



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2014 / 2015

MOLDE DE INYECCIÓN PARA ESTABILIZADOR DE CÁMARA

DOCUMENTO N°2: MEMORIA

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: MARCOS

APELLIDOS: DIEZ LÓPEZ

FDO.:

FECHA: 12/02/2015

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: ROBERTO

APELLIDOS: LOBATO GONZÁLEZ

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA:12/02/2015

2. MEMORIA

2.1. INTRODUCCIÓN	7
2.1.1. DEFINICIONES PREVIAS	7
2.2. OBJETO DEL PROYECTO	8
2.3. ALCANCE DEL PROYECTO	9
2.4. MATERIALES PLÁSTICOS	10
2.4.1. ELASTÓMEROS	10
2.4.2. TERMOESTABLES	11
2.4.2.1. Plásticos de urea-formaldehído (UF)	11
2.4.2.2. Plásticos de melanina-formaldehído (MF)	11
2.4.3. TERMOPLÁSTICOS	12
2.4.3.1. Acrílicos	12
2.4.3.2. Celulósicos	12
2.4.3.3. Nylon	13
2.4.3.4. Óxido fenileno	13
2.4.3.5. Poliéster	13
2.4.3.6. Sulfuro de polifenileno	13
2.4.3.7. Polisulfona	13
2.4.3.8. Poliuretano	13
2.4.3.9. Policarbonato	14
2.4.3.10. Polietileno	14
2.4.3.11. Poliamida	14
2.4.3.12. Polipropileno	14
2.4.3.13. Poliestireno	14
2.4.3.14. Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	15
2.4.4. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS PLÁSTICOS	15
2.4.5. MÉTODOS DE FABRICACIÓN PARA PLÁSTICOS	16
2.4.5.1. Moldeo por extrusión	16

2.4.5.2. Moldeo por soplado	17
2.4.5.3. Moldeo por transferencia	18
2.4.5.4. Moldeo por compresión o sándwich	19
2.4.5.5. Moldeo por inyección	20
2.5. MÁQUINA DE INYECCIÓN	21
2.5.1. UNIDAD DE CIERRE	21
2.5.1.1. Cierre por rodillera simple o doble	22
2.5.1.2. Cierre por pistón	24
2.5.1.3. Cierre mixto rodillera-pistón	24
2.5.1.4. Cierre hidromecánico	24
2.5.2. UNIDAD DE PLASTIFICACIÓN	24
2.5.2.1. Tolva	26
2.5.2.2. Barril de inyección	26
2.5.2.3. Husillo	27
2.5.2.4. Válvula antiretorno	27
2.5.2.5. Boquilla de inyección	27
2.5.2.6. Sistema de calefacción	28
2.5.3. UNIDAD DE POTENCIA	28
2.5.4. UNIDAD DE CONTROL	29
2.5.5. SISTEMA DE EXPULSIÓN	29
2.6. PROCESO DE INYECCIÓN	30
2.6.1. CIERRE DEL MOLDE	32
2.6.2. INYECCIÓN	32
2.6.2.1. Diagrama termodinámico del proceso de inyección	33
2.6.2.1.1. Fase 1-2	34
2.6.2.1.2. Fase 2-3	34
2.6.2.1.3. Fase 3-4	35
2.6.2.1.4. Fase 4-5	36
2.6.2.2. Fase de inyección	36
2.6.2.3. Fase de mantenimiento (compactación)	37
2.6.2.4. Sistema de distribución	38
2.6.2.4.1. Bebedero	38

2.6.2.4.2. Canales	39
2.6.2.4.3. Entradas	40
2.6.3. PLASTIFICACIÓN Y DOSIFICACIÓN	41
2.6.4. ENFRIAMIENTO DE LA PIEZA	42
2.6.5. APERTURA DEL MOLDE Y EXPULSIÓN DE LA PIEZA	43
2.7. MOLDE DE INYECCIÓN	44
2.7.1. PARTE FIJA O LADO DE INYECCIÓN	46
2.7.1.1. Placa base	46
2.7.1.2. Placa portafiguras	46
2.7.1.3. Centrador	46
2.7.1.4. Bebedero, ramales de distribución y entradas	46
2.7.1.5. Circuitos de refrigeración	47
2.7.1.6. Columnas guía o columnas del molde	47
2.7.2. PARTE MÓVIL O DE EXPULSIÓN	47
2.7.2.1. Placa base	48
2.7.2.2. Placa portafiguras	48
2.7.2.3. Placa expulsora	48
2.7.2.4. Placas paralelas	48
2.7.2.5. Circuitos de refrigeración	48
2.7.2.6. Expulsores	49
2.7.2.7. Recuperadores	49
2.7.2.8. Línea de partición	49
2.7.2.9. Salida de gases	49
2.7.2.10. Agujeros roscados y cáncamos	49
2.7.3. SISTEMAS AUXILIARES DE DESMOLDEO	50
2.7.3.1. Carros laterales	50
2.7.4. SISTEMA DE COLADA FRÍA	51
2.7.4.1. Colada cónica	51
2.7.4.2. Entrada puntiforme o capilar	52
2.7.4.3. Colada de paraguas	53
2.7.4.4. Colada de disco	53
2.7.4.5. Entrada laminar o de cinta	54

2.7.4.6. Entrada túnel o submarina	54
2.7.4.7. Entrada lateral	55
2.7.4.8. Entrada de lengüeta	56
2.7.4.9. Entrada laminar superpuesta	56
2.7.4.10. Entrada tipo abanico	57
2.7.4.11. Entrada múltiple	57
2.7.4.12. Entrada interna y externa	58
2.7.5. SISTEMA DE COLADA CALIENTE	58
2.7.5.1. Bebedero de calentamiento interno	59
2.7.5.2. Bebedero de calentamiento externo	59
2.7.5.3. Boquilla de inyección estándar	60
2.7.5.4. Boquilla de inyección extendida	60
2.7.5.5. Boquilla de inyección anular	61
2.7.5.6. Boquilla de inyección de mínimo vestigio	61
2.7.5.7. Boquilla de inyección capilar	62
2.7.5.8. Boquilla de inyección múltiple	62
2.8. CONDICIONES DE TRABAJO DE PIEZAS PLASTICAS	63
2.8.1. MAGNITUD DE LAS CARGAS	63
2.8.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS	63
2.8.3. IMPACTOS	64
2.8.4. FATIGA	64
2.8.5. DESGASTE	64
2.8.6. MEDIO AMBIENTE	64
2.8.7. TEMPERATURA	65
2.8.8. QUÍMICOS	65
2.8.9. CONTRACCIONES Y PANDEO	65
2.9. DEFECTOS EN PIEZAS	66
2.9.1. RECHUPES	66
2.9.2. REBABA	67
2.9.3. MARCAS HUNDIDAS Y HUECOS	67

2.9.4. LÍNEAS DE SOLDADURA	67
2.9.5. DEFECTOS EN EL PUNTO DE COLADA	67
2.9.6. ESTRÍAS	67
2.9.7. RÁFAGA	68
2.9.8. PULIDO NO UNIFORME	68
2.9.9. LÍNEAS DE FLUJO	69
2.9.10. EFECTO JETTING	69
2.9.11. EFECTO DIESEL	69
2.9.12. EFECTO STICK-SLIP	70
2.9.13. DELAMINACIÓN DE CAPAS	70
2.9.14. GRIETAS DE TENSIONES	70
2.9.15. FALTA DE LLENADO DEL MOLDE	71
2.9.16. MATERIAL FRÍO	71
2.9.17. MARCAS DE EXPULSIÓN	72
2.9.18. DEFORMACIÓN POR EXPULSIÓN Y ALABEO	72
2.9.19. LÍNEAS DE FLUJO FRÍAS	72
2.9.20. MATERIA PRIMA NO FUNDIDA	72
2.9.21. BURBUJAS	73
2.9.22. MANCHAS NEGRAS	73
2.10. MATERIALES UTILIZADOS	74
2.10.1. RESISTENCIA AL DESGASTE	74
2.10.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	75
2.10.3. RESISTENCIA A LA CORROSIÓN	75
2.10.4. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	76
2.10.5. TENACIDAD	76
2.10.6. INTERCAMBIABILIDAD DEL ACERO	77

2.11. FABRICACIÓN DE MOLDES	78
2.11.1. CONTRACCIÓN DE LA PIEZA	78
2.11.2. REDONDEO EN CANTOS Y ESQUINAS	78
2.11.3. ÁNGULOS DE SALIDA	79
2.11.4. CONTRASALIDAS	79
2.11.5 LÍNEAS DE SOLDADURA	79
2.11.6. RECHUPES	79
2.11.7. ACABADO SUPERFICIAL	79
2.12. NORMAS Y REFERENCIAS	80
2.12.1. BIBLIOGRAFÍA	80
2.12.2. NORMAS	80

2.1. INTRODUCCIÓN

2.1.1. DEFINICIONES PREVIAS

- Molde: conjunto de mecanismos, provistos de una cavidad, que da forma, con ayuda de presión y calor, a un fluido normalmente plástico.

- Línea de partición: es la línea que limita las superficies de cierre con la oquedad a llenar del fluido plástico.

- Colada: componente de la pieza inyectada pero que no forma parte de la pieza propiamente dicha.

- Canal de colada: definido desde el punto de inyección de la masa plastificada en el molde hasta la entrada.

- Entrada: sección del canal de colada en el punto donde se une con la cavidad del molde.

- Contracción: pérdida de volumen que se produce en el plástico al pasar de un estado fundido, en el que las cadenas poliméricas están separadas unas de otras, al estado sólido ya en el molde, en que las cadenas se empaquetan más o menos deslizándose unas sobre otras, para conseguir su estructura molecular característica.

- Desmoldeo: acción por la cual la pieza solidificada sale de las partes del molde, bien sea en la abertura de las dos mitades del molde o por la acción de la expulsión de la máquina.

2.2. OBJETO DEL PROYECTO

El propósito de este proyecto consiste en realizar el diseño de un molde de inyección, el cual será construido con el objetivo de producir las piezas correspondientes a un estabilizador de cámara deportiva.

Puesto que el proceso de moldeo por inyección es costoso, desde la fase de diseño habrá que asegurarse que la geometría del molde sea la adecuada. Para el estudio de las piezas a moldear, así como para el cálculo del molde se dispondrá de distintos sistemas informáticos: CAD (diseño asistido por ordenador), CAM (fabricación asistida por ordenador) y CAE (ingeniería asistida por ordenador).

Mediante estos sistemas se definirá la geometría de las piezas y se analizarán, mediante su simulación, todos los componentes necesarios para la construcción del molde de inyección.

Las piezas cuyo molde se quiere diseñar es la mostrada en la siguiente figura.

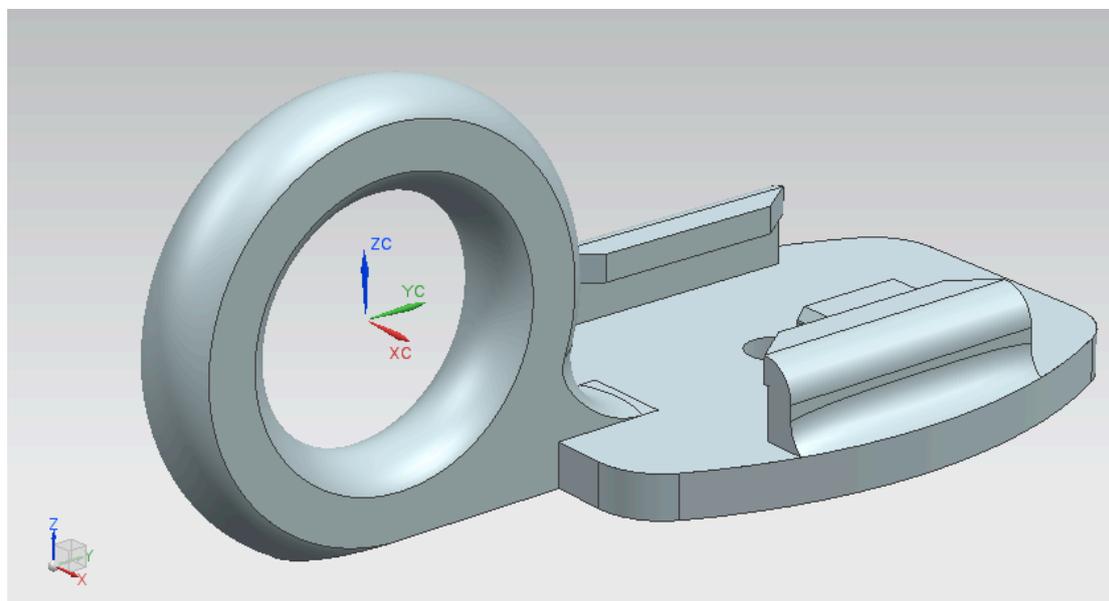


Figura 1: Estabilizador de cámara

2.3. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto a realizar constará de tres partes diferenciadas:

Primero se procederá a realizar el diseño de la pieza deseada para posteriormente hacer un análisis estructural con el fin de estudiar su comportamiento ante las cargas que se prevén que le afecten. Para ello, se hace una serie de hipótesis que serán introducidas en la pieza tras haber sido definidas las condiciones de contorno y el material de la pieza.

En segundo lugar, se procederá a realizar los análisis necesarios para la posible fabricación del producto. Para ello, se utiliza el software de simulación Moldflow, que permite obtener los análisis mediante el método de elementos finitos.

Con él, se realizarán numerosos cálculos: tiempo de llenado, fuerza de cierre, calidad de las piezas inyectadas. También se podrá saber si se han producido faltas de llenado o líneas de soldadura. Estos datos permitirán optar por distintas alternativas para el diseño correcto del molde. Así con toda la información recogida se podrá calcular el tipo y la disposición de la refrigeración del molde, elegir el material más adecuado y cuales son el tamaño y las secciones de la distribución más adecuada para el diseño del molde. Así mismo, se calculará el tiempo de llenado del molde y el tiempo de la refrigeración y se podrá obtener una estimación del tiempo total del ciclo de moldeo.

En cuanto se cerciore que la fabricación de la pieza es viable, se procederá a iniciar la tercera parte del proyecto que consiste en el diseño del molde de donde posteriormente se sacarán los planos necesarios para la realización de las piezas no comerciales, así como la obtención de los elementos comerciales que sean necesarios para proceder a un buen montaje y funcionamiento del molde. También se utilizaran los resultados para la creación de piezas que no estén normalizadas.

2.4. MATERIALES PLÁSTICOS

La industria del plástico en cualquiera de sus variantes ha sido desarrollada y mejorada a lo largo de las últimas décadas mediante la aplicación de diversas innovaciones o tecnologías.

Entendemos como plástico a un material capaz de ser moldeado, sin embargo, esta definición resulta insuficiente para describir de forma clara la gran variedad de materiales que así se denominan. La tecnología utilizada, dependerá del tipo de pieza o productos que se deseen obtener y para ello se podrá contar con una multitud de materiales plásticos que se podrán descomponer en tres grandes familias.

2.4.1. ELASTÓMEROS

Los elastómeros son polímeros que se pueden estirar elásticamente y que después recuperan su forma y tamaño originales. Los enlaces que forman las uniones entre las moléculas solo pueden romperse a temperaturas elevadas.

Los elastómeros pueden tanto quemarse como ablandarse. Sin embargo, frecuentemente la temperatura a la que reblandecen es superior a la temperatura de ignición.

El grupo de elastómeros comprende los hules naturales (goma o caucho) o los hules sintéticos y se caracterizan por poder ser enlongados entre un 100 y un 200 %. Las mejores propiedades de estos materiales se obtendrán tras un proceso de vulcanizado en el que el caucho es endurecido mediante la presencia del azufre, donde tras ser tratados, no podrán ser plastificados y serán mas resistentes a la acción de los agentes químicos. A menudo, no suelen ser materiales aptos para el moldeo por inyección.

2.4.2. TERMOESTABLES

Los polímeros termoestables, o resinas, son materiales que a temperatura ambiente son muy duros y rígidos, pero al mismo tiempo frágiles.

Se caracterizan por tener una estructura molecular reticulada o entrelazada. También se pueden quemar, agrietar y carbonizar, pero no se reblandecen ni se funden, es por ello que no se pueden refundir.

Serán fundidas inicialmente por la acción del calor aunque posteriormente, si se continúa con la aplicación de este, se produce un cambio químico irreversible y se vuelven infusibles e insolubles, por lo que se han encontrado pocos métodos que permitan su reciclado.

Para producir este endurecimiento se necesitara la aparición de agentes reticulantes. En general, los termoestables poseen una buena estabilidad dimensional, estabilidad térmica, resistencia química y propiedades eléctricas. Es por ello que estos materiales se aplican en múltiples campos.

2.4.2.1. Plásticos de urea-formaldehído (UF)

Se trata de resinas incoloras de gran dureza y resistencia a la tracción. Se trabajan a compresión, inyección y transferencia. Su principal aplicación es la fabricación de adhesivos y lacas. También se emplean como aglomerantes de masas prensables y planchas de construcción.

2.4.2.2. Plásticos de melamina-formaldehído (MF)

Estos compuestos tienen gran estabilidad térmica, buenas cualidades eléctricas y una excelente resistencia a la humedad. Se utilizan en la fabricación de lacas, adhesivos, como aglomerantes en planchas de construcción y en masas prensables y productos laminados. Su principal aplicación es el recubrimiento de conglomerado y otros derivados de la madera.

Las masas de resina de melamina con carga de celulosa tienen mayor resistencia frente a la temperatura y al rayado que la mayoría de los termoplásticos, razón por la cual se utilizan mucho en la confección de vajillas.

2.4.3. TERMOPLÁSTICOS

Este grupo de materiales plásticos, son resinas con una estructura molecular lineal que al moldearse en caliente, no sufren ninguna modificación química. La acción del calor causa que estas resinas se fundan, solidificándose rápidamente por enfriamiento en el aire o al contacto con las paredes del molde. Dentro de ciertos límites, el ciclo de fusión-solidificación, puede repetirse. Sin embargo, debe tenerse en cuenta, que el calentamiento repetido puede dar como resultado la degradación de la resina y la reducción de las propiedades óptimas de trabajo de estos materiales.

