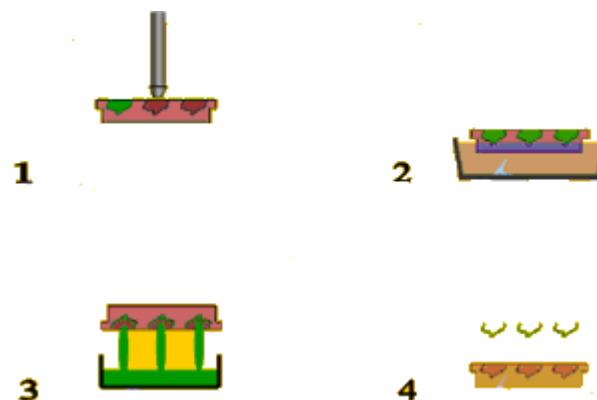


Fig. 1.45 Moldeo en hueco

1.3.3.2.11 Film soplado y extruido

El film soplado se produce a partir de mezclas secas o pellets, de polímero y aditivos, que se alimentan a una extrusora donde se funde y se homogeneiza. Esta mezcla fundida alimenta un cabezal circular de soplado donde se conforma un tubo continuo, que al momento de abandonar el cabezal es inflado. El volumen del aire estira el tubo al ancho deseado, esta burbuja se cierra por medio de dos rodillos y a partir de allí comienza el corte y bobinado del film. El espesor se regula con la velocidad de extrusión y la velocidad de bobinado.

En el caso del Film extruido también se alimenta una extrusora con la diferencia que se utiliza un cabezal plano donde se forma el film. Éste se dirige hacia un rodillo frío para enfriarlo y luego se lo bobina. Generalmente tiene mejores propiedades ópticas que una película soplada y puede producirse a velocidades de línea de producción más altas.

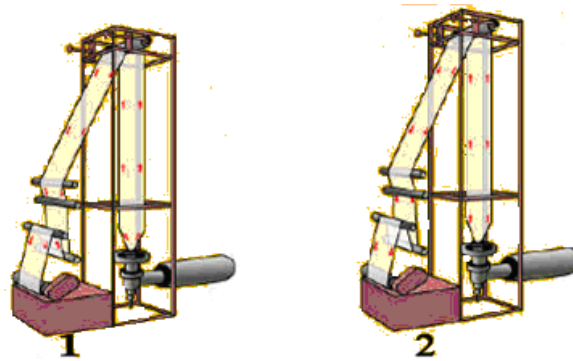


Fig. 1.46 Film soplado y extruido

1.3.4 Termoplásticos

1.3.4.1 PLÁSTICOS IMPORTANTES

El cloruro de polivinilo (PVC) es el termoplástico más empleado y se obtiene con ácido clorhídrico (HCl) y acetileno (C_2H_2). Ambas sustancias de partida se combinan formando gas cloruro de vinilo. Por polimerización se obtiene el cloruro de polivinilo, que es un polvo blanco.

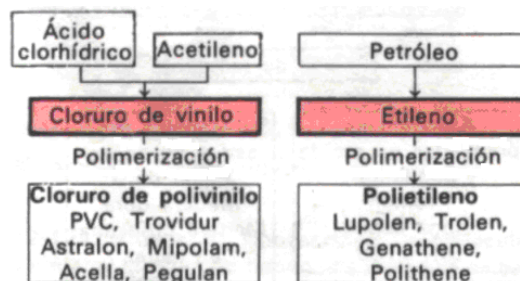


Fig. 1.47 Estructura de los termoplásticos

1.3.4.1.1 El PVC duro sustituye en muchos casos a los metales. Se fabrica en planchas y en tubos (depósitos y tuberías). Las piezas se mecanizan con arranque de viruta de la misma forma que los metales. La resistencia a la tracción es de 60 N/mm^2 a temperatura normal y el alargamiento es del 300%. La conductividad térmica es muy pequeña. El PVC duro es muy sensible al entalle, es insípido e inodoro, y resistente a las lejías y a los ácidos.

1.3.4.1.2 El PVC blando se fabrica como el PVC duro con adición de un reblandecedor.

Por este sistema consigue propiedades como las de la goma blanda. Se colorea y se lamina en forma de hojas y planchas. Ejemplos de aplicación son las mangueras con o sin soporte textil y el cuero artificial para tapicería. El PVC blando se corta perfora y suelda bien, pero por arranque de viruta se mecaniza mal.

1.3.4.1.3 El polietileno (símbolo PE = polietileno) es ligero ($\rho = 0.92$ a 0.95 kg/dm³) y no es atacado por el agua. Es químicamente estable frente a ácidos, lejías y grasas. Es atacado por la gasolina y los aceites lo dañan. El polietileno es inodoro e insípido, buen aislante y resistente a la corrosión. Para uso permanente es adecuado hasta 70°C. Ejemplos de aplicación: material de embalaje, botellas para productos químicos, aislantes eléctricos. Es de alto peso molecular es un sólido blanco y translúcido. En secciones delgadas es casi del todo transparente. A las temperaturas ordinarias es tenaz y flexible, y tiene una superficie relativamente blanda que puede rayarse con la uña. A medida que aumenta la temperatura, el sólido va haciéndose más blando y finalmente se funde a unos 110 °C, transformándose en un líquido transparente. Si se reduce la temperatura por debajo de la normal, el sólido se hace más duro y más rígido, y se alcanza una temperatura a la cual una muestra no puede doblarse sin romperse. Es químicamente inerte. Se obtiene de la polimerización del etileno, del que deriva su nombre. Este polímero puede ser producido por diferentes reacciones de polimerización, como por ejemplo: Polimerización por radicales libres, polimerización aniónica, polimerización por coordinación de iones o polimerización catiónica. Cada uno de estos mecanismos de reacción produce un tipo diferente de polietileno.

1.3.4.1.3.1 Clasificación y propiedades físicas

La abreviatura de polietileno comúnmente utilizada es PE. Los polietilenos pueden clasificarse en:

1.3.4.1.3.1.1 PEBD (en inglés conocido como LDPE o PE-LD): Polietileno de Baja Densidad;

- ❖ No tóxico
- ❖ Flexible
- ❖ Liviano
- ❖ Transparente
- ❖ Inerte (al contenido)
- ❖ Impermeable
- ❖ Poca estabilidad dimensional, pero fácil procesamiento
- ❖ Bajo costo

1.3.4.1.3.1.2 PEAD (en inglés conocido como HDPE o PE-HD): Polietileno de Alta Densidad; densidad igual o menor a 0.941 g/cm³. Tiene un bajo nivel de ramificaciones, por lo cual su densidad es alta, las fuerzas intermoleculares son altas también. La producción de un buen PEAD depende de la selección del catalizador. Algunos de los catalizadores modernos incluyen los de Ziegler-Natta.

