

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

***DISEÑO DEL TROQUEL EMBUTIDOR Y
SIMULACION DEL PROCESO DE
EMBUTICIÓN***

DOCUMENTO 2- MEMORIA

Alumno/Alumna: Intxaurbe Gutiérrez, Asier
Director/Directora (1): Lobato González, Roberto

Curso: 2018-2019

Fecha: Martes, 6, Junio, 2019

2.Documento: Memoria

2.1. Objeto del proyecto	3
2.2. Alcance del proyecto	5
2.3 Antecedentes	7
2.3.1 Defectos en procesos de embutición	7
2.4 Normativa Y Referencias	15
2.4.1. Normativa General	15
2.4.2. Normativa De Seguridad	15
2.4.3. Normativa De Planos.....	16
2.4.4. Normativa De Elementos.....	16
2.4.5. Guías	16
2.4.6. Bibliografía	17
2.4.6.1 Libros.....	17
2.4.6.2 Páginas Web.....	18
2.4.6.3 Programas.....	18
2.4.6.4 Catálogos	18
2.5 Análisis de soluciones.....	19
2.5.1. Troquel Simple	19
2.5.2. Troquel Progresivo.....	20
2.5.2.1. Progresivos para trabajos manuales.....	22
2.5.2.2. Progresivos para trabajos semiautomáticos	23
2.5.2.3. Progresivos para trabajos automáticos.....	24
2.5.3. Troquel Transfer	25
2.5.4. Embutición De Simple Efecto	27
2.5.5. Embutición De Doble Efecto	31
2.5.6. Embutición De Triple Efecto	36
2.6. Resultados Finales.....	39
2.6.1 Elementos del troquel	39
6.2.1.1 Base Superior e Inferior.....	40
2.6.1.2. Pisador	43
2.6.1.3. Matriz	46

2.6.1.4. Punzón	48
2.6.1.5. Sistema de guiado por columnas y regletas.....	50
2.6.1.6. Tornillos de fijación	53
2.6.1.6. Velas	54
2.6.1.7. Topes de fin de carrera y de transporte.....	55
2.6.1.8 Centradores.....	56
2.6.2. Proceso De Construcción	57
2.6.3. Montaje Y Puesta A Punto.....	59
2.6.4. Funcionamiento Del Troquel	61
2.6.5. Mantenimiento Del Troquel.....	62
2.6.5.1. Mantenimiento preventivo	63
2.6.5.2. Mantenimiento de choque	64
2.6.5.3. Componentes a revisar.....	66
2.6.5.4. Limpieza, engrase y control.....	67
2.6.6. Tratamientos Térmicos.....	67
2.6.6.1. Templado.....	68
2.6.6.2. Revenido.....	69
2.7. Planificación	71

2.1. OBJETO DEL PROYECTO

En el desarrollo de procesos de fabricación, es muy habitual que se utilicen sistemas de conformado de chapa ya que resulta más sencillo a la hora de producir un tipo de pieza en masa. A diferencia de los sistemas de arranque de viruta, este proceso es mucho más rápido y aunque la inversión inicial es mucho mayor, la velocidad de fabricación es infinitamente mayor.

De modo que mediante este proyecto se va a realizar la simulación del proceso real de embutición de una chapa conformada por estampación en frío. También se hará un diseño en tres dimensiones para el troquel, con sus respectivos planos y cálculos necesarios para realizar el proceso de embutición de la chapa.

Para fabricar la estampación de la chapa seleccionada se ha decidido realizarlo mediante esta operación, debido a su eficiencia, con troquel estampador conformado en frío.

Como ya se ha mencionado previamente la estampación es un proceso industrial de fabricación, mediante conformado de chapa con el objetivo de transformar dicha chapa en la pieza final mediante uno o varios golpes de troquel.

El troquel está formado por dos partes principales, un punzón y una matriz. El punzón tiene la forma del producto a conseguir mientras que la matriz es el negativo del punzón. Por medio de una prensa se ejerce presión sobre el material que queda aplastado entre el punzón y la matriz consiguiendo así la forma especificada.

El troquelado es una industria muy expandida debido a la poca pérdida de material que genera, gran volumen de producción de piezas y las amplias utilidades que tiene en la industria. Es un proceso muy utilizado en aeronáutica, electrodomésticos, automoción, naval, informático...

El diseño se compone de todos los elementos necesarios que formaran el troquel: matriz, pisador, punzón, bases, columnas, muelles... y todos los demás elementos que lo comprenden.

Este proyecto tiene como objetivo fabricar piezas en serie por lo que se va a tratar de fabricar el troquel con el fin de que prolongar su vida útil el mayor tiempo posible fabricando con calidad. Es por ello para lo que se diseñaran los elementos con alta calidad para garantizar la calidad del troquel final. En ningún momento se va a descuidar el tema económico y siempre se tratará de fabricar eficientemente para lograr alta calidad a un precio lo más reducido posible.

Para iniciar el proyecto se debe conocer la pieza final, y un plano detallado de la misma para que no haya ambigüedades en el diseño. De este modo podremos diseñar el troquel completo a partir de este diseño. Además, también se debe acordar el material de la pieza final.

Se utilizarán programas de diseño informático debido a su facilidad de creación y velocidad de cálculo. En el apartado de diseño no podemos comparar la velocidad a la que se generan los planos y la facilidad con la que verificamos que todo este correctamente ensamblado. y en el apartado de embutición, gracias al uso de programas informáticos con análisis de elementos finitos podemos hacer la simulación de embutición, que sin estos medios nos sería imposible.

A todo esto, le tenemos que añadir el valor que tiene a realizar un proyecto en periodo de tiempo reducido, lo cual favorece aun por más razones el uso de programas informáticos.

Para el diseño del troquel se utilizará la herramienta de diseño 3D CAD (computer-aided-desing) NX 10.0 y para la simulación de embutición se utilizará otro programa Pam-Stamp 2012 debido a su gran potencial de cálculo mediante elementos finitos.

Este tipo de sistemas de simulación llevan unos cuantos años en uso en el ámbito industrial, cada vez obteniendo mejores resultados. Esto ayuda a reducir muchos costes ya que antiguamente este proceso de 'simulación' se hacía

mediante prueba-error. Este sistema de prueba-error generaba grandes costes material y tiempo, que hoy en día podemos ahorrarnos gracias a estos sistemas.

2.2. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance de este proyecto se limitará a la necesidad del cliente y entregarle lo más rápido y con la mayor calidad posible, el producto que él quiere conseguir con las especificaciones demandadas.

En este caso lo que el cliente quiere conseguir es la producción en serie de cierta pieza metálica. por lo que se ha optado por el diseño de un troquel de embutición en frío para la conformación de la chapa. Esta pieza será el capó de una furgoneta Volkswagen Camper.

La embutición en frío posee varias ventajas sobre el producto final, como por ejemplo mejora del acabado superficial y endurecimiento por acritud. Además, se consiguen piezas con gran precisión.

La transformación de la chapa se realiza mediante los troqueles los cuales, gracias a una prensa ubicada en su parte superior ejercen gran fuerza sobre la chapa lo que la fuerza a tomar la forma que la matriz y el punzón le transfieren.

Este proyecto se encargará de crear un troquel embutidor que de forma a una chapa de acero para que obtenga la forma de un capo de la furgoneta anteriormente especificada. El proyecto contara con el diseño 3D del troquel tanto como con los planos 2D y la simulación de estampado mediante PamStamp.

Por un lado, nos permitirá, en un futuro, introducir variaciones en los distintos parámetros de dicho proceso sin necesidad de recurrir a intentos de fabricación sucesivos, se podrá estudiar el efecto de disminuir el espesor de la chapa con el fin de aligerar el peso en el automóvil y de ahorrar material.

Por otro, se podrá predecir el comportamiento de dicho material en otros procesos de embutición y anticipar posibles fallos. Son las llamadas lecciones

aprendidas, que llevarán, en un futuro, a seleccionar radios de acuerdo adecuados para los troqueles, minimizando así, el número de prototipos necesarios, los retoques de los mismos, el consumo innecesario de material y las horas de ingeniería y fabricación necesarias y a reducir el número de pruebas necesarias para dar con la velocidad de embutición apropiada para el proceso y el material utilizado.

Para la simulación por ordenador, el enfoque generar es utilizar softwares de elementos finitos con el fin de reducir el tiempo de cálculo del proceso, el cual involucra grandes dificultades físicas y matemáticas. Estas dificultades provienen de los comportamientos integrados de flexión y membrana, de los grandes desplazamientos y rotaciones presentes en dicho proceso, de las grandes deformaciones elastoplásticas y, además, de las condiciones de contorno variables durante el embutido debidas especialmente al fenómeno de contacto y rozamiento que tiene lugar entre las distintas herramientas y la lámina (contactos punzón embutidor-lámina, lámina-matriz y pisador-lámina). Estas herramientas están sometidas a variadas tensiones durante el proceso, lo cual, se tendrá en cuenta para realizar los cálculos que se estimen oportunos a lo largo del proyecto

En este proyecto no alcanza el diseño de la prensa necesaria para el proceso, aunque si se harán referencias a características de la prensa para el correcto funcionamiento del utillaje diseñado.

Tampoco se incluirán factores como la alimentación del troquel ni los sistemas de transporte y almacenamiento de las piezas acabadas.

Este proyecto se diseñará de acuerdo con la normativa UNE 157001:2002 y demás normativas que se estudiaran en el apartado 2.4 de este mismo documento.

2.3 ANTECEDENTES

El conformado de lámina en general, y en particular el troquelado, suele asociarse con un proceso mecánico relativamente simple de reducida aportación tecnológica. Sin embargo, la realidad es muy diferente, ya que este trabajo, al igual que otros procesos de tipo mecánico, engloba una serie de técnicas llenas de maestría. Es una labor minuciosa donde no hay opción para la improvisación, es un proceso que consta de diferentes etapas que van desde el diseño de la secuencia del trabajo a la configuración, construcción y puesta a punto del propio troquel, todas ellas implican precisión y perfección.

Actualmente, el desarrollo imparable de la tecnología ha facilitado en gran medida la automatización de cualquier tipo de proceso. Dicho avance, queda reflejado a simple vista en cualquier planta de producción del sector automotriz.

No obstante, y a pesar de la gran ayuda que esto implica, trabajos de conformado, como la estampación de piezas, siguen necesitando de la maestría de un buen operario capaz de solucionar los típicos problemas que aparecen en las matrices una vez montadas. Debido a este tipo de problemas y la dificultad de simulación, por la alta cantidad de variables que influyen en el proceso, todos los troqueles, tanto el punzón como la matriz deben ser repasados por un operario especializado para poner a punto el proceso de estampado.

2.3.1 Defectos en procesos de embutición

A continuación, se mencionarán una serie de posibles defectos y soluciones que se han recogido a lo largo de los años de fabricación de troqueles.

Naturalmente, las chapas de poca calidad no pueden embutirse correctamente, aunque la gradación se haya determinado correctamente. La señal característica de que la calidad de la chapa no es la adecuada consiste en la formación de fisuras en la dirección de laminación y la aparición de sinuosidades. La dirección de laminación se reconoce generalmente a simple vista, de lo contrario, se puede reconocer mediante el mordentado con ácidos muy diluidos eliminando previamente la grasa. Los fuertes alargamientos de la

chapa dan lugar a una estructura de grano grueso principalmente en los aceros, pero también, en menor grado, en otros materiales.

El grano grueso indica que la chapa en cuestión es menos indicada para una operación de embutición que las chapas que presentan un grano fino. Sin embargo, no puede aceptarse esta modalidad de apreciación para todos los casos en general, puesto que, existen chapas de acero que a pesar de presentar una superficie áspera son muy apropiadas para ser embutidas. La poca calidad de la chapa no se exterioriza solamente por los doblados o las sinuosidades, pues existe una gran variedad de defectos que derivan también de la mala calidad de la chapa. Así, por ejemplo, pueden aparecer fisuras por fragilidad, en forma de desgarros paralelos a la dirección de embutición, en estos casos, casi siempre el motivo hay que atribuirlo a un contenido excesivamente alto de fósforo y nitrógeno. Además, existe otro gran número de señales externas motivadas por causas distintas.

Las líneas de fluencia, también denominadas de Lüders, aparecen en la zona del límite de alargamiento dependiendo, por tanto, de éste, o también de la forma de la pieza, ya que, según ésta, el comportamiento anisótropo del material hace que se inicie la deformación plástica en algunas zonas, mientras que en otras todavía no ha aparecido. Este tipo de problema sucede en metales que tienen una gran zona de fluencia, es decir, materiales que se estiran fácilmente sin grandes incrementos de carga después del límite elástico. En estos materiales, cuando tenemos pequeñas deformaciones, éstas se concentran en bandas irregulares. Estos defectos desaparecen en moderadas y grandes deformaciones, no obstante, la mayoría de las piezas tienen siempre zonas de pequeñas deformaciones. Se trata de defectos que estéticamente no son agradables y que no pueden ser disimulados con una capa de pintura posterior. Los aceros viejos y algunas aleaciones de aluminio y de magnesio pueden sufrir estos problemas con facilidad.

En el caso de que las líneas de fluencia molesten para el tratamiento superficial que pueda darse a la pieza posteriormente, las chapas de acero para embutición no deben transportarse a temperaturas elevadas, expuestas a los rayos solares o almacenarse en sitios calientes. Ha de procurarse que el

almacenamiento sea en un lugar frío. Por otra parte, las chapas de embutición, una vez laminadas, no deben permanecer más de tres meses en el almacén antes de ser embutidas.

Otros defectos superficiales pueden ser provocados por una incorrecta manipulación de las chapas que pueden originar marcas o señales causadas por la suciedad depositada sobre la matriz. y estrías por abrasión de superficies rugosas de la matriz o por la inadecuada lubricación de éstas. Las chapas de metal fuertemente deformadas, sobre todo si tienen un gran baste, a menudo desarrollan una textura superficial áspera, conocida usualmente como piel de naranja. Estas superficies rugosas usualmente son inaceptables en piezas exteriores.

Del mismo modo que en la operación de doblado, también en la de embutición se aprecia el efecto del retroceso elástico. Dicha recuperación implica una tendencia a la disminución de las cotas en la pieza acabada. Las inexactitudes causadas pueden dar lugar a numerosos problemas, sobre todo, cuando se trata de componentes de automóvil, ya que, casi siempre, son elementos que posteriormente deberán ajustarse con otras piezas. Una diferencia excesiva impediría el posterior ensamblaje de los demás componentes, lo que, a su vez, se traduce en una partida de piezas defectuosas con su correspondiente coste económico.

Es muy importante, la determinación de las dimensiones de la chapa antes de embutir el objeto con la finalidad de economizar el material, facilitar la embutición, reducir el número de útiles, capacidad de embutición y aumentar el número de transformaciones. Si éste se ha dimensionado correctamente, la brida de chapa presenta igual ancho en toda la periferia durante la operación de embutición, y, una vez realizada la operación, las piezas presentan por todo su contorno una altura parecida. Los desgarros en las esquinas demuestran que ha habido escasez de material, y los salientes o sinuosidades en las esquinas, se deben a una acumulación de material. Los dos fenómenos se deben, como mínimo, a un diseño incorrecto del recorte, y raramente a un huelgo demasiado estrecho. Para conseguir todo esto se debe calcular el diámetro inicial del objeto a embutir, las medidas del primer diámetro y primera altura a obtener y aplicar

las sucesivas reducciones posteriores. Calcular las medidas del recorte necesario para embutir una pieza significa, en otras palabras, determinar las dimensiones de la chapa plana que tenga el mismo volumen que el de la embutición considerada. Pero, como en este cálculo se parte de la hipótesis de que el espesor no varía durante la embutición será suficiente buscar la igualdad entre la superficie de la embutición y la del recorte.