La característica principal de este tipo de material es que se ablandan a medida que se calientan. Gracias a esta propiedad este tipo de plásticos pueden ser refundidos en repetidas ocasiones. Así es posible reutilizarlo o reciclarlo simplemente volviéndolo a recalentar o remodelar.

A temperatura ambiente pueden ser blandos, duros y frágiles, incluso duros y tenaces. Sin embargo, al ser calentados se reblandecen, adquiriendo características de un líquido pastoso, lo que los hace óptimos para el moldeo. Sin embargo, no pueden ser utilizados a altas temperaturas.

2.4.3.1. Acrílico

Alta claridad óptica, excelente resistencia a la intemperie; duro, superficie brillante; excelentes propiedades eléctricas, resistencia química aceptable; disponible en colores brillantes transparentes.

2.4.3.2. Celulósicos

Familia de materiales tenaces y duros; acetato, propionato, butirato de celulosa y etil-celulosa. Los márgenes de las propiedades son amplios debido a las composiciones; disponibles con diversos grados de resistencia a la intemperie, humedad y productos químicos; estabilidad dimensional de aceptable a mala.

2.4.3.3. Nylon (poliamida)

Familia de resinas usadas en ingeniería que poseen una tenacidad y resistencia sobresaliente al desgaste, junto un coeficiente de fricción y propiedades eléctricas y resistencia química excelentes. Las resinas son higroscópicas; su estabilidad dimensional es peor que la de la mayoría de otros plásticos usados en ingeniería.

2.4.3.4. Óxido fenileno

Excelente estabilidad dimensional; con propiedades mecánicas y eléctricas superiores sobre un amplio margen de temperaturas. Resiste la mayoría de los productos químicos, pero es atacado por algunos hidrocarburos.

2.4.3.5. Poliéster

Estabilidad dimensional, propiedades eléctricas, tenacidad y resistencia química excelentes, excepto a los ácidos fuertes o bases; sensible al ranurado; no es adecuado para el uso en exteriores o en instalaciones para agua caliente.

2.4.3.6. Sulfuro de polifenileno

Resistencia sobresaliente, excelente resistencia a baja temperatura; inerte a la mayoría de los compuestos químicos en un amplio rango de temperaturas; de lenta combustión, requiere altas temperaturas para su procesado.

2.4.3.7. Polisulfona

La más alta temperatura para la deflexión por calor entre los termoplásticos que se procesan por fusión; requiere alta temperatura de proceso; tenaz (pero sensible al ranurado), fuerte y rígido; propiedades eléctricas y estabilidad dimensional excelentes, a alta temperatura puede aplicársele una capa galvanoplástica; alto costo.

2.4.3.8. Poliuretano

Material tenaz, de extrema resistencia a la abrasión y al impacto; propiedades eléctricas y resistencia química buenas; puede obtenerse en películas, modelos sólidos o espumas flexibles; la exposición a la radiación ultravioleta le produce fragilidad, propiedades de menor calidad y color amarillo.

2.4.3.9. Policarbonato

Tiene la más alta resistencia al impacto de los materiales transparentes rígidos; estabilidad en exteriores y resistencia a la deformación plástica bajo carga excelentes; resistencia a los productos químicos aceptable; algunos solventes aromáticos pueden causar agrietamiento al esfuerzo.

2.4.3.10. Polietileno

Amplia variedad de grados: compuestos con densidad baja, media y alta. Los tipos BD son flexibles y tenaces. Los tipos MD y AD son más fuertes, más duros y más rígidos; todos son materiales de peso ligero, fáciles de procesar y de bajo costo; poca estabilidad dimensional y mala resistencia al calor; resistencia química y propiedades eléctricas excelentes. También se encuentra en el mercado polietileno de peso molecular ultra-alto.

2.4.3.11. Poliamida

Gran resistencia al calor y al envejecimiento por el calor. Resistencia al impacto y resistencia al desgaste; tenacidad, capacidad para absorber agua, excelentes propiedades eléctricas; difícil de procesar por los métodos convencionales; alto costo.

2.4.3.12. Polipropileno

Resistencia sobresaliente a la flexión y al agrietamiento por esfuerzo; resistencia química y propiedades eléctricas excelentes; buena resistencia al impacto; buena estabilidad térmica; peso ligero, bajo costo y puede aplicársele una capa galvanoplástica.

2.4.3.13. Poliestireno

Bajo costo, fácil de procesar, material rígido, claro, quebradizo como el cristal; baja absorción de humedad, baja resistencia al calor, mala estabilidad en exteriores; con frecuencia se modifica para mejorar la resistencia al calor o al impacto.

2.4.3.14. Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

Es un material de gran tenacidad, incluso a baja temperatura. Además es duro y rígido; resistencia química aceptable; baja absorción de agua, por lo tanto buena estabilidad dimensional; alta resistencia a la abrasión; se recubre con una capa metálica con facilidad. El ABS se puede, en unas de sus variantes, cromar por electrólisis dándole distintos baños de metal a los cuales es receptivo.

Este será el material que conforme las piezas a moldear en este proyecto.

2.4.4. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS PLÁSTICOS

Los materiales termoplásticos sometidos a tracción, no seguirán fielmente la ley de Hooke, según la cual dentro de ciertos límites, las deformaciones son proporcionales a la carga.

A temperaturas normales bajo carga constante, se producirá en los termoplásticos la deformación plástica. Esto implica, que una pieza moldeada bajo la acción de una carga constante prolongada en el tiempo, continuará deformándose y no importara que la carga unitaria sea inferior a la del punto de cedencia. Al aumentar la temperatura se disminuirá drásticamente su resistencia mecánica y en consecuencia disminuirá también la rigidez del producto con lo que se facilitara su deformación.

Los polímeros termoestables, son a su vez poco influenciados por las variaciones de temperatura. Se trata en general de plásticos rígidos, bastante frágiles, que al someterse a tracción se romperán sin presentar debilitamiento. Por tanto, las variables que influirán sobre el comportamiento mecánico y sobre la estabilidad de los materiales plásticos serán:

- Variación de la temperatura de trabajo y la absorción de agua.
- Tiempo de aplicación de la carga estática y fenómeno de deformación plástica.
- Esfuerzos dinámicos de larga duración que provocaran roturas por fatiga.
- Envejecimiento causado por la intemperie.
- Defectos en la estructura de la pieza debido a regulaciones hechas sin cuidado.

2.4.5. MÉTODOS DE FABRICACIÓN PARA PLÁSTICOS

Dentro de las técnicas de moldeo de plásticos se podrán optar por diferentes soluciones de fabricación principalmente dependiendo de la forma de la pieza a fabricar.

Es por esto que la industria ha desarrollado una serie de métodos de fabricación de manera que estos se puedan adaptar a las necesidades del cliente.

2.4.5.1. Moldeo por extrusión

En el moldeo por extrusión se utiliza un transportador de tornillo helicoidal. El polímero es transportado desde la tolva, a través de la cámara de calentamiento, hasta la boca de descarga, en una corriente continua.

A partir de gránulos sólidos, el polímero emerge de la matriz de extrusión en un estado blando. Como la abertura de la boca de la matriz tienen la forma del producto que se desea obtener, el proceso es continuo. Por lo tanto, será un proceso idóneo para piezas de gran longitud en comparación con su sección transversal que se mantendrá constante de manera que se podrá cortar el material extruido a la longitud deseada.

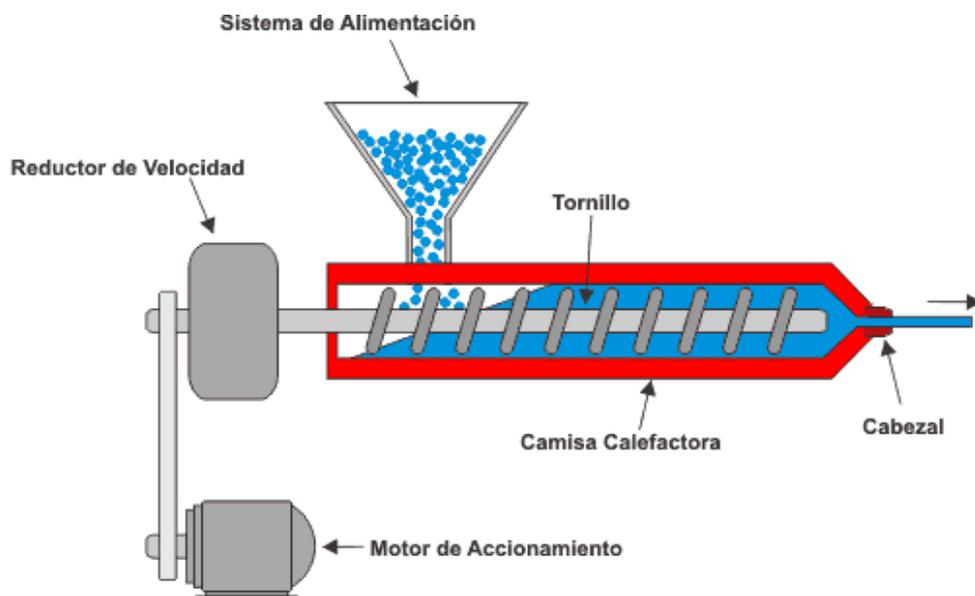


Figura 2: Extrusora

2.4.5.2. Moldeo por soplado

En general, todos los procesos de moldeo por soplado consisten en obtener una preforma, fijarla dentro de un molde de soplado y, a una temperatura específica de cada material para que tenga consistencia suficiente, inyectar aire en su interior para que se adapte a las paredes del molde, permitir su enfriamiento bajo presión y abrir el molde para extraerla cuando ha alcanzado suficiente consistencia.

El moldeo por soplado ofrece una serie de ventajas sobre otros procesos de gran serie, como la inyección, en tanto que permite contrasalidas, posibilidad de variar el espesor de la pared y, en función de las bajas presiones utilizadas, bajas tensiones residuales. Presenta, al mismo tiempo, factores de coste favorables.

El proceso permite utilizar plásticos con un peso molecular más elevado que, por ejemplo, la inyección, por lo que es posible obtener paredes más delgadas y resistencias más elevadas a igualdad de peso, y mejor comportamiento a los agentes ambientales y productos químicos que producen fisuración por tensiones.

Básicamente, el proceso consiste en obtener una preforma, situarla en un molde hueco en dos piezas que pinza uno o ambos extremos, inyectar aire a presión dentro de la preforma caliente para que conecte con las paredes del molde y tome su forma, permitir su enfriamiento y abrir el molde para retirar la pieza.

Además, las máquinas de soplado llevan incorporados varios elementos similares a los otros procesos como son: una unidad extrusora mediante la cual el material avanza dentro del hueco realizado. Más tarde, en un momento preciso se inyecta aire a presión de manera que el material se expande llegando a las paredes de la cavidad obteniendo el producto deseado.

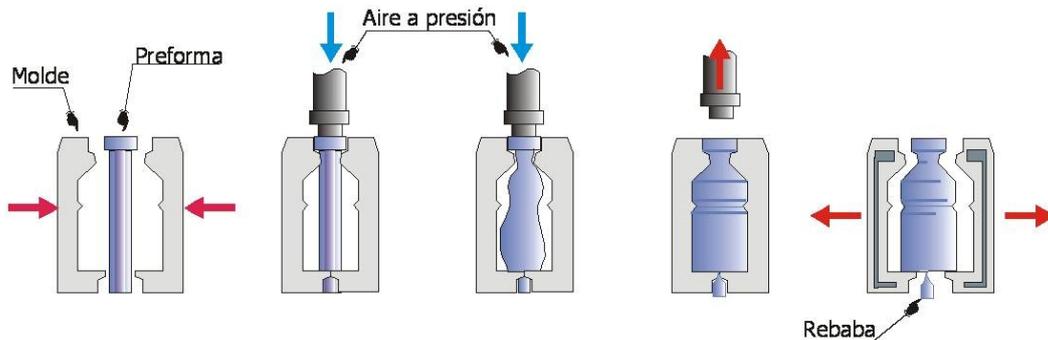


Figura 3: Esquema moldeo por soplado

2.4.5.3. Moldeo por transferencia

En este proceso, dos materias primas diferentes se inyectan consecutivamente en cavidades diferentes de moldes, a través de boquillas separadas, para producir una parte moldeada individual. En primer lugar, en una cavidad se inyecta la primera materia prima, luego esta es transferida a otra cavidad, donde se inyecta la segunda materia. Cumplido este último paso, se evacua el producto terminado del molde.

En estos procesos especiales es necesario obtener una coordinación estrecha entre la máquina y el molde, a través del sistema de control. El molde y sus mecanismos determinaran el tamaño de la máquina para el proceso. Si existe un mecanismo de transferencia debe especificarse si debe hacerse una rotación en el molde mismo o si con un mecanismo robotizado o un sistema móvil se hace la función de transferencia.

Otra posibilidad es la de emplear una mesa rotatoria con varios moldes incorporados a ella. Si el molde debe rotar en la máquina, la diagonal del molde debe ser menor que la distancia entre las dos diagonales formadas entre las barras de unión de la maquina. Si se emplea una mesa rotacional se incrementara la altura del molde.

En cualquier caso se debe prestar atención especial al diseño del sistema de inyección de las partes moldeadas. Es absolutamente necesario que el eyector este acoplado con el molde a usarse. Los extractores de los centros moldeados y el programa de la secuencia de accionamiento son puntos a considerarse. El arreglo de las unidades de inyección, por otro lado, esta determinado por cada aplicación.

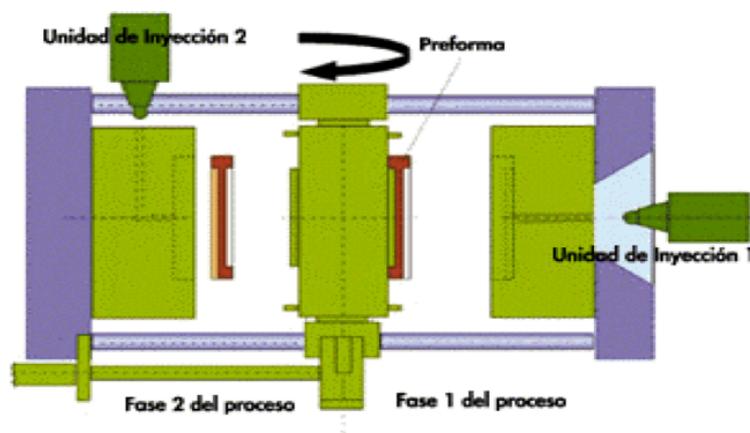


Figura 4: Esquema moldeo por transferencia

2.4.5.4. Moldeo por compresión o sándwich

La inyección en sándwich es una variación del proceso de co-inyección como se puede observar cuando se compara el proceso descrito en la figura superior, ya mencionada, con el proceso en sándwich de la figura inferior.

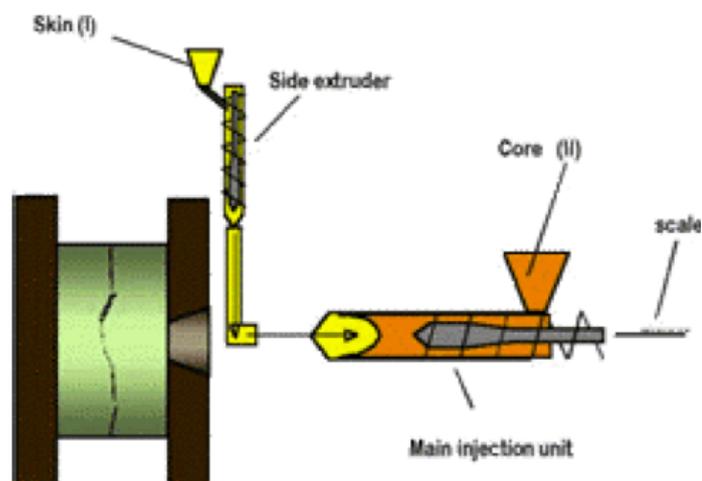


Figura 5: Esquema moldeo por compresión

Los dos materiales fundidos se acumulan de una manera consecutiva en un cilindro común y luego se inyectan en un solo paso de inyección en el interior de la cavidad del molde. Debido a la acción de empuje del material central que empuja hacia delante el material que conforma la piel del producto, se forman automáticamente las capas de piel externa y de material central de una manera intercalada en el molde.

El material central es plastificado en el extrusor principal de la máquina inyectora y el material que conforma la piel se plastifica en un extrusor auxiliar que se agrega a la máquina. El material fundido de la piel se introduce en el barril del extrusor principal haciendo uso de un sistema de dosificación volumétrica o con base en el control de la presión de la resina.

Normalmente, la introducción de este material en el barril se hace con poca resistencia de la presión del material central. Esta es la única modificación que se hace con respecto al proceso de moldeo tradicional y por ello es tan simple de aplicar.

2.4.5.5. Moldeo por inyección

El proceso de moldeo por inyección consiste esencialmente en: calentar el material termoplástico que viene en forma de polvo o gránulos también denominados pellets para transformarlo en una masa plástica en un cilindro llamado cilindro de plastificación dentro del cual la función principal la realiza el husillo de plastificación y de esta manera inyectarlo en la cavidad del molde donde ha sido previamente mecanizada la huella de las piezas a obtener.

Debido a que el molde es mantenido a una temperatura inferior al punto de fusión del material plástico, después de que este es inyectado, solidificará con rapidez. Tras pasar por una serie de fases que se detallarán posteriormente, se pondrá fin al ciclo, y se expulsa la colada del material reiniciándose el proceso de inyección.

