



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**EL ESTAMPADO DE LA CHAPA METALICA  
APLICADO A LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :**

**ALFREDO DORESTE LOPEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. ARMANDO ORTIZ PRADO**

**MEXICO, D. F.**

**1986**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

CAPITULO I. INTRODUCCION	4
I.1 Breve historia del estampado en la industria automotriz	5
I.2 Ventajas del proceso de estampado	6
I.2.1 Producción	7
I.2.2 Costos de manufactura	7
I.2.3 Incremento de producción	8
I.2.4 Multiplicidad de operaciones	8
I.2.5 Versatilidad	8
I.3 Ventajas de las partes estampadas	8
I.3.1 Relación esfuerzo-peso	9
I.3.2 Rápida fabricación	9
I.4 Limitaciones del proceso de estampado	9
I.4.1 Costo del herramental	9
I.4.2 Diseño de partes	10
I.5 Descripción del estudio a realizar	10
CAPITULO II. ESTAMPADO DE LA CHAPA METALICA	12
II.1 Generalidades	13
II.2 Estampado de chapas	16
II.2.1 Operaciones de separación	16
II.2.2 Operaciones de deformación	19
II.2.3 Operaciones de estampado y montaje	24
II.3 Materiales usados	25
II.4 Utiles usados	26
CAPITULO III. MATERIALES EMPLEADOS Y SUS CARACTERISTICAS	27
III.1 Metales formados en prensas	28

III.2	Propiedades mecánicas y estructuras	32
III.3	Pruebas y ensayos de verificación	35
III.3.1	Ensayo de tracción	35
III.3.2	Ensayo de dureza	37
III.3.3	Ensayo de impacto	42
III.3.4	Ensayo de cizallamiento	44
III.3.5	Ensayo de embutición	44
III.4	Preparación de los materiales básicos	45
III.5	Manejo de materiales	47
III.6	Aceros empleados en la industria automotriz	48
III.7	Problemática de producción de acero nacional y perspectivas de empleo en la industria automotriz	49
CAPITULO IV. DISEÑO Y FABRICACION DE LAS ESTAMPAS		50
IV.1	Clasificación de las estampas	51
IV.1.1	Por las características tecnológicas	51
IV.1.2	Por su uso	52
IV.2	Partes principales de una estampa	54
IV.3	Proceso de diseño y construcción de una estampa	60
IV.4	Metodología para calcular una estampa	67
IV.5	Materiales de las estampas	68
IV.6	Tratamientos térmicos y termoquímicos que se aplican a las estampas	69
CAPITULO V. CALCULO DE LAS CARGAS Y LAS PRESIONES INVOLUCRADAS		73
V.1	Análisis esfuerzo-deformación	74
V.2	Determinación de los tonelajes requeridos (cargas)	75
V.3	Cálculo de presiones y esfuerzos	77
V.3.1	Funzonado	77
V.3.2	Conformado	80
V.3.3	Curvado o doblado	80

V.3.4 Embutido	81
V.3.5 Rebordeado	83
V.3.6 Enderezado	83
CAPITULO VI. EQUIPO EMPLEADO Y SUS CARACTERISTICAS	85
VI.1 Clasificación de las prensas	86
VI.1.1 Por su tipo de acción	86
VI.1.2 Por su tipo de mecanismo transmisor de potencia	91
VI.1.3 Por su tipo de mecanismo conductor	93
VI.1.4 Prensas especiales	95
VI.2 Ventajas y desventajas de las diferentes prensas	97
VI.3 Fabricantes de los equipos	98
CAPITULO VII. MANTENIMIENTO A UTILES Y ESTAMPAS	99
VII.1 Instalación y ajuste de las estampas	100
VII.2 Defectos de las estampas y su eliminación	105
VII.3 Reparación de las estampas	107
VII.4 Durabilidad de las estampas	109
VII.5 Previsiones para un buen mantenimiento	111
CAPITULO VIII. DESCRIPCION DE UNA LINEA DE ESTAMPADO	114
VIII.1 Breve descripción	115
VIII.2 Tipo de máquinas o equipo empleado	117
VIII.2.1 Características y especificaciones	118
VIII.2.2 Construcción y funcionamiento	118
VIII.3 Partes que se fabrican	125
VIII.4 Operaciones para cada pieza	125
VIII.5 Carga y descarga	127
VIII.6 Almacenamiento	128
BIBLIOGRAFIA	129

**CAPITULO UNO**

**INTRODUCCION**

## CAPITULO UNO

### INTRODUCCION

#### I.1 BREVE HISTORIA DEL ESTAMPADO EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

El trabajo por presión de los metales no comenzó en América, probablemente, sino hasta 1652. Los records muestran que en ese año, Joseph Jenks, de Massachusetts, fue comisionado para fabricar unas estampas destinadas a producir monedas.

Desde el momento en que el automóvil fue considerado como algo más que un juguete experimental, se comenzó a desarrollar rápidamente el proceso de estampado.

Las operaciones de estampado, dentro de la industria automotriz (en este caso de Ford Motor Co.), no empezó con la fundación de la empresa.

Los primeros modelos no utilizaron partes estampadas; todas las piezas eran formadas a mano. Pero, conforme creció la producción de vehículos, hubo que incorporar en el diseño de los vehículos más partes de lámina. Hubo que buscar entonces un sistema para optimizar la tarea.

Fue en 1906 que se comenzó a utilizar partes estampadas en los automóviles, pero hubo que esperar a 1915 para que se utilizase el estampado con el modelo T, cuando el estampado realizó todas las piezas de la carrocería de un vehículo.

Conforme pasaron los años y se fue incrementando la

producción de vehículos, mejoró la tecnología en el proceso de estampado y se fueron creando plantas de estampado.

En 1929 se creó la planta de Rouge, en 1938 la planta de Dearborn y así, constantemente, se fueron acumulando en número las plantas de estampado.

Las diversas plantas poseen prensas de capacidades y tamaños que van de 400 a 3000 toneladas.

Dentro de todo el proceso de expansión de la compañía Ford Motor se planea la construcción de más plantas de estampado en todo el mundo.

En México se construye la planta de estampado y ensamble de Hermosillo, en el estado de Sonora. En esta planta se utilizará el equipo más moderno y avanzado existente en el mercado.

Existen equipos totalmente manuales, o bien totalmente automáticos, en los cuales las partes son cargadas automáticamente, se cambia de prensas y se descarga automáticamente.

## I.2 VENTAJAS DEL PROCESO DE ESTAMPADO

Durante la planeación de un proceso, es necesario determinar el método de manufactura para producir una cierta pieza. Numerosos son los factores a considerar para esta selección. Para algunas partes, tales como el monoblock del motor y los pistones, es imposible pensar en la posibilidad de utilizar el proceso de estampado, debido a su naturaleza y limitaciones de proceso. Estas piezas pueden fabricarse solamente por fundición y maquinado.

En cambio, otras partes tales como paneles de puertas y salpicaderas son obviamente estampadas. Este tipo de deci-

siones requiera la atención de diseño, materiales, métodos, herramientas, fabricación y otros factores de interés para seleccionar, de esta manera, el proceso más adecuado.

Para llevar a cabo estas selecciones de proceso, un factor importante viene representado por las ventajas del mismo en la fabricación de ciertas piezas.