- ❖ Resistente a las bajas temperaturas;
- ❖ Alta resistencia a la tensión; compresión, tracción;
- ❖ Baja densidad en comparación con metales u otros materiales;
- ❖ Impermeable;
- ❖ Inerte (al contenido), baja reactividad;
- ❖ No tóxico
- ❖ Poca estabilidad dimensional, creep

1.3.4.1.3.1.3 PELBD (en inglés conocido como LLDPE): Polietileno lineal de baja densidad;

UHWPE: Polietileno de ultra alto peso molecular;

PEX: Polietileno con formación de red;

| Características | PEBD | PEAD | PELBD |
|---|------------------------|----------------------|----------------------|
| Grado de cristalinidad [%] | 40 hasta 50 | 60 hasta 80 | 30 hasta 40 |
| Densidad [g/cm ³] | 0,915 hasta 0,935 | 0,94 hasta 0,97 | 0.90 hasta 0.93 |
| Módulo [N/mm ²] a 52215°C | ~130 | ~1000 | - |
| Temperatura de cristalización [°C] | 105 hasta 110 | 130 hasta 135 | 121 hasta 125 |
| estabilidad química | buena | excelente | buena |
| Estrés a ruptura [N/mm ²] | 8,0-10 | 20,0-30,0 | 10,0-30,0 |
| Elongación a ruptura [%] | 20 | 12 | 16 |
| Módulo elástico E [N/mm ²] | 200 | 1000 | - |
| Coefficiente de expansión lineal [K ⁻¹] | 1.7 * 10 ⁻⁴ | 2 * 10 ⁻⁴ | 2 * 10 ⁻⁴ |
| Temperatura máxima permisible [°C] | 80 | 100 | - |
| Temperatura de reblandecimiento [°C] | 110 | 140 | - |

Tabla 1.2 Características de polietileno

1.3.4.1.4 El perlón y el nylon con poliamidas. Estos materiales son de aspecto córneo, elásticos, muy alargables y poseen una gran tenacidad y resistencia al desgaste. Si se estiran en hilos hasta alargarlos de dos a tres veces, se alcanza una resistencia cuatro veces mayor. Con estos hilos se fabrican fibras textiles resistentes, teñibles e inarrugables.

1.3.4.2 COMPORTAMIENTO DE LOS TERMOPLÁSTICOS SOMETIDOS A CALENTAMIENTO

Los termoplásticos pueden adoptar un estado sólido termoelástico y termoplástico. El plástico sólido es apropiado para trabajos de corte (limado, aserrado, fresado, taladrado, torneado punzonado). Si se calienta el plástico sólido, en el intervalo de la temperatura de reblandecimiento o de congelación, la resistencia disminuye repentinamente. El material pasa a un estado termoelástico semejante a la goma y se deforma fácilmente. En este intervalo se produce la conformación por plegado, estirado, embutición profunda y estampado. Mediante enfriamiento posterior por debajo de la temperatura de congelación, la pieza adopta una forma estable. Si la pieza conformada se calienta de nuevo por encima del límite, entonces actúan en el material fuerzas residuales. Esto motiva

que, por ejemplo, un tubo adopte de nuevo la forma de la plancha anterior a la conformación.

Si se sigue calentando, el plástico pasa al intervalo de la temperatura de fluencia, es decir, al intervalo termoplástico (fluido). Por encima del límite tiene lugar la formación de brutos, como la colada, el prensado en caliente, la estampación, extensión o unión por, ej., soldadura. Las piezas fabricadas en este intervalo tienen también forma estable en el intervalo termoelástico.

Calentado por encima del intervalo termoplástico empieza la descomposición química del plástico.

1.3.5 Materiales combinados

1.3.5.1 PLÁSTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO

Los plásticos reforzados con fibra de vidrio combinan altas propiedades mecánicas con poco peso.

1.3.5.2 Materiales matriciales, materiales fibrosos

1.3.5.2.1 Procedimiento de fabricación

Como masa base/material matricial se consideran los termoestables y las resinas de poliésteres o resinas epoxi.

Los plásticos son tenaces pero tienen poca resistencia a la tracción. Las fibras de vidrio son frágiles pero, en cambio, son muy resistentes a la tracción. En los plásticos reforzados con fibras de vidrio se combina la alta resistencia a la tracción de las fibras de vidrio con la tenacidad de los plásticos. Por lo tanto, se compensan la fragilidad de las fibras de vidrio y la baja resistencia a la tracción de los plásticos. En el sentido de las fibras se alcanza una resistencia a la tracción de 400 a 500 N/mm, con una densidad de 1,4 a 1,8 kg/dm³.

1. En el laminado a mano se coloca el tejido de fibra de vidrio y/o esterilla de fibra de vidrio en el molde provisto de una capa separadora y de una capa de resina, se impregna luego con resina y se aplica una capa cubriente de la misma.

2. En el procedimiento de enrollado se pasan las fibras de vidrio por un baño de resina van enrollando en un núcleo que gira (fabricación de tubos y depósitos).
3. En el caso de inyección de resma y fibra se intercalan fibras cortas en la prensa de inyección.

1.4 MÁQUINAS PARA INYECCIÓN DE PLÁSTICO

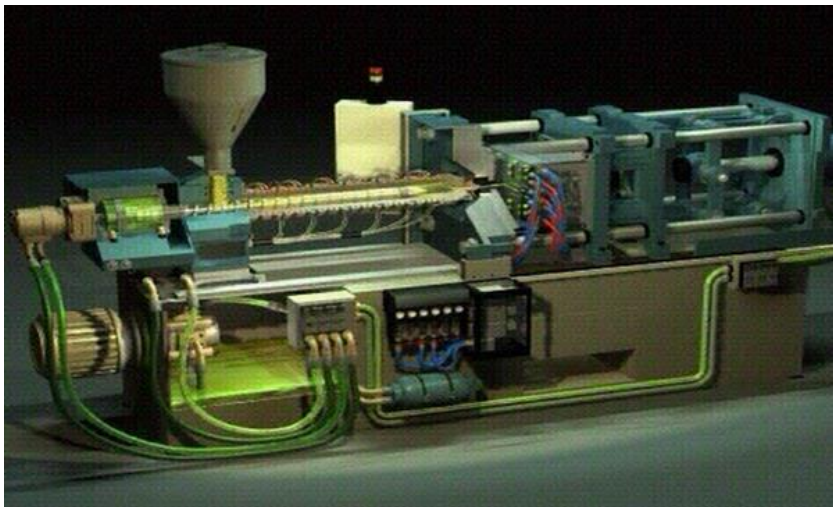


Fig. 1.48 Corte esquemático de inyectora de plástico

Las partes más importantes de la máquina son:

1.4.1 UNIDAD DE INYECCIÓN

La función principal de la unidad de inyección es la de fundir, mezclar e inyectar el polímero. Para lograr esto se utilizan husillos de diferentes características según el polímero que se desea fundir. El estudio del proceso de fusión de un polímero en la unidad de inyección debe considerar tres condiciones termodinámicas:

- ❖ La temperatura de procesamiento del polímero.
- ❖ La capacidad calorífica del polímero C_p [cal/g °C].
- ❖ El calor latente de fusión, si el polímero es semicristalino.