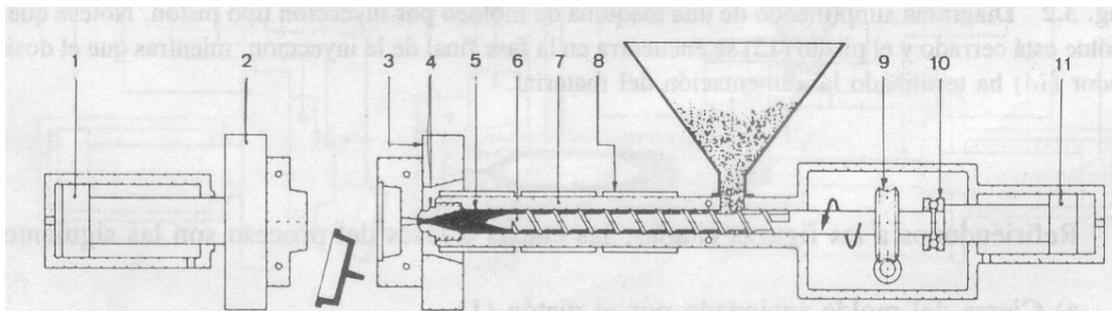


Figura 6: Esquema molde por inyección

Este es el tipo de moldeo que se va a utilizar en este proyecto para la realización de la pieza. Por tanto, ahora, se analizarán en profundidad todos los elementos que se necesitarán emplear en el proceso de fabricación.

2.5. MÁQUINA DE INYECCIÓN

En este apartado se van a tratar las distintas características de una máquina de inyección de plástico, así como las principales aplicaciones que aporta al moldeo.

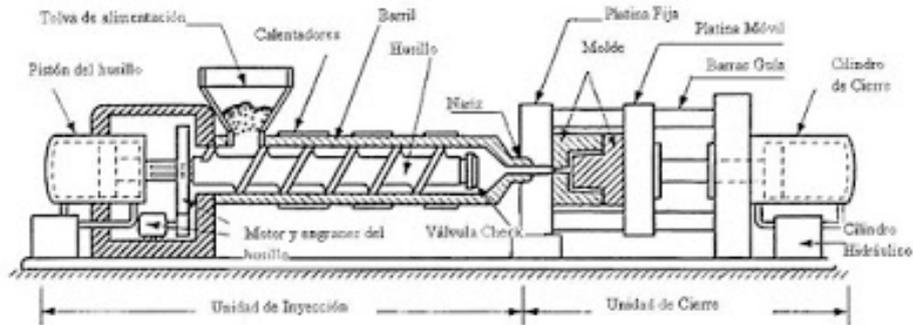


Figura 7: Partes de una maquina de inyección

Las máquinas de moldeo por inyección poseen los siguientes módulos principales:

- Unidad de plastificación: plastifica e inyecta el polímero fundido.
- Unidad de cierre: soporta el molde y es el encargado de abrirlo y cerrarlo. Además contiene el sistema de expulsión.
- Unidad de potencia: suministra la potencia necesaria para el funcionamiento de la unidad de inyección y de la unidad de cierre.
- Unidad de control: es donde se establecen, controlan y monitorizan todos los parámetros del proceso: tiempos, temperaturas, presiones y velocidades.

2.5.1. UNIDAD DE CIERRE

La unidad de cierre del molde es el componente de la máquina cuya función principal es soportar el molde: efectúa el cierre y la apertura del mismo tan rápidamente como es posible, lo mantiene cerrado durante la inyección y cuando el molde es abierto, expulsa la pieza moldeada, así mismo protege el cerrado del molde.

Si la fuerza de cierre es insuficiente el molde tenderá a abrirse y el material escapará por la unión del molde. 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.

$$F = P_m \times A_p$$

Donde:

F: Fuerza (N)

P_m: Presión media (Pa)

A_p: Área proyectada (m²)

Los sistemas de cierre de mayor aplicación en la industria son los siguientes:

2.5.1.1. Cierre por rodillera simple o doble

El sistema de rodillera es un sistema de bielas que multiplica la fuerza que se le aplica obteniendo la fuerza requerida para mantener cerrado el molde durante la fase de expulsión. Estos sistemas serán accionados por un cilindro hidráulico de manera que se reduce el tamaño de este último por su acción multiplicadora.

En el caso de la rodillera simple, se obtendrá una relación de multiplicación de en torno a 15 y 25 la necesaria por el cilindro hidráulico mientras que en el caso de la rodillera doble esta relación esta en torno a 25 y 50 veces la fuerza del cilindro. Por lo tanto, para una misma fuerza de cierre, el consumo que se necesitará de energía de una máquina equipada con rodillera simple será superior a uno de rodillera doble ya que comparándolo con el de rodillera simple la relación de multiplicación será del doble con lo que el consumo se reducirá aproximadamente a la mitad.

En cambio, este sistema será generalmente más costoso que el de rodillera simple ya que tiene mayor número de bielas y además, los ensamblajes con la parte móvil del molde tendrán mayor complejidad. No obstante, permitirán una aplicación de fuerza más equilibrada sobre el molde respecto de la rodillera simple. Es por esto que el sistema de doble rodillera se ha popularizado en estos últimos años.

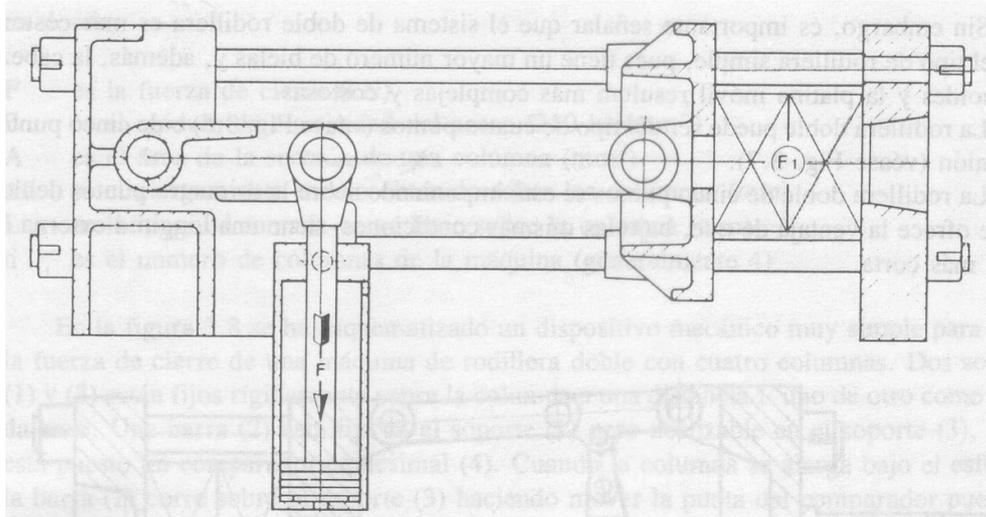


Figura 8: Rodillera simple

Dentro de los cierres de rodillera doble, se pueden distinguir entre dos tipos distintos: de cuatro y de cinco puntos de unión.

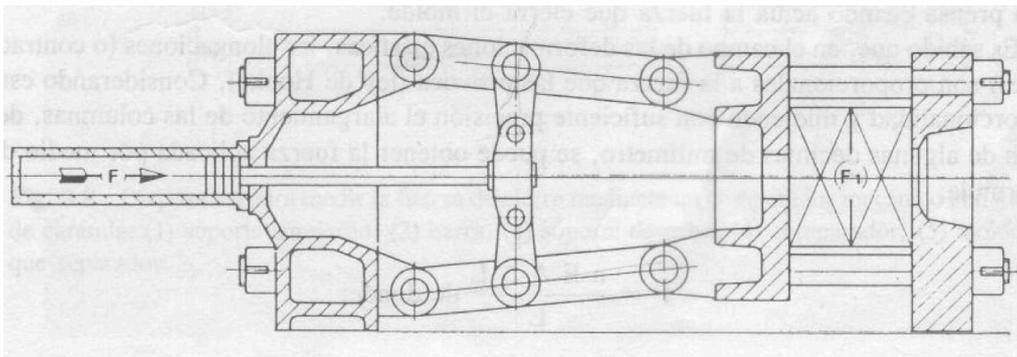


Figura 9: Rodillera doble con 4 puntos de unión

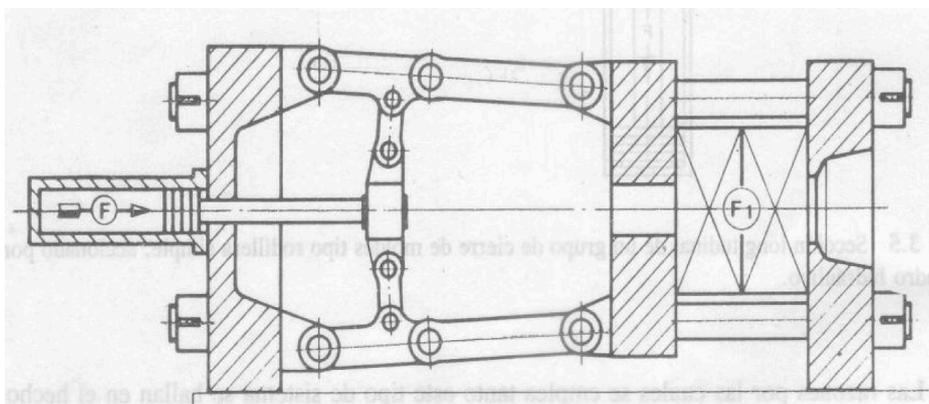


Figura 10: Rodillera doble con 5 puntos de unión

La ventaja de utilizar una unidad de cierre de cinco puntos de unión respecto a una de cuatro será la de conseguir mayor carrera de la unidad de cierre. Sin embargo la desventaja mas importante es, el hecho de que serán necesarios mayor número de elementos por lo que se deberá proceder según cada caso específico para poder elegir una u otra unidad de cierre observando cual será mas económico.

2.5.1.2. Cierre por pistón

Este tipo de cierre también conocido como cierre directo, consiste en que el fluido actúa directamente en el cierre de la máquina. Dicho cierre será más lento pero permitirá una carrera muy larga de la parte móvil sin producir un aumento sustancial en el coste del sistema. Actualmente este sistema ha caído en desuso en Europa. No obstante, en EE.UU se sigue utilizando especialmente en máquinas de gran tamaño.

2.5.1.3. Cierre mixto rodillera-pistón

Este tipo de cierre se ha usado de manera mas extensa en EE.UU. Con este sistema, la fase de acercamiento de las dos mitades del molde se realiza por medio de la rodillera mientras que la fase de compresión del molde se realiza mediante el pistón el cual actúa sobre el mismo molde a través de la rodillera.

2.5.1.4. Cierre hidromecánico

Será un sistema similar al de cierre por pistón. También se usa para máquinas de gran tamaño donde se obtendrá una larga carrera sin aumentar el costo del sistema. En este caso, la fase de acercamiento se obtiene por medio de un pistón pequeño que actúa en el centro del pistón principal, mientras que la fase de cierre final y también la de compresión la proporcionará el pistón grande.

2.5.2. UNIDAD DE PLASTIFICACIÓN

Esta unidad plastifica e inyecta el material. Por tanto, será la parte del conjunto del molde que estará destinada a realizar la alimentación, el calentamiento de éste y su posterior inyección a una presión determinada. En la plastificación, el material pasa del estado sólido en el que se encontraba en la fase de alimentación a un estado plástico. Con ello, se procederá a inyectar el polímero dentro del molde.

El material sólido es plastificado mediante el giro del tornillo a través de un barril de acero. Este cilindro va recubierto por bandas calefactoras para calentar y ayudar a fundir el material mientras avanza por el tornillo. El tornillo girará axialmente para inyectar el material plastificado hacia las cavidades del molde y mantenerlo bajo presión hasta que sea expulsado.

La unidad de plastificación consta de una unidad hidráulica que es la que transmite el movimiento lineal al husillo en el proceso de inyección.

La máquina de inyección se elegirá en función de los requerimientos del molde. Debido al pequeño tamaño del molde, no se requerirá una máquina especialmente grande. Mediante los parámetros observados en el software se puede elegir la máquina de inyección para el molde de este proyecto. Se ha optado por una maquina marca RT-DEKUMA LSR Series ya que las fuerzas de cierre de 16,786 Tn será una fuerza pequeña en comparación con las fuerzas de cierre capaces de realizar la máquina escogida.



Figura 11: Inyectora RT- DEKUMA LSR Series

2.5.2.1. Tolva

La tolva es un contenedor, habitualmente de forma cónica, que alimenta a la máquina de inyección. El material a inyectar, en forma de gránulos, se deposita en la tolva de alimentación de la máquina. La misma está equipada para proporcionar las propiedades adecuadas del material (porcentaje de humedad del material, extracción de impurezas, etc.). Una vez introducido el material en la tolva, esta alimentará al husillo mediante gravedad. Pueden encontrarse diferentes tipos de tolva:

- Tolvas cortas.
- Tolvas largas.

Como el material, al haber sufrido mezclados previos, secados, transportes, etc., posee carga electrostática que implica que puedan atraer suciedades presentes en la fábrica tales como ceniza o polvo en suspensión, algo que puede afectar a la calidad de las piezas a moldear. Para ello la tolva de alimentación estará tapada en todo momento de manera que el material no se contamine. Se destapará únicamente en el momento en que el operario deba proceder al llenado de la tolva.

2.5.2.2. Barril de inyección

El barril es un cilindro hueco de acero aleado capaz de soportar grandes presiones y temperaturas internas provocadas por la fricción de los gránulos y el husillo. Los barriles de moldeo por inyección son relativamente cortos comparados con los de extrusión. Permite el alojamiento del husillo y de las bandas calefactoras por su parte exterior, de manera que consistirá el armazón dentro del cual se ensamblan las diferentes piezas necesarias para la plastificación. Será la base del montaje de la unidad inyectora y soportará las fuerzas generadas al aplicarse la presión de inyección en el husillo.

La entrada de alimentación al barril esta conectada al anillo de enfriamiento de la tolva. El extremo de descarga se cierra directamente a un adaptador de boquilla. En esa zona, el barril puede soportar presiones de hasta 200 MPa durante la inyección.

Sobre el barril van montadas las bandas calefactoras, cuya función principal es mantener la temperatura del fundido y poder compensar las pérdidas de calor.

2.5.2.3. Husillo

El husillo es un tornillo que se encuentra situado dentro del barril. Se fabrica en materiales duros, pulidos y cromados para facilitar el movimiento del material sobre su superficie. El tornillo se encargara de recibir plástico, fundirlo, mezclarlo y alimentarlo en la zona delantera hasta que se reúna una cantidad suficiente para la inyección hacia el molde.

El funcionamiento de este elemento, estará destinado a, debido a la mala conductividad térmica de los plásticos, a transferir la energía mecánica de rotación de su eje, al friccionar con el plástico, en energía de calor y con ello irá permitiendo la plastificación de dicho material.

Será el elemento principal de la plastificación de la unidad de inyección al friccionar con el material plástico que permitirá, gracias a la forma de su espira en forma de hélice, que el giro permita ir avanzando el material. Este elemento permitirá además, homogeneizar la mezcla plastificada produciéndose así una mezcla óptima en su punto de inyección.

2.5.2.4. Válvula antirretorno

La función de esta válvula es dejar pasar el material libremente desde el husillo a la cámara de fundido durante el proceso de dosificación y evitar que el material fundido regrese durante el proceso de inyección.

Esta válvula es esencial para tener un proceso estable, ya que las fugas del material hacia el husillo provocarían una variación en el volumen inyectado del molde, repercutiendo en el peso y en la calidad de la pieza.

2.5.2.5. Boquilla de inyección

La boquilla es la punta de la unidad de plastificación y proporciona una conexión a prueba de derrames del barril al molde de inyección con una pérdida mínima de presión. La punta alinea la boquilla y el anillo de retención. En definitiva, será el elemento que conecte la zona de plastificación con el bebedero donde comenzará a producirse la colada.

Esta podrá ser abierta, no se obstaculiza la salida de material, o podrá ser también de válvula en el que se evita que se puedan producir solidificaciones que puedan provocar obstaculizaciones al paso de material.

Este elemento se utiliza generalmente en materiales de baja viscosidad que pueden producir goteos con los efectos mencionados.

La homogeneidad del material es el factor mas importante de la plastificación, de manera que solo se podrán obtener piezas buenas a partir de una masa bien plastificada, es por esto que tendrá gran importancia la correcta regulación de las temperaturas, presiones y velocidades de inyección.

2.5.2.6. Sistema de calefacción

Esta compuesto por múltiples bandas calefactoras, también llamadas resistencias, de manera independiente entre ellas tal que a medida que vaya trasegando el material se podrá ir variando la temperatura de cada una de las bandas llegando al final del cilindro en sus condiciones optimas de inyección.

2.5.3. UNIDAD DE POTENCIA

Se trata del sistema que proporciona la potencia necesaria para el buen funcionamiento de la unidad de inyección y de la unidad de cierre. Los principales tipos de sistemas son:

- Sistemas de potencia eléctrico: habitualmente se emplea en maquinas relativamente pequeñas. Este sistema se emplea para el giro del tornillo y para la apertura y cierre del molde. Cada sistema mecánico que los controla es accionado por un motor eléctrico independiente. El accionamiento del tornillo cuando se esta realizando la inyección, lo ejecuta un cilindro hidráulico.

- Sistema de potencia hidráulico: son los mas comunes. Su funcionamiento se basa en la transformación de la potencia hidráulica del fluido en potencia mecánica. Las tuberías de conducción son las que en este tipo de sistemas llevan el fluido a presión a los pistones de inyección.

2.5.4. UNIDAD DE CONTROL

Este sistema contiene un controlador lógico programable (PLC) y controladores PID para las resistencias eléctricas del barril y de la boquilla.

Por un lado, el PLC nos permite programar la secuencia del ciclo de inyección y recibe señales de alarma, por sobrepresión o finales de carrera, para detener el ciclo.

Mientras que, los controladores PID son los mas adecuados para el control de temperatura debido a su elevada velocidad de respuesta para mantener la temperatura a los niveles requeridos.