Otros fallos comunes en las piezas acabadas son aquellos relacionados con el posicionamiento, tanto del material, como de los útiles de conformado.

Para aquellas situaciones en las que el punzón o el recorte de material a transformar no están correctamente centrados se podrán observar las siguientes anomalías:

- Reducción del espesor más pronunciado en uno de los lados llegando incluso a la rotura.
- La parte embutida es más alta por un lado.
- Se presentan fuertes marcas de presión en una parte de la pieza embutida.
- Se producen marcas de presión, pero son diferentes para cada parte de la pieza.

Con el fin de solucionar dichas complicaciones se recurrirá a los pasos siguientes:

- Recorte está mal colocado; corregir el centrado.
- Reducir la presión del pisador.
- Espesor irregular de la chapa; la calidad y el espesor del material deben ser constantes; escoger una chapa con las tolerancias más justas.
- Velocidad de embutición demasiado elevada.

- Punzón descentrado; sería aconsejable utilizar algún tipo de soporte, un bastidor de columnas, por ejemplo.
- Aumentar el radio de embutición.
- Aumentar el juego entre el punzón y la matriz.
- La lubricación de la chapa tiene que ser la más apropiada, ya que las zonas de contacto de las asperezas son zonas de generación de altas temperaturas y, por lo tanto, están expuestas a ralladuras y desprendimientos.

Por otro lado, se pueden producir pliegues por la compresión sufrida, cuanto menor sea la distancia a los bordes exteriores más intensos serán los pliegues, para evitar la formación de arrugas se aplica una fuerza a la chapa por medio del pisador para que la chapa quede fija, sin que sea excesiva ya que esto estiraría demasiado el material y podrían aparecer roturas.

Si aparecen flecos o irregularidades en el borde superior, debería aumentarse la fuerza ejercida por el pisador, o reducir el juego matriz-punzón, o bien reducir el radio de embutición ya que todas estas opciones reducen el flujo de material.

De estas observaciones podemos sacar las siguientes conclusiones del radio de la matriz:

- Un radio demasiado pequeño provoca alargamiento desmedido y riesgos de rotura en la pieza.
- Un radio demasiado grande dejaría fluir mucho material y se generarían arrugas en la pieza.
- El radio adecuado permite el suficiente flujo para no romper la chapa ni crear arrugas en la misma.

Algunos efectos de embutición se deben al redondeo de entrada de la matriz erosionado el cual dificulta la entrada de material, para evitar esto se puede pulir esmeradamente y en el sentido del desplazamiento de la chapa.

Aparte del radio de la matriz también debemos tener en cuenta el radio del punzón. De ninguna manera tiene que ser el radio del punzón muy diferente del radio de la matriz, ya que esto generaría diversidad de problemas. En caso de ser demasiado pequeño podría llegar a provocar la rotura del material durante la embutición como si se tratase de una cizalla. En ningún caso, el radio mínimo que se aplique al punzón será inferior de 3 a 5 veces el espesor de la chapa.

Otra variable de embutición sería el huelgo, el cual se define como la separación que hay entre la matriz y el punzón. Como datos experimentales se utilizará entre 1.1 y 1.4 veces el espesor de la chapa. Si el huelgo es demasiado estrecho la chapa podría sufrir un adelgazamiento excesivo o incluso llegar a romperse, sin embargo, en el caso contrario, si el huelgo es demasiado grande se generarían arrugas en la chapa. Este tipo de problemas se deben en su mayoría a un mal dimensionamiento del troquel. En lo concerniente a la distribución del huelgo respecto al aro de embutición y al diámetro del punzón se recomienda que sea constante en toda su longitud vertical, sin tener en cuenta, las variables de espesor que pueda presentar la pieza en sus paredes verticales.

Otro defecto que puede aparecer es un estrangulamiento debido a que el radio del fondo de la matriz sea muy pequeño. Esto no cambiaría la resistencia de la pieza, pero puede resultar perjudicial desde el punto de vista estético. Este efecto se intensifica cuando el huelgo es mayor de lo debido. Puede evitarse dándole al redondeado del punzón en vez de una forma de arco de circunferencia, un perfil correspondiente a una catenaria, un perfil que gira progresivamente hasta su destino.

Habitualmente en la embutición se utilizan nervios de freno. La mayoría de las veces, los frenos se sitúan en el pisador, de modo que, al colocar la chapa en la matriz ésta no hace contacto con el nervio, sino con la superficie plana de la matriz. Frente al nervio sobresaliente ha de mecanizarse un surco suficientemente holgado, cuyo ancho y profundidad, elimine la posibilidad de

compresión de la chapa. Al efectuar la embutición, la chapa se deforma alrededor del nervio y queda frenada, reduciendo la embutición donde se ubica el freno. Los nervios de freno han de situarse donde existan posibilidades de que el material se deslice de una forma excesivamente fácil o cómoda para evitar la formación de arrugas en la chapa. Por ejemplo, en las partes rectas de las piezas rectangulares donde el material fluye mucho más fácilmente que en las aristas o curvas de los rincones. Por esto, se debe procurar todo lo posible aligerar el flujo de material en las aristas y dificultarlo o frenarlo hacia la parte media de los lados. A tal fin, los nervios de freno se limitan solamente a la parte media de los lados, y se sitúan 1, 2, o más filas.

Otro fenómeno habitual es bombeado del fondo de la pieza debido a la acumulación de aire entre el punzón y la chapa. Por otro lado, cuando el punzón se retira podría aspirar el fondo de la pieza y deformarlo, sobre todo si es delgado. Para solucionar esto, se perforan tanto el punzón como la matriz para evitar este problema, de este modo el aire no se acumula en lugares donde da problemas.

A menudo se forman al mismo tiempo huellas de rascado o estrías dirigidas hacia el borde de la pared lateral y en la dirección de embutición. Esto se observa en la parte exterior de una pieza embutida rectangular de gran tamaño de chapa de acero de embutición. Estas estrías discurren al principio verticalmente hacia arriba hasta una profundidad de embutición y, desde aquí, continúan asimismo hacia arriba, pero desplazadas en sentido lateral. El motivo de este fenómeno es la aparición de un desgarro del borde del fondo en el momento en que la pieza ha sido embutida hasta una profundidad, entonces, a la momentánea desaparición de los esfuerzos que se produce unilateralmente se desplaza la fisura un pequeño trecho hacia un lado. El aspecto que presenta la pieza debido a este fenómeno puede ser un borde embutido acampanado, una rotura horizontal debajo del borde y rastros brillantes de presión. Las soluciones para este tipo de caso son aumentar la presión del pisador, aumentar el juego entre el punzón y la matriz y disminuir el radio de embutición.

Las condiciones óptimas que se tienen que dar para una buena embutición son las siguientes:

- Resistir el efecto de deslizamiento que padece la chapa debido al pisador.
- Resistir, sin alteración, las temperaturas provocadas por la reestructuración cristalina que se efectúa durante la embutición.
- Fácil eliminación después de la operación de embutición.
- Asegurar una protección antioxidante a las piezas.

2.4 NORMATIVA Y REFERENCIAS

2.4.1. Normativa General

- UNE-EN 157001:2014 (Criterios generales para la elaboración de un proceso)
- UNE-EN 10020:2001 (Definición y clasificación de aceros)

2.4.2. Normativa De Seguridad

- Ley de industria 21/1992-Seguridad y calidad industrial.
- Ley 31/1995 de 8 noviembre. Prevención de riesgos laborales.
- Real decreto 1435/1992- Máquinas, componentes de seguridad. Mercado CE
- Real decreto 39/1997 de 17 de enero: Reglamento de los servicios de prevención.
- Real decreto 485/1997 de 14 de abril: Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real decreto 773/1997 de 30 de mayo: Utilización de equipos de protección individual.
- Real decreto 1215/1997 de 18 de julio: Utilización de equipos de trabajo.
- Real decreto 1644/2008- Normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Norma de UNE-EN ISO 12100:2012. Seguridad de máquinas. Bases para la evaluación de riesgos.

2.4.3. Normativa De Planos

- UNE-EN 1027:2017 (Plegado de planos)
- UNE 1035:1995 (Cuadro de rotulación)
- UNE 1039:1994 (Acotación)
- UNE 1135:1989 (Lista de elementos)
- UNE-EN ISO 5455:1996 (Escalas)
- UNE-EN ISO 5457:2000 (Formatos y presentación)
- ISO 2768-1: 1989 (Tolerancias generales)
- UNE-EN ISO 286-1:2011 (Base de tolerancias, desviaciones y ajustes)
- UNE-EN ISO 6433:2012 (Referencia de los elementos)

2.4.4. Normativa De Elementos

- DIN 912 (Tornillo de cabeza Allen)
- DIN 9825, ISO 9182, DIN 9833, NAAMS y AFNOR (Columna con valona)
- VDI 3357 y VDI 3387 (Placas para troquel)

2.4.5. Guías

- PAM-STAMP 2G 2012 Reference Manual
- PAM-STAMP 2G 2012.1 ESI Examples
- PAM-STAMP 2G 2012 User's Guide

2.4.6. Bibliografía

2.4.6.1 Libros

- VALLHONRAT BOU, J.M. (2005). Manual de control de calidad. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.
- LÓPEZ NAVARRO, T. (1981). Troquelado y estampación. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.
- SAENZ DE MAGAROLA, C. (2006). Tecnología de los oficios metalúrgicos. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.
- FLORIT, A. (2007). Fundamentos de matricería. Barcelona: Editorial Ceac.
- GERLING, H. (2000). Alrededor de las máquinas - herramientas. Madrid: Editorial Delibros, S.A.
- CAMARERO DE LA TORRE, J. Y MARTINEZ PARRA, A. (2003). Matrices, moldes y utillajes. Madrid: Editorial Cie inversiones editoriales dossat-2000, S.L.
- MENDOZA, C. Y MONTOYA, J. (1979). Manual del ayudante Mecánico. Editorial Bronw y Celsius.
- FLORIT, A. (2008). Tratado de matricería: últimas tecnologías aplicadas al corte y conformado de chapa. Barcelona: Editorial Tecnofisis Globa.
- PINÓS CALVET, J. (2002). Estampado y prensado a máquina. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.
- PAM-STAMP 2G (2012): User`s Guide
- LOPEZ NAVARRO, T.; GUSTAVO GILI "Troquelado y estampación" S.A; Bilbao.
- IVANASUCHY. MACGRAW "Handbook of Die Design" Hill Handbooks

- Z.C. SOLAR "Tecnología de matricería y moldes 2º grado-1er. curso"

2.4.6.2 Páginas Web

<http://de-duce-tu.blogspot.com.es/p/4corte-y-punzonado.html>

https://www.autoform.com/en/pdf/in-the-news/Stamping_Journal_April-2008.pdf

http://www.flinsa.com/sites/default/files/catalogo_flejes_opt_0.pdf

<http://de-duce-tu.blogspot.com.es/p/4corte-y-punzonado.html>

<https://prezi.com/5n1yahscz8rz/cizallado-doblado-y-troquelado/>

<http://descom.jmc.utfsm.cl/sgeywitz/dctos/Matrices/troquelado.pdf>

http://www.daytonlamina.com/tech/dayton_tech-stamping.pdf

https://es.wikipedia.org/wiki/Banda_de_Lüders

2.4.6.3 Programas

Siemens NX 10.0

Pam-Stamp 2012.1

Microsoft Word 2010

PDF Creator

2.4.6.4 Catálogos

Inmacisa catálogo general

Gallastegi matricería y moldes

Gallastegi tornillería

2.5 ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Este es uno de los puntos de mayor importancia dentro del diseño de un troquel. Atendiendo a los requerimientos de producción planteados por el cliente, así como, a las características de la pieza se deberá seleccionar el tipo de troquel que más se ajuste a las necesidades impuestas.

Para ello, vamos a buscar las distintas alternativas que hay dentro del mundo de la troquelería estudiando las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas para, finalmente, elegir la solución más adecuada.

A continuación, se diferencia los tres grandes tipos de troqueles que nos podemos encontrar:

Troquel simple: estos troqueles realizan una única operación en cada golpe de prensa y su alimentación es manual.

Troqueles progresivos: los troqueles progresivos pueden realizar varias operaciones en cada golpe de prensa y se alimentan de una bobina de chapa automáticamente.

Troqueles transfer: estos troqueles son similares a los progresivos siendo su principal diferencia que no son alimentados mediante una bobina, sino que, realizan su trabajo sobre piezas en las que se ha realizado un trabajo previo.

2.5.1. Troquel Simple

El troquel estará formado por un conjunto de matrices y punzones que someten a la chapa plana a las operaciones del ciclo de estampación. El diseño de estas matrices y punzones se hace de acuerdo con la forma y dimensiones de la pieza a fabricar.

Normalmente, es necesario el uso de otros troqueles para poder concluir una pieza y considerarla terminada.

En términos generales se puede decir que los punzones tienen movimiento relativo respecto de las matrices realizando durante ese movimiento las transformaciones a la chapa plana. Para lograr este movimiento el troquel se monta en una prensa.

2.5.2. Troquel Progresivo

Las matrices progresivas son construidas, básicamente, para la producción de piezas de pequeño y mediano tamaño con la finalidad de que sean fabricadas a imagen y semejanza de cómo se harían en dos, tres o más útiles, pero en este caso agrupadas en un solo bloque.

En el caso de fabricación mediante matriz progresiva, la pieza siempre deberá permanecer unida a la tira de chapa hasta que, ésta llega a la última estación o paso, donde necesariamente deberá quedar cortada.

Trabajando de esta forma permite que cada vez que baje la prensa, la matriz realice una nueva deformación en la pieza y cada vez que sube, la tira avance un nuevo paso a la espera de la siguiente transformación.

Un trabajo o transformación progresivo realizado con una matriz comprende un mínimo de dos fases o pasos, en los cuales, pueden hacerse todo tipo de deformaciones de la chapa, como, por ejemplo: cortar, doblar, etc. con la única limitación real del espacio disponible que exista en la matriz de acuerdo sus medidas.

La capacidad productiva en este tipo de matrices y en piezas de pequeño tamaño puede llegar a ser de hasta 1600 golpes por minuto. Ello obliga a realizar un diseño muy esmerado y meticuloso, además de una construcción precisa y de calidad garantizando un buen acabado de las piezas fabricadas y la durabilidad de estas.

La principal finalidad de las matrices progresivas es la fabricación de grandes producciones de piezas de chapa sustituyendo de forma eficaz y rápida

la construcción de varias matrices manuales y abaratando, de esta forma, el coste final de las piezas.

Considerando que, para fabricar una pieza de chapa de grande consumo, como, por ejemplo, un terminal eléctrico, son necesarias como mínimo de 6 a 10 transformaciones y un número similar de matrices de tipo manual o simple, es fácilmente comprensible, el gran ahorro de tiempo y dinero que puede representar el fabricarlos con una matriz progresiva de 15 a 20 pasos, aunque la inversión a realizar sea ligeramente mayor.

El procedimiento de trabajo con matrices mixtas o progresivas puede parecer complicado si se lo compara con otros sistemas de producción menos automáticos, como, por ejemplo, las matrices manuales. Todo ello viene derivado de la complejidad que implica llevar a cabo la transformación de las piezas, mientras que, éstas permanecen unidas a la banda durante su camino por el interior de la matriz.

Los costes de fabricación y los plazos de entrega pueden llegar a quedar reducidos hasta en un 50% de los valores presupuestados, si las matrices han sido diseñadas y construidas adecuadamente.

Las características básicas propias de las matrices progresivas nos indican que se trata de matrices con un diseño muy elaborado, además de una construcción muy precisa que deben permitir la transformación de las piezas de una forma rápida y fiable.

La razón fundamental para construir una matriz progresiva es fabricar piezas en grandes cantidades eliminando la construcción de matrices manuales y la consiguiente mano de obra que ello implica.