El proceso de fusión involucra un incremento en el calor del polímero, que resulta del aumento de temperatura y de la fricción entre el barril y el husillo. La fricción y esfuerzos cortantes son básicos para una fusión eficiente, dado que los polímeros

no son buenos conductores de calor. Un incremento en temperatura disminuye la viscosidad del polímero fundido; lo mismo sucede al incrementar la velocidad de corte. Por ello ambos parámetros deben ser ajustados durante el proceso. Existen, además, metales estándares para cada polímero con el fin de evitar la corrosión o degradación. Con algunas excepciones como el PVC, la mayoría de los plásticos pueden utilizarse en las mismas máquinas.

La unidad de inyección es en origen una máquina de extrusión con un solo husillo, teniendo el barril calentadores y sensores para mantener una temperatura programada constante. La profundidad entre el canal y el husillo disminuye gradual (o drásticamente, en aplicaciones especiales) desde la zona de alimentación hasta la zona de dosificación. De esta manera, la presión en el barril aumenta gradualmente. El esfuerzo mecánico, de corte y la compresión añaden calor al sistema y funden el polímero más eficientemente que si hubiera únicamente calor, siendo ésta la razón fundamental por la cual se utiliza un husillo y no una autoclave para obtener el fundido.

Una diferencia sustancial con respecto al proceso de extrusión es la existencia de una parte extra llamada cámara de reserva. Es allí donde se acumula el polímero fundido para ser inyectado. Esta cámara actúa como la de un pistón; toda la unidad se comporta como el émbolo que empuja el material. Debido a esto, una parte del husillo termina por subutilizarse, por lo que se recomiendan cañones largos para procesos de mezclado eficiente. Tanto en inyección como en extrusión se deben tomar en cuenta las relaciones de PvT (Presión, volumen, temperatura), que ayudan a entender cómo se comporta un polímero al fundir.

1.4.2 UNIDAD DE CIERRE

Es una prensa hidráulica o mecánica, con una fuerza de cierre bastante grande que contrarresta la fuerza ejercida por el polímero fundido al ser inyectado en el molde. Las fuerzas localizadas pueden generar presiones del orden de cientos de MPa, que sólo se encuentran en el planeta de forma natural únicamente en los puntos más profundos del océano.

Si la fuerza de cierre es insuficiente, el material escapará por la unión del molde, causando así que la pieza final tenga defectos de rebabas. Es común utilizar el área proyectada de una pieza (área que representa perpendicularmente a la

unidad de cierre el total de la cavidad) para determinar la fuerza de cierre requerida, excluyendo posibles huecos o agujeros de la pieza.

1.4.3 MOLDE

El molde (también llamado herramienta) es la parte más importante de la máquina de inyección, ya que es el espacio donde se genera la pieza; para producir un producto diferente, simplemente se cambia el molde, al ser una pieza intercambiable que se atornilla en la unidad de cierre.

Las partes del molde son:

- ❖ **Cavidad:** es el volumen en el cual la pieza será moldeada.
- ❖ **Canales o ductos:** son conductos a través de los cuales el polímero fundido fluye debido a la presión de inyección. El canal de alimentación se llena a través de la boquilla, los siguientes canales son los denominados bebederos y finalmente se encuentra la compuerta.
- ❖ **Canales de enfriamiento:** Son canales por los cuales circula agua para regular la temperatura del molde. Su diseño es complejo y específico para cada pieza y molde, ya que de un correcto enfriamiento depende que la pieza no se deforme debido a contracciones irregulares.
- ❖ **Barras expulsoras:** al abrir el molde, estas barras expulsan la pieza moldeada fuera de la cavidad, pudiendo a veces contar con la ayuda de un robot para realizar esta operación.

1.4.4 INYECTORA DE PLÁSTICO



Fig. 1.49 Máquina inyectora de plástico

1.4.4.1 Usos:

Las máquinas están disponibles para el moldeo de la inyección de una gran variedad de plásticos para producir todas las clases de artículos plásticos de tamaño pequeño y grande.

1.4.4.2 Características:

Esta máquina ha incorporado todas las ventajas de otros tipos, con las características de ahorro de energía y silenciosa debido al diseño excepcional.

El tornillo es conducido directamente por un motor hidráulico del grande esfuerzo de torsión de poca velocidad, con el cual el ajuste stepless de la velocidad puede ser observado.

La presión de dos etapas y de la inyección de las tres etapas se ha diseñado para así aumentar la velocidad de la inyección durante la operación.

Un dispositivo de goteo se ha diseñado especialmente para prevenir el material viscoso debajo del inyector para la limpieza.

Un engranaje rotatorio se ha diseñado para la unidad de la inyección, que es conveniente desmontar el tornillo del inyector para la limpieza.

Con un engranaje que expulsa mecánicamente e hidráulicamente la máquina tiene la función al golpe de gracia el producto en una o varias veces según el requisito.

Un dispositivo de alarma para los apuros de la operación se ha equipado y da una exhibición clara para los operadores. Mientras tanto un cierre del molde de la presión baja.

Se ha equipado de varios protectores de seguridad para asegurarse en operaciones mecánicas y eléctricas sensibles y confiables.

Un lazo proporcional de la presión se ha adoptado en el sistema hidráulico de la bomba doble, que ahorra energía.

3 modos del control (manual, semiautomático, completamente automático) están disponibles.

1.4.5 DIFERENTES TIPOS DE MÁQUINAS QUE SE USAN PARA LA INYECCIÓN DE PLÁSTICO

1.4.5.1 Allrounder 570 C, Golden Edition, de Arburg.



Fig. 1.50 Allrounder 570 C

Es una máquina eléctrica de alto desempeño, que sobresale por su diseño modular y su capacidad de expansión.

Uno de los grandes beneficios de las máquinas Arburg es que los ejes eléctricos principales pueden combinarse en forma individual con ejes eléctricos o hidráulicos. Las funciones de apertura y cierre de molde, inyección y dosificación han sido diseñados con impulsores eléctricos como estándar, que operan en forma independiente. De esta forma, se reduce el tiempo de ciclo y se ahorra energía.

1.4.5.2 Bi-Power, de Negri Bossi



Fig. 1.51 Bi-Power

Bi-Power, con fuerzas de cierre desde 1.100 hasta 6.000 toneladas y con capacidades de disparo desde 80 oz hasta más de 1600 oz.

La unidad de cierre consta de dos portamoldes que reducen el área de instalación de la máquina, suministrando máxima flexibilidad a la altura del molde y al movimiento de cierre. La unidad de inyección incorpora un sistema con motor eléctrico AC, con control vectorial acoplado a una caja de cambios axial para la rotación del tornillo, que reduce el consumo de energía. La serie Bi-Power es capaz de realizar tres fases de funcionamiento simultáneo de la máquina (rotación del tornillo, apertura y cierre del molde y expulsión de las piezas), manteniendo total control de cada movimiento. Además tiene incorporada una interfaz para simplificar las conexiones entre los controles de los aparatos periféricos.

Es de resaltar que esta serie de máquinas utiliza un diseño de bajo perfil para tener un acceso fácil al área de moldeo e integra soluciones completas de automatización.

1.4.5.3 Elion de Netstal.



Fig. 1.52 Elion de Netstal.