2.5.5. SISTEMA DE EXPULSION

Finalizando el ciclo se producirá la apertura del molde para extraer la pieza moldeada. Normalmente ésta se queda adherida a la parte del corazón del molde, por lo que es necesario utilizar un sistema que expulse las piezas sin dañarlas.

Este sistema esta formado por diferentes elementos que constituirán el cuerpo del molde de inyección.

2.6. PROCESO DE INYECCION

El proceso de inyección resulta un proceso crucial en la fabricación de las piezas puesto que en este se procederá a insertar en la oquedad, el plástico fundido previamente, de manera que deberán ser controlados una multitud de parámetros tales como: las revoluciones del husillo, el material a inyectar, el tamaño del husillo, la compresión, la temperatura del cilindro, la duración del ciclo, la velocidad de inyección, etc.

Estos valores serán independientes entre si de manera que para poder realizar un correcto graduado de la maquina se deberá recurrir de forma empírica comenzando por valores tabulados. Ahora se pasa a explicar los parámetros fundamentales: como serán las temperaturas, velocidades y presiones que aparecen a lo largo de la inyección y el graduado necesario para conseguir una correcta inyección.

La unidad de inyección tiene como misión principal: fundir, mezclar e inyectar el polímero. Para conseguirlo, se utilizan husillos de diferentes características según el polímero que se desee fundir. El estudio del proceso de fusión de un polímero en la unidad de inyección tiene que atender a tres premisas termodinámicas.

- Las temperaturas de procesamiento del polímero.
- La capacidad calorífica del polímero.
- El calor latente de fusión.

El proceso de fusión necesita de un aumento de la temperatura del polímero, resultante del calentamiento y la fricción de este con la cámara y el husillo. La fricción y esfuerzos cortantes son básicos para una fusión eficiente, dado que los polímeros no son buenos conductores del calor. Un aumento de la temperatura hace que disminuya la viscosidad del polímero fundido, por todo esto, ambos parámetros deben ser ajustados durante e proceso. Existen, además, cámaras y husillos fabricados con diferentes aleaciones de metales, para cada polímero, con el fin de evitar el desgaste, la corrosión o la degradación.

La unidad de inyección es en origen una maquina de extrusión con un solo husillo, disponiendo la cámara de calentadores y sensores para mantener una temperatura programada constante. La profundidad del canal del husillo disminuye de forma gradual desde la zona de alimentación hasta la zona de dosificación. Así, va aumentando de manera gradual la presión en la cámara.

El esfuerzo mecánico de corte y la compresión añaden color al sistema y funden el polímero de manera mas eficiente que si hubiera únicamente calentamiento, siendo esta la razón principal por la que se emplea un husillo y no una autoclave para obtener el fundido.

Las principales características del proceso de inyección son las siguientes:

- La pieza se obtiene en una sola etapa.
- Se necesita poco o ningún trabajo final sobre la pieza obtenida.
- El proceso es totalmente automatizable.
- Las condiciones de fabricación son fácilmente reproducibles.
- Las piezas acabadas son de una gran calidad.

Para el caso de la inyección de plásticos, se han de tener en cuenta las siguientes restricciones:

- Dimensiones de la pieza: tendrán que ser reproducibles y de acuerdo a unos valores determinados, lo que implicará minimizar las contracciones de la misma.
- Propiedades mecánicas: la pieza deberá resistir las condiciones de uso a las que este destinada durante un tiempo de vida largo.
- Peso de la pieza: es de gran importancia, sobre todo, porque está relacionada con las propiedades de ella.
- Tiempo de ciclo: para aumentar la producción será necesario minimizar, en lo posible, el tiempo de ciclo de cada pieza.
- Consumo energético: Una disminución del consumo implicara un menor coste.

El proceso de moldeo por inyección sigue una serie de etapas que completaran un ciclo que se repetirá para completar las piezas a producir.

1. Cierre del molde.
2. Alimentación.
3. Plastificación o dosificación.
4. Inyección:
 - a. Fase de llenado.
 - b. Fase de mantenimiento.
5. Apertura del molde y expulsión de la pieza.
6. Enfriamiento de la pieza.

2.6.1. CIERRE DEL MOLDE

Con el cierre del molde se inicia el ciclo, preparándolo para recibir la inyección del material fundido. En esta fase se aplica la fuerza de cierre, que es la fuerza que emplea la maquina para mantener cerrado el molde durante la inyección.

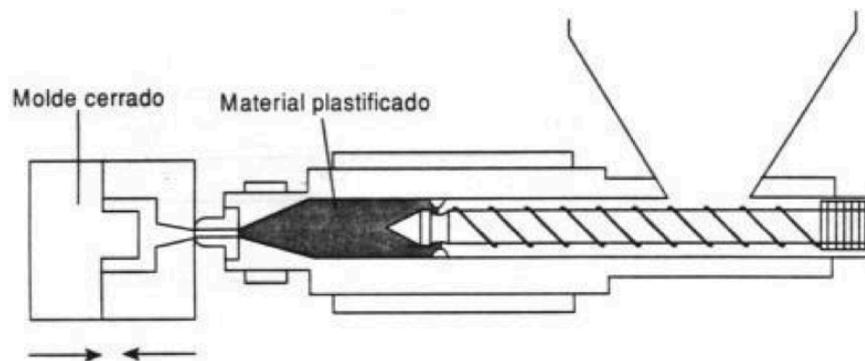


Figura 12: Esquema molde

2.6.2. INYECCIÓN

Durante el proceso de inyección se pueden diferenciar dos fases: fase de inyección y fase de mantenimiento. También se explicara en qué consiste el diagrama del proceso de inyección.

2.6.2.1. Diagrama termodinámico del proceso de inyección

Durante el ciclo de inyección el material se ve sometido a una serie de cambios termodinámicos, es decir, se ve sometido a unas variaciones de presión, temperatura y volumen mientras dura el ciclo. A continuación, se describe el proceso de inyección apoyándose en el diagrama P, V, T.

Este diagrama es característico de cada material y se obtiene mediante ensayos realizados en el laboratorio y relaciona las siguientes variables:

- Presión que actúa sobre el material.
- Volumen específico del material que es igual a la inversa de la densidad del material. Los polímeros a temperaturas altas y presiones elevadas experimentan variaciones de volumen debido a su compresibilidad.
- Temperatura a la que se ve sometido el material a lo largo del ciclo.

Dentro del proceso de inyección existen puntos clave en la transformación y por lo tanto 4 procesos principales de transformación. Que se pueden observar en la siguiente figura.

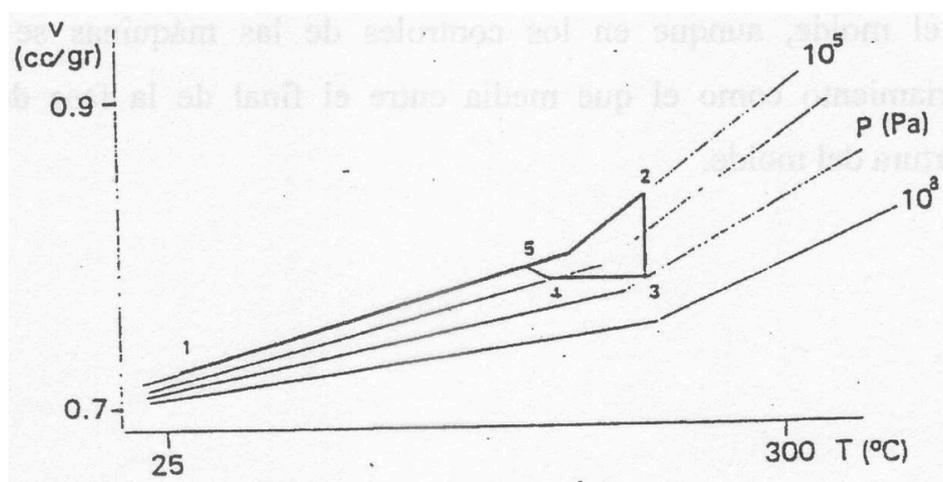


Figura 13: Diagrama P, V, T

2.6.2.1.1. Fase 1-2

Corresponde a la fase de dosificación y plastificación. Esta fase se realiza en la propia máquina de inyección desde el punto de alimentación a la zona previa a la inyección. En este punto se producirá la plastificación del material donde pasara desde la temperatura ambiente a la temperatura de inyección.

En la posición 1, el material se encuentra en la tolva de alimentación a temperatura ambiente y presión atmosférica, es decir, en estado sólido. En la posición 2 el material se encuentra fundido en la zona delantera del husillo a la temperatura de inyección.

Este proceso se podrá considerar como isobaro ya que no se produce una variación de presión relevante, aunque no es nula ya que , con el objeto de conseguir una mezcla mas homogénea, se aplica una ligera presión al material. El material en su recorrido se ira calentando e ira aumentando su volumen especifico por lo que al ser el inverso de la densidad, esta irá disminuyendo, además, su viscosidad disminuirá hasta llegar a su punto óptimo en el punto de inyección.

2.6.2.1.2. Fase 2-3

Se relaciona con la primera fase de inyección donde se produce el llenado del molde mas su presurización. En la posición 2, el material se encuentra listo para ser inyectado y llenar el molde. Se inicia en la zona de espera de la unidad de inyección y se intenta suministrar el material a lo largo del flujo a una velocidad alta con el objeto de llegar a todos los recovecos de las piezas sin variar mucho la temperatura y esta velocidad alta lo favorecer ya que si se tuviera una velocidad baja la viscosidad aumentaría al irse enfriando a lo largo del molde, implicando la posible aparición de zonas frías.

Para conseguir este suministro de velocidad alta, se debe suministrar un caudal elevado y esto implica una mayor caída de presión en el molde desde la boquilla al ultimo punto de llenado del molde, que debe ser suministrado por el sistema hidráulico de la máquina.

El recorrido 2-3 es, por tanto, un proceso de compresión que idealmente se puede considerar como isoterma aunque realmente se produzca una pequeña variación de temperatura. Si se inyecta muy rápido se produce calentamiento por rozamiento, lo cual hace aumentar la temperatura por lo que, observando el diagrama el punto 3, se desplazaría hacia la derecha, esto también ocurriría a la inversa si se inyecta a velocidad baja. La temperatura ideal será la que consiga que en todo momento el proceso se mantenga como isoterma.

2.6.2.1.3. Fase 3-4

Se considera la segunda fase de inyección y será la fase de mantenimiento donde después de haber sido inyectado y presurizado el material se debe continuar inyectando con el objeto de remediar dos efectos.

Por una parte impedir que el material, al estar presurizado, no retroceda hacia la cámara de inyección produciéndose el conocido reflujo y por otra parte, al ir enfriándose el material, su volumen va disminuyendo por lo que se deberá tener un exceso de material para minimizar las contracciones producidas en el proceso de enfriamiento. Esto se consigue ejerciendo una presión a través del husillo de inyección que se transmite a través del material que todavía permanece en la parte delantera del husillo, si no existiera este exceso no se podría transmitir esta presión de mantenimiento. Esta se podrá seguir manteniendo hasta el punto 4, es decir, mientras el material de la pieza o la zona de entrada del material no se haya solidificado.

La situación ideal sería aquella en la cual la pieza se enfriase progresivamente desde el último punto en haber sido llenado hasta la entrada, siendo esta zona la última en ser solidificada permitiendo que progresivamente se vaya compensando la contracción de la pieza.

Se ve por tanto, que en esta fase lo que interesa es controlar la presión y no la velocidad. Además ese control de presión interesa que se produzca de forma que, esta fase se produzca a volumen constante para que el material no contraiga dentro del molde y evitar así tensiones residuales inducidas en las piezas.

2.6.2.1.4. Fase 4-5

Será la fase de enfriamiento del material, aunque realmente se debe tener en cuenta que la temperatura va disminuyendo progresivamente desde el punto de inyección al entrar en contacto con el molde y que continuará una vez expulsada la pieza al haber terminado el ciclo de inyección. Por lo tanto se va aplicando un perfil de presión decreciente en la máquina de inyección desde la fase de mantenimiento.

Cuanto más caliente se encuentre el molde, menos acusada será la caída de presión en esta fase y, por tanto, la línea tendrá menos pendiente, siendo el valor del volumen específico menor. El punto 5 corresponderá con el momento en que las piezas son expulsadas. En este punto la presión ya es atmosférica al haber ido decreciendo desde la fase de mantenimiento y es en este punto donde se definirá el valor de la contracción post-moldeo.

2.6.2.2. Fase de inyección

Una vez cerrado el molde y aplicada la fuerza de cierre, se inicia la fase de llenado del molde. El husillo de la unidad de inyección inserta el material fundido dentro del molde a una presión elevada. La duración de esta etapa depende de la cantidad de material a inyectar, es decir, desde unas décimas de segundo hasta varios segundos. Las variables más importantes del proceso son:

- Velocidad de inyección.
- Presión de inyección.
- Temperatura del material.

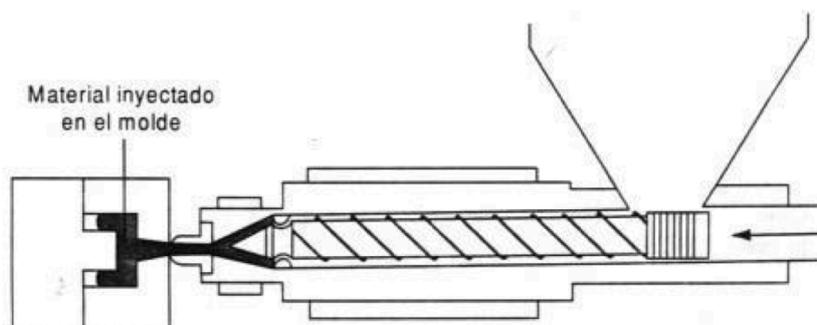


Figura 14: Esquema fase inyección

La unidad de cierre de la máquina moverá las dos mitades del molde para unir las herméticamente. La unidad de plastificación se moverá hacia el canal del molde. A continuación, el material es inyectado dentro del molde mediante el movimiento de avance del husillo. El material fundido se solidificará dentro de la cavidad para que la pieza moldeada pueda expulsarse. En cuanto el material interacciona con el molde en la operación de inyección, comienza a enfriarse y a solidificar. Por esta razón, la inyección debe ser un proceso rápido.

Cuando el material se funde se vuelve viscoso, lo que requiere grandes presiones. Sin embargo, en el interior del molde las presiones serán altísimas a causa de la inyección.

Durante la inyección las dos mitades del molde están completamente presionadas por el efecto de la fuerza de cierre. Ésta contrarresta la presión de inyección, ejercida desde el interior por el material. Si la presión de inyección dentro del molde es mayor que la fuerza de cierre la línea de partición se abrirá, permitiendo así que el material escape de la cavidad.

2.6.2.3. Fase de mantenimiento (compactación)

Una vez inyectado el material, empezará a enfriarse, lo que provocará que el material se contraiga dentro del molde. Por este motivo, se añadirá más material para que el volumen de la pieza sea el deseado. Durante la fase de mantenimiento la presión de la pieza disminuye y la velocidad de inyección baja. Así se añadirá la cantidad suficiente de material para completar la pieza y compensar las contracciones.

Esta fase finalizará cuando la presión baja hasta la del entorno. Esta fase condiciona ciertas características de la pieza final, el peso total, sus tolerancias dimensionales y características internas. Las variables que más afectan son:

- Tiempo de mantenimiento de la segunda presión.
- Temperatura del molde.
- Nivel de presión de mantenimiento.
- Ajuste del tiempo del mantenimiento.

La presión de mantenimiento generalmente es más baja que la presión de inyección en el llenado, pero si es demasiado baja, o se aplica en un periodo muy corto, entonces se obtienen piezas defectuosas.

Cuando la fase de mantenimiento ha acabado, aún queda material sobrante en la cámara de inyección. Este cojín fundido facilita que la presión sea transmitida entre el tornillo y la cavidad. El mismo se inyecta en el siguiente ciclo, aprovechando todo el material fundido y evitando costes innecesarios.

2.6.2.4. Sistemas de distribución

Consistirá en el sistema mediante el cual se podrá inyectar el plástico fundido a las piezas y para ello se deberán utilizar una serie de elementos o zonas mecanizadas. Para poder explicarlo se debe atender al método mediante el cual el material pasa a lo largo del molde.

Cuando la mezcla caliente del polímero entra en contacto con el metal del molde que está a menor temperatura, forma una película solidificada. El resultado es que actúa como un aislante térmico y mantiene el núcleo del flujo en buenas condiciones de temperatura para conseguir el llenado de las cavidades del molde. Este núcleo debe conservarse sin plastificar hasta que la pieza esté totalmente solidificada. De este modo, adquiere plena eficacia la presión, necesaria para compensar la contracción volumétrica que ocurre durante el proceso de solidificación. La geometría de los canales de alimentación tiende a la forma --- , resultando una bajada de presión proporcional a la bajada efectiva del volumen del flujo.

Los sistemas de distribución están divididos entre tres etapas: cono de colada, bebedero y entradas de material.

2.6.2.4.1. Bebedero

Zona hueca que divide la zona de alimentación de los canales de distribución. Es un hueco que, con el objeto de facilitar su desmoldeo, se le tiende a aplicar una conicidad que irá generalmente entre uno y dos grados. Tiene por lo general sección circular y su diámetro está diseñado dependiendo de los parámetros geométricos de las piezas a moldear.

2.6.2.4.2. Canales

Son los mecanizados realizados a lo largo de la cavidad que permiten que el material llegue desde la boquilla de inyección a las piezas finales. Para ello se deberá intentar que estos canales, además de la colocación de las piezas a conseguir, sean lo mas simétricos posibles con el objetivo de conseguir una correcta distribución de fuerzas a lo largo de la cavidad y el núcleo, ya que una mala distribución implicaría que la presión aplicada a una zona sea menor a otras lo que provocaría desgastes prematuros en unas zonas antes que en otras.