Las matrices mixtas o progresivas permiten fabricar piezas sin limitación de formas o perfiles, siempre que, dichas operaciones puedan hacerse mediante punzones con movimientos verticales, horizontales o inclinados, aunque las piezas tengan algunas de sus partes cortadas, dobladas, embutidas o cizalladas.

La base fundamental de la transformación está en mantener la chapa centrada y guiada a lo largo de toda la matriz, al mismo tiempo que se recorta el perfil de la pieza y, posteriormente, se hacen los doblados, embutidos, etc. hasta finalizar la pieza.

En esta clase de matrices se parte de un fleje de chapa en forma de rollo o de bobina que se desplaza a través de la matriz mediante un avance o paso hecho de forma manual o automática, al mismo tiempo que se realizan las deformaciones necesarias hasta dejar la pieza acabada.

Dentro de las distintas posibilidades de las matrices progresivas se puede optar por una construcción para producción manual, semiautomática o automática.

Haciendo una comparación entre los tres tipos de producción anteriores veremos que las mayores diferencias existentes están relacionadas con la cantidad de piezas a fabricar, pero muy poco con el proyecto o construcción de la matriz. En cualquier caso, a continuación, se analizan con más detalle cada una de las ventajas e inconvenientes que presentan los tres casos mencionados anteriormente.

2.5.2.1. Progresivos para trabajos manuales

Dentro del grupo de este tipo de matrices se incluyen aquellas que muestran un proceso de transformación de la pieza totalmente progresivo, pero con la salvedad de que el avance de la tira de chapa es realizado de forma manual por un operario.

Dicho operario se encarga de hacer avanzar la tira de chapa entre uno o más topes dispuestos en la matriz cada vez que la prensa realiza un ciclo de trabajo.

La reflexión a la que conduce este sistema indica que se trata de un ciclo de trabajo con una cadencia poco elevada, dado que, la producción alcanzada dependerá, únicamente, de la rapidez con la que el operario haga avanzar la banda sobre la matriz y no de la capacidad de la prensa o la matriz.

Este sistema es aconsejable cuando no se disponen de otros medios de alimentación más automáticos o cuando las producciones sean realmente muy pequeñas.

Así mismo, también se pueden presentar otros problemas como los que se enumeran a continuación y que en ocasiones pueden tener difícil solución, por ejemplo:

- La imposibilidad de estirar de la tira de chapa cuando ésta, una vez cortada la pieza, no tenga salida por la parte final de la matriz.
- La dificultad del operario para hacer avanzar el material a lo largo de la matriz desde una posición frontal a la misma.
- Los riesgos de seguridad que comporta el hecho de que el operario tenga acceso a la matriz durante el ciclo de trabajo.
- La escasa capacidad productiva que se presenta en un sistema como éste.

2.5.2.2. Progresivos para trabajos semiautomáticos

Dentro de este grupo de matrices se engloban aquellas que, aun realizando la transformación de la chapa de manera progresiva, el avance de la misma se realiza con alimentador. Las tiras de chapa para la fabricación de las piezas tienen una longitud inicial de entre 3 y 6 metros en vez de ser bobinas de mayor longitud dependiendo más del peso y no tanto de las medidas del material.

Este proceso de producción da entender que, aun siendo más rápido que en las matrices progresivas manuales, también presenta algunos problemas como los que se enumeran a continuación:

- Paros de producción a cada cambio de tira de chapa.
- Pérdidas de piezas fabricadas por metro lineal de chapa al no aprovechar en su totalidad las últimas piezas de cada tira, puesto que

ya hemos perdido la referencia de la cuchilla de paso que se encuentra a la entrada de la matriz.

- Los riesgos de seguridad que comporta el hecho de que el operario tenga acceso a la matriz durante el ciclo de trabajo.

2.5.2.3. Progresivos para trabajos automáticos

Dentro de los tres tipos de producciones empleados en matrices progresivas es evidente que, este último, es el que reúne las mayores ventajas a la hora de conseguir la máxima producción en el mínimo tiempo posible.

En este caso, el avance de la chapa en la matriz se realiza de manera totalmente automática por medio de un alimentador y partiendo de rollos o bobinas de gran longitud y cuyo diámetro interior o exterior deben estar de acuerdo con las medidas que tenga la devanadora encargada de desenrollar el material.

Es evidente que siempre que se pueda trabajar con un sistema de alimentación automático, las ventajas serán mucho mayores que con cualquier otro.

Algunas de las ventajas que se pueden obtener con este sistema son las siguientes:

- Mínimos paros de producción por cambios de bobina.
- Aprovechamiento del material en toda su longitud.
- Ausencia de riesgos laborales para el operario al no tener necesidad de acceder a la matriz durante el ciclo de trabajo.
- Mayor tiempo productivo de la máquina.
- Mayor disponibilidad del operario para trabajar con dos o más máquinas.

2.5.3. Troquel Transfer

En estos troqueles, las piezas son separadas de la banda en el primer paso y son conducidas de paso a paso mediante unos brazos automatizados, neumáticos en su mayoría. Son troqueles que se utilizan principalmente, cuando se precisan operaciones de embutición.

Hasta hace unos años, la transferización se veía como una tecnología complicada y útil sólo en caso de grandísimas producciones. Se asociaba a prensas transfer especiales muy poco aptas a la necesidad de flexibilidad de la producción actual. Esto, hoy en día, ya no es así.

Las prensas que se usan para este tipo de trabajos son totalmente normales, ya que es el molde el que es transfer y, por tanto, tiene muchas estaciones independientes todas con el mismo paso, el mismo ancho y la misma altura permitiendo hacer muchas operaciones imposibles con un troquel progresivo. En estos casos es muy frecuente instalar sistemas de alimentación a 90° sin que tenga que ser obligatorio.

Los transferes son el sistema de barras y pinzas que materialmente mueven la pieza de una estación a otra. Antes necesitaban de un complicado sistema mecánico de transmisión del movimiento desde la prensa a las barras, tanto en sentido de avance como de abertura/cierre. Esto lo hacía poco flexible y lento en caso de cambios frecuentes de trabajo. Este tipo de máquina se usa sólo en instalaciones de grandes producciones (sin cambios de trabajo) y gran velocidad (200 ciclos minuto o más). Actualmente, existe una amplia gama de transfer completamente electrónicos accionados por motores brushless, cuyos movimientos son sincronizados con los de la prensa por un simple encóder electrónico.

Todos los parámetros son memorizables y, por lo tanto, es posible cambiar muy rápidamente de troqueles y trabajo. Estas máquinas, frecuentemente, se montan en las prensas junto con una línea de alimentación de banda tradicional permitiendo trabajar indistintamente en la misma instalación, tanto con moldes transfer como progresivos. El transfer, en este caso, se puede montar en la parte

superior de la prensa, trabajando hacia abajo, para no molestar la alimentación lateral de la línea tradicional.

Por lo que se refiere a los moldes, el sistema transfer garantiza unas cuantas y decisivas ventajas a quien lo aplica:

Importante ahorro de material, porque la primera estación corta el formato estrictamente necesario para la fabricación de la pieza y, después, las pinzas del transfer lo trasladan a las sucesivas estaciones sin necesidad de material de unión como en los troqueles progresivos. El ahorro de material se puede obtener más claramente con cortes zigzag o en tresbolillo.

- El transfer permite rotación y/o vuelco de las piezas entre las estaciones, cosa imposible con un molde progresivo.
- Las estaciones son independientes. Las matrices, los punzones y los pisadores son más robustos y duraderos. Las modificaciones y sobre todo el mantenimiento son más fáciles y rápidos por la posibilidad de extraer una única estación conflictiva sin tocar las otras que no tienen problemas.
- Es más fácil la realización de moldes nuevos. La investigación del desarrollo para las piezas plegadas y/o embutidas se hace con las estaciones definitivas del troquel sin tener que realizar troqueles para pruebas.
- Es posible realizar montajes, roscas, soldaduras por puntos de piezas, lavados, etc. en línea con la prensa, porque la pieza, al final de las operaciones de prensa, está cogida entre pinzas.

Por otro lado, es importante también, elegir entre los tres procedimientos de embutición que existen:

- Embutición de simple efecto: es una embutición sin pisador que sólo permite la ejecución de piezas embutidas poco profundas.

- Embutición de doble efecto: es una embutición con pisador, el cual, permite producir unas piezas embutidas de mayor profundidad.
- Embutición de triple efecto: es una embutición con pisador y cojín en prensa para piezas irregulares de poca o gran profundidad.

2.5.4. Embutición De Simple Efecto

La herramienta se compone de:

- Punzón de embutición: cuya sección tiene la forma de la embutición a realizar.
- Matriz de embutición: está provista de un agujero que permite el paso del punzón disponiendo de un espacio igual al espesor del metal y, teniendo también, la forma de la embutición a realizar.

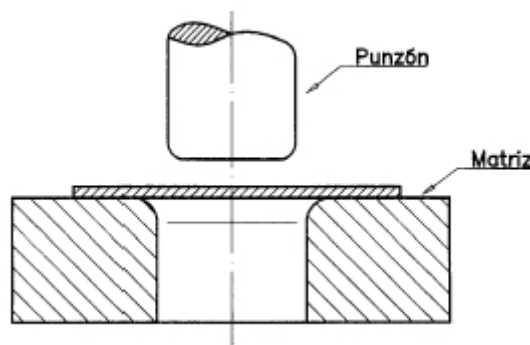


Foto 1. Embutición simple.

Utilizando una matriz sin pisador, la embutición comienza colocando un recorte de chapa sobre la matriz, cuando el punzón desciende se tiene que:

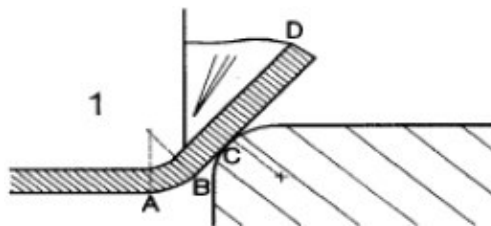


Foto 2. Detalle embutición paso 1.

1) El recorte, presionado por el punzón **1**, tiende a penetrar en la matriz. La chapa se arrolla sobre **A-B** apoyándose en **C**. Un punto cualquiera **D** del recorte ocupa entonces una posición sobre una circunferencia de diámetro más pequeño. Para conservar la superficie inicial, la chapa formará pliegues o aumentará de espesor.

La zona **BD** de la **figura 2** genera una formación de pliegues y un aumento de espesor porque la chapa puede deformarse libremente. Lo mismo ocurre con la zona **E-D** de la **figura 3** inferior.

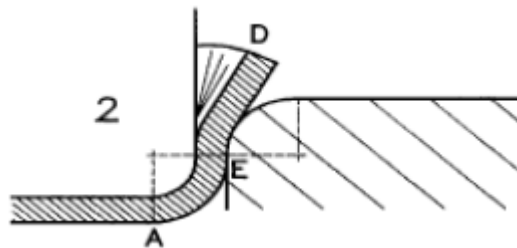


Foto 3. Detalle embutición paso 2.

2) Al tener la zona **E-D (figura 4)** mayor espesor se produce una laminación entre el punzón y la matriz para devolver a la chapa su espesor primitivo. Mientras que, en el exterior, los pliegues aumentan.

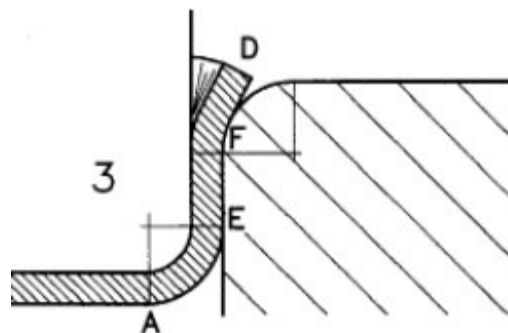


Foto 4. Detalle embutición paso 3.

3) En un punto cualquiera de la carrera del punzón **3** tendremos de **E a D** aumento de espesor, de **E a F** parte laminada de espesor constante, de **F a D** formación de pliegues que deben desaparecer por laminado introduciéndose en la matriz. Al caer el punto **D** sobre circunferencias cada vez más pequeñas, los

pliegues van aumentando y acaban por recubrirse. El laminado necesario para devolver a estos pliegues al espesor primitivo originaría una acritud demasiado grande, lo que haría que las piezas debieran considerarse defectuosas.

Con matrices de embutir normales (sin pisador de chapa), solamente se pueden embutir piezas que tengan poca profundidad, es decir, con una pequeña relación de embutición $D - d \leq 20 \cdot e$, como, por ejemplo, botes de crema para los zapatos y sus tapas, que se obtienen en prensas alternativas partiendo de chapas que llevan ya un dibujo y un texto impresos. La altura de pared lateral que puede conseguirse sin pisador está en función del espesor de la chapa y del diámetro de embutición y cumple con la siguiente igualdad empírica:

$$h \leq 0,3 \cdot \sqrt[3]{d^2} \cdot \sqrt{s}$$

Dentro de la embutición de simple efecto existe otro procedimiento bastante distinto, el cual, permite una relación notablemente más favorable. Consiste en embutir el disco de chapa a través de una abertura de embutición ensanchada y sin fondo, que puede presentar la forma que se indica en la **figura 5a/c**, correspondiente a una catenaria, o bien, como en la **figura 5b/d**, adoptar la forma cónica.

Siempre que sea posible, el diámetro inicial de d_a debe ser tan grande como el diámetro D del disco de recorte de chapa. Según investigaciones realizadas, en los casos en que D es mayor (Fig. 5a), durante la operación de embutición, realizada por medio del punzón, el borde de la pieza a embutir se deforma en sentido contrario, con lo que, en parte se eliminarán las ventajas de este procedimiento. Por otra parte, cuando el diámetro D es menor (Fig. 5c), las investigaciones realizadas indican que la relación de embutición con este perfil en forma de catenaria es menor que cuando se aprovecha toda la abertura.

Al embutir en abertura cónica, tal como se indica en la **figura 5d**, el hecho de que el diámetro de recorte D sea menor que el diámetro d_a no supone ninguna desventaja en tanto que no represente ningún obstáculo para su colocación. Según investigaciones, el ángulo α del cono más favorable para los aros de embutición cónicos, es de aproximadamente 36° .

Se ha comparado la embutición con aros cónicos y con aros de perfil de catenaria y según esta comparación, el trabajo dado por el área del diagrama fuerza desplazamiento es el mismo en ambos casos, pero, en cambio, la fuerza es 1,4 veces mayor con el aro de embutición cónico que con el aro de perfil de catenaria. En las pruebas se utilizaron casi siempre una abertura de embutición cónica con un ángulo $= 30^\circ$. Por lo que respecta a la formación de pliegues, el perfil en forma de catenaria, según la **figura 5a**, siempre resulta más favorable.

Desde la **figura 5a** hasta **5d** (Foto 5) se han designado las posiciones del punzón de embutir: con **I** antes de la operación de embutición, con **II** durante la operación y con **III** durante la carrera de retroceso. Debe constatarse que la relación de embutición límite que puede conseguirse con estos dos procedimientos es notablemente mayor que la que se consigue al embutir con pisador de chapa y herramientas normales.