### I.2.1 Producción

Una de las grandes ventajas del estampado es su excepcional productividad. Una vez provistas las herramientas adecuadas y comenzado la operación, las estampas son manejadas a gran velocidad. En general, el ciclo de tiempo requerido para completar una operación es menor en las prensas de estampado que en las prensas de forja o con las máquinas herramientas.

Grandes paneles son comúnmente producidos dentro de un rango de 400 piezas por hora y más. Para algunas piezas pequeñas se ha llegado a producir hasta 18000 unidades por hora.

### I.2.2 Costos de manufactura

El material y los costos de trabajo en las operaciones de trabajo son relativamente bajos. A causa del elevado volumen factible de producir, el costo de trabajo por pieza es generalmente bajo si se compara con otros procesos. Con la ayuda de dispositivos automáticos de manejo, la cantidad de operadores puede ser reducida. Los materiales usados en estampado son de bajo costo, por lo general, y se nota más la diferencia al compararlo con otros procesos.

### I.2.3 Incremento de producción

Después de que el herramental ha sido terminado y colocado en la prensa, el operario se ocupará únicamente de alimentar o cargar la prensa. En la mayoría de las operaciones de estampado, la velocidad de producción depende del ciclo de la prensa más que de la eficacia del operario. Esto ocasiona que el operario trabaje más rítmicamente y sin presión y, por lo tanto, aumente la producción de piezas.

### I.2.4 Multiplicidad de operaciones

Otra ventaja del proceso de estampado es la posibilidad de realizar numerosas operaciones en una cierta pieza con un solo golpe de la prensa. Es común combinar varias operaciones en una sola matriz, o bien usar estampas progresivas o dados individuales montados en prensas transferibles (Transfer Press), logrando de esta manera que la pieza sea completada en un ciclo de la prensa.

### I.2.5 Versatilidad

El proceso de estampado es capaz de ser utilizado para producir una gran cantidad de piezas. Desde piezas de varias milésimas de pulgada de espesor hasta una pulgada pueden ser realizadas con este proceso. Además, pueden ser estampadas piezas de diversas formas.

## I.3 VENTAJAS DE LAS PARTES ESTAMPADAS

Así como hay algunas limitaciones bien definidas para el tipo de partes que pueden ser producidas por estampado, también se ofrecen ciertas ventajas con respecto a otros

Procesos y a otros medios de manufactura.

### I.3.1 Relación esfuerzo-peso

Las partes estampadas tienen una ventaja con respecto al peso. Piezas formadas de hojas de metal tienen un peso muy bajo en libras por pulgada cuadrada de superficie. Además, las piezas estampadas tienen una gran resistencia en relación con su peso. Gracias al trabajo y deformación realizados en la pieza, alcanza ésta una gran resistencia a pesar de su escaso espesor.

### I.3.2 Rápida fabricación

Otra ventaja es la fácil y rápida forma en que son fabricadas y ensambladas las piezas. Para el ensamble se usa generalmente el proceso de soldadura por puntos, rápido y eficiente.

## I.4 LIMITACIONES DEL PROCESO DE ESTAMPADO

Igual que sucede con los demás procesos, existen ciertos factores que dificultan la utilización del ensamblado.

### I.4.1 Costos del herramental

Una de las limitantes primordiales del proceso de estampado es el costo inicial del herramental. Los punzones y matrices usados en este proceso son construidos por técnicos dueños de gran destreza, usando máquinas de precisión. Para completar un dado se requiere de un periodo de tiempo considerable, lo que eleva el costo.

Los dados requeridos para producir algunas partes, tales como salpicaderas, pueden llegar a costar hasta cientos de miles de dólares.

Este costo es amortizado, por lo general, durante el periodo en que se utiliza el molde. Por esta razón, la mayoría de las partes estampadas deben tener gran producción, como es el caso en la industria automotriz. Es la única manera de recuperar el alto costo inicial de la estampa.

#### I.4.2 Diseño de partes

Las operaciones de estampado están limitadas al tipo de operaciones de corte, embutido, formado y rebordado.

Piezas de automóvil que sean móviles, así como flechas y barnas conectoras, sometidas a continua presión, no son factibles de ser producidas por estampado.

#### I.5. DESCRIPCION DEL ESTUDIO A REALIZAR

Dentro de este trabajo se tratará de proporcionar las bases teóricas y prácticas del proceso de estampado.

Se comenzará por describir el proceso de estampado, hablando del equipo que se utiliza, así como también de los materiales empleados.

Se hablará de las propiedades y características que debe poseer un metal para que pueda ser estampado. Además, se comentarán algunos de los metales que cumplen con estos requisitos.

Posteriormente, se hará una breve descripción de los diferentes ensayos o pruebas que se realizan en los materiales, para ver si son aptos para el estampado.

Más tarde entraremos en la parte de datos básicos de diseño del utillaje empleado en el proceso, así como de los métodos de construcción de dichos útiles.

Dentro del estampado hay que analizar las cargas nece -

sarias para poder deformar una cierta pieza de metal. Por ello, se revisarán las cargas y presiones involucradas.

Todo sistema necesita ser operado adecuadamente. De esta manera, la vida útil de los equipos se ve incrementada en gran escala. Por esta razón, consideramos necesario conocer el funcionamiento y mantenimiento de los sistemas que se encuentran en el área de estampado. Sarrán comenta - dos en el curso del presente trabajo.

Finalmente, se realizará una breve descripción detallada de una línea de estampado a utilizar muy pronto en la planta de estampado y ensamble ubicada en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

CAPITULO DOS

ESTAMPADO DE LA CHAPA METALICA

## CAPITULO DOS

### ESTAMPADO DE LA CHAPA METALICA

#### II.1 GENERALIDADES

El estampado es un proceso de conformado de materiales, siendo éstos generalmente metálicos.

El sistema operativo del proceso radica en la aplicación de presiones por medio de prensas, siendo estas presiones variables de acuerdo con el tamaño, forma y material de la pieza que se va a estampar.

En el momento de realizar el estampado se produce una deformación plástica del material, lo que contribuye a que la pieza sufra un endurecimiento por trabajo.

El estampado puede clasificarse según la temperatura a la cual se realiza el proceso: estampado en frío y estampado en caliente. El estampado en caliente se realiza, como su nombre indica, a una temperatura mayor que la de recristalización, con objeto de disminuir las presiones de trabajo. Sin embargo, en el estampado en caliente se obtienen las piezas menos exactas y más rugosas que en el estampado en frío. Además, en el estampado en caliente se forma una capa superficial de óxido, que perjudica a la pieza.

El estampado en frío se divide, a su vez, en dos tipos de procesos: el estampado a presión y el estampado de chapa metálica.

El estampado a presión se utiliza para fabricar piezas

de tochos volumétricos, por lo general de barras redondas semiacabadas. Mediante este tipo de estampado se producen piezas de sujeción (pernos, tuercas, remaches), bolas, rodillos, anillos-guías, así como muchas piezas de automóviles, aviones, tractores y de otras máquinas.

El estampado de chapa metálica se utiliza para fabricar piezas de materiales en chapas, como por ejemplo piezas de automóviles (salpicaderas, cofre, toldo, etc.), aparatos eléctricos y muchos artículos de amplio consumo (latas, cucharas, cacerolas).