Es una máquina completamente eléctrica, Elion. Con capacidad desde 55 hasta 192 toneladas US de fuerza de cierre, esta máquina fue diseñada para inyectar a una tasa de 9.8 in/s y, opcionalmente, a 17.7 in/s. Sus ciclos de enfriamiento están en menos de 1.4 s, una cifra que compite únicamente con las máquinas hidráulicas más rápidas del mercado actual. El sistema de lubricación para el mecanismo de cierre usa un sistema de ciclo cerrado que circula constantemente aceite a todos los rodamientos sujetos a carga, asegurando que no haya

contaminación del lubricante en la zona de cierre. Las máquinas Elion tienen sistemas de enfriamiento por agua en sus conductores y motores.

1.4.5.4 Unidad de cierre MX, de Krauss-Maffei.



Fig. 1.53 Unidad de cierre M

La unidad de cierre MX, es empleada para la inyección de compuestos. Gracias a su diseño modular, la unidad de cierre puede ser combinada con una extrusora de doble tornillo para crear la inyectora de compuestos. ("Injection Molding Compounder", IMC). Con esta tecnología pueden producirse artículos compuestos de varios componentes crudos (mezclas) en un solo proceso. O pueden ser llenados o reforzados con aditivos, cargas o fibras. La compra de materiales crudos por separado es en muchos casos más efectiva en costos para el procesador que obtener compuestos hechos previamente.

1.4.5.5 Máquinas de inyección por rodillera MTg, de Cincinnati Milacron.



Fig. 1.54 Máquinas de inyección por rodillera MTg

Estas máquinas demostrarán su adaptabilidad en una aplicación de moldeo de dos componentes, acompañadas de una unidad de inyección de bajo costo de. Los equipos tienen hidráulica proporcional de última tecnología con una precisión de posicionamiento de 0.035 mm y procesos de control de lazo cerrado para 10 puntos de velocidad y 10 puntos de perfil de presión.

Estas máquinas están diseñadas para alto volumen de producción y para disminuir el tiempo de cambios y servicio mediante una unidad de inyección articulada que facilita el rápido reemplazo de tornillos, mientras una tolva, también articulada, permite cambiar de material o color de manera conveniente.

1.4.5.6 Quadloc Tandem



Fig. 1.55 Quadloc Tandem

Este sistema permite la inyección simultánea en dos moldes de piezas iguales o similares. En esta máquina se estaban inyectando dos paneles de puerta (izquierdo y derecho) en un ciclo de 45 segundos. Las ventajas de esta nueva generación de moldeo tándem comparada con las anteriores son, en primer lugar, que permite la inyección de piezas de diferente peso, y en segundo lugar, que es posible operar moldes con diferentes carreras de apertura. Adicionalmente, la placa central que aloja las dos mitades de los moldes tiene incorporado el sistema de colada caliente, el cual es alimentado lateralmente, facilitando la instalación de los moldes y ampliando la carrera de apertura disponible para el procesamiento.

1.4.5.7 Inyección Asistida con Agua y Proceso X-Melt de Engel

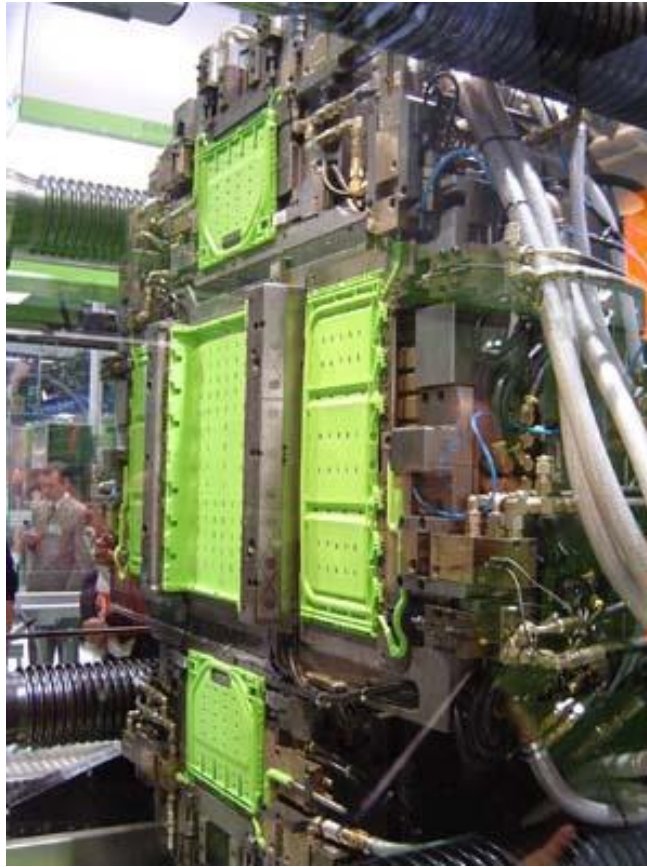


Fig. 1. 56 Inyección Asistida con Agua y Proceso X-Melt

Es un proceso con molde de multicavidades para la inyección del fondo y los 4 laterales de una caja colapsible de 600 mm x 400 mm x 280 mm empleando el proceso de inyección asistido con agua. Para la inyección del agua en el molde multicavidades se utilizó únicamente una unidad manejadora de agua con un sistema de inyección multipunto. El material plástico que era desplazado por el agua del núcleo de cada pieza llenaba cavidades auxiliares, proceso conocido como "blow-out". Una vez finalizado el llenado y enfriamiento de las piezas se expulsaba el agua por medio de aire comprimido hasta que éstas quedaban completamente secas. Luego, un robot extraía las piezas del molde, separaba las cavidades auxiliares y realizaba el ensamble de la caja, convirtiendo este conjunto de procesos en una celda de manufactura.

1.4.5.8 DETW — Tecnología doble cubo



Fig. 1.57 DETW

Con la tecnología de molde de doble cubo para la inyección de un recipiente con su tapa. En esta tecnología se integran los procesos de inyección de dos materiales (cuerpo y tapa), decoración interna en el molde, ensamble de las piezas y extracción de las mismas por medio de robot.

El diseño del molde permite la operación simultánea de varias fases del proceso: mientras se inyectan el cuerpo y la tapa en una cara de cada cubo, en dos de las cuatro caras expuestas ocurren dos procesos diferentes: en una se coloca la película decorativa y en la otra se extrae el producto terminado. Luego, el molde se abre, rota 90 grados y al momento de cerrar se realiza el ensamble entre el cuerpo y la tapa. El tiempo de ciclo para obtener el recipiente en dos colores, con decoración en la tapa y ensamblado es de 6,5 segundos.

CAPÍTULO II

ESTUDIOS DE ALTERNATIVAS

2.1 DEFINICIÓN DE ALTERNATIVA

La construcción de un molde que tiene como función el moldear aviones a inyección de plástico u otro material con similares características, debe cumplir algunos requerimientos para poder cubrir todas las necesidades para la que ha sido concebida al momento de moldear, para lo cual se propone las siguientes alternativas.

1. Construcción de un molde por electroerosión.
2. Construcción de un molde CNC (Control Numérico Computarizado).

2.2 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

Se empieza a analizar las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas para definir los requerimientos apropiados para poder elaborar el molde apropiado.