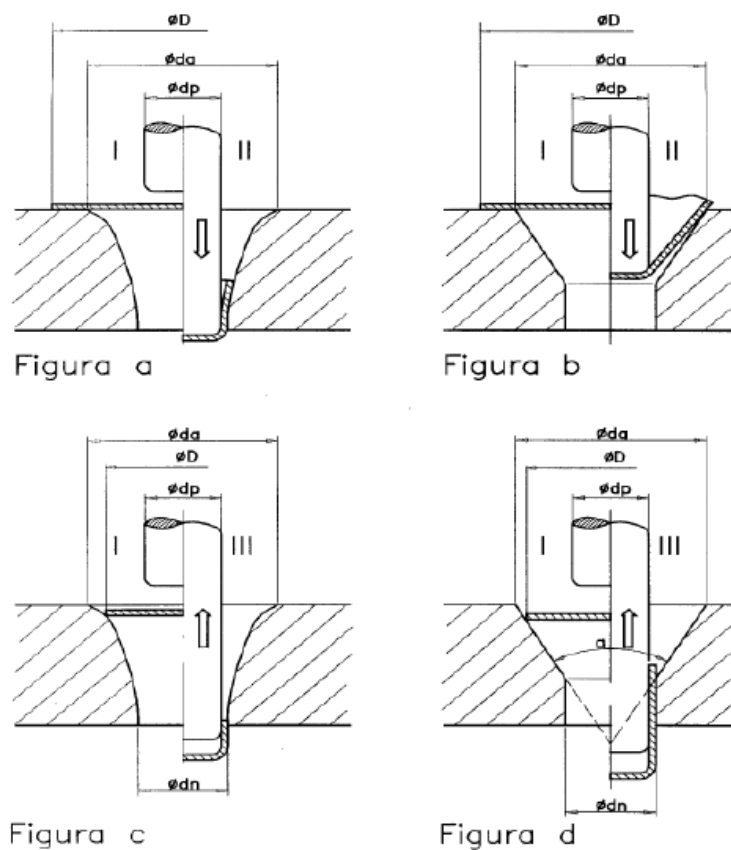


Foto 5. Proceso sobre diferentes matrices.

2.5.5. Embutición De Doble Efecto

Por embutición de doble efecto se entiende la operación que transforma una chapa plana en una pieza manteniendo el espesor de la chapa sensiblemente constante. Este tipo de deformación se consigue mediante una prensa cuyos elementos principales son: el punzón, el pisador y la matriz.

Utilizando una matriz con pisador, la embutición se puede descomponer del siguiente modo:

1) El desarrollo de chapa se coloca sobre la matriz, provista de un dispositivo llamado posicionador o centrador, que permite un contraje correcto. El centrador está constituido por un alojamiento torneado (Foto 6) o por una corona postiza.

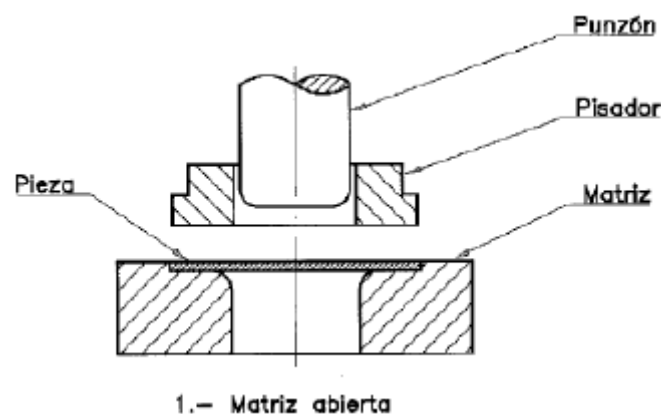
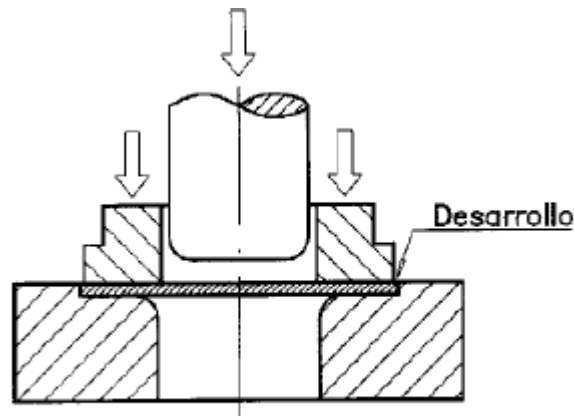


Foto 6. Embutición doble efecto. Fase 1.

2) El pisador y el punzón descienden.

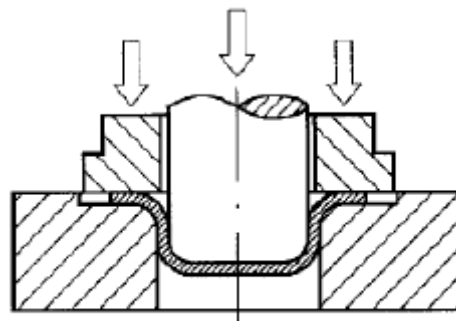
3) El pisador es el primero que entra en contacto con el desarrollo y, ejerciendo una presión de fuerza apropiada, le mantiene sujeto sobre la matriz (Foto 7)



2.- El pisador sujeta la pieza

Foto 7. Embutición doble efecto. Fase 2.

4) El punzón, que se desliza por el interior del pisador choca a continuación con la chapa y ejerce sobre ella una presión de embutición. La chapa resbala sobre el borde redondeado de la matriz sin formar pliegues, lo cual, lo impide el pisador al ejercer presión durante toda la operación de embutición. La parte del desarrollo sujeta entre la matriz y el pisador forma un collar cuya anchura disminuye a medida que el punzón desciende (foto 8).



3.- El punzón embute

Foto 8. Embutición doble efecto. Fase 3.

5) Después de la embutición, el punzón y el pisador vuelven a subir, pero la acción del pisador no cesa hasta que el punzón no se ha desprendido totalmente de la matriz. Si persiste un ligero abocardado, es decir, una parte de la pieza sin conformar, la acción del pisador obliga a la pieza embutida a permanecer en la matriz en lugar de ser arrastrada por el punzón.

NOTA: La presión del pisador sobre la chapa debe calcularse cuidadosamente, si es excesiva, el metal, muy embreadado, se ve sometido a un esfuerzo de tracción considerable que le alarga y puede romperle, si es insuficiente, el metal se engruesa y pueden formarse pliegues.

Es preciso, asimismo, elegir adecuadamente los radios de curvatura del canto del punzón y de la matriz, ambos constituyen un factor importante en el comportamiento del metal.

Los útiles de embutición de doble efecto difieren según el tipo de prensa en que se monten, las cuales, pueden ser prensas de simple efecto o prensas de dobles efecto.

Las prensas de simple efecto se llaman así, porque sólo tienen un movimiento. Son de corredera única. En este tipo de prensas, la acción del pisador se logra, ya sea por medio de uno o varios muelles helicoidales o de ballestas, o bien, por apilado de arandelas cónicas (Belleville) o arandelas de caucho o incluso (lo que es preferible) mediante un cojín de aire.

Al principio del trabajo, el sistema de muelles o de arandelas se comprime poco ejerciendo una pequeña presión sobre la superficie del borde de la pieza. Esta superficie disminuye a medida que progresa la embutición, en tanto, que la presión aumenta. Este hecho puede provocar la rotura de la pieza embutida. Para evitarlo es mejor utilizar cojines de aire adaptados a la prensa y a la propia matriz con objeto de reducir esta variabilidad en las presiones de trabajo.

A fin de no aumentar demasiado las dimensiones de las prensas de simple efecto, el dispositivo de accionamiento del pisador (muelles, arandelas o cojín de aire) se instala bajo la mesa de la prensa, esto obliga a invertir los elementos que constituyen el útil.

El punzón y el pisador se sitúan en la parte inferior, el primero fijado a la mesa. La matriz va situada en la parte superior y se monta en la corredera. Cuando la matriz entra en contacto con la chapa arrastra al pisador en su movimiento de descenso. El pisador va unido al sistema, al que transmite la presión por medio de vástagos cilíndricos llamados empujadores o columnas.

Las (Foto 9) esquematizan el montaje de un útil en el que el pisador es accionado por un muelle helicoidal. Durante la embutición, la matriz actúa sobre el pisador y éste transmite la presión a la plataforma móvil por medio de los empujadores que atraviesan la mesa de la prensa. La plataforma móvil comprime el muelle que rodea a un vástago fijado a la mesa de la prensa y transmite su empuje al pisador.

Después de la embutición, la matriz vuelve a subir, el muelle se distiende y desplaza hacia arriba a la plataforma móvil y al pisador por medio de los empujadores.

El pisador desprende la pieza del punzón. Ésta queda en la matriz debido a las grandes fuerzas radiales engendradas durante la embutición, se libera y su reacción hace que la pieza se adhiera a la pared de la matriz. En el punto más alto de la carrera, un eyector deslizante montado en la placa superior extrae la pieza de la matriz.

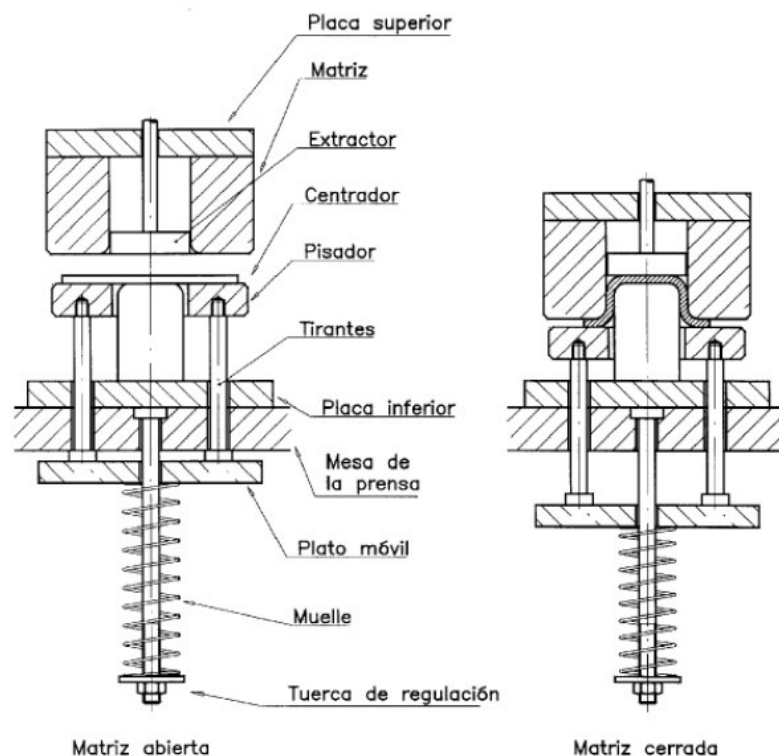


Foto 9. Esquema matriz abierta y cerrada.

La foto 10 representa un sistema de presión constituido por una pila de arandelas de caucho y otro distinto constituido por un cilindro o cojín neumático.

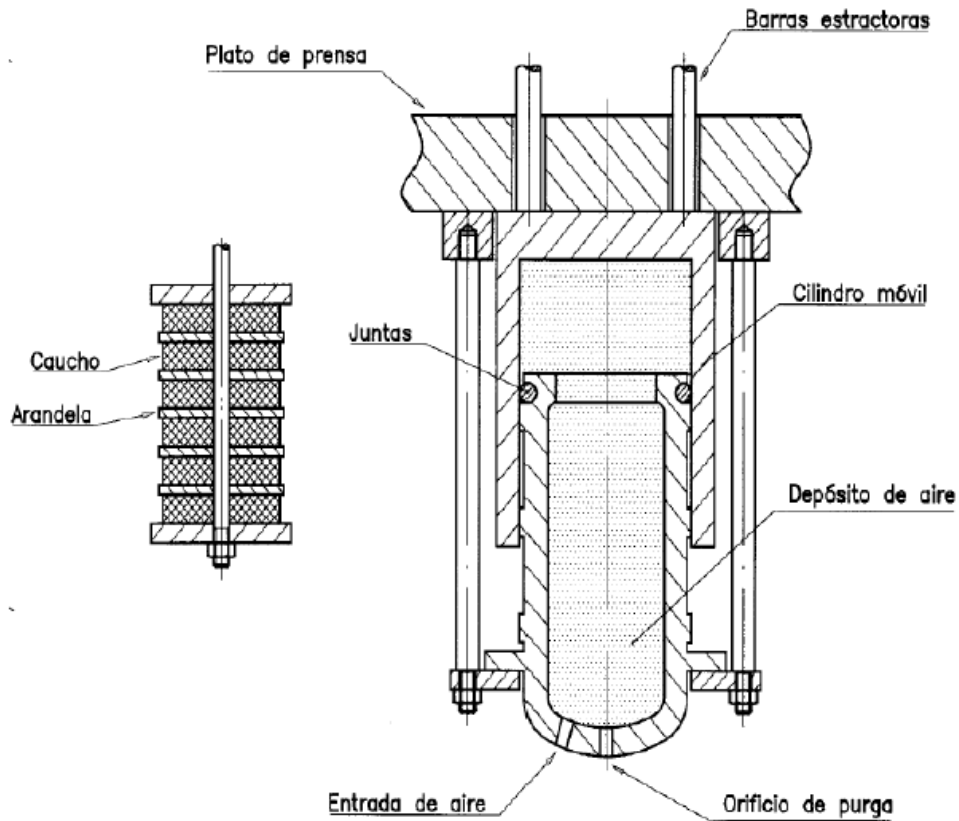


Foto 10. Sistemas de presión.

Por otro lado, las prensas de doble efecto están dotadas de dos movimientos y tienen dos correderas: una anular, en la que se monta el pisador, y otra central, llamada émbolo, que se desplaza dentro de la primera y lleva el punzón. La matriz va fijada a la mesa de la prensa.

Un eyector, llamado también despendedor, se desplaza por el interior de la matriz para sacar la pieza embutida del útil. Entra en acción en cuanto el punzón y el pisador vuelven a elevarse.

El útil se compone, por lo tanto, de cuatro partes: matriz, punzón, pisador y eyector (Foto 11).

Las prensas de doble efecto son generalmente de grandes dimensiones y se reservan para la embutición de piezas voluminosas, especialmente para carrocerías de automóviles

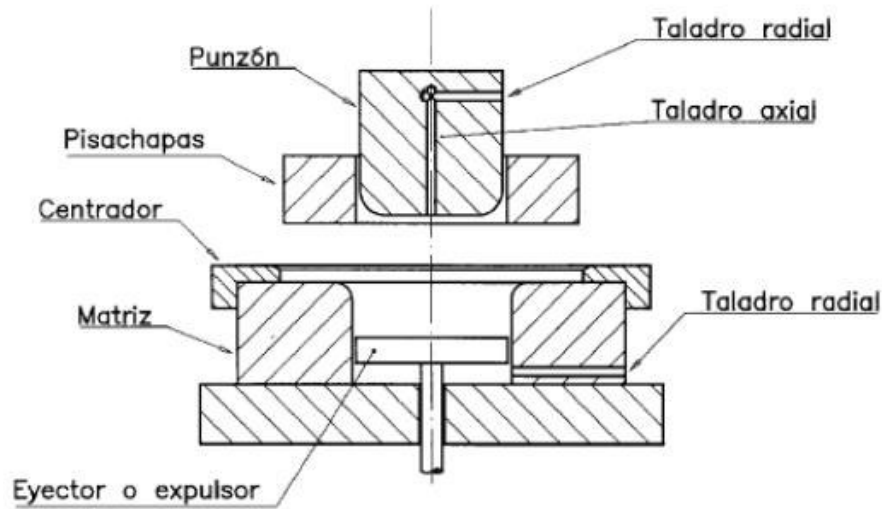


Foto 11. Prensa de doble efecto.

2.5.6. Embutición De Triple Efecto

Se denominan embuticiones de triple efecto a aquellas embuticiones que se realizan con la ayuda de prensas de doble efecto más la suma de un cojín neumático o hidráulico que realiza el que se denomina tercer efecto.

Las embuticiones de triple efecto son muy similares a las de doble efecto, pero se diferencian de las segundas en que, el pisador está comandado directamente por un pistón hidráulico o una biela de la propia prensa. Tanto el pistón o pistones, como la biela o bielas que mandan el pisador son independientes de las que mandan el punzón, de manera que, podemos regular las primeras sin que se vean afectadas las segundas.