En comparación con otros tratamientos de metales por corte, el estampado en frío permite reducir el consumo de metal, ya que no se forman virutas, se disminuye la cantidad de trabajo necesaria para fabricar piezas y se eleva la productividad. Por otra parte, el estampado a presión en frío asegura simultáneamente el endurecimiento del metal a trabajar, permitiendo hacer, por lo tanto, las piezas más ligeras y echar mano de menos metal.

Durante la operación de estampado, las piezas brutas, semiacabadas y acabadas se obtienen como resultado de la deformación plástica o de la separación de la materia prima en las herramientas especiales llamadas estampas. Las estampas son también conocidas como matrices o dados y son el modelo con el cual se obtienen las piezas requeridas.

Las operaciones principales del estampado de chapa metálica son: las de separación (corte, cortadura a estampa, punzonado, etc.) y las de deformación (curvado, embutición, rebordeado, enderezado, etc.).

Las operaciones de este proceso se realizan principalmente en prensas mecánicas e hidráulicas. Dentro de estas prensas existe gran variedad de tamaños, capacidades, etc. En la industria automotriz se utilizan prensas de hasta 2000 toneladas de capacidad y muchas de ellas están en la actualidad totalmente automatizadas.

Los materiales que se usan son cintas o rollos de lámina, que son previamente sometidos a una serie de etapas de preparación, como son enderezado, recocido, desengrasado, decapado, lavado, secado y laminado de las chapas.

La fabricación de las piezas estampadas incluye una serie de operaciones tecnológicas, efectuadas con cierto orden establecido en base al proceso tecnológico de la pieza, el cual es elaborado por el tecnólogo de la fábrica o taller. En la industria automotriz, este proceso es elaborado por los diseñadores del Área de Procesos de Ingeniería.

El proceso tecnológico comprende: operaciones especiales de preparación del material para el estampado, operaciones de estampado (de separación, de deformación y de montaje), operaciones de control destinadas a comprobar la calidad del artículo y operaciones de acabado.

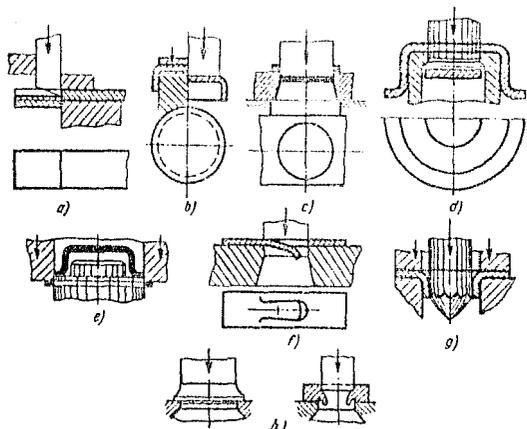
Las operaciones de control suelen ser: intermedias (comprobación de la calidad de la pieza semiacabada después de cada operación) y definitivas (comprobación de la calidad del artículo).

Las operaciones de acabado son: desbarbado, pulido, pintado e aplicación de revestimiento de decoración y protección.

## II.2 ESTAMPADO DE CHAPAS

### II.2.1 Operaciones de separación

Las operaciones de separación son aquellas en las que una parte de la hoja o láminas es retirada al constituir un residuo con respecto a la pieza que se va a fabricar y están integradas por: tajadura, cortadura a estampa, punzonado, recorte, entalladura, perforado y desbarbado.



a — corte, b — tajadura, c — cortadura a estampa, d — punzonado, e — recorte, f — entalladura, g — perforación, h — desbarbado

El corte es la separación de una parte de la pieza bruta efectuada por un contorno no cerrado.

La tajadura es la división de la pieza bruta en partes por un contorno no cerrado.

La cortadura a estampa es la división de la pieza bruta por un contorno cerrado, para obtener una pieza semiacabada plana o una pieza con contorno exterior determinado.

El punzonado es la abertura, en la pieza bruta, de orificios pasantes con desechos.

El recorte es la separación de los desechos tecnológicos de la pieza.

La entalladura es la abertura de orificios pasantes en la chapa bruta sin desechos.

El desbarbado es la eliminación de pequeñas asperezas y rugosidades por el contorno interior o exterior de la pieza semiacabada después de la cortadura a estampa o el punzonado, para obtener las dimensiones exactas de la pieza y una rugosidad mínima de la superficie.

La separación del metal se realiza en tres etapas: primera, el punzón comprime y curva ligeramente el metal, se mete a presión dentro del mismo introduciéndolo en la matriz; segunda, la penetración del punzón en el metal va acompañada por el corte de las fibras del metal por el borde del punzón desde la parte superior y por el de la matriz, desde la parte inferior; tercera, el movimiento ulterior del punzón va acompañado por la aparición de grietas de rompimiento en el material. Las grietas se unen y, de este modo, una parte del metal se separa de la otra.

Para asegurar el proceso de unión de las grietas de rompimiento debe existir una holgura entre el punzón y la matriz. La magnitud de la holgura depende de las propiedades, estado y espesor del material a separar. Si la holgura entre la matriz y el punzón está bien escogida, las grietas que parten de los cantos cortantes de las herramientas se unen.

La holgura influye considerablemente en la magnitud del esfuerzo, el desgaste y la resistencia de las estampas y, especialmente, en la calidad y precisión de las

piezas obtenidas. En caso de holgura pequeña, no se unen las grietas, sino que van paralelas unas a otras provocando el rompimiento del metal entre las mismas. En caso de holgura grande y cortadura de material fino, el metal es arrastrado dentro de la holgura para romperse después. Debido a ello, la pieza semiacabada resulta con rebabas y bordes quebrados.

- Parámetros que influyen en la precisión de las operaciones de recorte

En las operaciones de recorte simples se alcanzan precisiones medias y bajas. Para elevar la precisión se emplean estampas con columnas guía macizas y con sujeción del material durante el corte.

Sobre la precisión de la cortadura y el punzonado influyen notablemente no sólo el tamaño de la holgura entre el punzón y la matriz, sino también el carácter de su distribución por el perfil de la pieza trabajada.

- Métodos empleados para minimizar la carga en las operaciones de recorte

El recorte del material en chapas efectuado en estampas con bordes cortantes paralelos se realiza simultáneamente por todo el perfil. Por esta razón, la carga involucrada necesaria puede ser considerable.

Para disminuir esta carga suele utilizarse estampas con bordes cortantes inclinados con respecto al punzón. Además, el chaflán que se hace en la cortadura y en el punzonado ha de ser doble y simétrico. El ángulo de achaflanamiento se toma de  $2^\circ$  a  $8^\circ$ .

- Recorte de acabado

Para fabricar piezas semiacabadas o piezas con superficie de cizallamiento fina, se practica el recorte de acabado en la matriz y el punzonado de acabado con punzón de bordes cortantes redondeados.

- Cortadura y punzonado con goma

Se utilizan principalmente en pequeños lotes para fabricar piezas grandes de chapas finas, de acero hasta de 1 mm de espesor.

Cuando se realiza cortadura con goma se coloca en la bancada para estampas una tarraja de acero que sirve de punzón. Como matriz se utiliza una almohada de goma en collar metálico o goma sin collar. El espesor de la goma es 4 ó 5 veces superior a la altura del punzón.