2.2.1 PRIMERA ALTERNATIVA

2.2.1.1 Ventajas

- ❖ Su operación es relativamente mas fácil
- ❖ Su costo de construcción es medio.
- ❖ Permite la obtención de piezas con formas de simetría compleja, tanto externa como internamente.

2.2.1.2 Desventajas

- ❖ El operador tiene una mayor participación en la construcción
- ❖ Existe una cierta complejidad en el desbaste del material

- ❖ Mayores horas hombre en la construcción del molde.

2.2.2 SEGUNDA ALTERNATIVA

2.2.2.1 Ventajas

- ❖ Es un proceso de alta precisión.
- ❖ Es totalmente computarizado
- ❖ Se reduce el tiempo de construcción.

2.2.2.2 Desventajas

- ❖ Su costo de construcción es elevadamente alto.
- ❖ Para la construcción se necesita de maquinaria especial y de personal altamente calificado.
- ❖ Aristas complicadas no puede realizarlas.

2.3 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

En la evaluación de las alternativas se debe tomar en cuenta la operación mantenimiento, costo, fuerza ejercida por el operador al momento de construir y de utilizar el molde.

La evaluación de cada alternativa se lo realiza en forma cualitativa calificándola en mala, buena, muy buena, sobresaliente, con la finalidad de cuantificar con una puntuación de 7, 8, 9 y 10 respectivamente, para poder determinar la mejor opción en la construcción del molde.

Tabla 2.1 Evaluación cualitativa y cuantitativa

| CUALITATIVA | CUANTITATIVA |
|---------------|--------------|
| SOBRESALIENTE | 10 |
| MUY BUENA | 9 |
| BUENA | 8 |
| REGULAR | 7 |

2.3.1 COMPLEJIDAD DE CONSTRUCCIÓN

Tiene que ver con las características técnicas y propiedades del material a utilizar en la construcción, en este caso de los moldes a los que se va a evaluar. Así también tomando en cuenta los pasos de construcción y de fabricación

Tabla 2.2 Evaluación cualitativa y cuantitativa de complejidad de construcción

| MOLDE | EVALUACION | |
|----------------|-------------------|-----------|
| Electroerosión | 8 | Buena |
| CNC | 9 | Muy buena |

2.3.2 OPERACIÓN

La operación de la maquinaria para el molde por CNC, es mucho más compleja por la gran capacitación que debe tener el operario, en cambio que el molde por electroerosión la capacitación del operario es menor.

Tabla 2.3 Evaluación cualitativa y cuantitativa de operación

| MOLDE | EVALUACION | |
|----------------|-------------------|-----------|
| Electroerosión | 9 | Muy buena |
| CNC | 7 | Regular |

2.3.3 COSTO

En cuanto al costo se puede decir que el material es de fácil accesibilidad para las dos alternativas, pero el precio de construcción es diferente, ya que las horas construcción el molde por CNC es mucha mas elevada que por el de electroerosión.

Tabla 2.4 Evaluación cualitativa y cuantitativa de costos

| MOLDE | EVALUACION | |
|----------------|-------------------|---------------|
| Electroerosión | 10 | Sobresaliente |
| CNC | 7 | Regular |

2.3.4 FACTOR ERGONÓMICO

La determinación del factor ergonómico, viene dado por el contacto que tiene el operario directamente con el molde. En CNC, el contacto solo existe en el momento de la instalación, en cambio que por el de electroerosión el contacto es en varias etapas del proceso.

Tabla 2.5 Evaluación cualitativa y cuantitativa de factor ergonómico

| MOLDE | EVALUACION | |
|----------------|-------------------|---------------|
| Electroerosión | 9 | Muy buena |
| CNC | 10 | Sobresaliente |

2.3.5 TIEMPO DE MOLDEO

El tiempo en que se operara para inyección del molde mecanizado es relativamente bajo por lo que tiene una sola cavidad.

En el molde por electroerosión influirá el número de moldes que se han construido para el moldeo de la pieza.

Tabla 2.6 Evaluación cualitativa y cuantitativa del tiempo de moldeo

| MOLDE | EVALUACION | |
|----------------|-------------------|-----------|
| Electroerosión | 8 | Buena |
| CNC | 9 | Muy buena |

2.4 MATRIZ DE SELECCIÓN

En la siguiente tabla se resumen todos los resultados obtenidos de las dos alternativas, para poder escoger el tipo de construcción del molde que pueda cumplir con todas las expectativas.

Tabla 2.7 Matriz de evaluación

| PARÁMETROS | PUNTAJE | MOLDES POR | | | |
|-----------------------------|---------|---------------------|------------|----------------|------------|
| | | CONTROL DE NUMÉRICO | | ELECTROEROSIÓN | |
| | | COMPUTARIZADO | | | |
| | | CUANTI. | P x Ct | CUANTI. | P x Ct |
| COMPLEJIDAD DE CONSTRUCCIÓN | 9 | 9 | 81 | 8 | 72 |
| OPERACIÓN | 9 | 7 | 63 | 9 | 81 |
| COSTO | 10 | 7 | 70 | 10 | 100 |
| FACTOR ERGONÓMICO | 8 | 10 | 80 | 9 | 72 |
| TIEMPO DE FABRICACIÓN | 9 | 9 | 81 | 8 | 72 |
| TOTAL | | | 375 | | 397 |

2.5 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Ya realizado el estudio técnico, económico y ergonómico de las alternativas en base de parámetros de evaluación, se ha decidido que la primera alternativa es la mas adecuada para la construcción del molde.

CAPÍTULO III

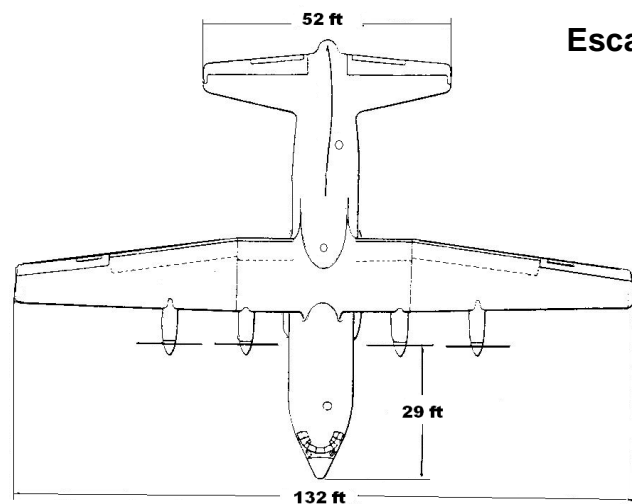
CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE

3.1 PROCEDIMIENTO

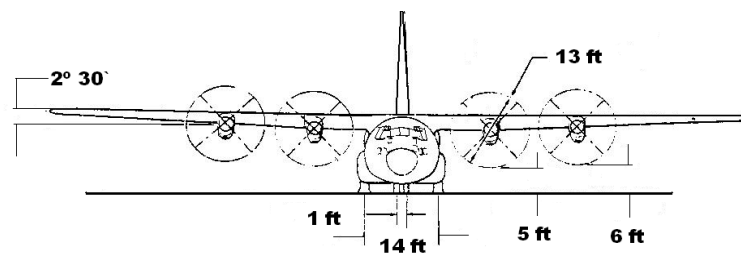
Para la construcción del molde se siguió varios procesos que comenzaron de la siguiente manera:

3.1.1 PLANOS DEL AVIÓN C-130

Para la elaboración del modelo a escala, se consultaron los planos en las O.T. del avión C-130 y se le hizo una reducción de sus medidas a una escala de 1:265.