El tipo de pieza más característico que requiere ser embutida en prensas de triple efecto acostumbra a ser una pieza de gran tamaño, donde se requiere un gran esfuerzo de pisado. Este esfuerzo de pisado es muy difícil conseguirlo por medio de resortes o cilindros de gas, en consecuencia, siempre nos será más

fácil su regulación por medio de la propia prensa que si lo hacemos por medio de otro sistema.

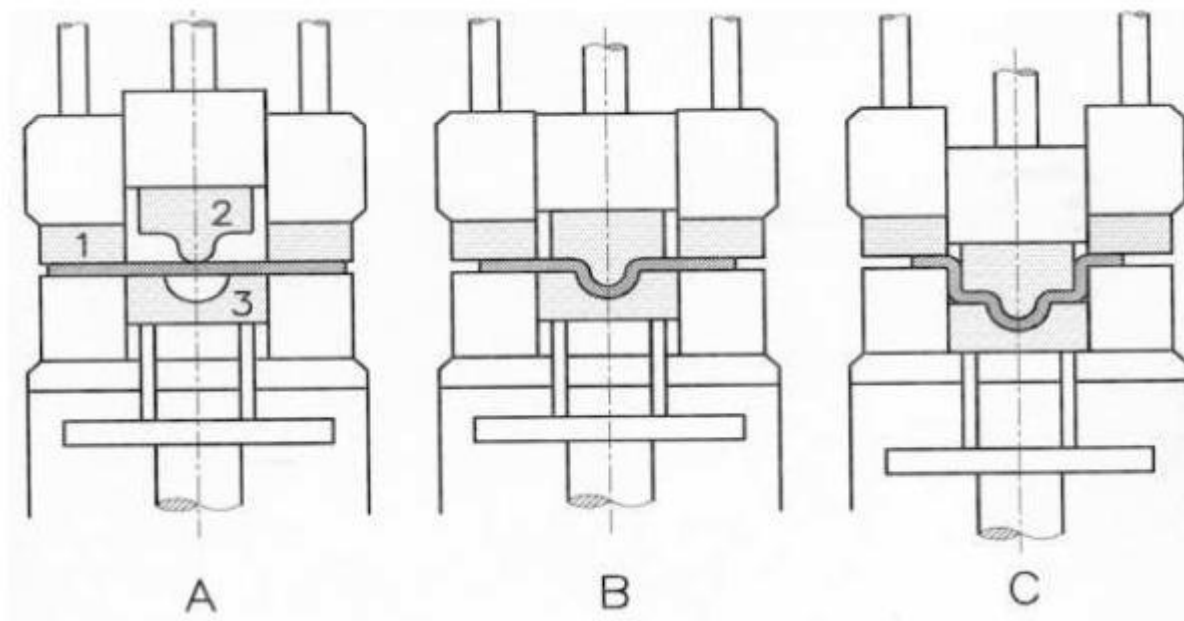


Foto 12. Embutición triple efecto, fase A, B y C.

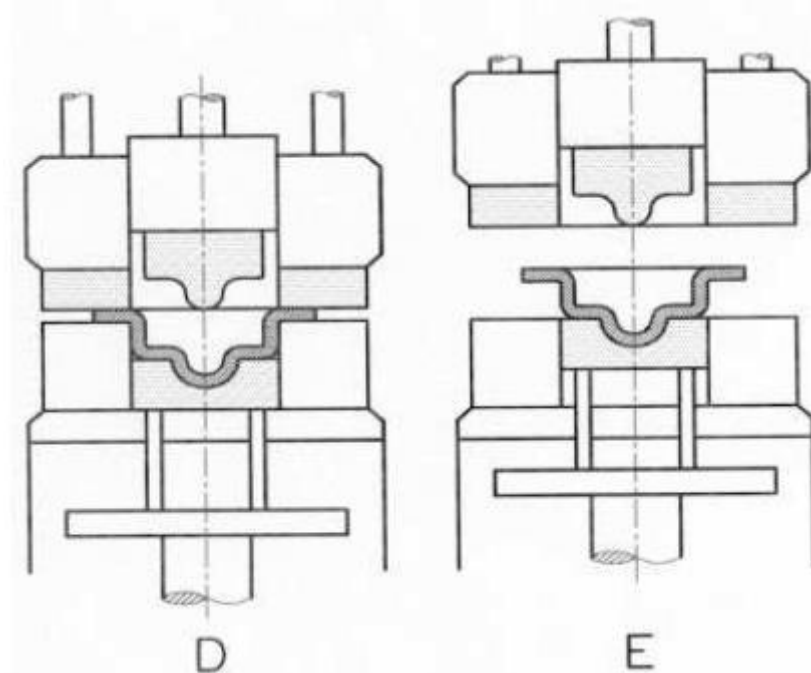


Foto 13. Embutición triple efecto, fase D y E.

En los dibujos A, B y C de la foto 12 vemos la secuencia de descenso de una prensa de triple efecto. Mientras que, en los dibujos D y E, en la foto 13, se observa la carrera de ascenso.

Dentro de la embutición hay que diferenciar entre una embutición en caliente y una embutición en frío.

Una embutición en caliente se realizará cuando:

- El metal o la aleación no se puedan conformar en frío.
- Debido al espesor y a las características de la superficie de la chapa, la embutición en frío requiere una fuerza superior a la capacidad de la prensa disponible.
- En series pequeñas se desea limitar los gastos de utillaje, siempre elevados, que implica la embutición en frío (material de trabajo más caro, acabado más cuidadoso).

Y una embutición en frío se realizará:

- Siempre que sean necesarias las fabricaciones de grandes series de piezas y por tratarse de un procedimiento que mejora la productividad respecto al sistema de la embutición en caliente.
- Porque no se modifican o cambian las propiedades de los materiales a causa del calentamiento.

Por lo tanto, analizando las necesidades y posibles opciones disponibles se opta, finalmente, por el diseño de un troquel simple debido a que el proyecto se centra únicamente en la operación de embutición. Además, se elige una embutición de doble efecto, ya que va a ser necesario la utilización de un pisador debido a la complejidad y tamaño de la pieza a producir y, por último, se decide por una embutición en frío, porque al tratarse de una pieza de automoción se va a fabricar una gran serie de piezas.

2.6. RESULTADOS FINALES

La base superior del troquel, dónde está la matriz embutidora, se coloca firmemente en el ariete (martillo o carnero) de la prensa, mientras que en la mesa de trabajo se sujeta la base inferior con el punzón y el pisador ubicándose entre ambas el material a embutir. El punzón penetra en la matriz cuando esta baja impulsado por la potencia que le proporciona la prensa y con un golpe seco y contundente sobre la chapa se produce la deformación o la transformación de la lámina, en ambas caras en el mismo lapso de tiempo, para la obtención de la pieza.

En los troqueles complejos de alta producción, el centrado y desplazamiento de la base superior hacia la base inferior, se hace gracias a un sistema de columnas guías que se deslizan fácilmente con ayuda de bujes. Este proceso es continuo y repetitivo y se desarrolla a una velocidad de cientos de golpes por minuto, siendo especialmente útil para la fabricación de productos en serie.

2.6.1 Elementos del troquel

Todos los elementos constructivos que forman el útil cumplen con una misión específica, dentro del conjunto general del trabajo, que debe realizar y para la que ha sido diseñada.

Los materiales empleados para fabricar dichas piezas, así como, los tratamientos térmicos y acabados son aspectos muy importantes a tener en cuenta, que deben tratarse con atención si de verdad queremos obtener los mejores rendimientos a lo largo de la vida del utillaje. También, hay que dedicar una atención especial, a los distintos elementos normalizados que con más frecuencia se utilizan en la construcción de las matrices.

El objetivo para este punto está destinado a conocer los componentes más importantes que forman el troquel, así como, las condiciones de trabajo a que se ven sometidos y, por supuesto, como ha de ser su construcción.

En primer lugar, se va a tratar aquellos componentes que de una u otra forma están presentes en casi todas las matrices. Asimismo, también se van a analizar los distintos tipos de materiales con que se construyen y los tratamientos térmicos más apropiados.

También, se indicarán los requisitos más importantes de construcción que deben cumplir, así como, las tolerancias de ajuste y acabado que deben reunir. Todo ello, aplicado de forma adecuada permitirá construir un troquel de calidad para que dé un rendimiento adecuado.

6.2.1.1 Base Superior e Inferior

El armazón o base superior e inferior tiene la misión de contener en su superficie todas las placas y elementos que sujeta y monta el útil, además, la base superior va sujeta al carro superior de la prensa que la inmoviliza y fija durante todo el proceso del troquelado.

La base superior recibe directamente todo el movimiento de la prensa para las piezas unidas a esta lo transmite contra la matriz y así pueda conformar la chapa.

La base superior son las que contienen todos los demás componentes del troquel y ambas van guiadas por columnas guía y casquillos correspondientes.

En algunas empresas, ellos mismos se construyen los armazones partiendo de unas medidas normalizadas, posteriormente los almacenan y disponen de ellos cuando lo consideren necesario. En lo que respecta al espesor de la base, podemos decir que ha de ser debidamente generosa para que pueda soportar todas las fuerzas que ha de absorber. Un dimensionado general es el siguiente:

- Medidas externas adecuadas para su fijación en la prensa.
- Espacio suficiente para acceder a todos los elementos.
- Espesor suficiente para soportar todos los esfuerzos.

- Paralelismo de 0,50 mm. entre las caras de apoyo.
- Planitud de 0,3 mm. x 500mm. en toda la superficie de trabajo.
- Perpendicularidad de 0,50 mm. entre los casquillos, columnas guía y sus respectivos agujeros en la base superior y base inferior.
- Rectificado de las caras de trabajo.

En matrices de pequeño o mediano tamaño el material más empleado es el acero F111 o F112. En el caso de matrices grandes como en este proyecto se hacen de fundición especial GG60 con aleaciones de C 3%, Si 2% y Mg 0,75% con pequeños porcentajes de S y P. La dureza superficial Brinell está en torno a 240 HBr y la resistencia a la tracción es de unos 80 kg/mm².

Como en la mayoría de los casos, el mecanizado del armazón o base superior se realiza partiendo de material en bruto (fundición o acero) con un excedente de 5 mm. aproximadamente en las caras que haga falta mecanizar.

El proceso de mecanizado que se debe seguir para esta parte del troquel es el siguiente:

- 1) Limpieza y escuadrado de las caras.
- 2) Punteado y taladrado de los agujeros.
- 3) Mandrinado de los agujeros.
- 4) Mecanizado de formas o rebajes.
- 5) Rectificado de las caras.
- 6) Montaje de los componentes.

Por último, el amarre de la base a la prensa, generalmente, se realiza con 4 o más tornillos y bridas que deben dejarla inmovilizada sin permitir ningún movimiento o desplazamiento. La fijación de la placa a la base se hace por

medio de tornillos y pasadores que pueden ir orientados de arriba a abajo o al revés. Esta última alternativa es más propia de matrices pequeñas que de grandes, aunque ambas han de ser aplicadas en función de una serie de valoraciones tales como; tamaño de las placas y de la propia matriz, facilidad de acceso a los elementos, etc. Casi toda la tornillería utilizada en matrices es del tipo Allen debido a los elevados esfuerzos que aparecen y a la gran resistencia que estos tornillos presentan.

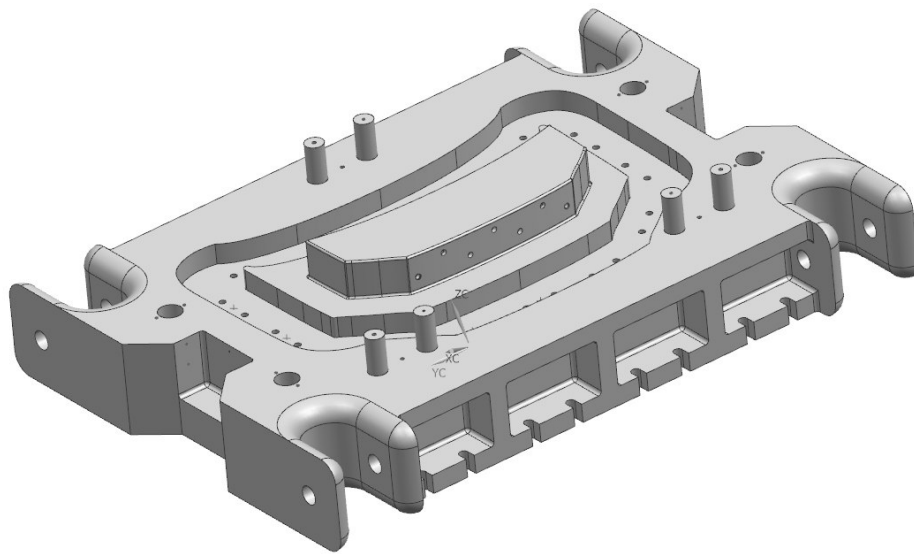


Foto 14. Base inferior.

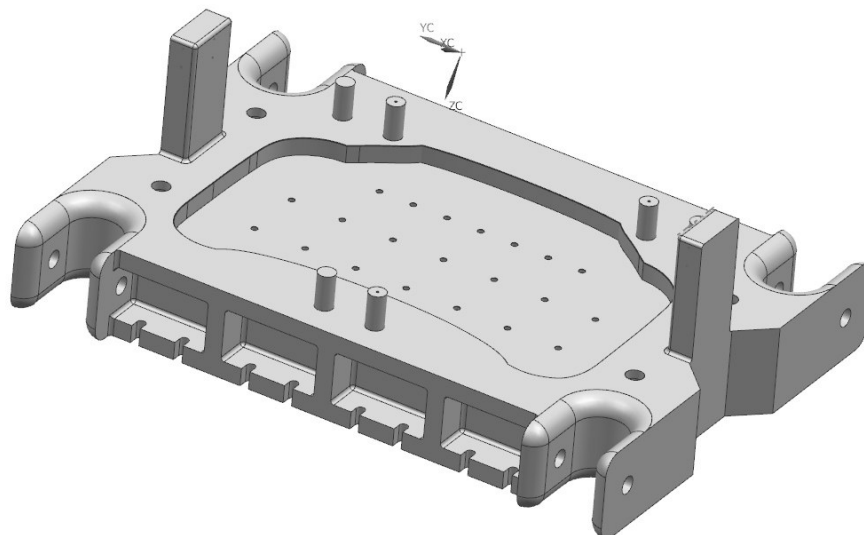


Foto 15. Base superior.

2.6.1.2. Pisador

El pisador ejerce dos funciones muy importantes a la hora de la embutición: pisar el desarrollo de chapa para que no se mueva de su sitio y ejercer una fuerza de pisado muy útil para conseguir un estampado sin arrugas.

El proceso de funcionamiento del pisador es el siguiente: la prensa sube el pisador dejándolo por encima del punzón. Durante el movimiento descendente de la matriz, el pisador presiona la chapa dejándola inmovilizada antes de que el punzón llegue a tocarla. Seguidamente, la matriz junto con el pisador desciende mientras el punzón incide sobre ella y la transforma. A continuación, la matriz asciende y el pisador queda abajo para su posterior ascenso en el siguiente golpe de la prensa.

En troqueles con producciones elevadas, como en este caso, es aconsejable que, la zona de pisado en contacto con la chapa se le realice un templado, de manera que no llegue a marcarse y sea de fácil mantenimiento.

El mecanizado del pisador se realiza partiendo de material en bruto con un excedente de unos 5 mm. aproximadamente en las zonas donde se necesite mecanizar. Este excedente ha de servir para su posterior limpieza y escuadrado de sus caras. Además, se realizará un pulido a mano debido a su compleja forma.

El proceso de mecanizado que se debe seguir para esta parte del troquel es el siguiente:

- 1) Limpieza y escuadrado de las caras.
- 2) Punteado y taladrado de los agujeros.
- 3) Mecanizado de alojamiento para el punzón.
- 4) Erosionado de alojamientos (penetración o hilo).
- 5) Mandrinado y roscado de los agujeros.
- 6) Rectificado de las caras de apoyo.