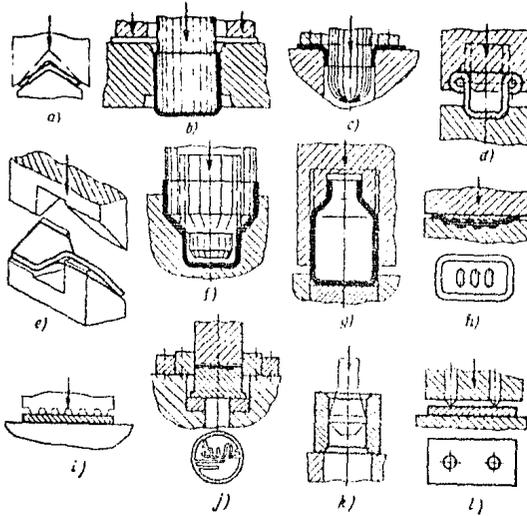
El punzonado con goma se efectúa de la misma manera, utilizando en este caso una matriz de acero y un punzón de goma.

### II.2.2 Operaciones de deformación

Las operaciones de deformación en el estampado de chapas incluyen: el curvado, la embutición, el rebordeado, enrollamiento, alargamiento perimétrico, cinglado, moldeo, enderezado y algunas otras.

El curvado es la formación o alteración de los ángulos entre las partes de la pieza bruta o comunicación de la forma curvilínea a la misma.

Para obtener dimensiones exactas, el curvado se acaba con un golpe de calibración que ajusta completamente la pieza bruta al punzón.



- a) Curvado
- b) Embutición
- c) Rebordeado
- d) Enrollamiento
- e) Torasadura
- f) Alargamiento perimétrico
- g) Cinglado
- h) Moldeo
- i) Enderezado
- j) Troquelado
- k) Calibración
- l) Graneteado

Si se quiere elevar la precisión del curvado debe utilizarse sujetadores que aprieten la pieza bruta con-

tra el punzón. Al ejecutar el curvado sin sujetadoras, la pieza bruta pudiera desplazarse, disminuyendo así la precisión de las piezas obtenidas.

En el estampado, los radios pequeños de curvado pueden conducir a la formación de grietas o a la rotura de la pieza bruta. Por esta razón han sido establecidos los valores aproximados de los radios mínimos admisibles de curvado, según se muestra en la siguiente tabla:

Radios mínimos admisibles aproximados de curvado,  
en partes del espesor  $S$  del material

Sentido de la línea del curvado	Materiales				
	aluminio, cobre, latón: 62	acero 10 acero 20	acero 55, duraluminio suave	acero 65 acero 70	bronce, duraluminio templado
Transversalmente a las fibras de los productos laminados	0	0.1	0.5	1.0	2.0
A lo largo de las fibras de los productos laminados	0.4	0.5	1.5	2.0	3.5

Debido a la recuperación elástica, después del curvado se someten las piezas a muelleo. En este caso, sus dimensiones se alteran ligeramente. Para compensar el muelleo se varían correspondientemente los ángulos del punzón y

de la matriz, o bien se fabrica una estampa con compen - sador.

La embutición es un proceso mediante el cual se obtienen piezas huecas a partir de tochos, tejas u hojas metálicas. Este proceso debe realizarse en varias etapas, pues de lo contrario se corre el riesgo de romper el material (pieza bruta) que se está trabajando.

En la embutición, el espesor de la pieza bruta sufre alteraciones. Los esfuerzos que surgen en la parte deformada de la pieza bruta son considerables. Cuando estos esfuerzos se hacen mayores que los admisibles para el material dado, se desprende el fondo de la pieza que se está embutiendo.

Para evitar o prevenir el desprendimiento del fondo, debe considerarse un valor predeterminado que se conoce con el nombre de coeficiente de embutición ( $m$ ).

Las dimensiones de las piezas brutas durante la embutición se determinan suponiendo que el volumen del material de la pieza bruta y el de la pieza semiacabada embutida sean iguales.

De este modo, la condición de igualdad de los volúmenes se reduce a la igualdad de las superficies de la pieza bruta y de la pieza semiacabada.

Al calcular las dimensiones de las piezas brutas para la embutición se prevé a veces un sobreespesor para cortar las irregularidades del borde que se forman durante la embutición.

Según el tipo de la pieza semiacabada a embutir, los punzones y las matrices utilizados para la embutición

puedan ser cilíndricos, cónicos, esféricos, rectangulares, etc.

Dentro de lo que es embutición existen varios tipos de este proceso: embutición de capas múltiples, embutición sucesiva, embutición con adelgazamiento, embutición con doblamiento de la pieza bruta, embutición con goma, embutición hidráulica y embutición con calentamiento de la brida.

El rebordado es la operación que se ejecuta para obtener bordes por los contornos interior y exterior de la pieza bruta.

Los valores máximos del borde obtenido por medio del rebordado se determinan por el coeficiente de rebordado ( $K_{RB}$ ), igual a la relación entre el diámetro del orificio perforado y el diámetro del orificio rebordado.

El enrollamiento se utiliza para formar bordes redondeados en los extremos de las piezas brutas huecas o planas y se efectúa en estampas sobre prensas o con rodillos.

El alargamiento perimétrico sirve para aumentar el perímetro de la sección transversal de la pieza bruta hueca, así como el cinglado se utiliza para disminuirlo. Por medio del cinglado se obtienen bocas de tubos.

El troquelado abarca varias operaciones y se emplea para formar imágenes en relieve sobre el material a deformar, gracias a la nueva distribución del metal y al llenado de la cavidad de relieve de la estampa con el mismo.

Se llama enderezado a la operación que se destina a

eliminar las distorsiones de la pieza bruta debidas a la deformación del material.

El enderezado acompañado de la calibración se emplea para enderezar la pieza después del curvado y para otras operaciones de deformación.

Este proceso puede efectuarse en cilindros laminadores de enderezamiento de rodillos múltiples o por medio de cargas de tracción.

### II.2.3 Operaciones de estampado y montaje

En la construcción de aparatos eléctricos, en la fabricación de artículos de consumo popular y en otras muchas ramas de la industria se practican operaciones de estampado y montaje que aseguran el acoplamiento de las piezas de chapa por medio del doblez de pestañas, empalme, en dentado, engargolado, doblez, remachado, empotrado, cinglado, etc. Además, las piezas semiacabadas fabricadas del mismo metal o aleación en chapa pueden ser acopladas por medio de soldadura en frío, comprimiendo al punto de unión con dos punzones que hacen presión y aseguran así el esfuerzo necesario para la deformación plástica. Se acoplan de este modo las piezas semiacabadas de aluminio, cobre y latón.

Muchas piezas semiacabadas y acabadas, estampadas de chapas, se acoplan por medio de la soldadura eléctrica y, a veces, por la soldadura a gas. Las construcciones estampadas y soldadas tienen pequeña masa, alta resistencia y sustituyen con éxito a las fundidas y forjadas.

### II.3 MATERIALES USADOS

El metal destinado para el estampado de chapas finas se fabrica en forma de cintas, chapas y bandas. Se denomina metal en chapas finas si el espesor no supera los 4 mm.

Las cintas se fabrican en rollos de hasta 2300 mm de ancho. La longitud de la cinta en el rollo alcanza varias decenas de metros, y para materiales finos varias centenas.

Las dimensiones de las chapas suelen ser de 600 por 1200 a 2000 por 5000 mm. En casos especiales, se fabrican chapas de dimensiones no estandarizadas.

Las bandas son de hasta 200 mm de ancho y de hasta 2000 mm de largo.