Escala: 1:1



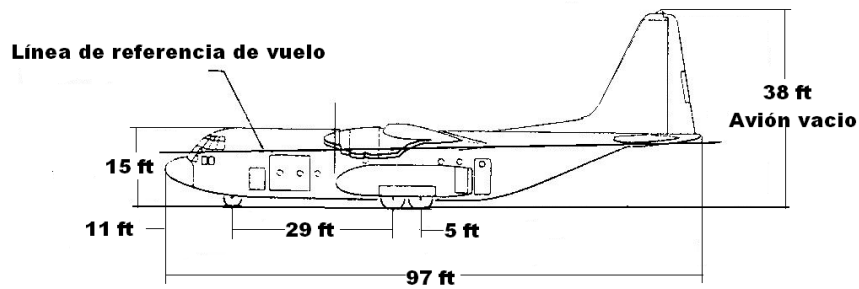


Fig. 3.1 Dimensiones del avión C-130

3.1.2 MODELO

El modelo fue hecho en balsa por mayor facilidad en la construcción y por su costo. Este modelo va hacer la parte inicial para la obtención de la cavidad del molde, ya que de este se obtiene la herramienta de corte que son los electrodos.



Fig. 3.2 Modelo

3.1.3 MECANIZADO

Para la obtención de la cavidad, primero se tuvieron que mecanizar las placas por medio de torneado y fresado, para poder darle una forma que permita facilitara la electroerosión, ya que este último es el que da el terminado deseado logrando de esta manera la forma de la cavidad



Fig. 3.3 Máquina de eletroerosión

3.1.4 ELECTRODOS

Esta es la herramienta de corte, que se usa para dar la forma del avión en las placas. Para el desbaste de las placas se le da la forma de cada una de las partes del avión como son el fuselaje, alas, etc.

Estos electrodos son de grafito o cobre, son hechos con estos materiales por que tiene buenas características de conductibilidad de la electricidad, pero se usa más el grafito por su mayor resistencia con relación al cobre.



Fig. 3.4 Electrodos

3.1.5 ESTAMPAS

Las estampas son de acero de transmisión, y estas son colocadas adecuadamente en la máquina en donde es cubierto completamente por el fluido dieléctico, que con el electrodo se produce el desbaste.



Fig. 3.5 Desbaste por electroerosión

Se debe drenar el diesel para permitirle al electrodo dar a la cavidad un mejor acabado y poder de esta forma evitar el adherimiento del polietileno.



Fig. 3.6 Drenaje del diesel (líquido dieléctico)

De esta manera se da forma del fuselaje, alas, motores, estabilizador horizontal y vertical. El desbaste se realiza estampa por estampa y al momento del cierre se obtiene la cavidad con la forma del avión C-130 a escala



Fig. 3.7 Desbaste de la barquilla

Ya realizados todos los desbaste con cada uno de los electrodos, obtenemos el molde con el acabado necesario para poder inyectar el plástico.



Fig. 3.8 Molde

3.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

La máquina que utilizamos en este caso para la inyección de plástico es una máquina inyectora vertical, la cual tiene un funcionamiento sencillo y que tiene como partes principales:

- ❖ Sistema de cierre
- ❖ Sistema de térmico (cocina)
- ❖ Sistema hidráulico



Fig. 3.9 Inyectora vertical

3.2.1 Sistema de cierre

Es un dispositivo accionado mecánicamente que permite el deslizamiento de la placa móvil hacia la fija, para unir las dos estampas de molde y formar una cavidad hermética.

En esta parte se diría que se encuentra la parte más difícil para la inyección, por lo que es el lugar donde se lleva más tiempo por el montaje de las estampas y el centrado del mismo con la boquilla de inyección



Fig. 3.10 Sistema de cierre

3.2.2 Sistema térmico

Este sistema también es conocido como cocina, el cual está constituido con una serie de elementos que son capaces de transformar el material granular en material fundido.

Esta cocina tiene que llegar a una temperatura máxima de 250 °C, la cual reparte el calor al material uniformemente, para que este pueda ser inyectado sin ningún problema al molde para su moldeo correspondiente.

La inyección se realiza con polietileno de baja a una temperatura de 115 °C, para el fundimiento del plástico



Fig. 3.11 Sistema térmico

3.2.3 Sistema hidráulico

Este sistema permite dar la presión necesaria para que la pieza moldeada no salga rechupada y de esta forma poder obtener un pieza con un buen acabado.



Fig. 3.12 Sistema hidráulico

3.2.4 Pieza moldeada

El tiempo de espera para poder extraer la pieza moldeada es entre 10 y 5 segundos, en donde ya extraída la pieza se la coloca en agua para el enfriamiento.

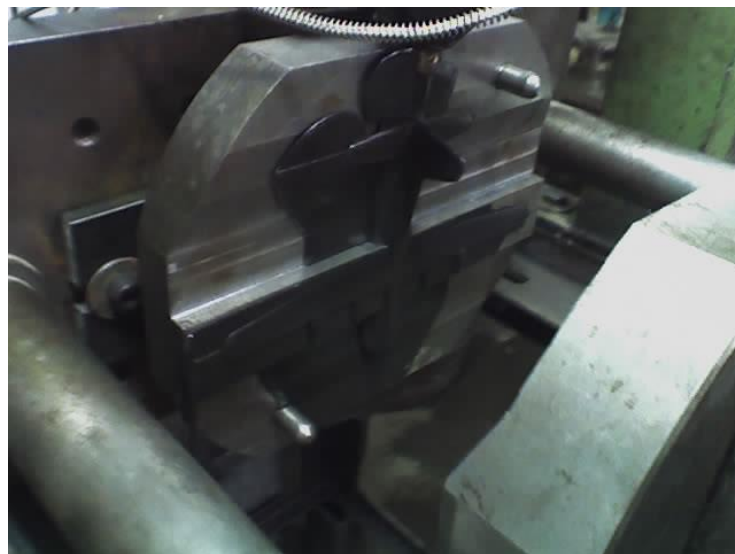


Fig. 3.13 Pieza moldeada

3.2.5 Pieza terminada

Obtenemos la pieza en un estado en bruto, en donde se la debe quitar el exceso de material para poder obtener la pieza terminada.



Fig. 3.14 Pieza en bruto

3.2.6 Hélices

Para dar la presentación final del avión se realizaron las hélices aparte por la dificultad que había para ser moldeada con el avión, cuya construcción es fácil de realizar y se las puede hacer con cualquier tipo de material.