7) Montaje de los componentes.

Existen variadas formas sobre la construcción de los pisadores, puesto que, estos elementos no tienen una normativa de carácter universal capaz de ser válida para todo tipo de troquel. Cada situación requiere su propia valoración y en función de ello se ha de diseñar y dimensionar. Las medidas y tolerancias de acabado son las siguientes:

- Perfilado de superficie 0.5 mm en la cara de pisado.
- Perfilado de superficie de 2 mm en las caras de contacto con punzón y base inferior.

Para todas las piezas que vayan a estar en contacto con la pieza cuando se vaya a embutir se va a utilizar un acero de alta calidad. En componentes de troquelaría de gran tamaño hay diversos tipos de materiales a escoger, aun así, uno de los más utilizados en esta clase de utillajes es el acero de alta resistencia calidad 1.2379 se puede observar en la siguiente tabla la composición química de este acero:

Composición química aceros calidad 1.2379								
	C	Mn	Si	P<	S<	C r	V	Mo
Mínimo	1,45	0,1	0,1	0.031	0.031	11	0,75	0,6
Máximo	1,65	0,4	0,4			12	1,1	0,8
o								
Equivalencias aproximadas								
	UNE	W-Nr	DIN	AFNOR	AISI			
	F-5211	1.237 9	X155CrVMo 12-1	Z160XCDV12	D2			

Tabla 1. Propiedades acero 1.2379 y equivalencias.

Esta clase de acero al estar comprendido entre los tipos de aceros que contienen desde un 0,77% hasta un 2,11% de carbono máximo, forma parte de los llamados aceros austeníticos hiper eutectoides. En los que la adicción de

romo y otros agregados presentan gran afinidad con el oxígeno formando una capa pasiva que protege al hierro de la corrosión.

Este acero presenta una alta resistencia a la tracción, aproximada de 860N/mm^2 y con escalas de dureza recomendadas entre, mínimo de 54 HRc y máximo de 61 HRc, ya niveles superficiales más elevados encarecen mucho la fabricación de la pieza.

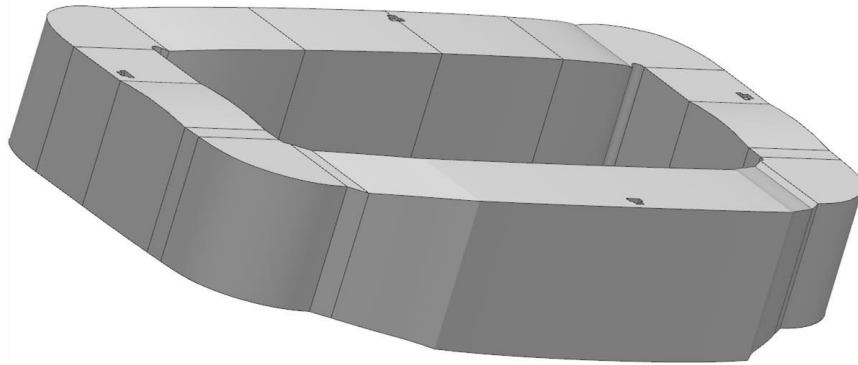


Foto 16. Pisador (1/3).

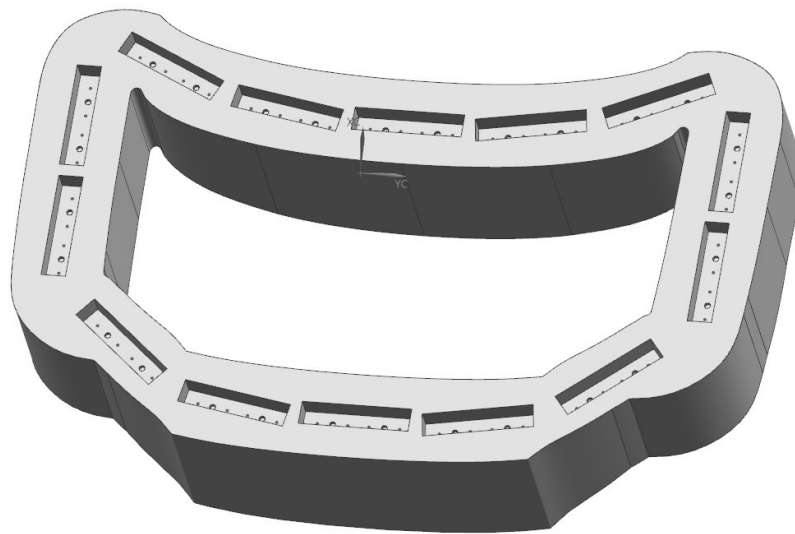


Foto 17. Pisador (2/3).

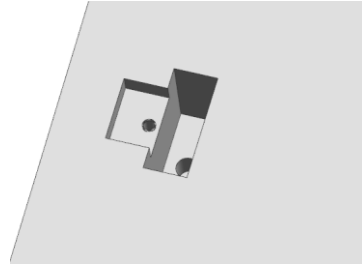


Foto 18. Pisador (3/3).

2.6.1.3. Matriz

En los troqueles de este tipo, la matriz se convierte directamente en placa matriz para que, después de un tratamiento térmico adecuado, se pueda utilizar para realizar directamente sobre su superficie las transformaciones que sean necesarias. Para estos casos, el perfil la embutición deberá llevar las tolerancias adecuadas según la resistencia y el espesor de material.

En este caso, la matriz es una pieza fabricada de acero de alta resistencia calidad 1.2379, ya que, en el modo de trabajo del troquel, siempre se moverán conjuntamente y no necesitan elementos entre uno y el otro.

El mecanizado se realiza partiendo de material en bruto con un excedente de unos 5 mm. aproximadamente en todas sus caras de contacto y un pulido a mano debido a su compleja forma. Además, se realizará un templado en toda la superficie que esté en contacto con la chapa.

El proceso de mecanizado que se debe seguir para esta parte del troquel es el siguiente:

- 1) Limpieza y escuadrado de las caras.
- 2) Punteado y taladrado de los agujeros.
- 3) Mecanizado de alojamiento para el punzón.
- 4) Erosionado de alojamientos (penetración o hilo).
- 5) Mandrinado y roscado de los agujeros.

6) Rectificado de las caras de apoyo.

7) Montaje de los componentes.

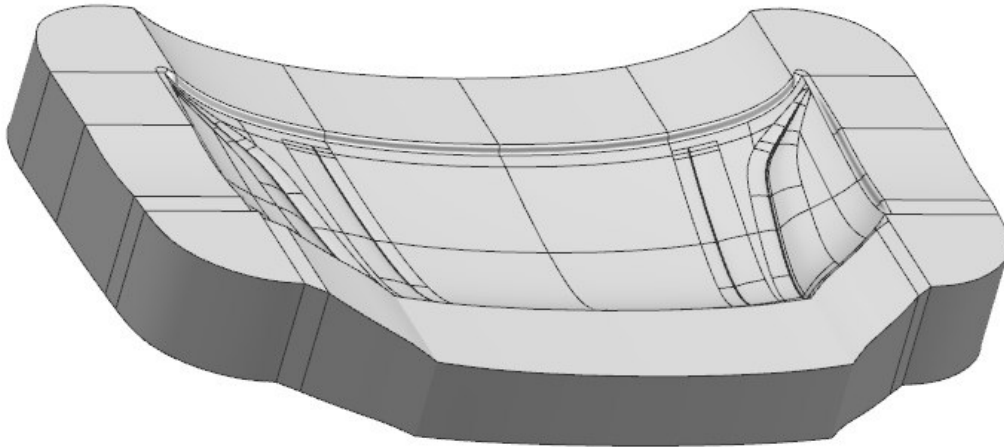


Foto 19. Matriz (1/2).

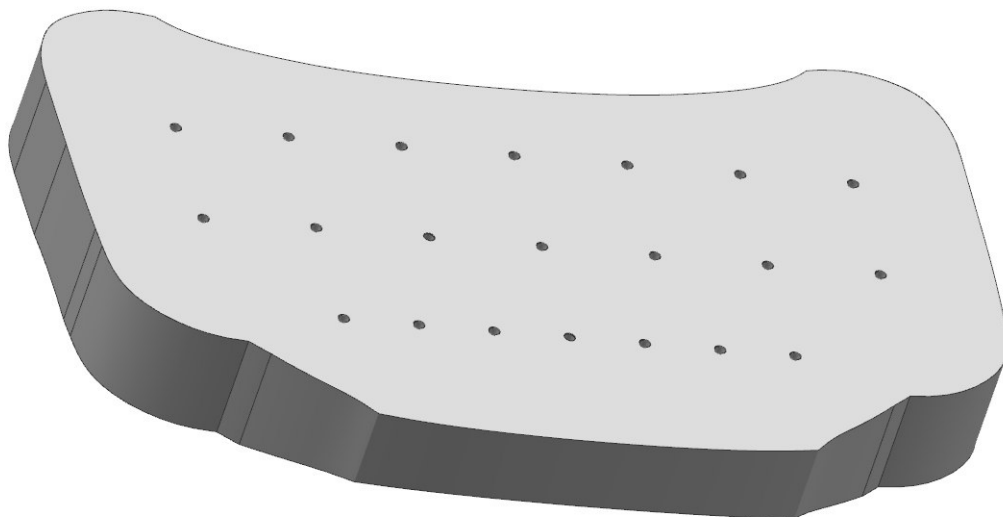


Foto 20. Matriz (2/2).

2.6.1.4. Punzón

El punzón tiene por objeto realizar la máxima transformación a fin de obtener la pieza con una calidad acorde a las medidas indicadas en el plano.

En general, hay una serie de especificaciones o características que son comunes para todos los tipos de punzones y que deben respetarse escrupulosamente si se quiere obtener el máximo rendimiento del troquel. Siempre será necesario que esté rectificado en su totalidad, en este caso se realizará un pulido a mano debido a su compleja forma, y sin marcas que puedan dificultar su trabajo (gripajes). También, requerirá de un tratamiento térmico adecuado para darle una mayor resistencia al desgaste y durabilidad, es decir, un templado en toda la superficie de contacto con la chapa. Las características que debe reunir el punzón son las siguientes:

- Materiales y tratamientos adecuados para la transformación.
- Buena resistencia al desgaste.
- Facilidad de construcción y mantenimiento.
- Precisión de medidas.
- Buenos acabados superficiales.

En este caso, el punzón será una pieza fabricada de acero de alta resistencia calidad 1.2379, ya que, en el modo de trabajo del troquel, serán elementos fijos y no necesitan elementos entre uno y el otro. El punzón es una herramienta de forma igual que la pieza a obtener mediante la embutición, por este motivo, su diseño y construcción tendrá que reunir las mejores condiciones de calidad y acabados para facilitar la transformación y la propia vida del troquel, además de dimensionarse de forma apropiada a las características de su trabajo.

El mecanizado se realiza partiendo de material en bruto con un excedente de unos 5 mm. aproximadamente en todas sus caras de contacto y un pulido a mano debido a su compleja forma. Además, se realizará un templado en toda la superficie que esté en contacto con la chapa.

El proceso de mecanizado que se debe seguir para esta parte del troquel es el siguiente:

- 1) Limpieza y escuadrado de las caras.
- 2) Punteado y taladrado de los agujeros.
- 3) Mecanizado de alojamiento para el punzón.
- 4) Erosionado de alojamientos (penetración o hilo).
- 5) Mandrinado y roscado de los agujeros.
- 6) Rectificado de las caras de apoyo.
- 7) Montaje de los componentes.

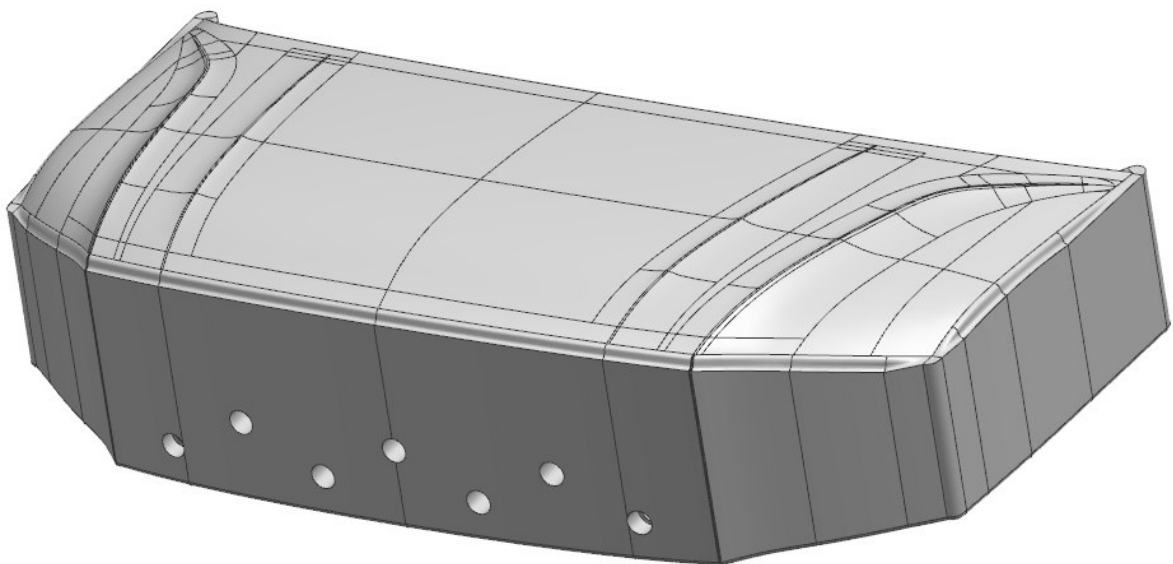


Foto 21. Punzón (1/2).

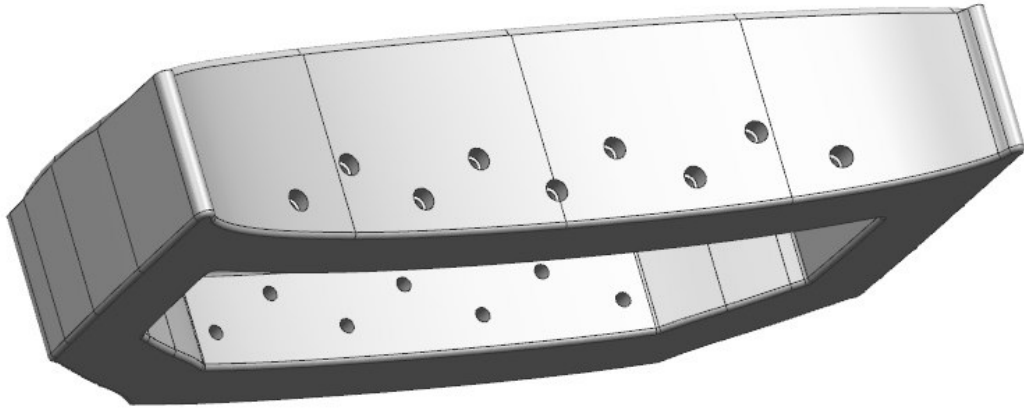


Foto 22. Punzón (2/2).

2.6.1.5. Sistema de guiado por columnas y regletas

Las dos partes más importantes del troquel (base superior y base inferior) necesitan ser guiadas en todo momento para garantizar una total concetricidad entre ambas. Esta labor importante se deja en manos de varias columnas de guiado que van montadas en la base superior y casquillos guía que se alojan en la base inferior encargándose de posicionarlas y centrarlas.

El guiado de la parte superior e inferior del útil se realiza mediante sistema de rozamiento (casquillo-columna). Con este sistema se consigue la concetricidad entre los elementos anclados a la base superior y a la base inferior.

Estos sistemas de rozamientos deben ir bien lubricados para reducir su desgaste que sin ninguna duda acabara ocurriendo, pero son elementos muy baratos y fácilmente reemplazables por otros iguales.