Debido a que los rollos de material permanecen bastante tiempo en bodega, es recomendable al desenrollarlos pasarlos por una línea de laminado, para que se enderezcan totalmente. Pasa posteriormente la lámina por una cizalla y es cortada según dimensiones específicas, de acuerdo con el uso que se vaya a dar a la chapa.

De esta manera, puede almacenarse las piezas para que sean estampadas mucho después, sin necesidad de enderezarse.

Dependiendo de la pieza que se vaya a fabricar y del uso o función que vaya a desempeñar la pieza acabada, son los materiales que se utilizan. En el caso de la industria automotriz, se utilizan aceros de bajo contenido de carbono.

Para la fabricación de piezas automotrices (carrocerías), se usan también aleaciones de aluminio.

Según el grado de acabado, las chapas finas de acero se dividen en varios grupos, cada uno de los cuales se

identifica por la cantidad de defectos superficiales.

#### II.4. UTILES USADOS

Los útiles que se utilizan en el proceso de estampado se conocen con el nombre de dados, estampas o troqueles.

Este tipo de útiles se fabrica de diferentes materias, dependiendo del uso que vayan a tener, ya sea punzón, embutido, troquelado, etc.

Los dados pueden ser fabricados por forja o por aceros de elevada aleación.

Hay varios tipos de estampas, tales como: estampas para separación, estampas para deformación, estampas de acción simple, de acción combinada y de acción sucesiva.

Los útiles que se utilizan en el proceso de estampado deben ser sometidos a tratamientos térmicos, con el fin de disminuir desgastes y deformaciones de la estampa. Es por esta razón que resulta tan importante realizar una adecuada selección del material destinado a la estampa.

Se suele dar como orientación general cuatro aspectos del problema que deberá tenerse presente en la selección de un acero:

I. Las dimensiones del útil

II. Tipo de trabajo a realizar: punzonar, cortar, embutir, doblar

III. Temperatura a que debe trabajar el útil, según sea en frío o en caliente

IV. Tipo de material a trabajar

Más adelante (capítulo IV) se explicará con mayor detalle las características recomendadas para la selección del material de una estampa, en los diversos procesos.

CAPITULO TRES

MATERIALES EMPLEADOS Y SUS CARACTERISTICAS

## CAPITULO TRES

### MATERIALES EMPLEADOS Y SUS CARACTERISTICAS

#### III.1 METALES FORMADOS EN PRENSAS

Una gran cantidad de metales y sus aleaciones son capaces de ser formados o conformados en prensas, gracias a su ductilidad. El metal que se ha de seleccionar dependerá de los requerimientos de la pieza que se va a construir, del costo de manufactura de la pieza y de la disponibilidad del metal. Los requerimientos de las piezas varían. La principal consideración en una prensa puede ser el esfuerzo permisible, en otra puede ser el acabado superficial deseado o la resistencia al desgaste.

La mayoría de los requerimientos de estampado usados en la fabricación de automóviles pueden ser satisfechos a través del uso de hierro, cobre, aluminio y sus aleaciones.

Resistencia, durabilidad, maleabilidad y bajo costo son algunos de los requerimientos más importantes para el estampado en automóviles. Por esto, el material más comúnmente usado consiste en aleaciones de hierro-carbono conocidas como acero.

El acero está compuesto primordialmente de hierro y carbono como elementos aleantes, y dependiendo de la cantidad de carbono se puede usar o no para estampado de piezas automotrices.

Se utiliza generalmente el acero con bajo contenido de

carbono, que contiene menos del 0.2 % de este elemento.

Dentro de los aceros de bajo carbono se utilizan dos variedades; el acero efervescente y el acero calmado. Estos aceros derivan sus nombres de las condiciones de desoxidación y de solidificación del material.

Cuando el acero se funde, se generan en el lingote burbujas provocadas por la evolución de gases, y esto origina que partículas de hierro puro salgan del macizo, atrapando impurezas en el centro. La acción violenta del metal crea un collar de acero de bajo carbono en torno a las paredes del lingote. Este es el acero efervescente.

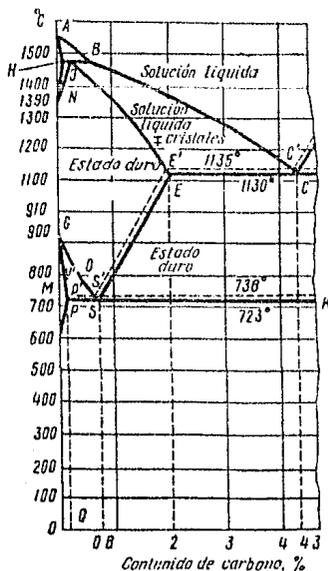


Diagrama hierro-carbono

El acero calmado se enfría tranquilamente en el molde debido a la desoxidación que se genera por la adición de

aluminio. Las impurezas de esta aleación son encontradas uniformemente repartidas a través del lingote.

Las impurezas del acero efervescente permanecen encerradas en el centro, aun después de que el lingote ha sido rodado. Esto proporciona a las cintas o bandas un excelente acabado superficial.

La mayoría de las piezas estampadas en la empresa Ford son de acero efervescente. Es de un costo accesible y posee propiedades de resistencia iguales a las demandadas en las estampaciones automotrices. Sus propiedades de formado son muy aceptables y su soldadura resulta excelente.

El otro tipo de acero utilizado posee una buena ductilidad y es usado con frecuencia cuando se necesita piezas con dibujo muy profundo.

Sin embargo, como resultado de su elevado costo a causa de los problemas que aparecen en su proceso de producción, este acero no es tan empleado en la industria automotriz.

Mientras el acero de bajo carbono predomina en las piezas de automóviles, un número limitado de partes son hechas de acero inoxidable.

Gracias a la apariencia superficial de este acero se puede fabricar molduras para las ventanas y marcos de las puertas. El acero inoxidable tiene como aleantes cromo y níquel, los cuales escasean a veces. Debido a su alto costo, este metal no es muy utilizado para obtener piezas de automóvil.

Los métodos de producción de acero afectan a las propiedades del mismo. Los tres métodos utilizados más comúnmente para producir acero son; el horno de arco eléctrico,

el de hogar abierto y el horno básico de oxígeno o B.O.F. Generalmente, las operaciones de estampado se realizan con acero B.O.F.

Se logra un mejor control de calidad en la producción de acero utilizando el horno de arco eléctrico. Sin embargo, esto aumenta los costos de producción.

El cobre y sus aleaciones son otros materiales utilizados para el estampado, pero sólo en piezas que justifiquen su elevado costo.

En el rebordeado, el cobre es el mejor material, ya que no sufre fracturas, grietas o arrugas, debido a su gran ductilidad.

Además, el cobre es importante en la fabricación de automóviles gracias a sus propiedades de conductividad eléctrica y térmica. Se utiliza para estampar aletas de radiadores, destinadas a disipar el calor, y también en interruptores eléctricos, relevadores, etc.

Las aleaciones de cobre son excelentes para soportar corrosión, pero su uso es muy limitado.

El aluminio puro comercial es un metal óptimo para ser trabajado. Se le puede dar formas complicadas y sus propiedades le permiten ser aplicado en el estampado automotriz.

La más importante de sus propiedades es su excelente relación resistencia-peso.