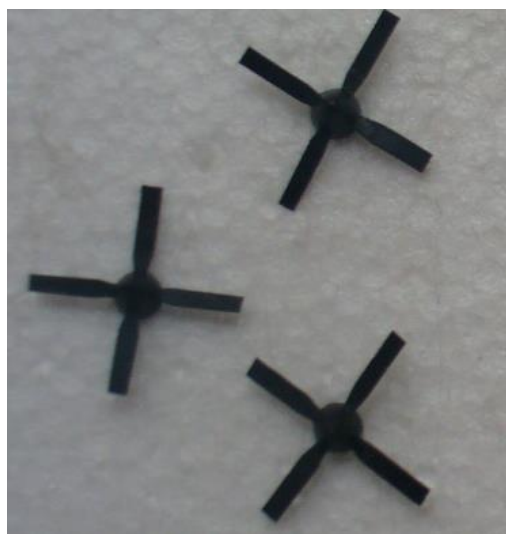


Fig. 3.15 Hélices

3.3 Costo por pieza moldeada

Para el cálculo del coste por pieza moldeada se obtuvo los resultados por experiencia, en donde se tomó el peso de un avión dando como resultado que la pieza moldeada tiene un peso aproximado de 70 g, la mano de obra por avión es de 0,60 dólares y el valor del kilo de polietileno es 2,5 dólares

$$1000g. - 2,5dólares$$

$$70g. - x$$

$$x = \frac{70 * 2,5}{1000} = 0,18dólares$$

Entonces tenemos que cada avión tendría un costo de 0,18 dólares y que sumado con la mano de obra, daría como resultado que cada avión tendría un valor aproximado de 0,78 de dólar

CAPÍTULO IV

ELABORACIÓN DE MANUALES

4 DESCRIPCIÓN GENERAL


Para la elaboración de estos manuales se tomaron en cuenta varios aspectos, por la necesidad de tener los conocimientos necesarios de operación, de mantenimiento y seguridad para el correcto uso del molde.

El uso correcto de estos manuales nos permitirá extender la vida útil del molde logrando así evitar pérdidas materiales y humanas.

A continuación se enumerarán los manuales que se van tener en cuenta al momento de uso del molde.

| MANUALES | CUADRO |
|-------------------------|---------------|
| MANUAL DE OPERACIÓN | 4.1 |
| MANUAL DE MANTENIMIENTO | 4.2 |
| MANUAL DE SEGURIDAD | 4.3 |
| HOJAS DE REGISTRO | 4.4 |

4.1 MANUAL DE OPERACIÓN

| | | |
|---|--|--------------------------|
|  ITSA | MANUAL | Pág. : 1 DE 2 |
| | MANUAL DE OPERACIÓN | Cuadro N°: 4.1 |
| | Elaborado por: Valencia Luis | Revisión No: 1 |
| | Revisado por: Ing. Trujillo Guillermo | Fecha: |
| | | |

1. OBJETIVO

Documentar normas que se deben tomar en cuenta para el correcto uso del molde

2. ALCANCE

Contemplar los pasos que se debe seguir para la correcta operación e instalación del molde para la inyección de plásticos.


3. NORMAS DE OPERACIÓN

Para que el molde tenga el cierre correcto se debe colocar las estampas en el plato porta molde fijo y la otra en la móvil.

Se deben colocar las guías macho y hembra en la estampa fija.

Se acercan la estampa fija hacia la móvil, hasta que el cilindro de inyección este ubicado correctamente perpendicular al plano de unión.

El material que se va a fundir ya preparado con el colorante que desee, es introducido en el cilindro de inyección para su calentamiento.

| | | |
|---|--|-----------------------|
|  | MANUAL | Pág. : 2 DE 2 |
| | MANUAL DE OPERACIÓN | Cuadro: 4.1 |
| | Elaborado por: Valencia Luis | Revisión No: 1 |
| | Revisado por: Ing. Trujillo Guillermo | Fecha: |

La conexión de la máquina debe estar en paralelo a la fuente de 110 V y se debe esperar un tiempo de hasta que le marcador de una temperatura de 110 °C, para que el material alcance su estado de fundición.

El plástico ya en su estado fundido, es decir blando comienza a fluir por la boquilla, tan solo por la acción del sistema hidráulico.


El plástico ya inyectado se espera un tiempo de 5 a 10 segundos aproximadamente para poder retirar la pieza moldeada.

Ya retirada la pieza se la introduce en agua para que la pieza se termine de enfriar

Por último se retira el exceso de material que se encuentra en la pieza moldeada

Ya realizado todo el proceso anterior se procede cerrar el molde para poder comenzar otro ciclo

4.2 MANUAL DE MANTENIMIENTO

| | | |
|---|--|-----------------------|
|  <p>ITSA</p> | MANUAL | Pág. : 1 DE 2 |
| | MANUAL DE MANTENIMIENTO | Cuadro: 4.2 |
| | Elaborado por: Valencia Luis | Revisión No: 1 |
| | Revisado por: Ing. Trujillo Guillermo | Fecha: |
| | 1. OBJETIVO Documentar el procedimiento de mantenimiento, para la conservación del estado óptimo en que se encuentra el molde. | |
| 2. ALCANCE Preservar las condiciones en que se encuentra el molde, para el uso que se le va a dar en el futuro, lograremos esto brindando al personal del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico los conocimientos necesarios para el correcto mantenimiento del mismo con seguimiento de este manual | | |
| 3. MANTENIMIENTO Para lograr que el molde mantenga las mismas características de funcionamiento de moldeo, que obtuvimos con la primera inyección, tenemos que mantener tanto la parte externa como la cavidad del molde lubricados. La lubricación se le debe dar al terminar el trabajo de moldeo, con un chequeo periódico de por lo menos 6 meses sin uso. | | |

ITSA



MANUAL

Pág. : 2 DE 2

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Cuadro:
4.2

Elaborado por: Valencia Luis

Revisión No: 1



Revisado por: Ing. Trujillo Guillermo

Fecha:

El molde se le debe mantener en un lugar fresco y seco para evitar la presencia exagerada de corrosión en el molde

Registre cada operación de mantenimiento y causa de defecto si lo hay en el libro de vida del molde, para llevar el control de la forma y fecha de cuando fue realizado la última revisión y poder realizar un estudio del defecto que se ha producido en el mismo.

4.3 MANUAL DE SEGURIDAD

| | | |
|---|--|-----------------------|
|  | MANUAL | Pág. : 2 DE 2 |
|  | MANUAL DE SEGURIDAD | Cuadro: 4.3 |
| | Elaborado por: Valencia Luis | Revisión No: 1 |
| | Revisado por: Ing. Trujillo Guillermo | Fecha: |

1. OBJETIVO

Dar a conocer al operario cual son los posibles peligros desde el momento de encendido de la maquina para la inyección hasta el momento de obtención de la pieza moldeada

2. ALCANCE

Contempla al molde que esta ubicado en el bloque 42 del ITSA, para la observación y manipulación de los estudiantes de las diferentes carreras de la institución

3. SEGURIDAD

Mantener el área de trabajo en orden libre de obstáculos que puedan ocasionar un accidente al operario y libre de materiales inflamables.

En el momento de operación evitar trabajar con joyas o con el overol en mal estado, por que podrían atrancarse con el sistema piñón cremallera.