Se debe intentar que todas las piezas se llenen al mismo tiempo con el objetivo de que el enfriamiento se realice a la vez lo que permite un acortamiento del ciclo al disminuir la temperatura a lo largo de la colada de manera uniforme.

La elección, disposición y realización de los canales es muy importante ya que influye directamente en el éxito de las operaciones de moldeo. Se debe tener una sección transversal que permita al material plástico circular libremente, y una longitud lo más pequeña posible para disminuir la resistencia al flujo, las caídas de presión y las pérdidas de calor.

La resistencia al flujo a lo largo de los canales se puede controlar con el tamaño de los mismos. No deben tener marcas que puedan dar lugar a la retención del material y sus paredes han de pulirse en la dirección del flujo para dar mayor facilidad al deslizamiento del material. También hay que evitar las curvas demasiado bruscas y los ángulos agudos, que constituyen un obstáculo para el deslizamiento.

Las geometrías transversales mas usuales son:

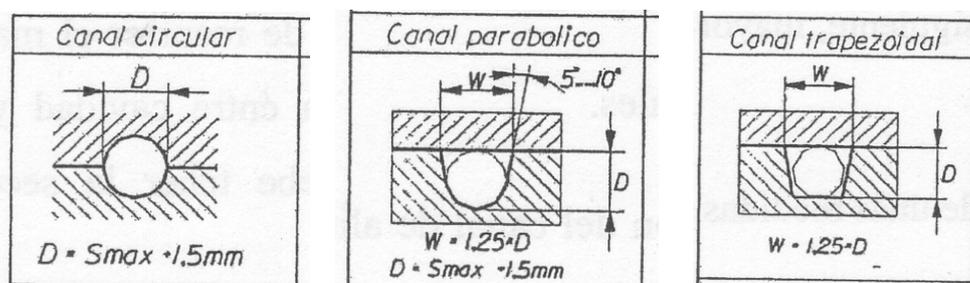


Figura 15: Secciones de los canales

2.6.2.4.3. Entradas

Las entradas de material son los elementos que comunican las piezas a fabricar con los canales de distribución. Este elemento es el que esta en contacto con la pieza a realizar y debe ser en su extremo lo mas fina posible con el objetivo de conseguir que no queden marcas en la pieza tras ser eliminado el sistema de distribución y además que, el hecho de ser tan fina, no provoque un estrangulamiento del material ya que eso implica un mal acabado superficial en la zona de inyección de la pieza.

También se debe tener en cuenta la localización del punto de inyección ya que una mala elección puede provocar un aumento de líneas de soldadura y otro tipo de imperfecciones pudiendo llegar incluso a producirse faltas de llenado de las piezas.

El tipo de entrada depende generalmente de los puntos ideales de inyección de la pieza y pueden tener una multitud de configuraciones.

El tamaño y forma de la entrada depende de los siguientes factores:

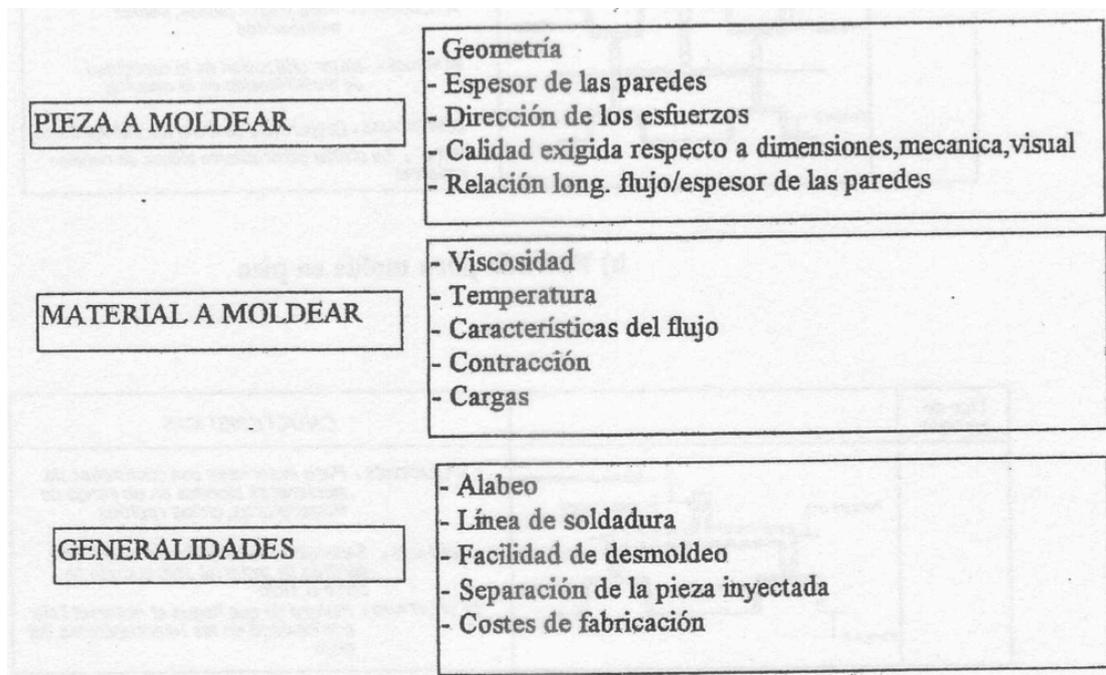


Figura 16: Factores de las entradas

2.6.3. PLASTIFICACIÓN Y DOSIFICACIÓN

Paralelamente a la etapa de enfriamiento tiene lugar esta fase. Después de aplicar la presión de mantenimiento, comienza a girar el husillo. A medida que transporta el material hacia delante, este sufre un retroceso debido a la acumulación que se produce en la zona delantera. En el momento en que se produce este retroceso se podrá inyectar la siguiente pieza.

En la etapa de plastificación también intervienen otros factores importantes:

- Velocidad de giro del husillo.
- Contrapresión.
- Succión.

La velocidad de giro del husillo debe escogerse en función del diámetro del mismo y de la viscosidad del material. La velocidad óptima, es aquella para la que el tiempo de carga es igual al tiempo de refrigeración que necesita la pieza inyectada.

La contrapresión tiene el objetivo de garantizar una adecuada plastificación y homogenización del material y frenar el retroceso del husillo en la etapa de plastificación. Contrapresiones bajas pueden dar lugar a piezas inconsistentes y una insuficiente homogeneización del material. La succión se utiliza para reducir el goteo de material.

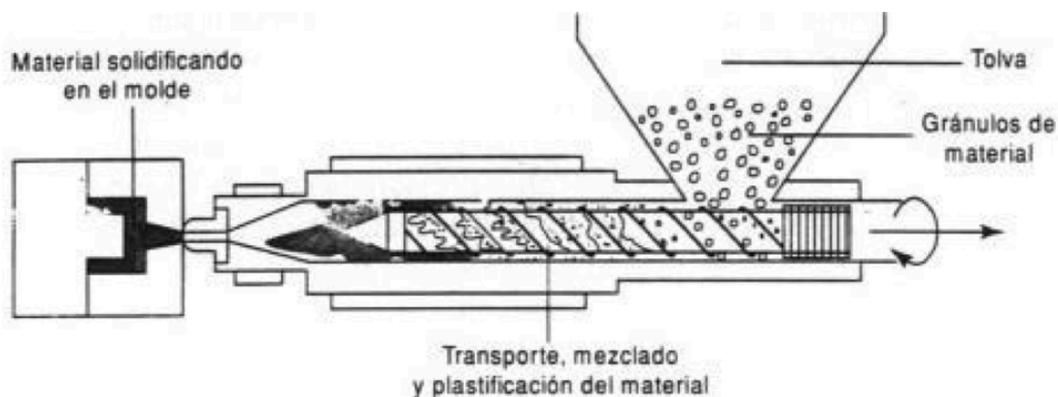


Figura 17: Esquema fase plastificación

2.6.4. ENFRIAMIENTO DE LA PIEZA

Comienza simultáneamente con la de inyección, dado que el material empieza a enfriarse tan pronto y toca la pared del molde. Finaliza cuando la pieza alcanza la temperatura adecuada para su extracción. La variable que mas afecta a esta fase es la temperatura del molde.

Durante la fase de llenado y mantenimiento, el material dentro de la cavidad ya ha comenzado a solidificarse contra la pared del molde que esta mas fría.

El enfriamiento es más lento hacia el centro de la pieza ya que los plásticos son poco conductores del calor. El calor cedido por la solidificación se disipa a través de las capas mas externas de las paredes del molde. El tiempo de enfriamiento depende del tipo de pieza que se enfría dentro del molde.

No es necesario esperar que toda la pieza se enfríe hasta la temperatura de expulsión, es suficiente que estén frías las regiones externas de la pieza. Durante la fase de enfriamiento se prepara el material en la unidad de plastificación, para la próxima inyección.

El enfriamiento se realiza mediante el sistema de refrigeración que consta de una serie de orificios practicados en la placa de cavidades y de un diámetro concreto que, al ser colocados próximos a la colada de inyección, y al circular agua generalmente a temperatura ambiente, permiten el enfriamiento de las piezas de la manera mas rápida posible con el objetivo de conseguir un acortamiento de ciclo de manera que este resulte lo mas económico posible.

El diseño correcto de los sistemas de refrigeración se lleva a cabo teniendo en cuenta que el enfriamiento de las piezas inyectadas no debe realizarse ni muy despacio ni muy rápido ya que podría implicar que el calor evacuado por las caras de las piezas sea mayor que el necesario lo que implicaría un enfriamiento excesivamente rápido en las superficies externas de las piezas dando lugar a defectos superficiales.

En términos generales se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- La diferencia de temperatura entre la entrada y la salida del circuito de refrigeración no debe ser superior a 5 °C.

- El sistema no debe tener excesivos ángulos rectos.

- Se debe tener en cuenta la distancia entre los conductos de refrigeración y la distancia a las piezas de manera que el agua de los conductos absorba el calor necesario que será emanado por las piezas en su proceso de inyección de manera que se produzca de manera óptima.

2.6.5. APERTURA DEL MOLDE Y EXPULSIÓN DE LA PIEZA

Cuando el material de la pieza ha alcanzado la temperatura de extracción, el molde se abre y se expulsa la pieza de su interior para reiniciar el ciclo de inyección.

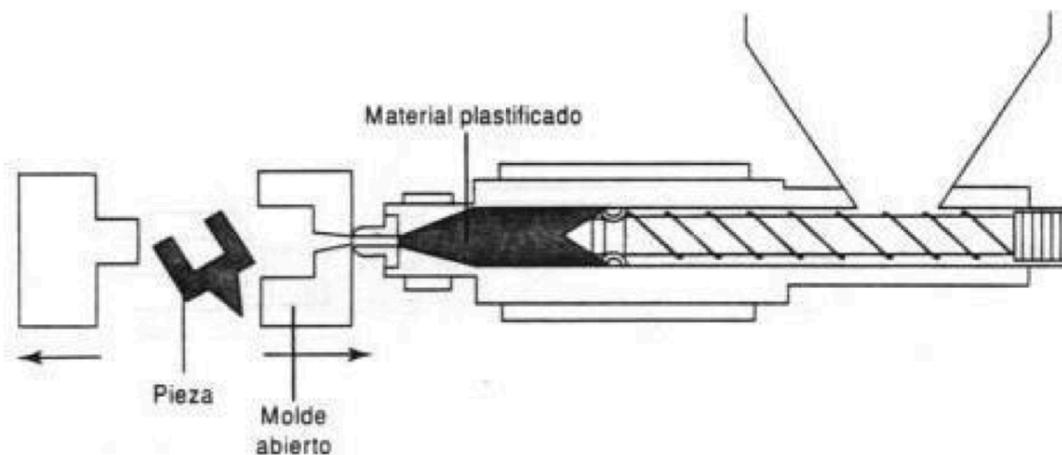


Figura 18: Esquema fase apertura del molde

Para ello se procede a la apertura del molde en el que la colada quede alojada dentro de la parte móvil y el propio sistema de cierre acciona la placa expulsora empujando la placa porta-expulsora que a su vez expulsa las piezas inyectadas tras accionar los expulsores. Estos expulsores son varillas comerciales que quedan alojadas entre las dos placas antes mencionadas y para proceder a su diseño se debe comprobar la resistencia a pandeo de los mismos ya que al aplicarse la presión de inyección y la segunda presión, estas actúan sobre la parte superior de los expulsores pudiendo deformarlos.

2.7. MOLDE DE INYECCIÓN

En la actualidad, existen diferentes tipos de molde de inyección. Los mas comunes son los siguientes:

- Molde de dos placas: este tipo de moldes es el más utilizado en la inyección de plásticos, debido a su sencillez de construcción y a la gran variedad de productos que se pueden hacer con este tipo de moldes.

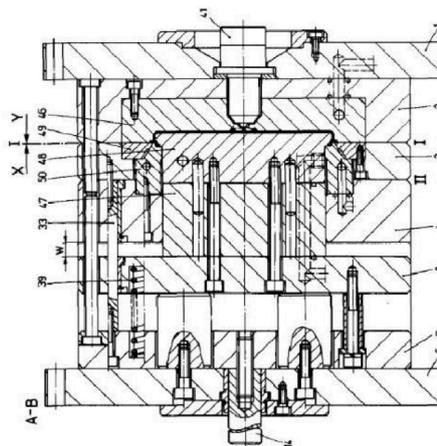


Figura 19: Molde 2 placas

- Molde de tres placas: con la fabricación del molde de tres placas se tiene dos planos de separación, con lo cual la ruptura de la colada es relativamente limpia si no esta situada en superficies vistas o de función, no es necesario ningún proceso posterior para desprender la colada.

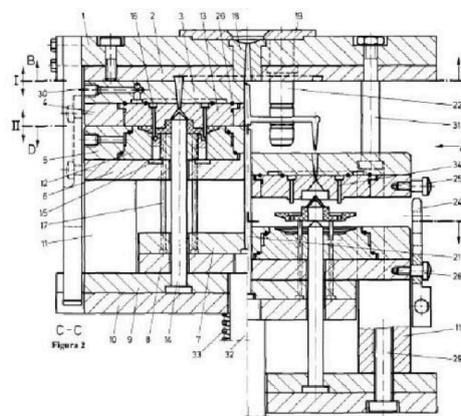


Figura 20: Molde 3 placas

- Molde de pisos (sándwich): la construcción de este tipo de molde ofrece la posibilidad de incluir en el molde un número de piezas tal que la capacidad de la máquina se aprovecha ampliamente. En este tipo de moldes existen dos planos de apertura.

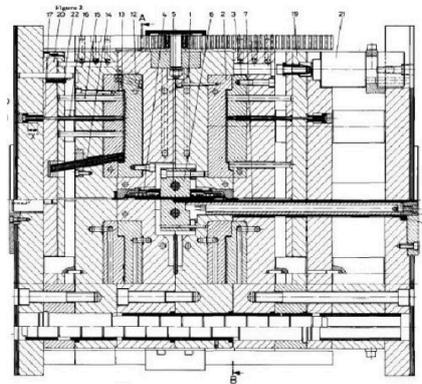


Figura 21: Molde sándwich

A continuación se presenta una lista y descripción detallada de las piezas estándares de un molde de inyección convencional, así como su descripción.

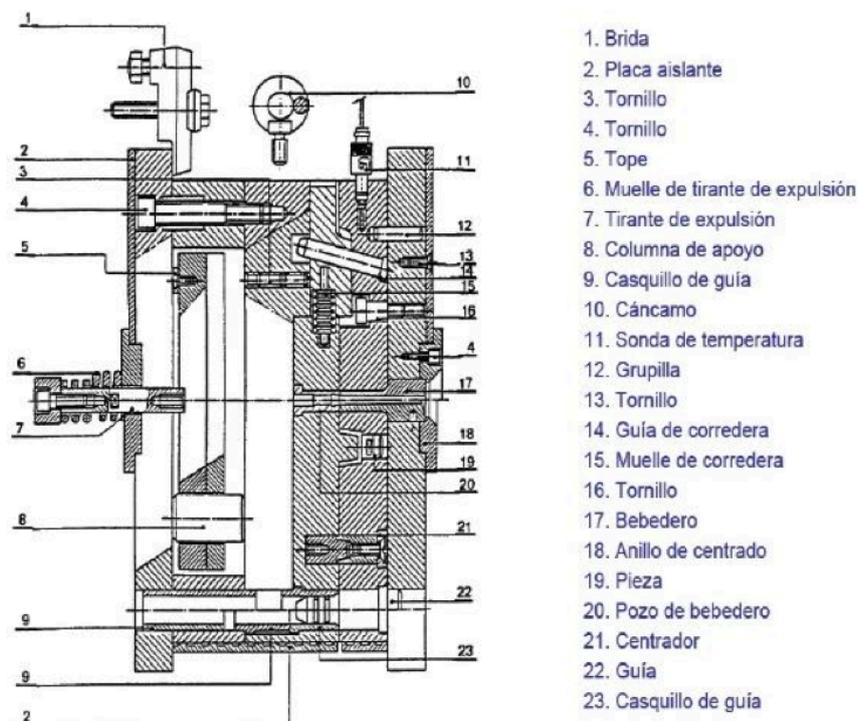


Figura 22: Esquema molde

2.7.1. PARTE FIJA O LADO DE INYECCIÓN

Recibe este nombre por ser la parte del molde que no se mueve cuando la máquina de inyectar realiza todo sus movimientos. Esta sujeta al plato fijo de la máquina, y es donde apoya el cilindro de inyección de la máquina, para introducir en el molde el plástico fundido. Es decir, es la parte más cercana al grupo de inyección. A su vez, la parte fija estará formada por diferentes elementos.

2.7.1.1. Placa base

Es una placa de metal cuyas dimensiones se adecúan para que el tamaño de pieza a inyectar permita espacios libres por donde se podrá sujetar mediante bridas al plato fijo de la máquina. El grosor de ésta será lo suficiente, para evitar deformaciones y dependerá del peso total del molde.