Las piezas de aluminio deben ser diseñadas para proporcionar gran resistencia con un peso menor que el acero. Sin embargo, al igual que el cobre, el aluminio es caro.

Se utiliza solamente para piezas tales como cofre, cubiertas y refuerzos de salpicaderas, para reducir el peso.

### III.2 PROPIEDADES MECANICAS Y ESTRUCTURAS

Cuando se habla de transformar una hoja de metal en una pieza utilizable, debe explotarse ciertas propiedades del metal.

Para entender los factores involucrados en el trabajo del metal, es necesario examinar la estructura del metal.

Un acero puede ser encontrado con dos formas o tipos de estructuras cristalinas: la cúbico de cuerpo centrado (c.c.c) y la cúbico de cara centrada (c.c.a.c). Cada estructura es la que va a dar al material sus propiedades específicas.

Aunque el metal parece una masa sólida, está compuesto en realidad por una red de cristales, sujetos entre sí por fuerzas electrostáticas. Estas estructuras se forman durante la transición del metal de su estado líquido a su estado sólido, o bien por cambios de fase en este último.

De acuerdo a la forma en que el metal sea enfriado y de acuerdo con el contenido de carbono del mismo serán las propiedades del metal.

Un metal puede ser todavía endurecido, después de formado, mediante dos formas. La primera es el endurecido por trabajo, como sucede con las piezas automotrices, en que son estampadas en el momento de ser formadas en las prensas. A causa de la deformación que sufre el metal, llega éste a endurecerse un poco. A esto se le da el nombre de endurecimiento por trabajo.

El otro tipo de endurecimiento es por tratamiento tér -

mico. El incremento de la resistencia se obtiene entonces por la formación de precipitados (endurecimiento por envejecimiento) o también por la presencia de segundas fases de carácter metastable y de alta resistencia (formación de martensita por efecto de temple en los aceros).

Dependiendo de cómo sean los factores mencionados, tendremos las propiedades de cada metal, sobresaliendo entre las más importantes las siguientes: elasticidad, maleabilidad, ductilidad, resistencia y dureza.

Se puede definir la elasticidad como la habilidad de un metal para regresar a su estado original después de haber sido sometido a una acción deformadora. La elasticidad es limitada en todos los metales.

El hierro dulce puede sufrir una pequeña deformación elástica antes de adquirir su estado permanente de deformación.

Para los ingenieros de estructuras, la elasticidad es importante desde el punto de vista de esfuerzos permisibles. Pero para un ingeniero de estampado, la elasticidad es una propiedad que debe ser considerada como una sobremedida en el estampado de la pieza, de acuerdo con las dimensiones deseadas.

Cuando una pieza ha sido estampada, tiene la tendencia a sufrir un regreso (Spring Back), que se lleva a cabo en el momento de retirar la pieza del dado o estampa.

Obviamente, este llamado Spring Back debe ser con - pensado, para tener así las dimensiones correctas de la pieza. Una forma de corregir este defecto es hacer la pieza un poco más grande, para que al sufrir el Spring Back adquiriera sus dimensiones exactas.

Otro método consiste en sobrecargar la pieza, de tal manera que sufra en su estructura una deformación permanente. Sin embargo, este método resulta peligroso, porque con una sobrecarga podría romperse la lámina, puesto que los espesores que se manejan son muy reducidos. Puede llegarse incluso a dañarse la estampa.

El punto en que la presión es tal que el metal adquiere una forma permanente recibe el nombre de límite elástico. Todas las operaciones de estampado se efectúan por arriba del límite elástico. Este límite elástico se determina mediante pruebas de tracción.

Maleabilidad: es otra propiedad de interés en el proceso de estampado. Se define como la propiedad de un metal a seguir sufriendo deformaciones sin llegar a la fractura. Se refiere, particularmente, a la deformación bajo compresión, ya sea en rolado, forjado o extrusión. Por ejemplo, el cobre es un metal altamente maleable.

El acero posee una maleabilidad que varía de acuerdo con la estructura granular, el porcentaje de aleantes y otros factores.

Al igual que en la elasticidad, hay un límite definido para la maleabilidad de un metal dado.

La ductilidad es una propiedad mecánica similar a la maleabilidad. En este caso evalúa la capacidad del material para deformarse bajo cargas de tracción.

La ductilidad de un metal dado se mide por la elongación y adelgazamiento en la sección transversal de una probeta que se somete a cargas de tracción.

La dureza es la última propiedad de importancia en el proceso de estampado. Se define como la capacidad de un

metal para resistir una penetración.

La dureza es una propiedad que nos informa sobre la capacidad de un metal para ser deformado, por lo cual es un punto de suma importancia y que debe ser considerado.

### III.3 PRUEBAS Y ENSAYOS DE VERIFICACION

Todos los materiales utilizados en el proceso de estampado deben ser verificados para varias operaciones, por lo que se toman muestras de los materiales y se realizan ensayos.

Dentro de la industria automotriz, las pruebas que se acostumbra hacer son las siguientes:

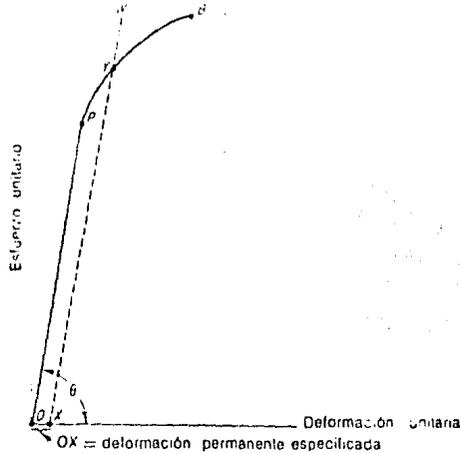
#### III.3.1 Ensayo de tracción

Una muestra o probeta preparada específicamente se coloca en las mordazas de la máquina de prueba y se somete a una carga axial por medio de un sistema de carga de palanca, mecánico o hidráulico. La carga puede ser observada en un disco calibrado. Si se conoce el área transversal original de la muestra, puede calcularse el esfuerzo desarrollado a cualquier carga. La deformación o alargamiento se mide considerando una longitud establecida (generalmente 2 pulgadas). La deformación unitaria puede determinarse entonces dividiendo el alargamiento medido entre la longitud original marcada en la probeta. En algunos casos puede utilizarse un medidor eléctrico o extensómetro para medir la deformación total.

Las propiedades que pueden determinarse con una prueba de tensión son explicadas en seguida.

Límite de proporcionalidad. Para muchos materiales es-

estructurales se ha encontrado que la parte inicial de la gráfica esfuerzo-deformación puede ser aproximada por la recta OP.



### Curva esfuerzo-deformación para material frágil

En este intervalo, el esfuerzo y la deformación son inicialmente proporcionales entre sí, de manera que cualquier incremento en esfuerzo resultará de un aumento proporcional a la deformación. El esfuerzo en el límite del punto de proporcionalidad P se conoce como límite de proporcionalidad.

**Límite elástico.** Si al retirar la carga aplicada sobre la pieza a prueba regresa la aguja del extensómetro a cero, esto indica que la carga A produjo una deformación elástica.