Para el montaje, la columna guía se coloca en la base superior mediante un fuerte ajuste y el casquillo guía va dispuesto sobre la base inferior mediante dos bridas por cada casquillo.

Las columnas tienen el inconveniente de que, cuando se las lubrica no retienen el aceite, por esta razón, necesitan llevar unas ranuras que les permita estacionar el lubricante durante la operación de trabajo, de esta manera, el casquillo se auto engrasa durante el deslizamiento entre casquillo y columna. Además de esta importante función de engrase, las ranuras cumplen otra misión de no menos importancia, evitar contacto de superficies entre la columna y el casquillo. El mecanizado de estas ranuras en las columnas tiene el pequeño inconveniente de poder alojar en su interior pequeñas partículas de polvo que pudieran dañar su funcionamiento. Se Puede subsanar estas deficiencias con el mecanizado de las regatas hechas en el casquillo guía en vez de en la columna.

La situación de las columnas en el útil no ha de ser arbitraria, se ha de tener en cuenta que permitan conseguir el mejor rendimiento del troquel y la mayor seguridad del operario. En este caso, se van a colocar cuatro columnas, una en cada una de las esquinas, de este modo, se ofrece el mejor centrado posible.

- Otros objetivos, por los cuales, se utiliza este sistema de guiado son los siguientes:
- Anular, en lo posible, flexiones en la bancada.
- Anular holgura de las guías del cabezal.
- Elemento de reacción ante cargas descentradas.
- Condicionamientos de precisión en trabajos del propio troquel.

- Facilitar el ajuste del macho en la matriz durante el proceso de construcción.
- Facilitar la correspondencia de la parte superior e inferior durante el montaje en la máquina.
- Seguridad del operario al no poder desplazarse una parte de la otra en el proceso de montaje o transporte.

Las columnas y los casquillos guía se suele realizar con acero de cementación para templarlos a una dureza de HRc. 60-62. Lo más habitual es comprarlos normalizados y montarlos en los armazones de los troqueles. En otras ocasiones, los casquillos guía también se construyen en bronce fosforoso con o sin lubricación de tipo grafitado. Los materiales utilizados son:

- Columnas y casquillos: acero 5732, templado y revenido HRc. 60-62.
- Casquillos guía: bronce o bronce con grafito 42CrMo4, como en este caso.

Por último, las columnas son rectificadas con una tolerancia de ajuste r6 con unas características de juego deslizante en piezas que llevan lubricación. Antes de ejecutarse este rectificado final de las columnas o casquillos se somete las piezas al tratamiento correspondiente y posteriormente se procederá al acabado general.

Otro sistema de guiado que se instala en este troquel es mediante regletas de bronce y grafito. Se colocan, tanto en el pisador, como en las bases mejorando el centrado del troquel.

Las regletas entran en contacto ayudando a fijar la posición de los elementos en el descenso de la matriz, para que posteriormente, las columnas entren en contacto con los casquillos para un centrado con mayor precisión.

En la imagen que se adjunta a continuación se observa la forma que tendrán estos elementos normalizados:

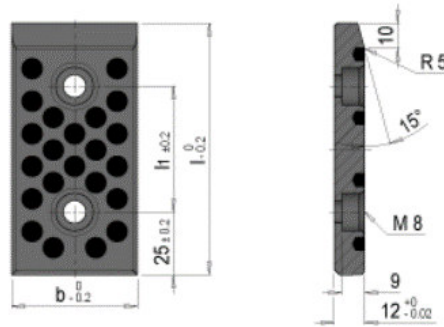


Foto 23. Esquema de regletas.

2.6.1.6. Tornillos de fijación

El tipo de tornillo más utilizado en matricería es el tornillo Allen DIN 912 con hexágono interior y cabeza cilíndrica. La forma y dimensiones de estos tornillos se tiene normalizada, siendo este modelo y el de cabeza cónica, los que mejor se adaptan a las necesidades de los troqueles. Se fabrican en diferentes longitudes y se pueden encontrar en cualquier catálogo desde M3 a M22.

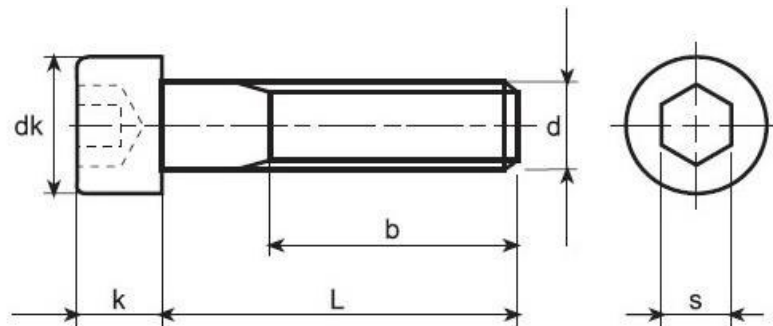


Foto 24. Esquema de tornillo Allen.

Son muy adecuados para resistir fuertes cargas de tracción y para ser montados en zonas de poco espacio. Son fabricados por estampación en frío y laminado de rosca y el material utilizado es aceros al carbono de 80 a 125 km/mm^2 de resistencia a la tracción.

Los tornillos Allen no han de ir templados, sino todo lo contrario, pues si se tuviese más resistencia se perdería resiliencia y aumentaría la fragilidad, por lo que, los hilos de rosca quebrarían con facilidad y su funcionalidad quedaría mermada.

La consecución de la rosca se hace por laminación en frío y sin arranque de viruta, lo que le da una cohesión molecular a la masa altamente resistente. El hexágono interior para el asentamiento de la llave se obtiene también por estampado en frío, lo cual, le da gran resistencia y rigidez.

2.6.1.6. Velas

Estos elementos que por lo general están normalizados se colocan en la parte inferior del pisador sin que sobresalgan por debajo de la base dejando siempre un margen de entre 25 y 50 milímetros. Se diseñan como puntos de apoyo entre el pisador y la prensa encargada de elevar este elemento hasta el punto deseado en el troquel.

Para que puedan soportar el peso del pisador y la fuerza ejercida por la matriz se fabrican de un acero especial denominado 42CrMo4. Este material posee una buena templabilidad y mecanización. Se emplea para piezas que, tratadas, precisen de unas resistencias comprendidas entre 800 y 1100 MPa. Además de emplearse para este tipo de elementos en troqueles, este material se usa para la fabricación de elementos de máquinas y motores que precisen buena resistencia y tenacidad (ejes, bielas, engranajes, cigüeñales etc.)

Para encontrar este tipo de acero más fácilmente se adjunta una tabla, que contiene las equivalencias entre las distintas designaciones:

Designación		Otras designaciones								
EN 10083-1:1997		Alemania DIN 17200		Reino Unido BS 970	España UNE 36012		Francia NF A35-552-86	Italia UNI 7846	ISO 683-1:1987	AISI SAE ASTM
Simbólica	Numérica	Simbólica	Numérica		Simbólica	Numérica				
42CrMo4	1.7225	42CrMo4	1.7225	(708M40)	40CrMo4	F-1252	42 CD 4	42CrMo4	42CrMo4	4140

Tabla 2. Equivalencia aceros para acero 42CrMo4.

En este caso no se han conseguido velas suficientemente grandes para el espesor del pisador, y han tenido que diseñarse de manera que se imposibilite su pandeo. Su diseño se mostrará en los planos.

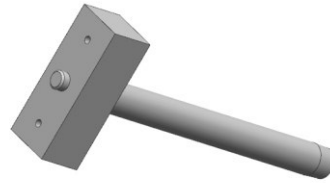


Foto 25. Vela.

2.6.1.7. Topes de fin de carrera y de transporte.

Para conseguir una penetración máxima del punzón en la matriz, sin riesgo de que no penetren la chapa en su totalidad, se colocan en el útil unos limitadores que, situados en la base inferior, hagan de tope y sirvan de referencia en la preparación y puesta a punto del troquel. Los topes de transporte se utilizarán únicamente en los momentos que haya que transportar el troquel, de este modo queda asegurado que el punzón y la matriz nunca estarán en contacto durante el transporte.

El material más utilizado para confeccionar estos elementos es el acero de construcción del tipo F114. En esta misión tampoco existen peligros de deformaciones o desgastes, por lo cual, tampoco se debe prever otros materiales de mayor calidad y precio. Por su parte los topes de transporte se construirán de aluminio, ya que no van a sufrir desgaste alguno.

En el mecanizado de los limitadores no hay grandes exigencias de calidad en sus acabados, sólo en las superficies de apoyo deben de tener un grado superficial de acabado N9.

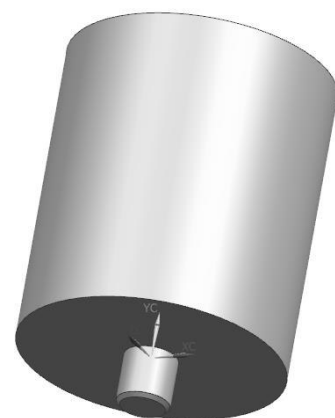
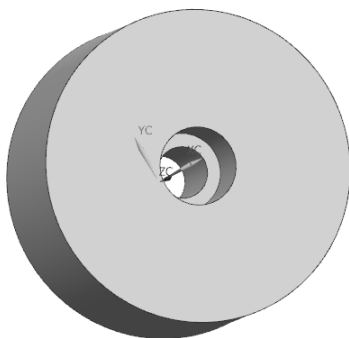


Foto 26. Tope fin de carrera.

Foto 27. Tope de transporte.

2.6.1.8 Centradores

Este elemento consigue que la chapa quede centrada en el proceso de estampación. Se utilizan para limitar el movimiento de la chapa original al mínimo y de esta forma garantizar el estampado tal y como se ha previsto durante la simulación.

Se colocan en el pisador, con un pequeño muelle en la parte inferior de el centrador para que este en la posición elevada al comenzar el proceso. Los muelles apenas oponen resistencia al llegar a contactar con la matriz y se esconden en el interior del pisador cuando la matriz ejerce presión sobre ellos. Una arandela de ala ancha fijada por un pequeño tornillo evita que el centrador, suba mas de lo debido.

El material más utilizado para confeccionar estos elementos es el acero de construcción del tipo F114. En esta misión tampoco existen peligros de deformaciones o desgastes, por lo cual, tampoco se debe prever otros materiales de mayor calidad y precio.

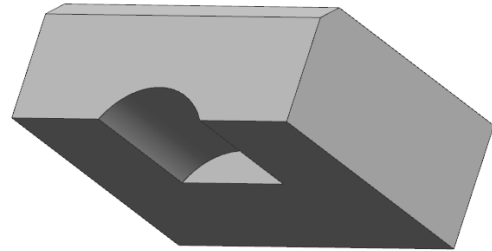
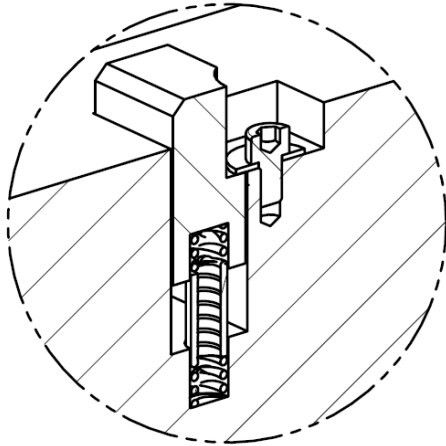


Foto 28. Esquema funcionamiento centrador. Foto 29. Centrador.

2.6.2. Proceso De Construcción

Dentro de la industria de la matricera, el desarrollo técnico y tecnológico de los últimos tiempos ha hecho que las máquinas utilizadas en este campo permitan trabajar a grandes velocidades, que hace sólo unos pocos años eran impensables.

Esto hace que hoy en día, la programación de máquinas herramienta por medio de C.N.C. y CAD-CAM es una cosa totalmente necesaria y habitual, si realmente se quiere ser competitivo en un mercado cada vez más abierto y globalizado.

En esta memoria se puede encontrar un buen número de los componentes del troquel, así como, el proceso de su construcción, las tolerancias y los acabados más adecuados a cada pieza. El orden en el proceso de la construcción de las diferentes partes de las que se compone el útil será el siguiente:

1. Recepción de las materias primas.
2. Desbaste de los materiales.
3. Mecanizados convencionales.
4. Mecanizado C.N.C.

5. Tratamientos térmicos.
6. Rectificados.
7. Ajustes.
8. Montaje.
9. Pruebas.
10. Homologación.

En muchas ocasiones, cuando hay que fabricar piezas con troquel, hay que pensar en varias operaciones de conformado si queremos obtener las piezas solicitadas. En cada una de estas operaciones habrá que realizar alguna transformación que nos lleve a la fabricación final de la pieza.

Una parte sustancial de los costes del troquel están relacionados con el mecanizado de sus componentes, hay que tener presente, que la mayoría de sus piezas están sometidas a largos y costosos procesos de mecanizado que implican muchas horas de trabajo.

Los materiales de construcción para las distintas partes del troquel han de reunir las siguientes propiedades:

- Dureza superficial: para resistir el desgaste y la adherencia de partículas.
- Alto contenido de carburos: para resistir el desgaste por abrasión.
- Tenacidad y ductilidad: para resistir la rotura y los desprendimientos.

2.6.3. Montaje Y Puesta A Punto

No sirve de nada realizar un cuidadoso diseño si posteriormente no se realiza de forma correcta el montaje y puesta a punto del troquel.

Un deficiente montaje puede originar desde pequeñas inexactitudes en la pieza final hasta una falla total de la misma, con las graves consecuencias económicas que esto representa.

Es por ello, que conviene mostrar unas pautas a la hora de realizar las operaciones previas a la producción.

El montaje debe hacerse de forma que todos los elementos ocupen su posición correspondiente (según planos) y adoptando tolerancias ajustadas que aseguren la correcta concentricidad, planitud y perpendicularidad de los elementos. La más mínima desviación de elementos, como el punzón, daría lugar a fallos de conformado.

En este caso, la base con la matriz se sitúa en la parte superior de la prensa amarrada con veintiún tornillos Allen dispuestos en tres filas de 7. En ella se colocan cuatro columnas con un fuerte ajuste, para impedir que se desplacen durante el funcionamiento del troquel al rozar con los casquillos. Hay que tener en cuenta que, una de las columnas está veinte milímetros desplazada, para que no haya lugar a error en el montaje de las bases. Además, se sitúan seis regletas en la base superior fijadas con dos Allen cada una, para el posterior guiado con la base inferior.

En cuanto a la base inferior se fija a la parte inferior de la prensa por medio de tornillos Allen. El punzón ira alojado en su posición mediante nueve tornillos Allen a un lado y 7 al otro. En los cuatro agujeros con ajuste se alojan casquillos, que se fijan mediante las bridas, cada una de ellas lleva un tornillo para evitar que los casquillos se salgan de su posición.

Se colocan tanto en la base superior como inferior los topes de fin de carrera, fijados cada uno de ellos con unos tornillos Allen.

Se fijan al pisador las velas, en sus respectivas cajas, mediante dos tornillos Allen cada una. Por último, el pisador y las velas se sitúan en la parte inferior dentro de la base y dejando el punzón en su interior, quedando de este modo centrado el pisador. Se colocan los muelles y los centradores en la parte superior del pisador fijados con arandela y tornillo para evitar pierdan su posición.

A su vez, tanto la base superior como inferior disponen de los agujeros necesarios para el transporte mediante cáncamos. En ellos se introducirán los cáncamos sujetos con anillos de seguridad normalmente. Se utilizarán solamente cuando haga falta transportarlo, nunca cuando esté trabajando el troquel.