2.7.1.2. Placa portafiguras

Estas placas son donde se realizan las figuras de la pieza, bien sea como postizos ajustados en la misma, o directamente labradas sobre ella. La hembra llamada cavidad suele realizarse en la parte fija del molde. El macho también llamado núcleo se realiza en la parte móvil del molde.

2.7.1.3. Centrador

Sirve para centrar el molde en la máquina. Suele ser redondo y sobresale de la placa base. Lo que sobresale entra ajustadamente en el plato fijo de la máquina. Así una vez centrado el molde en el cilindro de inyección de la máquina, coincide con el orificio por donde tiene que entrar el plástico fundido en el molde.

2.7.1.4. Bebedero, ramales de distribución y entradas

Son huecos creados en el molde, que sirven para que el plástico fundido que viene del cilindro de inyección de la máquina, pueda llegar a través de ellos hasta los huecos que tienen la forma de la pieza.

La mazarota es el primer tramo, donde la boquilla de la máquina apoya ajustándose al molde. Tras la mazarota se sitúan los ramales de distribución primarios y secundarios.

Los bebederos y entradas a la pieza son conductos que se llenan de plástico y que no forman parte de la pieza, cuando el plástico se enfría constituyen una merma del material empleado, llamada colada, que tiene que ser minimizada con un estudio minucioso de las mismas.

También es posible mantener estos conductos a una temperatura lo suficientemente alta, mediante resistencias integradas en el molde, que mantenga el plástico fundido sin llegar a degradarse. Con ello se evita la merma de las coladas y entonces se estaría hablando de moldes con cámaras calientes.

2.7.1.5. Circuitos de refrigeración

La refrigeración se realiza mediante una serie de circuitos, tanto en el interior de la placa portafiguras como en los postizos que tienen las figuras de la pieza, por donde pasa el líquido refrigerante.

Con este sistema, se establecerá un equilibrio entre la cantidad de calor que se suministra al molde con el plástico fundido, y la cantidad de calor que se le quita con el líquido refrigerante. El ciclo tiene que ser el menor posible para que mantenga las piezas con la calidad requerida.

2.7.1.6. Columnas guía o columnas del molde

Ambas partes del molde tienen un sistema de guías en una parte y de agujeros guía en la otra, que aseguran un perfecto acoplamiento de las partes, evitando movimientos de una de ellas respecto de la otra cuando recibe la presión del plástico fundido que llega a las cavidades. Permite también el poder realizar los ajustes finos de ambas partes, en las fases de construcción o reparación del molde.

2.7.2. PARTE MÓVIL O DE EXPULSIÓN

Es la parte que esta sujeta al plato móvil de la máquina y se mueve solidariamente con ésta. También es donde normalmente se ubica el sistema de expulsión de la pieza cuando ésta está terminada.

2.7.2.1. Placa base

Sirve para su sujeción mediante bridas u otros elementos de fijación al plato móvil de la máquina de inyección. A diferencia de la anterior, esta placa no lleva centrador, pero lleva un orificio en su parte central que permite la entrada del vástago expulsor de la máquina hasta la placa expulsora del molde.

2.7.2.2. Placa portafiguras

Como ya se ha mencionado anteriormente son las placas donde se realizan las figuras de la pieza. En la parte móvil del molde también se realizan las figuras mediante postizos ajustados o directamente sobre ella.

2.7.2.3. Placa expulsora

Es una placa doble que lleva los expulsores y recuperadores. Va flotante y guiada en un determinado espacio dentro de esta mitad del molde y cuya misión consiste en extraer la pieza con los expulsores que aloja cuando el vástago de expulsión de la máquina hace presión sobre la misma. Mediante los recuperadores lleva la placa expulsora a la posición de inicio en el momento del cierre del molde.

2.7.2.4. Placas paralelas

Son gruesos de hierro, puestos a ambos lados del molde, sujetos a la placa base y placa portafiguras mediante tornillos, creando un hueco central entre las dos placas, por donde se deslizará mediante guías la placa expulsora.

2.7.2.5. Circuitos de refrigeración

Como ya se ha mencionado anteriormente, mediante el sistema de refrigeración se establece un equilibrio entre la cantidad de calor que se suministra con el plástico fundido, y la cantidad de calor que se le sustrae al molde con el refrigerante.

2.7.2.6. Expulsores

Pueden tener diferentes formas, según la pieza, aunque lo común es que sean de forma cilíndrica o laminar. Su situación, en un extremo la placa expulsora y en el otro formando parte de la superficie en contacto con el plástico, hace de transmisor directo en la extracción de la pieza de la cavidad del molde donde se aloja.

Con el enfriamiento de la pieza, al solidificarse el molde, se produce una contracción volumétrica de la pieza moldeada provocando dos fenómenos: la separación de las partes cóncavas del molde y la adherencia en las partes convexas.

2.7.2.7. Recuperadores

Son varillas cilíndricas de mayor tamaño que los expulsos, ubicadas fuera de la superficie del molde que hace pieza y cuya misión es evitar que los expulsos dañen el molde cuando se cierran ambas mitades. Asegura así, una recuperación de la placa expulsora y expulsos hasta su posición inicial.

2.7.2.8. Línea de partición

Se trata de una zona alrededor de las figuras donde ambas partes del molde se tocan, creando el límite de llenado de la cavidad. El ajuste tiene que ser perfecto para evitar que existan sobrantes de material en la pieza. La comprobación del ajuste del molde consistirá en pintar una de las caras, presionando después ambas partes y comprobando después que la fabricación del molde es correcta.

2.7.2.9. Salida de gases

Son pequeñas ranuras creadas de forma precisa en el molde. Están situadas principalmente en las terminaciones de llenado de las piezas y permiten que el aire existente en los huecos de la cavidad al llenar, junto con los gases que se generan en la inyección, tenga huecos en el ajuste para salir. Estas salidas tendrán el tamaño adecuado para que salgan los gases pero no el plástico líquido.

2.7.2.10. Agujeros roscados y cáncamos

El molde posee en todas sus placas de agujeros roscados de orificio suficiente para el enroscado de cáncamos, que serán utilizados en el manejo del molde.

2.7.4. SISTEMAS DE COLADA FRÍA

Es la zona de transición entre el bebedero y la cavidad del molde. Es un elemento sumamente importante, ya que el fundido debe llenar completa y uniformemente la cavidad. La colada fría puede ser bastante grande y necesitar de ciclos de inyección mas largos. Este sistema es aplicado para piezas pequeñas.

De esta forma, el bebedero conecta la boquilla a la máquina al sistema de alimentación. A continuación los canales fríos llevan el plástico a las cavidades del molde. Estos canales no cuentan con sistemas de control de temperatura.

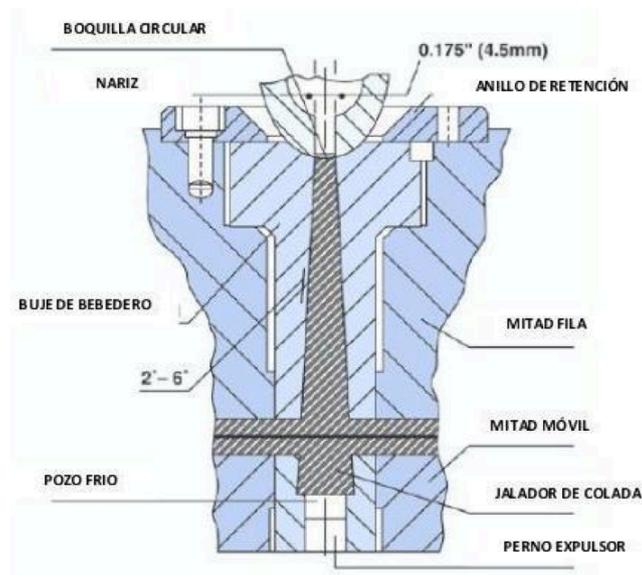


Figura 24: Esquema bebedero

Este método es el que se va a utilizar en el molde que se desarrolla en este proyecto.

Existen diferentes tipos de sistemas de coladas y entradas frías.

2.7.4.1. Colada cónica

Este tipo de colada es el adecuado para moldes de una sola cavidad, piezas que requieren un llenado uniforme o piezas de pared gruesa. El canal de colada ha de separarse después del desmoldeo de la pieza.

La colada cónica posee un pozo frío así como un bebedero corto, que permite un llenado rápido del molde y bajas pérdidas de presión. La desventaja de utilizar este tipo de coladas es la marca del punto de inyección que queda en las piezas tras el moldeo.



Figura 25: Colada cónica

Generalmente la contracción de la pieza en la zona cercana al punto de inyección será baja, por el contrario, la contracción en el material de la colada será alto.

2.7.4.2. Entrada puntiforme o capilar

La entrada capilar únicamente se usa con modelos de tres placas puesto que la colada deberá ser expulsada separadamente de la pieza y en la dirección opuesta. El punto de inyección deberá ser lo suficientemente débil para romperse sin dañar la pieza.

Este tipo de entrada es recomendado para piezas de pared delgada. A diferencia de la colada cónica, ésta se separa generalmente de forma automática.

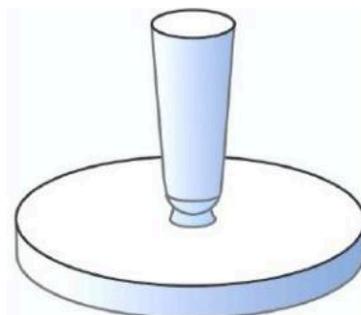


Figura 26: Entrada capilar

2.7.4.3. Colada de paraguas

La colada de paraguas es adecuada para la fabricación de piezas con un requerimiento de precisión de redondez elevado. Gracias a este tipo de colada se podrá evitar la existencia de líneas de unión. Las desventajas son el apoyo unilateral del hoyo central y la necesidad de operaciones de mecanizado para eliminar la colada.

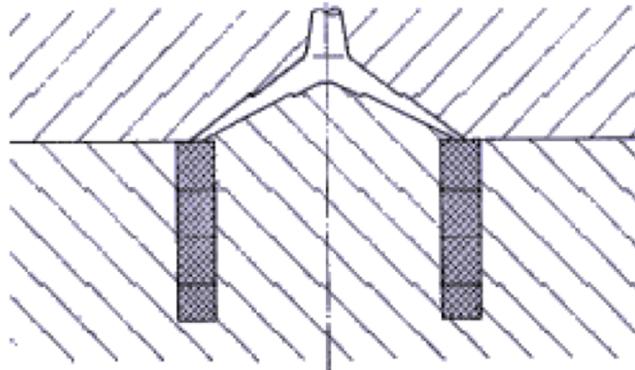


Figura 27: Colada paraguas

2.7.4.4. Colada de disco

La colada de disco es utilizada para inyectar piezas cilíndricas o piezas plásticas de secciones redondas huecas. Es utilizada para moldes de una sola cavidad, cuando la concentricidad de la pieza es importante y cuando la presencia de líneas de soldadura no es aceptable.

Para que las líneas de soldadura no aparezcan, el llenado del molde se realiza por el interior. La colada ha de eliminarse después del desmoldeo.

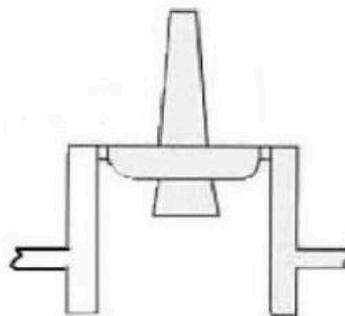


Figura 28: Colada de disco

2.7.4.5. Entrada laminar o de cinta

Este tipo de entrada consiste en un bebedero recto y un punto de inyección a lo largo de toda la longitud de la pared de la pieza. Se emplea en paredes delgadas y largas.

La entrada laminar consigue que el llenado del molde sea uniforme. De esta manera se consiguen piezas planas con un mínimo de contracción y de tensión. Debido a esta característica, esta entrada es usada para materiales reforzados y donde el alabeo deba mantenerse al mínimo.

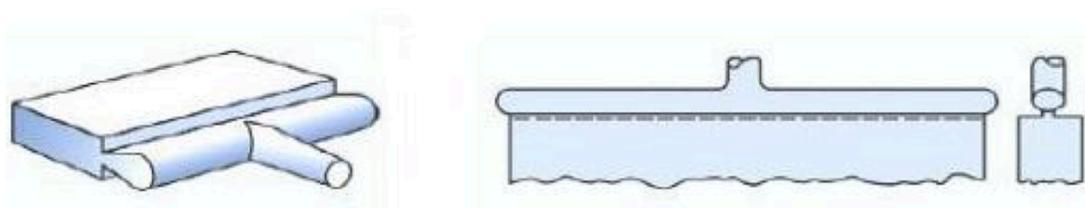


Figura 29: Entrada laminar

En algunos tipos de molde la entrada estará obligada a situarse fuera del eje de gravedad, lo que puede producir el desgaste del molde. La lámina de entrada es cizallada, por lo que no impide una fabricación automática.

2.7.4.6. Entrada túnel o submarina

La entrada submarina consiste en un túnel cónico inclinado que es maquinado desde el final de la colada hacia la cavidad, justo debajo de la línea de partición. La entrada de túnel es adecuada para la inyección lateral de las piezas. Este tipo de entrada permite secciones muy pequeñas, con lo que se consiguen marcas residuales casi invisibles sobre la pieza.

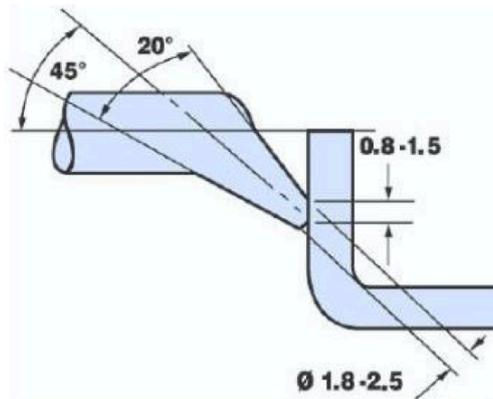


Figura 30: Entrada submarina

Una variación de este tipo de entrada es la entrada submarina de gancho, que se encuentra maquinada en la parte móvil del molde. Una vez solidificado el plástico, este tipo de entrada es extraída mediante un perno expulsor.

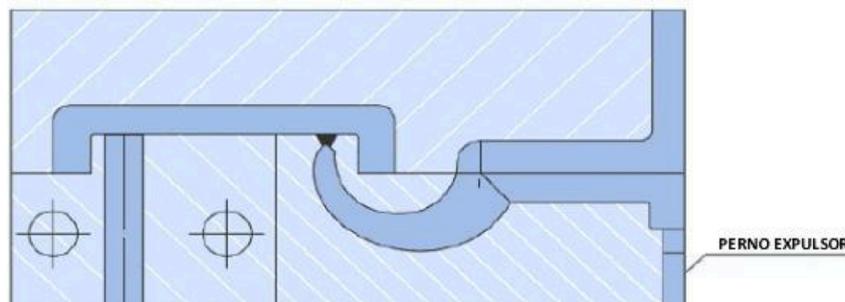


Figura 31: Entrada gancho

2.7.4.7. Entrada lateral

Es apropiada para espesores medios y gruesos y son usadas en moldes de dos placas y múltiples cavidades. El punto de inyección se localiza en la línea de partición y llena la pieza desde un costado, desde arriba o desde la parte inferior.



Figura 32: Entrada lateral

2.7.4.8. Entrada de lengüeta

La entrada de lengüeta es usada para partes planas y delgadas. Reduce el esfuerzo cortante en la cavidad y los altos esfuerzos cortantes generados alrededor del punto de inyección son dirigidos a la lengüeta auxiliar, la cual es cortada después de la inyección.

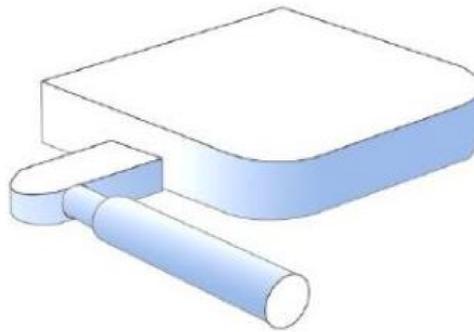


Figura 33: Entrada lengüeta

2.7.4.9. Entrada laminar superpuesta

Este tipo de entrada es similar a la entrada laminar, excepto que el punto de inyección está superpuesto a la superficie de la pieza. Este tipo de entrada es usualmente utilizada para evitar ciertos problemas superficiales.

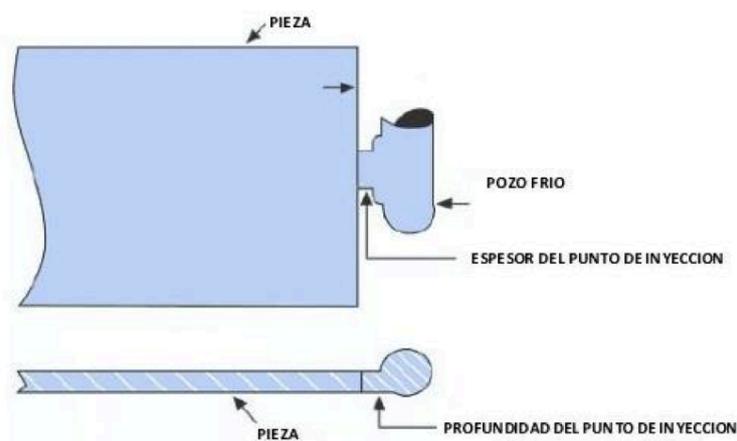


Figura 34: Entrada laminar superpuesta

2.7.4.10. Entrada tipo abanico

Es un tipo de entrada ancha con espesor variable que se emplea para piezas de pared gruesa. Además, permite una inyección suave lo cual favorece a bajar los esfuerzos residuales por moldeo o cuando el alabeo y las dimensiones de la pieza son importantes.