Si la carga se aumenta continuamente, se libera después de cada incremento y se re visa el extensómetro. Se alcanzará entonces un punto en que la aguja no regresará

a cero. Esto indica que el material tiene ahora una de -  
formación permanente. Por lo tanto, el límite elástico  
puede definirse como el esfuerzo mínimo en el que se pro-  
duce la primera deformación permanente. Para la mayoría  
de los materiales estructurales, el límite elástico tiene  
casi el mismo valor numérico que el límite de proporció -  
nalidad, excepto en metales muy blandos.

Resistencia límite. Conforme aumenta la carga aplicada  
sobre la pieza a prueba, el esfuerzo y la deformación se  
incrementan, como lo indica la porción de la curva YH  
para un material dúctil, hasta que se alcanza el esfuerzo  
máximo en el punto H. Por lo tanto, la resistencia límite  
o resistencia de tensión es el esfuerzo máximo desarro -  
llado por el material, basado en el área transversal  
original.

Módulo de Young. Esta propiedad nos indica la rigidez  
de un material y es medida en libras por pulgada cuadra -  
da. Se define como el cociente entre esfuerzo y deforma -  
ción cuando se está por debajo del límite de proporció -  
nalidad.

### III.3.2 Ensayo de dureza

Para realizar este ensayo existen varios métodos, to -  
dos estandarizados mundialmente.

El primero es el ensayo Brinell, basado en una muesca  
producida mediante un indentador esférico.

El procedimiento estandar requiere que la prueba se  
haga con un indentador de 10 mm de diámetro bajo una car -  
ga de 3000 kgs para metales ferrosos, 1000 kgs para meta -

les no ferrosos de elevada resistencia, 500 kgs para metales no ferrosos blandos y 250 kgs para metales anti-friccionantes.

Para metales ferrosos, el indentador bajo presión es sometido a la muestra con una carga aplicada durante 10 segundos. Para metales no ferrosos el tiempo es de 30 segundos. El diámetro de la impresión es medido por medio de un microscopio que contiene una escala ocular, graduada generalmente en décimas de milímetro, que permita estimaciones de hasta casi 0.05 mm.

El número de dureza Brinell (HB) es la razón de la carga en kilogramos al área de la impresión en milímetros cuadrados, y se calcula mediante la fórmula

$$HB = \frac{P}{\pi \frac{d}{2} \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

donde: P = carga de prueba, en kgs

D = diámetro de la bola, en mm

d = diámetro de la impresión, en mm

Por lo general, no se necesita hacer el cálculo, ya que hay tablas para convertir el diámetro de la grabación observada al número de dureza Brinell.

El número de dureza Brinell seguido por el símbolo HB sin números sufijos indica las condiciones de prueba estandar usando una bola de 10 mm de diámetro y una carga de 3000 kgs aplicada de 10 a 30 segundos. Para otras condiciones, el número de dureza y el símbolo HB se complementan con los números que indican las condiciones de prueba en el siguiente orden: diámetro de la bola, carga

y tiempo de aplicación de la carga.

El segundo tipo de ensayo de dureza es el Rockwell. Se utiliza en este caso un instrumento de lectura directa basado en el principio de medición de profundidad diferencial.

La prueba se lleva a cabo al elevar la muestra lentamente contra el marcador hasta que se ha aplicado una precarga determinada menor (10 kgs). Esto se indica en el disco medidor. Se aplica luego la carga mayor a través de un sistema de palanca. Después de que la aguja del disco llega al reposo se quita la carga mayor y con la precarga todavía en acción, el número de dureza Rockwell es leído directamente en el indicador. Como el orden de los números se invierte en el disco medidor, una impresión poco profunda en el material blando dará un número pequeño.

Los marcadores de muescas incluyen bolas de acero duras de 1/16, 1/8, 1/4 y 1/2 de pulgada de diámetro y un marcador cónico de diamante de  $120^{\circ}$ .

Generalmente, la carga de indentación es de 60, 100 y 150 kgs en condiciones de pruebas normales, y de 15, 30 y 45 kgs en casos especiales.

Las escalas Rockwell más comúnmente empleadas son la B (marcador de bola de 1/16 de pulgada y 100 kgs de carga), la C (marcador de diamante y 150 kgs de carga) y la F (metales no ferrosos). Debido a la gran variedad de escalas Rockwell, el número de dureza debe especificarse mediante el símbolo HR seguido de la letra que designa la escala y es precedida por los números de dureza.

Tenemos, por último, el ensayo de dureza Vickers, en el cual se utiliza un penetrador piramidal de diamante de base

BRINELL		ROCKWELL		VICKERS	SHORE	Kg por mm. <sup>2</sup>	x 1000 Libras por pulgada cuadrada (pounds) (sq. in)	Toneladas por pulgada cuadrada (Tons.) (sq. in)
Dímetro de la huella en mm	Dureza	C Carga de 150 Kg y cono de diamante de 130°	B Carga de 100 Kg y bola de 1/16"					
2,05	898						440	
2,10	857						420	
2,15	817						401	
2,20	780	70		1150	106		384	
2,25	745	68		1050	100		368	
2,30	712	66		960	95	246	352	
2,35	682	64		885	91	235	337	150
2,40	653	62		820	87	227	324	145
2,45	627	60		765	84	218	311	139
2,50	601	58		717	81	208	298	133
2,55	578	57		675	78	200	287	128
2,60	555	55	120	633	75	193	276	123
2,65	534	53	119	598	72	184	266	119
2,70	514	52	119	567	70	177	256	114
2,75	495	50	117	540	67	170	247	109
2,80	477	49	117	515	65	164	238	106
2,85	461	47	116	494	63	159	229	102
2,90	444	46	115	472	61	154	220	98
2,95	429	45	115	454	59	149	212	95
3,00	415	44	114	437	57	144	204	91
3,05	401	43	113	420	55	138	196	87
3,10	388	41	112	404	54	133	189	84
3,15	375	40	112	389	52	128	182	81
3,20	363	38	110	375	51	124	176	79
3,25	352	37	110	363	49	120	170	76
3,30	341	36	109	350	48	116	165	74
3,35	331	35	109	339	46	113	160	71
3,40	321	34	108	327	45	109	155	69
3,45	311	33	108	316	44	106	150	67
3,50	302	32	107	305	43	103	146	65
3,55	293	31	106	296	42	100	142	63
3,60	285	30	105	287	40	98	138	62
3,65	277	29	104	279	39	95	134	60
3,70	269	28	104	270	38	92	131	58
3,75	262	26	103	263	37	90	128	57
3,80	255	25	102	256	37	88	125	56
3,85	248	24	102	248	36	86	122	54
3,90	241	23	100	241	35	84	119	53
3,95	235	22	99	235	34	82	116	52
4,00	229	21	98	229	33	80	113	50
4,05	223	20	97	223	32	78	110	49
4,10	217	18	96	217	31	75	107	48
4,15	212	17	96	212	31	73	104	47
4,20	207	16	95	207	30	71	101	46
4,25	202	15	94	202	30	70	99	45