No tocar la cavidad del molde si guantes, ya que este tiene bordes peligrosos que podrían provocar graves heridas.

| | | |
|--|--|-----------------------|
| | MANUAL DE SEGURIDAD | Cuadro: |
| | | 4.3 |
| | Elaborado por: Valencia Luis | Revisión No: 1 |
| | Revisado por: Ing. Trujillo Guillermo | Fecha: |

Usar mascarilla para evitar la inhalación del humo que se emana durante la fundición del material, por los problemas de salud que podría ocasionar en el operario.

Evitar el derramamiento del material fundido, ya que este podría provocar graves quemaduras.


4.4 HOJAS DE REGISTRO

| | | |
|--|----------------------|----------------------|
|  <p>ITSA MECÁNICA</p> | REGISTRO | Código: |
| | MANTENIMIENTO | Registro No.: |

Hoja: de

| No | FECHA | | TRABAJO REALIZADO | MATERIAL Y/O REPUESTO FINAL | RESPONSABLE | OBSERVACIONES |
|----|--------|-------|-------------------|--------------------------------|-------------|---------------|
| | INICIO | FINAL | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |

Responsable

| | | |
|---|----------------------|----------------------|
|  | REGISTRO | Código: |
| | MANTENIMIENTO | Registro No.: |

Hoja: de

| No | FECHA | | TRABAJO REALIZADO | MATERIAL Y/O REPUESTO FINAL | RESPONSABLE | OBSERVACIONES |
|----|--------|-------|-------------------|--------------------------------|-------------|---------------|
| | INICIO | FINAL | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |

Responsable

CAPÍTULO V

ESTUDIO ECONÓMICO

5.1 PRESUPUESTO

El presupuesto fue realizado en su totalidad tomando en cuenta que el presente proyecto, “Construcción de un molde para inyección de plástico de un avión C-130 a escala”, es totalmente elaborado con financiamiento propio, en la compra de insumos, materiales y trabajo para la realización del mismo, que fueron escogidos de la mejor manera para minimizar costos.

El estudio realizado en estimación de costos, para la elaboración del trabajo se estipuló en un gasto 470 dólares.

5.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

Lo más destacado en lo que se debe a los rubros para la construcción del molde, va de la siguiente forma.

- ❖ Materiales
- ❖ Máquinas herramientas
- ❖ Mano de obra
- ❖ Otros

5.2.1 Materiales

Este rubro comprende toda la materia prima que es necesaria para la construcción del molde y la realización del texto.

- ❖ Balsa
- ❖ Placas de acero
- ❖ Polietileno

5.2.2 Máquinas herramientas

En la construcción del molde se utilizaron máquinas y herramientas, con los cuales se realizaron los trabajos de medición, fresado, lijado, etc.

5.2.3 Mano de obra

La mano de obra comprende a todo lo que se ha realizado como la construcción del modelo y el molde.

5.2.4 Otros

Comprende todo lo referente a imprevistos que no se tomaron en cuenta al principio, pero en el transcurso de la construcción del molde fueron también de ayuda para la realización de este proyecto.

Tabla 5.1 Detalles de rubros y costos

| MATERIALES | DETALLE | CANTIDAD | VLR UNIT. | COSTO |
|--------------------|----------------------|----------|-----------|--------|
| MODELO | MADERA | 1 PIEZA | 10 | 10 |
| PLACAS | ACERO DE TRANSMISIÓN | 2 PIEZAS | 100 | 200 |
| PLÁSTICO | POLIETILENO | 5 KILOS | 2,5 | 12,5 |
| FRESADO Y TORNEADO | | 10 HORAS | 10 | 100 |
| ELECTRODOS | GRAFITO O Cu. | 5 PIEZAS | 25 | 125 |
| ELECTROEROSIÓN | | 30 HORAS | 12 | 400 |
| MANO DE OBRA | | | 400 | 450 |
| HÉLICES | HIERRO | 4 PIEZAS | 1,5 | 6 |
| GASTOS IMPREVISTOS | | | | 50 |
| TOTAL | | | | 1353.5 |

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo es desarrollado considerando los objetivos propuestos en el inicio de este proyecto que se ha cumplido satisfactoriamente en su totalidad. A continuación se manifestará en las siguientes observaciones, conclusiones y recomendaciones.

6.1 CONCLUSIONES

- a) El molde para inyección de plástico, en base a las pruebas del funcionamiento en relación al moldeo de aviones C-130 a escala, se concluye que la obtención del producto ha sido satisfactoria y se halla operativa para la realización del número de aviones que crea conveniente el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

- b) El análisis teórico del funcionamiento y el acople correcto de las estampas que constituye el molde, facilitó el moldeo de los aviones a escala.

- c) Con los estudios ya realizados queda comprobado que el tipo de material con que esta hecho el molde, dará como resultado una gran vida útil y por ende una gran producción.

- d) El estudio teórico da como resultado que este tipo de molde se le puede inyectar cualquier otro tipo de polímero sin que se presente problema alguno.

6.2 RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda que el personal asignado para desarrollar más moldeos de aviones, conozca el funcionamiento y mantenimiento del molde como el de la máquina, teniendo en cuenta los manuales correspondientes.

- b) Para el alargamiento de vida del molde se recomienda un mantenimiento periódico, para evitar la excesiva presencia de corrosión y así poder mantener el mismo acabado de la pieza moldeada.

- c) El material que se va sacando del avión al momento de darle el acabado deseado se lo puede reciclar, para volver a usar sin necesidad de darle tratamiento, con esto disminuiríamos costos.

- d) Se debe tener muy en cuenta las normas de precaución y seguridad antes de proceder a realizar el moldeo.

BIBLIOGRAFÍA:

- ❖ APPOLD, FEILER, REINHARD. (1984) **Tecnología de los metales.** Editorial Reverté, S.A., Barcelona.
- ❖ CLAUDINO, GALLEGO, OMS, SOLDEVILLA(1987) **Tecnología mecánica 21 matriceria y moldes.** Editorial Bruño. Madrid.
- ❖ Enciclopedia Encarta® 2006, Microsoft® Corporation
- ❖ <http://es.wikipedia.org/wiki/Electroerosi%C3%B3n>
- ❖ [http://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno"](http://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno)
- ❖ <http://www.Plásticos.com>

ANEXO A PLANOS

HOJA DE VIDA

NOMBRES Y APELLIDOS : VALENCIA ENRÍQUEZ LUIS ALBERTO
ESTADO CIVIL : SOLTERO
NACIONALIDAD : ECUATORIANO
CEDULA DE IDENTIDAD : 171484561-5
FECHA DE NACIMIENTO : 30 DE MAYO DE 1984
EDAD : 23
DOMICILIO : STO. DGO. DE LOS CLDS. COOP. LIBERACIÓN
POPULAR
ESTUDIOS PRIMARIOS : ESCUELA FISCAL "CIUDAD DE CARACAS"
ESTUDIOS SUPERIORES : COLG. NACIONAL TÉCNICO "JAIME ROLDOS
AGUILERA"
ESTUDIOS SUPERIORES : INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
AERONÁUTICO

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR

Valencia Enríquez Luis Alberto

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

Ing. Arguello Edison

Latacunga, Julio del 2007