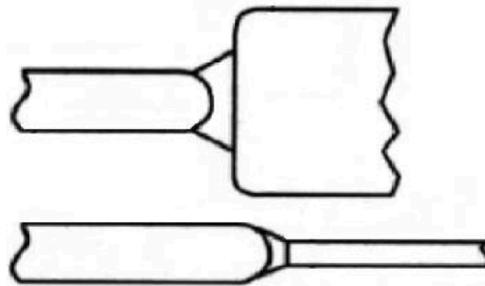


Figura 35: Entrada en abanico

Este tipo de entrada tendrá un ángulo a lo ancho y a lo largo del punto de inyección, para mantener una sección transversal constante. Con esto se asegura que la velocidad de llenado sea constante. El ancho del punto de inyección es utilizado en su totalidad para que el fundido y la presión de llenado sea la misma en toda la sección.

2.7.4.11. Entrada múltiple

Este clase de entrada es utilizada para piezas cilíndricas y ofrece una separación fácil del punto de inyección y un ahorro del material. Sin embargo, es frecuente la aparición de líneas de soldadura. Además, el uso de una entrada múltiple hace que el hecho de lograr una geometría de redondez optima sea difícil.



Figura 36: Entrada múltiple

2.7.4.12. Entrada interna y externa

Las entradas internas y externas son utilizadas para partes cilíndricas o secciones redondas huecas de la pieza. Este tipo de entrada es utilizada en moldes multicavidades.

En el proceso de llenado del molde el material entra en el anillo interno o externo únicamente por un lado del bebedero, formando una línea de soldadura en el lado opuesto al punto de entrada del material.

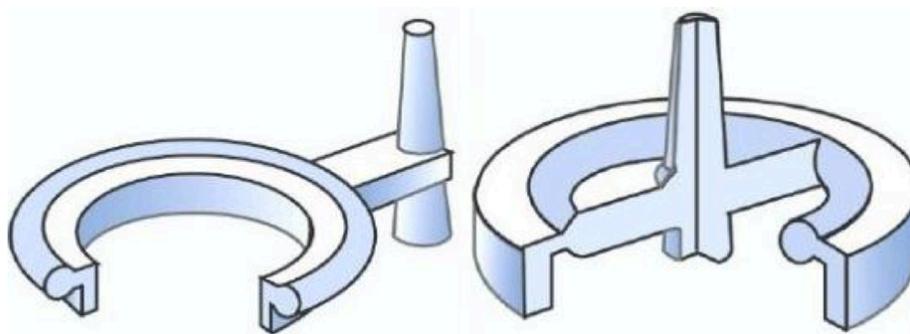


Figura 38: Entradas interna y externa

2.7.5. SISTEMA DE COLADA CALIENTE

Este tipo de sistema está compuesto por varias partes encargadas de llevar directamente el plástico fundido desde la válvula de inyección de la máquina hasta la compuerta de acceso de cada cavidad del molde. Así, este sistema que se instalara dentro del molde reduce o elimina la utilización de ramales o mazarotas.

Este tipo de sistema de inyección consiste en un distribuidor y en un juego de boquillas, que mantienen la resina fundida (mediante resistencias eléctricas) desde su salida de la máquina hasta que entra en cada una de las cavidades del molde.

En un sistema de colada caliente, el manejo adecuado de la temperatura es un punto crítico. Por esta razón el funcionamiento debe ser apoyado por un controlador eficiente de temperatura.

Los sistemas de colada caliente, en comparación con los de colada fría, reducen la cantidad de los desperdicios de resina, al evitar los ramales de las piezas de inyección. Además se reducen los tiempos generales del ciclo, reduciendo el consumo energético y aumentando el volumen de piezas producidas por ciclo del molde, cuando se utilizan un molde de múltiples cavidades.

Los moldes de colada caliente son utilizados para la producción de piezas de gran volumen, así como para la industria medica, farmacéutica y piezas de pared delgada.

2.7.5.1. Bebedero de calentamiento interno

El flujo del material es interno y directo. El calentamiento de esta clase de bebedero es exterior proporcionado por una resistencia espiral de sección rectangular. Una capa de protección de acero inoxidable permite que la resistencia este firmemente apoyada al cuerpo de la boquilla obteniendo perfecta distribución de calor.



Figura 39: Bebedero caliente

2.7.5.2. Bebedero de calentamiento externo

Los bebederos de calentamiento externo tienen el mismo funcionamiento que un bebedero de calentamiento interno. Sin embargo, en los de calentamiento externo el polímero fundido no corre por dentro del elemento calefactor, sino que corre por fuera.

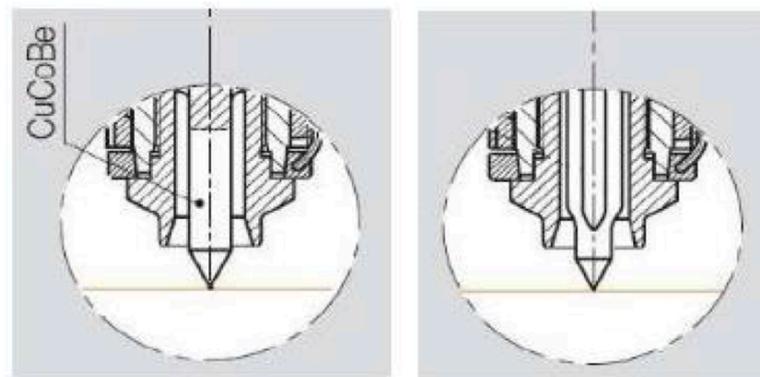


Figura 40: Bebedero caliente

2.7.5.3. Boquilla de inyección estándar

La boquilla de inyección puede ser utilizada como punto de inyección central y en distribuidores de inyección caliente. Este tipo de boquilla es la utilizada para resinas amorfas y para aplicaciones generales.

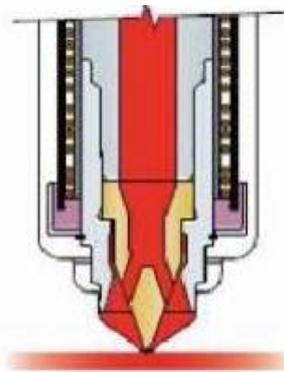


Figura 41: Boquilla estándar

2.7.5.4. Boquilla de inyección extendida

Este tipo de boquillas, al igual que la estándar, es de aplicación general, solo que es utilizada para inyectar en lugares de difícil acceso.

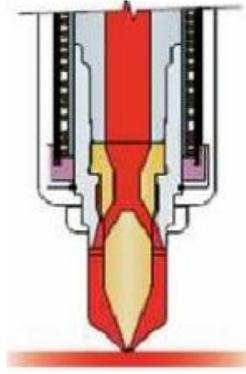


Figura 42: Boquilla extendida

2.7.5.5. Boquilla de inyección anular

Este tipo de boquilla se usa en aplicaciones que requieran inyectar en una parte cilíndrica hueca. Cada boquilla puede alimentar hasta dos cavidades.

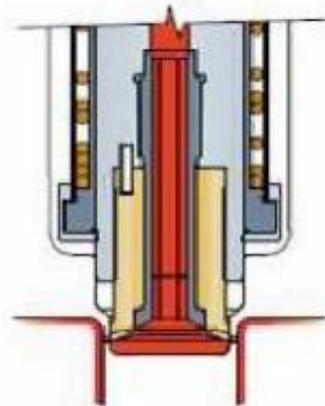


Figura 43: Boquilla anular

2.7.5.6. Boquilla de inyección de mínimo vestigio

Para aplicaciones que no permitan el vestigio del punto de inyección. Se utiliza para polímeros amorfos y cristalinos.

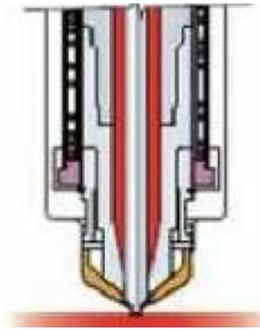


Figura 44: Boquilla de mínimo vestigio

2.7.5.7. Boquilla de inyección capilar

Este tipo es apto para aplicaciones que requieren evitar las líneas de flujo

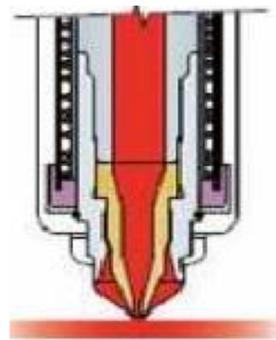


Figura 45: Boquilla capilar

2.7.5.8. Boquilla de inyección múltiple

Es utilizada para la inyección directa de partes pequeñas o piezas de geometría compleja que requieran múltiples puntos de inyección.

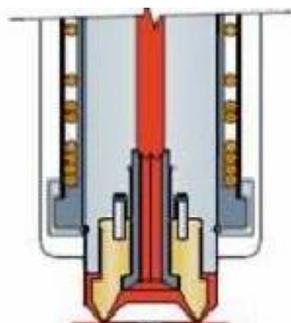


Figura 46: Boquilla múltiple

2.8. CONDICIONES DE TRABAJO DE PIEZAS PLÁSTICAS

Las condiciones en las que trabajara la pieza una vez producida son indispensables a la hora de seleccionar el material con el que se moldea la pieza. De este modo, las vibraciones, cargas, duración de la carga, impactos y demás factores tendrán un peso específico en el diseño de la pieza.

2.8.1. MAGNITUD DE LAS CARGAS

Debido a la gran variedad de plásticos y propiedades físicas de cada uno, para el correcto diseño de la pieza, se elegirán los plásticos que posean menor rigidez, los cuales presenten una alta elongación antes de su punto de fluencia.

También se hará uso, si es necesario, de geometrías que den rigidez a la pieza para conseguir los requerimientos de rigidez y que mantenga los puntos de plasticidad y fluencia en los límites admisibles.

Aun así, debido a que la pieza pueda presentar propiedades algo diferentes a las que se quieren conseguir, se establecerá un factor de seguridad de diseño del producto. De esta forma, se podrá asegurar que el límite elástico del material no sea excedido.

2.8.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS

El tiempo de duración de las cargas es tanto o más importante que la magnitud de las mismas. Los plásticos sujetos a cargas durante un periodo largo de tiempo presentan una condición de deformación viscoelástica.

Esta es la tendencia de un sólido a comportarse como un material viscoso ante la presencia de cargas permanentes, es decir, presentaran deformaciones permanentes aun cuando la carga este por debajo de su límite elástico.

2.8.3. IMPACTOS

En una pieza que va a estar expuesta a impactos, se tendrán en cuenta la concentración de esfuerzos, disipación de energía de impactos y las propiedades de impacto del material a utilizar.

Para la correcta absorción de los impactos se usaran, en la medida de lo posible, geometrías redondeadas para distribuir las fuerzas a lo largo de toda el área. Además, para la elección del material de una pieza para aplicaciones de impacto, se tendrá en cuenta el rango de temperatura y la sensibilidad a la rotura de dichos materiales.

2.8.4. FATIGA

Las partes plásticas expuestas a cargas cíclicas a menudo fallan a un mucho menor esfuerzo o tensiones menores que a las que fallan con cargas estáticas. La fatiga puede ser debida a intensas vibraciones o repetidas cargas y deflexiones.

La fatiga se puede prevenir analizando la pieza y su entorno en busca de muescas, concentradores de esfuerzos, frecuencias de carga, condiciones ambientales y las propiedades del material seleccionado.

2.8.5. DESGASTE

La resistencia al desgaste es importante tanto para el funcionamiento como para la estética de la pieza. Debido al desgaste se reduce el espesor de una sección de las piezas y esta puede llegar a fallar. También es importante la resistencia al rayado (dureza) y a la abrasión.

2.8.6. MEDIO AMBIENTE

Se deben considerar las condiciones ambientales extremas a las que la pieza puede ser expuesta. El efecto de la temperatura, químicos, humedad, lubricantes, agentes de limpieza, rayos ultravioleta, fricción, desgaste y presencia de polvo u otras partículas aerotransportadas que puedan afectar al desempeño de la pieza serán analizadas.

2.8.7. TEMPERATURA

Tanto si la pieza diseñada va a trabajar a temperaturas elevadas como a temperaturas bajas hay que tener en cuenta que muchas de las propiedades de los materiales plásticos (resistencia al impacto, módulo de elasticidad, límite elástico, deformación viscoelástica...) varían con la temperatura. Además, la resistencia al impacto disminuye cuando la temperatura baja notablemente.

2.8.8. QUÍMICOS

Los materiales plásticos tienen una mayor resistencia que otro tipo de materiales frente a la degradación química. Sin embargo, se debe considerar y evaluar el efecto del ambiente químico al que la pieza va a ser expuesta durante su ciclo de vida.

A causa de ambientes químicos, los plásticos pueden reaccionar de diferentes maneras, como reacciones químicas (hidrólisis, ácidos, oxidación, etc.), solubilidad, absorción, plastificación, incluso pueden resultar disueltos. Si al ambiente químico se le añaden altas temperaturas, el proceso de degradación puede acelerarse.

2.8.9. CONTRACIONES Y PANDEO

Durante el moldeo por inyección, a medida que el termoplástico se enfría en la cavidad del molde, el volumen específico disminuye, resultando una pieza contraída. La contracción continúa hasta que la parte alcance la temperatura del medio ambiente.

Las secciones gruesas se enfrían rápidamente, lo cual puede resultar en altas contracciones comparadas con secciones delgadas del mismo material. Es a causa de las diferentes contracciones en las diferentes áreas de la pieza cuando se produce el pandeo de la pieza.

La variación de los espesores de pared, desigualdades en las temperaturas del molde, si la dirección de llenado se da en una sección delgada o gruesa y la orientación de las fibras puede causar pandeos en las partes moldeadas.

2.9. DEFECTOS EN PIEZAS

Debido principalmente a errores del proceso, las piezas producidas por inyección se encuentran con este problemas. Esto hace que las piezas defectuosas sean rechazadas ya que no cumplirán las especificaciones para las que han sido diseñadas.

Con el objetivo de minimizar los errores en el ciclo de producción es de vital importancia conocer el origen de dichos defectos. Para ello es fundamental realizar análisis sistemáticos de los errores y fallos en la producción cuyo principal objetivo será identificar el fenómeno físico que lo produce.

Una vez conocido el problema, se introducirán las medidas que sean adecuadas para su eliminación y la correcta disposición del ciclo de producción.

2.9.1. RECHUPES

Los rechupes tienen forma de hendidura y aparecen, generalmente, entre la pared de la cavidad y la corteza de la pieza. Son unos defectos visuales que aparecen a causa de la contracción o a causa de una incorrecta refrigeración de la pieza inyectada.



Figura 47: Rechupe

Para prevenir este defecto deben seguirse los siguientes puntos que afectan tanto al diseño de la pieza como el diseño del propio molde: evitar diferencias de espesor de las paredes, evitar acumulaciones de material, prestar especial atención a la relación grosor-diseño de los nervios, asegurar una adecuada refrigeración del molde. El conducto de colada debe ser situado en la pared mas gruesa y debe ser lo suficientemente grande.

2.9.2. REBABA

Se produce cuando el polímero fundido se mete en la superficie de separación entre las partes del molde, también puede ocurrir alrededor de los pernos de eyección. Sus causas pueden ser diversas: presión de inyección demasiado alta, temperaturas de fusión demasiado altas y tamaño excesivo de la carga.

2.9.3. MARCAS HUNDIDAS Y HUECOS

Aparecen normalmente en las secciones gruesas de la pieza, cuando la superficie exterior del molde solidifica, pero a causa de la contracción el material solidificado se deforma, hundiéndose. Estos defectos pueden ser prevenidos con el diseño de secciones con espesor uniforme o de secciones delgadas.

2.9.4. LÍNEAS DE SOLDADURA

Las líneas de soldadura surgen durante el llenado del molde: diferentes frentes de plástico se encuentran en la dirección opuesta. Los bordes o límites que se forman se llaman líneas de soldadas. Las temperaturas altas de fusión, las presiones altas de inyección, las localizaciones alternas de las puertas en la pieza y una mejor ventilación son formas de evitar este defecto.

2.9.5. DEFECTOS EN EL PUNTO DE COLADA

Se trata de las zonas mates en el punto de colada que aparecen como causa de la fuerza de cizalla del flujo. La solución es intentar conseguir condiciones más favorables para la creación de una capa suficientemente fuerte para resistir la fuerza de cizalla del flujo. Esto se consigue mediante la reducción de la velocidad inicial de inyección. Después puede subirse la velocidad de inyección con el fin de obtener una velocidad de fusión uniforme.

2.9.6. ESTRÍAS

Las estrías son causadas generalmente por quemaduras y humedad. Son visibles en la superficie por su color plateado.

2.9.7. RÁFAGAS

Tienen un aspecto muy similar a las estrías. Sin embargo, las razones por las que pueden aparecer son varias: aparecen detrás de secciones estrechas o cantos vivos del molde, la temperatura elevada de masa, una elevada velocidad de avance del husillo, largo tiempo de permanencia en la unidad de plastificación o en la parte delantera del husillo y alto contenido de material reciclado.

Las ráfagas pueden ser clasificadas en varios grupos:

- Ráfagas por quemadura: causadas por la degradación térmica de la masa. El resultado puede ser la decoloración plateada o amarronada causada por el cambio producido en su estructura molecular.

- Ráfagas por humedad: aparecen en la superficie de la pieza molde dada en forma de colas de cometa. Las ráfagas por humedad debidas a humedad en la superficie del molde, aparecen como zonas largas, deslustradas y laminadas.

- Ráfagas por aire: aparecen como ráfagas mates, plateadas o blancas que se hallan cerca de la ultima zona de llenado, nervios y diferencia de grosor de las paredes.

- Ráfagas de color: son debidas a una distribución desigual de los componentes o a distintas orientaciones de los pigmentos e el flujo del fundido. La degradación térmica y las fuertes deformaciones pueden también dar origen a cambios o diferencias de color.