En cuanto al tema de la puesta a punto, a continuación, se muestran unas reglas sencillas marcadas por el sentido común que ayudarán a mitigar posibles fallos durante la producción:

- Preparar la matriz, prensa y materia prima con antelación.
- Disponer del plano de la pieza final o una muestra comparativa.
- Disponer de los recambios necesarios ante la posibilidad de rotura de elementos del troquel.
- En caso de rotura no seguir trabajando, sustituir el elemento.
- Verificar las características de la materia prima (anchura, espesor...) antes de comenzar las pruebas.
- En caso de material defectuoso no iniciar las pruebas.
- Hacer las pruebas de forma que trabaje todo el troquel y no solo una parte.
- Trabajar bajo las mismas condiciones que en la producción para evitar cualquier alteración en las características del material.

Una acción necesaria en toda puesta a punto es la operación de marmoleo. Consiste en tomar como referencia válida una de las partes del troquel, generalmente la matriz, y ajustar su contraria (macho) de forma que la pegada de éste sea totalmente uniforme.

Para ello, se pinta de azul la banda de chapa (generalmente se utiliza una pintura al óleo llamada azul de Prusia) y se cierra el troquel poco a poco. De esta forma, una vez realizada la operación se observa las zonas que no se marcan de azul, lo cual indica que no realiza un contacto correcto, y en caso necesario se rectifica (marmolea) el punzón hasta conseguir una pintada uniforme y, por consiguiente, un correcto ajuste entre ambas partes. El proceso del marmoleo es de vital importancia para obtener un buen rendimiento productivo, así como, para asegurar un conformado idóneo durante el proceso.

Es por ello, que además de herramientas, como un buen software de diseño y de simulación, se hace necesaria la maestría de un buen matricero, que, a fin de cuentas, es el que trabaja directamente con la máquina.

2.6.4. Funcionamiento Del Troquel

En este proyecto, el troquel embutidor va a realizar el trabajo en simple efecto. El movimiento comienza cuando el cojín a través de las velas, las cuales deben ir situadas cada 170 milímetros y no deben sobresalir de la base acortándolas unos 100 milímetros desde la parte inferior de ésta, eleva el pisador hasta su punto máximo. Éste es guiado por medio del punzón, el cual esta centrando el pisador tiene que estar en contacto con la base inferior, para evitar desajustes en el momento del pisado de la chapa. Entonces, la prensa desciende la base con la matriz hasta hacer contacto con la superficie del pisador presionando la chapa con la fuerza deseada. Antes de que la matriz haga contacto con el pisador, tanto las columnas, como las regletas hacen su función de guiado. Hay que tener en cuenta que, las regletas de las bases deben estar en contacto antes de que, las columnas comiencen a entrar dentro en los casquillos, para conseguir un buen alineado entre matriz, pisador y punzón. Una

vez la chapa está pisada, tanto la matriz, como el pisador bajan conjuntamente manteniendo la fuerza de pisado en todo instante hasta que finaliza la operación de estampado. Cuando esto sucede, el punzón está completamente en el interior de la matriz habiendo conformado la chapa adecuadamente. Hay que comentar que, la superficie interior del pisador tiene una holgura de tres milímetros con respecto a la superficie exterior del punzón, para evitar el rozamiento cuando el pisador asciende y desciende. Llegado a este punto, la prensa asciende con la base superior y la matriz dejando la chapa a la vista para su posterior extracción.

2.6.5. Mantenimiento Del Troquel

El mantenimiento general de las matrices es una de las operaciones más importantes de la herramienta si se quiere alargar su vida y reducir los paros de producción. En el caso de que esta operación no se realiza o se realice incorrectamente, todos los cálculos en la vida de la matriz se verán desbordados negativamente, con lo que, la calidad del producto se pondrá en peligro y los gastos crecerán de forma alarmante.

Realizar un buen mantenimiento significa hacerlo de forma preventiva, tomando como referencia las posibles incidencias habidas durante las fabricaciones anteriores y las que se puedan producir en el futuro. La ficha o formulario que deben tener todos los utillajes ha de servir como ayuda para anotar en ella las incidencias habidas y cuando se han producido.

Existe un serio peligro de degradación del troquel si el mantenimiento no se realiza de forma adecuada. Las producciones horarias de muchas de ellas pueden alcanzar ciclos de más de mil golpes por minuto. Es lógico pensar, que el más mínimo fallo o error en las condiciones de trabajo del útil generará paros de máquina y afectará a la calidad de las piezas fabricadas.

Algunas de las cosas que se deben hacer durante el mantenimiento del troquel son las siguientes:

- Hacer revisión completa de todo el troquel y no sólo de la parte afectada por el problema.

- Rectificar o cambiar el punzón si se cree desgastado.
- Después de un paro por avería grave hacer pruebas antes de entrar en producción.
- Tener especial cuidado en que las condiciones de trabajo después del mantenimiento sean las mismas que las anteriores.
- Tener recambios de los elementos con mayor riesgo de desgaste o rotura.

Algunas de las cosas que NO deben hacerse durante el mantenimiento del troquel son las siguientes:

- Hacer el mantenimiento del troquel sin desmontarlo en su totalidad.
- Aplicar soluciones provisionales (salvo causas de fuerza mayor). Confiar al azar aquello que no esté totalmente asegurado.
- Rectificar sólo uno de los dos elementos de embutición, siempre los dos, punzón y matriz.
- Plantear modificaciones en el troquel sin antes haber analizado todo el proceso de trabajo paso a paso.
- Un buen afilado NO debe requerir más de 0.2 mm de rebaje.

2.6.5.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo de los troqueles tiene por objeto asegurar y mantener, en todo momento, la capacidad de producción de la herramienta independientemente de su antigüedad. Dicho mantenimiento lleva implícito el aseguramiento de la calidad de las piezas que fabrique el utillaje.

Un buen mantenimiento preventivo ha de asegurar la detección y reparación de todos y cada uno de los problemas o anomalías que a corto plazo puedan producirse en el utillaje. Para asegurarlo hay que poner especial

atención en revisar y sustituir, si fuera necesario, todos aquellos componentes del troquel que por su desgaste o deterioro pudieran perjudicar las próximas fabricaciones.

Es conveniente que durante el mantenimiento preventivo y como medida de seguridad se revisen algunos de los siguientes elementos del útil:

- Elementos móviles, por ejemplo, el desgaste o juego entre columnas y casquillos.
- El desgaste del punzón de embutición.
- La vida de la matriz embutidora.
- Las tolerancias entre punzón y matriz.
- El desgaste y medida de los centradores.
- La no existencia de golpes o marcas sobre la superficie de la figura.
- La correcta medida de topes de paso o limitadores de carrera.
- El correcto funcionamiento de los elementos de seguridad o finales de carrera.

Es conveniente, que además de los puntos descritos anteriormente, cada departamento o sección cree los suyos propios con el fin de adaptarlos a las características del troquel.

2.6.5.2. Mantenimiento de choque

Se denomina mantenimiento de choque a todas las soluciones prácticas, más o menos temporales, que se aplican al troquel con el fin de reducir o minimizar los tiempos de paros durante la producción.

Dadas las especiales circunstancias en que se realiza este tipo de mantenimiento, a pie de máquina y casi siempre con la máxima urgencia, los profesionales que lo realizan han de tener muy en cuenta que lo más importante en estos casos no es la revisión completa de todo el troquel, sino reparar el elemento causante del problema y conseguir que la producción no se pare más tiempo del estrictamente necesario.

Reparar el componente o componentes del útil de forma rápida y a pie de máquina no es tarea fácil ni sencilla, como no sea una persona con una buena experiencia en matrices. A diferencia del mantenimiento preventivo, el de choque ha de ser más rápido, pero tan eficaz como el anterior.

Para poder realizar un buen mantenimiento de choque, también es muy importante que el troquel haya sido diseñado con unos criterios muy prácticos, de forma que, el operario pueda tener acceso a todos los componentes de la matriz sin necesidad de desmontarla en su totalidad.

Se sabe que esto no siempre es posible, puesto que, el diseño del útil está condicionado por otros factores como su tamaño o producción a realizar, de forma que, su mantenimiento se verá más dificultado en estas circunstancias.

Con el fin de facilitar y agilizar el mantenimiento de choque a pie de máquina, siempre es muy aconsejable tener en cuenta algunos de los siguientes puntos:

- Diseño del troquel de fácil mantenimiento.
- Facilidad de acceso a todos los componentes.
- Recambios de todos los elementos de fácil rotura o desgaste.
- Montaje de punzón y casquillos de cambio rápido.
- Disponer de los medios necesarios para el mantenimiento.
- Conocer en profundidad la herramienta antes de repararla.
- Operarios con experiencia y profesionalidad.

Es conveniente, que además de los puntos descritos anteriormente, cada departamento o sección marque los suyos propios, en función de las características del troquel y de los medios de que disponga para su reparación.

2.6.5.3. Componentes a revisar

Durante el mantenimiento preventivo o general que se realice en el troquel existen una serie de componentes que deben ser revisados con más atención si cabe que el resto. Algunos de ellos, por ejemplo, el punzón o la matriz de forma, han de ser cuidadosamente revisados con el fin de controlar su grado de desgaste o bien detectar las fisuras o roturas que pudieran aparecer en su superficie. Sin embargo, otros elementos del útil, por ejemplo, las bases o sufridera requerirán un grado de control mucho menor puesto que su desgaste o posibilidades de rotura son notablemente inferior.

Algunos de los puntos que han de tenerse en cuenta durante la revisión del mantenimiento del troquel son los siguientes:

- Verificar el desgaste del punzón.
- Comprobar la vida de jaulas de bolas o placas matrices.
- Verificar la tolerancia entre punzón y matriz.
- Comprobar el correcto ajuste entre columnas y jaulas de bolas.
- Verificar la correcta altura del punzón.
- Revisar gripados de elementos móviles.
- Revisar la altura y desgaste de punzón de grabar.
- Comprobar el funcionamiento de los elementos cambiados en el troquel.

Es conveniente, que además de los puntos descritos anteriormente, cada departamento o sección marque los suyos propios, en función de las características del troquel y de los medios de que disponga para su reparación.

2.6.5.4. Limpieza, engrase y control

No es suficiente con reparar los componentes dañados o rotos del troquel, sino que, éstos deben estar cuidados y limpios en su totalidad cada vez que se haya terminado una fabricación. La limpieza y el engrase de todo el útil es fundamental si se quiere que éste siempre se encuentre en perfecto estado de funcionamiento.

La limpieza de todos y cada uno de los componentes, así como, el engrase o aceitado general de todo el troquel permitirá que los elementos que lo componen no estén sometidos a posibles oxidaciones, que llegarían a degradar las características mecánicas del material y las tolerancias de ajuste o acabado.

El almacenamiento y control del útil en un lugar accesible y adecuado es fundamental si se quiere agilizar su montaje y puesta a punto en máquina. El troquel deberá estar debidamente identificado y numerado permitiendo de esta forma su localización y control en todo momento.

2.6.6. Tratamientos Térmicos

El objetivo que se persigue con los tratamientos térmicos es mejorar o modificar las propiedades de los metales o aleaciones, mediante alteraciones en su estructura, con el fin de que gracias a las propiedades adquiridas puedan desempeñar con garantías los trabajos a los que han de sido destinados. Aunque la mayor parte de los metales y aleaciones admiten tratamiento térmico, las aleaciones de tipo ferroso son las que mejor se prestan a ello.

El tratamiento térmico consiste en calentar el acero a una temperatura determinada, mantenerlo a esa temperatura durante un cierto tiempo hasta que se forme la estructura deseada y luego enfriarlo a la velocidad conveniente. Los

factores temperatura-tiempo deben ser muy bien estudiados dependiendo del material, tamaño y forma de la pieza. De esta forma, se logrará una modificación microscópica, transformaciones de tipo físico, cambios de composición o una determinada estructura interna cuyas propiedades permitirán alcanzar algunos de los siguientes objetivos:

- Lograr una estructura de mejor dureza y mayor maquinabilidad.
- Eliminar tensiones internas y evitar deformaciones después del mecanizado.
- Eliminar la acritud que ocasiona el trabajo en frío.
- Conseguir una estructura más homogénea.
- Obtener la máxima dureza y resistencia posible.
- Variar algunas de las propiedades físicas.

Todas las características detalladas anteriormente se consiguen con los tratamientos térmicos que se explican a continuación y que se utilizan en la construcción de algunos de los elementos de los que se compone el troquel.

2.6.6.1. Templado

El temple es un tratamiento que tiene por objeto endurecer y aumentar la resistencia del acero. Después del temple, siempre debe de hacerse la operación de revenido para eliminar y suavizar las tensiones internas creadas durante el tratamiento anterior.

El temple consiste en calentar el acero a una temperatura suficientemente elevada como para transformarlo en austenita seguido de un enfriamiento adecuado para transformar la austenita en martensita.

Se denomina templabilidad a la capacidad de penetración del temple que tienen los aceros. La templabilidad depende fundamentalmente del espesor de la pieza y de la calidad del acero (composición química). Una pieza de mucho

espesor y de acero al carbono se puede decir que tiene poca templabilidad y, por lo tanto, su interior no quedará templado, aunque el exterior lo esté. Sin embargo, esta misma pieza, pero de acero aleado quedará totalmente templada en todo su espesor y, por consiguiente, se denominará acero de mucha templabilidad.

Al realizar el temple hay que tener en cuenta los siguientes factores que influyen en el mismo:

- Composición del acero.
- Diferencia de masas.
- Temperatura y tiempo de calentamiento.
- Tipo de horno (protección o no), sales, vacío, etc.
- Velocidad de enfriamiento.
- Medios de enfriamiento.

2.6.6.2. Revenido

Este tratamiento térmico es el que le sigue al temple con el objeto de eliminar la fragilidad y las tensiones creadas en la pieza.

Consiste en calentar las piezas a una temperatura inferior a la de temple con el fin de que, la martensita se transforme en una estructura más estable terminando con un enfriamiento más bien rápido, pero que siempre dependerá del tipo de material.

Las temperaturas del revenido, así como, el número de veces que se debe realizar dicha operación vendrá determinada en función del gráfico que nos indique el proveedor del material y con el visto bueno del responsable del departamento correspondiente.

Los factores que más influyen en el resultado del revenido son la temperatura y el tiempo de calentamiento al que se somete la pieza. Hay que tener en cuenta que, el revenido es importantísimo para conseguir el debido temple y una buena tenacidad en las piezas. Debe elegirse cuidadosamente su temperatura en algunos aceros (Cr - Ni) para no incidir en zonas de baja fragilidad (Fragilidad de Revenido).

2.7. PLANIFICACIÓN

Por último, para una correcta previsión de los tiempos necesarios para el seguimiento del proyecto y una mejor gestión de los procesos a realizar por los diferentes departamentos de la compañía, es importante hacer una buena planificación.

Pese a que el tiempo establecido para cada proceso del proyecto es relativo a la capacidad de la compañía en dicha tarea, se han establecidos tiempos basados en experiencias previas y en la intuición.

Para dotar todos los procesos con una mayor trazabilidad será necesaria la realización de la correspondiente documentación previa y posterior que detalle las condiciones y pautas a seguir, como los resultados y problemáticas obtenidos.

Los siguientes diagramas de GANTT muestran los procesos previos a la producción de la pieza seleccionada, relacionados con el diseño, fabricación y puesta a punto del troquel.

	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14
Planificación														
Diseño y desarrollo del producto														
Diseño y desarrollo del proceso														
Validación del diseño y del proceso														

Tabla 3. Planificación proceso para diseño del troquel.

	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33
Recepción de materia prima																			
Recepción de componentes comerciales																			
Fabricación del utillaje																			
Montaje y puesta a punto																			
Producción serial																			

Tabla 4. Planificación proceso para fabricación del troquel.

Pese a que la planificación pueda parecer lineal, en la realidad no siempre podemos ajustarnos a un proceso lineal en el que cada acción se produce después de la anterior. Debido a los problemas que surgen en la realidad muchas veces nuestro proyecto se verá afectando, teniendo que corregir condiciones establecidas en anteriores fases.