2.9.8. PULIDO NO UNIFORME

Durante esta etapa se analiza el acabado y el brillo de la pieza ya producida. El brillo de una pieza moldeada es la apariencia de su superficie, cuando es expuesta a la luz. Durante la inspección de la calidad del brillo podemos encontrarnos diferentes defectos: la deformación de las zonas ya enfriadas ; la pieza en demasiado brillante o demasiado poco brillante; diferencias de brillo en la superficie de la pieza: las diferencias de brillo aparecen por las variaciones de espesor de las paredes en la zona visible de las piezas. Son causadas por las diferentes condiciones de enfriamiento y diferencias de contracción.

2.9.9. LÍNEAS DE FLUJO

La línea de flujo en las piezas de plástico representa un defecto óptico y un debilitamiento mecánico. Pueden aparecer unas muescas y cambios de color.

2.9.10. EFECTO JETTING

Jetting es la formación de un cordón de plástico fundido que entra en la cavidad del molde desde el conducto de colada, es un movimiento incontrolado.

El cordón fundido hace un mínimo contacto con la pared de la cavidad, extendiéndose en pliegues durante la fase de llenado que después son rodeados por el plástico fundido que entra a continuación.

Este fenómeno crea una falta de homogeneidad, deformaciones, tensiones locales internas, etc. La causa física del jetting se basa en un insuficiente flujo de polímero fundido desarrollado en la cavidad.

2.9.11. EFECTO DIESEL

A causa de este fenómeno se aprecian manchas negras en la superficie de la pieza moldeada. El efecto diesel es puramente un problema de ventilado o salida de aire. Ocurre cuando el aire no puede escapar o no se desplaza suficientemente rápido hacia las comisuras, canales de ventilación o expulsores. Hacia el final del proceso de inyectado, el aire queda comprimido y sube de temperatura.

El resultado son temperaturas muy altas que pueden llegar a la autoignición del plástico y ser la causa de quemaduras en el material.



Figura 48: Efecto diesel

2.9.12. EFECTO STICK-SLIP

Este defecto es debido a las vibraciones elásticas del plástico fundido inyectado que provocan ranuras. Se debe en parte a una velocidad demasiado lenta en conjunción con las paredes de la cavidad, relativamente frías.

La eliminación del defecto se consigue mediante la corrección de estos parámetros del molde y de la máquina.

2.9.13. DELAMINACIÓN DE CAPAS

La delaminación de capas ocurre en los moldes de inyección cuando el polímero fundido está sujeto a un esfuerzo de cizalladura excesivo durante la fase de llenado. Este defecto ocurre principalmente en zonas delgadas y largas de la pieza.

Este defecto puede ser eliminado con la reducción de la diferencia de temperaturas entre molde y material. Es importante añadir que el fenómeno de delaminación suele ocurrir después de un cierto tiempo de utilización de la pieza, es por ello que una vez realizada la pieza debe analizarse microscópicamente su estructura interna.

2.9.14. GRIETAS DE TENSIONES

Las grietas de tensiones pueden ser apreciadas gracias a la coloración blanca en diferentes zonas de la pieza. Las áreas expuestas a la tensión se vuelven de color blanco. Las roturas por tensión suelen tener la dirección del desmolde y pueden aparecer varios días o semanas después de la producción de la pieza.

El color blanco y las roturas que se producen a causa de las tensiones tiene lugar cuando se sobrepasa la deformación máxima tolerada. La deformación máxima depende del material que se utilice, de la estructura molecular, del proceso y del clima que rodea la pieza.

2.9.15. FALTA DEL LLENADO DEL MOLDE

Este tipo de fenómeno se produce en una pieza que ha solidificado antes de llenar completamente la cavidad. El defecto puede corregirse incrementando la temperatura o la presión. El efecto también puede originarse por el uso de una máquina con capacidad de dosificación insuficiente, en cuyo caso se necesita una máquina mayor.

El mal llenado de una pieza puede ser consecuencia de diversas causas:

- Cantidad insuficiente de carga del material.
- Temperatura de fusión demasiado baja.
- Temperatura insuficiente del molde y velocidad de inyección lenta.
- Presión de inyección es demasiado baja.
- La máquina de inyectar debe ser en este caso suficientemente potente.
- Salidas de aire del molde deficientes facilitan la formación de burbujas de aire en los puntos mas lejanos.
- Conductos de colada demasiados estrechos. El material se enfriara antes que la cavidad sea llenada.
- Una temperatura de la boquilla demasiado baja resulta en un enfriamiento prematuro.
- Aumento del tiempo de refrigeración.

2.9.16. MATERIAL FRÍO

El fluido que sale por la boquilla y que va a parar al interior del molde, puede originar marcas parecidas a las ráfagas. Estas pueden aparecer cerca de la entrada o bien esparcirse por toda la pieza.

2.9.17. MARCAS DE EXPULSIÓN

Las marcas de expulsión son depresiones o elevaciones en el lugar correspondiente a la posición de los expulsores visibles en la superficie de las piezas. Estas diferencias de espesor de pared pueden causar diferencias de brillo o depresiones en la superficie visible de la pieza.

Este defecto puede ser causado por desmolde prematuro, fuerzas muy fuertes de desmolde debidas a un mal ajuste de la máquina, colocación incorrecta o largo inadecuado del expulsor; mal diseño y dimensionado de molde, de la pieza o del sistema de desmolde o grandes diferencias de temperatura entre el expulsor y la pared del molde.

2.9.18. DEFORMACIONES POR EXPULSIÓN Y ALABEO

Durante el proceso de expulsión de la pieza se pueden producir roturas, zonas de excesiva tensión y expulsores profundamente hundidos. Son criticas las piezas con contrasalidas, que hayan de ser desmoldeadas con piezas móviles.

Las deformaciones, sin embargo se deben al total de la fuerza de desmolde aplicada que debe mantenerse baja. Además de otros factores, la contracción de la pieza y la geometría de la pieza ejercen un impacto directo sobre las fuerzas de desmolde. La contracción deberá mantenerse baja.

2.9.19. LÍNEAS DE FLUJO FRÍAS

Representan un defecto estético y un debilitamiento mecánico. Pueden aparecer muescas y cambios de color.

2.9.20. MATERIA PRIMA NO FUNDIDA

Este efecto se produce por una falta de la temperatura en el cilindro durante el proceso de plastificación, en la maquina de inyección. En consecuencia, pueden aparecer en zonas débiles de la estructura de la pieza acabada, y originar grietas.

2.9.21. BURBUJAS

Para evitar la formación de burbujas habrá que tener en cuenta diferentes aspectos en el diseño de los materiales que conforman el molde y la pieza. También se pueden evitar modificando diferentes parámetros de inyección.

- Temperatura de fusión.
- Temperatura de la pared de la cavidad.
- Velocidad de avance del tornillo.
- Presión de mantenimiento.
- Tiempo de sostenimiento.
- Revisión de la válvula antiretorno.

2.9.22. MANCHAS NEGRAS

Pueden aparecer debidas a la degradación térmica, a la suciedad del molde o al desgaste del mismo. Hay diferentes causas, algunas por proceso, el material o con la máquina:

- Causas relacionadas con el proceso: temperatura de fusión demasiado alta, tiempo de residencia en la unidad de plastificación demasiado alto, perfil de temperatura equivocado, fallos en la colada caliente.
- Causas relacionadas con la máquina: la unidad de plastificación esta sucia, el husillo y el cilindro están gastados.
- Causas debidas al polímero o a los tintes: impurezas en el granulo, demasiado material reciclado, tintes no adecuados.

2.10. MATERIALES UTILIZADOS

Normalmente el costo de acero de un molde representa solo entre el 5% y el 10% del costo total de dicho molde. Es incluso una parte todavía más pequeña del costo total de fabricación. Por otro lado el costo excesivo del mantenimiento del molde, por ejemplo, el repulido, limpieza, remplazo de partes dañadas o rotas, debe tenerse también en consideración. Todo ello incrementa los paros de trabajo y los costos de fabricación. En el peor de los casos conllevaría posibles problemas de incumplimiento de plazo de entrega, pérdida de confianza del cliente, etc.

También se deberá tener en cuenta que se debe especificar un acero de alta calidad en zonas que se precise ya que de no ser así, los costos podrían dispararse enormemente. Es por esto que la elección del material del molde deberá ajustarse a su ámbito de aplicación teniendo calidades medias en elementos auxiliares y optando por calidades altas principalmente en la cavidad y núcleo del molde.

Es por esto que se puede diferenciar entre los materiales utilizados para bloques de sujeción como los zócalos, placas expulsora y portaexpulsores, etc., que serán generalmente de calidad media, de los principalmente destinados a la cavidad y el núcleo que tendrán una calidad mas elevada.

Los factores a tener en cuenta a la hora de elegir el tipo de material son:

2.10.1. RESISTENCIA AL DESGASTE

El nivel de resistencia al desgaste requerido dependerá del tipo de resinas que deban utilizarse, el agente de relleno, la cantidad de aditivos, serie de producción, tolerancias, etc. Los aceros para moldes, cubren un amplio abanico de resistencia al desgaste y compresión. Principalmente están divididos en dos categorías.

Acero para moldes pretemplado para cubrir requisitos moderados con designación WNr 1.2085, 1.2312, 1.2738 tendrán una aplicación media mientras que los aceros de temple serán utilizados para requisitos mas exigentes como el 1.2083 u otros.

El acero para moldes pretemplado puede tratarse superficialmente a fin de obtener una mayor resistencia al desgaste, por ejemplo, mediante nitruración. De todas formas, los aceros de temple cuentan con la mejor combinación de resistencia al desgaste y a la compresión. La resistencia al desgaste de los aceros templados puede incrementarse mediante tratamiento o recubrimiento de la superficie tipo nitruración, cromado, etc.

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

2.10.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión requerida viene determinada por el proceso de moldeado, la inyección y la presión de cierre así como por las tolerancias de acabado. Durante la operación de moldeado las fuerzas de compresión se concentran en la línea de partición de la herramienta. Un temple local, por ejemplo, el temple a la llama, puede aportar un aumento de la resistencia a la compresión cuando se utilizan aceros pretemplados.

2.10.3. RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

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

- Ciertos tipos de plástico emiten corrosión durante la producción. Un ejemplo de ello es el ácido hidrocórico producido por el PVC. Este efecto puede verse minimizado si no se sobrepasa la temperatura recomendada durante la inyección para este tipo de material, normalmente alrededor de los 160 °C.

- El medio de enfriamiento puede ser también corrosivo. Ello resultaría en la pérdida de eficacia de refrigeración o bien en una obstrucción total de los canales de refrigeración.

- La producción en una atmósfera húmeda o corrosiva o bien un prolongado almacenamiento puede ocasionar daños en la superficie debido al agua, condensación y eventualmente óxido en las cavidades, con la consecuente pérdida de acabado en la superficie del producto. Todos los problemas mencionados anteriormente crean una demanda de insertos y de bloques soporte con una cierta capacidad de resistencia a la corrosión.

2.10.4. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

El nivel de producción de un molde depende principalmente de la capacidad de este en transferir el calor del plástico moldeado al agente de enfriamiento. En un acero de alta aleación el coeficiente de conductividad térmica se ve reducido en cierto grado comparado con un acero de baja aleación. Aunque las investigaciones realizadas indican claramente que es el plástico de la pieza moldeada el que domina el flujo de calor en el molde debido a su conductividad térmica comparado con el acero.

Una buena resistencia a la corrosión tiene mayor importancia cuando se desea una producción elevada y uniforme. Esto tiene un efecto beneficioso en las propiedades de transferencia de calor resultantes en los canales de refrigeración. La utilización de un acero para moldes inoxidable como STAVAX ESR es frecuentemente la respuesta que se detallará posteriormente.

2.10.5. TENACIDAD

La aparición y el desarrollo de grietas es uno de los peores problemas que pueden ocurrirle a un molde. Figuras complicadas, radios pequeños, esquinas agudas, paredes finas y cambios severos de sección son denominadores comunes. La tenacidad es por tanto, una de las propiedades más importantes que debe poseer un acero para moldes.

La resistencia a la fractura de un material es una medida de su capacidad de soportar la propagación de grietas que aparecen debido a la creación de tensiones al estar sujeto el molde a distintos tipos de fatiga. En la práctica, estas indicaciones de tensiones ocurren debido a efectos en la superficie provenientes de operaciones de mecanizado, grietas incipientes de fatiga, inclusiones o estructura defectuosa debido a un tratamiento térmico inadecuado.

La tenacidad será de suma importancia, por tanto se utilizarán técnicas metalúrgicas a fin de dar al acero una tenacidad óptima. Utilizando técnicas, tales como la desgasificación al vacío, procesos especiales de refinado y electroafinado de escoria, se obtendrá dicho fin. Esta buena tenacidad es evidente no solo en la superficie sino también en el núcleo de acero.

2.10.6. INTERCAMBIABILIDAD DEL ACERO

Con mentalidad estándar, el proyectista puede contribuir de forma significativa en mantener los costes en un mínimo. Mediante la selección de calidades siempre disponibles, mediadas estándar y componentes en stock, puede minimizar el tiempo y el coste de poner un molde en servicio. Además, la utilización de material idéntico y piezas con tolerancias estrechas asegurará que el rendimiento del molde no sufrirá variaciones. Mediante el uso de piezas y componentes estándar en el diseño del molde, siempre y cuando ello sea posible, se conseguirá una fácil y rápida reparación y mantenimiento.

2.11. FABRICACIÓN DE MOLDES

En este punto, una vez analizados los diferentes elementos que intervienen en el funcionamiento del molde, conviene explicar una serie de conceptos que se deberán tener en cuenta a la hora de realizar el molde de inyección y que intervienen en última instancia en el correcto funcionamiento del molde.

Hay una serie de fundamentos, los cuales deben tenerse presentes a la hora de diseñar un molde de inyección de plástico, ya que se debe tener en cuenta que dentro del molde se inyecta un plástico a alta temperatura y presión en el que ocurren una serie de fenómenos termodinámicos que deben ser observados para poder realizar las correcciones necesarias en el caso de que alguno de ellos pueda implicar la no validez de alguna de las piezas.

2.11.1. CONTRACCIÓN DE LA PIEZA

Al pasar una colada de plástico inyectado, los fenómenos termodinámicos ocurridos, hacen que al ir enfriándose el material, su volumen específico irá reduciéndose lo que implica que si no se pusiese remedio las dimensiones de la pieza final no serían las mismas que las proyectadas en el diseño original. Es por eso que se procede a la aplicación de la compactación, pero no obstante, debido a las contracciones propias del material no pueden ser del todo remediadas por lo que se tendrá que proceder al sobredimensionamiento de varios elementos como podrán ser la cavidad, el núcleo o el macho teniendo en cuenta el factor de contracción de cada material.

2.11.2. REDONDEOS EN CANTOS Y ESQUINAS

La pieza a estudio, deberá tener sus esquinas lo más redondeadas posibles con el objeto de que al solidificarse, no se produzcan concentraciones de tensiones dentro de estas aristas generadas lo que implicaría en última instancia la aparición de deformaciones en ella. Además, de esta manera se consigue que el flujo del plástico se vea interrumpido lo menos posible facilitando la inyección y mejorando la calidad de las piezas producidas.

2.11.3. ÁNGULOS DE SALIDA

Para que se pueda realizar una extracción lo mas fácil posible, se intenta que las paredes tengan una inclinación respecto a la línea de partición, no obstante en zonas localizadas es posible que haya interferencias con la extracción del material.

2.11.4. CONTRASALIDAS

Son aquellas secciones las cuales se desea que quede un hueco dentro de la pieza y que debido a que tienen una dirección de extracción distinta a las que tendrían la cavidad y el núcleo, no pueden extraerse formando parte de ninguno de ellos. Para poder remediarlo, se incorporan deslizaderas que puedan variar la dirección de salida.

2.11.5. LÍNEAS DE SOLDADURA

Se producen cuando dos frentes de masa fundida se encuentran dentro de la pieza. Estas líneas generalmente son provocadas cuando la presión, la temperatura o la velocidad de inyección son demasiado bajas, o cuando el punto de inyección no sea el adecuado. Para remediarlo se puede optar por colocar varios puntos de inyección, calentar el molde o variar alguno de los tres parámetros anteriores

2.11.6. RECHUPES

Se da cuando hay una alta diferencia de temperatura entre la superficie exterior del molde que está refrigerada y la del interior del molde que sigue a alta temperatura, de manera que se producen tensiones entre estas dos zonas ya que el plástico posee una baja conductividad térmica. estas tensiones dentro de las piezas pueden originar huecos ya que al no compensarse dichas tensiones se producen deformaciones internas. Este fenómeno se produce generalmente en piezas de elevado espesor, donde la diferencia de temperaturas es muy alta entre la superficie exterior e interior.

2.11.7. ACABADO SUPERFICIAL

Las zonas de cavidad y núcleo deben poseer un excelente acabado superficial de manera que se facilite la extracción de las piezas. También deben tener un buen acabado las zonas de los sistemas de distribución de manera que se facilite el paso del material fundido a lo largo del bebedero, canales y entradas de material.

2.12. NORMAS Y REFERENCIAS

2.12.1. BIBLIOGRAFÍA

- Gastrow, H. (1992). “Moldes de inyección para plásticos”. Hanser-Gardner Publication.
- Menges, G; Michaeli, W y Mohren, P. (2001). “How to make injection molds”. Hanser.
- Camarero de la Torre, J y Martinez Peña, A. (2003). “Matrices, molde y utillajes”. Dossat.
- Espinosa Escudero, M. (2000). “Introducción a los procesos de fabricación”. UNED.
- Dubois, J y Pribble, W. (1972). “Ingeniería de moldes para plásticos”. Urno.
- Mink, W. (1977). “Inyección de plásticos”. Gustavo Gili.
- Bodini, G y Cacchi Pessani, F. (1992). “Moldes y maquinas de inyección para la transformación de plástico”. Negri Bossi.

2.12.2. NORMAS

- DIN 16750. Moldes de inyección para materiales plásticos.
- DIN 1530-4. Eyectores de molde plano.
- Codigo WNr. Designación comercial de aceros para moldes de inyección.
- Norma UNE.