DUREZA						RESISTENCIA A LA TRACCIÓN		
BRINELL		ROCKWELL		VICKERS	SHORB	Kg por mm. <sup>2</sup>	x 1000 Libras por pulgada cuadrada (pounds) (sq. in.)	Toneladas por pulgada cuadrada (Tons.) (sq. in.)
Bola 10 mm con 1000 Kg	Dureza	C Carga de 150 Kg y cono de diámetro de 120°	B Carga de 100 Kg y bola de 1/16"					
Díametro de la huella en mm								
4.30	197	13	93	197	29	68	97	43
4.35	192	12	92	192	28	67	95	42
4.40	187	10	91	187	28	66	93	42
4.45	183	9	90	183	27	64	91	41
4.50	179	8	89	179	27	63	89	40
4.55	174	7	88	174	26	61	87	39
4.60	170	6	87	170	26	60	85	38
4.65	166	4	86	166	25	59	83	37
4.70	163	3	85	163	25	58	82	37
4.75	159	2	84	159	24	56	80	36
4.80	156	1	83	156	24	55	78	35
4.85	153	—	82	153	23	54	76	34
4.90	149	—	81	149	23	53	75	34
4.95	146	—	80	146	22	52	74	33
5.00	143	—	79	143	22	51	72	32
5.05	140	—	78	140	21	50	71	32
5.10	137	—	77	137	21	49	70	31
5.15	134	—	76	134	21	48	68	30
5.20	131	—	74	131	20	47	66	30
5.25	128	—	73	128	20	46	65	29
5.30	126	—	72	126	—	45	64	28
5.35	124	—	71	124	—	44	63	28
5.40	121	—	70	121	—	43	62	27
5.45	118	—	69	118	—	43	61	27
5.50	116	—	68	116	—	42	60	26
5.55	114	—	67	114	—	41	59	26
5.60	112	—	66	112	—	40	58	26
5.65	109	—	65	109	—	39	56	25
5.70	107	—	64	107	—	38	55	25
5.75	105	—	62	105	—	37	54	24
5.80	103	—	61	103	—	37	53	24
5.85	101	—	60	101	—	36	52	23
5.90	99	—	59	99	—	36	51	23
5.95	97	—	57	97	—	35	50	22
6.00	95	—	56	95	—	34	49	22

No recomendamos emplear la bola Brinell para aceros con  $R > 300 \text{ Kg/mm}^2$ . Dureza Rc  $> 57$ .  
 No es procedente ejecutar el ensayo Rockwell para aceros de  $R < 70 \text{ Kg/mm}^2$ . Dureza Rc  $< 15$ .

cuadrada con un ángulo incluido de  $136^{\circ}$  entre las caras opuestas. El intervalo de carga está generalmente entre 1 y 120 kgs. El probador de dureza Vickers funciona bajo el mismo principio que el probador Brinell, y los números se expresan en términos de carga y área de la impresión. Por lo general, hay tablas para convertir la diagonal medida en la muesca al número de dureza piramidal Vickers (HV) o por medio de la fórmula

$$HV = \frac{1.854 P}{d^2}$$

donde P = carga aplicada, en kgs

d = longitud de la diagonal de la impresión, en mm

Como resultado de las cargas aplicadas, el probador Vickers es útil para medir la dureza de hojas muy delgadas, así como para secciones pesadas.

### III.3.3 Ensayo de impacto

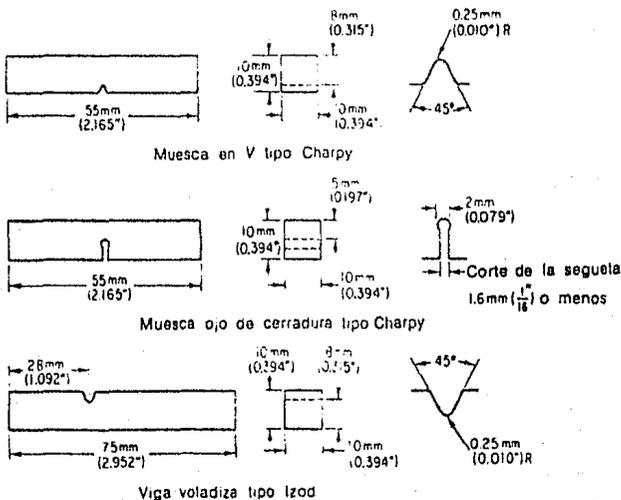
Aunque la tenacidad de un material pueda obtenerse calculando el área bajo el diagrama esfuerzo-deformación, la prueba de impacto indicará la tenacidad relativa.

Por lo general, se utiliza para las pruebas de impacto probetas con muesca, generalmente en V, de las cuales las más conocidas son las muestras Charpy y la Izod.

La Charpy se coloca en un apoyo de manera semejante a una viga sencilla soportada en ambos extremos, en tanto que la muestra Izod se coloca en un apoyo de modo que un extremo quede libre y sea, por lo tanto, una viga en cantiliver.

La máquina de impacto ordinaria tiene un péndulo oscilante de peso fijo, elevado a una altura estándar que dependerá del tipo de probeta que se pretende probar. A esa altura, con referencia al tornillo de banco, el péndulo tiene una cantidad definida de energía potencial. Cuando el péndulo se libera, esta energía se convierte en energía cinética hasta que golpea a la muestra. La muestra Charpy se golpeará atrás de la muesca en V, en tanto que la muestra Izod, colocada con la muesca en V de cara al péndulo, se golpeará arriba de la muesca en V.

En cualquier caso, una parte de la energía del péndulo se utilizará para romper la muestra, haciendo que el péndulo se eleve en el lado opuesto de la máquina, a una altura menor que aquella con que inició su movimiento desde ese mismo lado de la máquina. El peso del péndulo, multiplicado por la diferencia de alturas, indicará la energía absorbida, generalmente en joules, por la muestra, o sea la resistencia al impacto de la probeta.



Muestras para prueba de impacto tipo muesca

Este tipo de prueba es muy utilizado en las industrias aeronáutica y automotriz, que han encontrado, por experiencia, que la prueba de alta resistencia al impacto garantizará, por lo general, un servicio satisfactorio de las piezas que pueda experimentar cargas de choque o de impacto.

#### III.3.4. Ensayo de cizallamiento

Nos permite determinar su resistencia al corte o cizallamiento. Este ensayo suele efectuarse en la estampa de cortar simple.

Por los resultados de esta prueba se juzga sobre la posibilidad de realizar las operaciones de separación.

#### III.3.5 Ensayo de embutición.

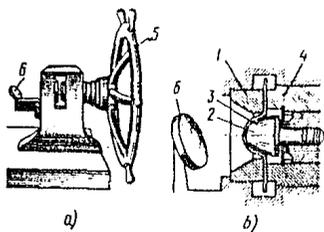
El ensayo de embutición más conocido es el ensayo Eriksen. En el aparato de Eriksen, la muestra se aprieta entre el sujetador y la matriz y se extrusiona con un punzón. La profundidad del orificio practicado antes de la formación de las grietas caracteriza a las propiedades del metal. El punzón se desplaza mediante un tornillo, que se gira como un volante.

El surgimiento de las grietas puede ser observado mediante un espejo colocado en la parte posterior de la máquina. Una vez obtenida la profundidad de embutición se pasa a tablas, con las cuales se logran las propiedades del material para ser embutido.

Este método de pruebas se utiliza para láminas de hasta 2 mm de espesor.

Existen otras máquinas que prueban la aptitud del me -

tal a ser embutido haciendo piezas experimentales y chequeando el punto donde ocurre la caída de esfuerzo. Este último método se usa para láminas de espesor mayor de 2 mm.



Aparato de Eriksen

1. Matriz
2. Punzón
3. Muestra
4. Sujetador
5. Volante
6. Espejo

### III.4 PREPARACION DE LOS MATERIALES BASICOS

Cada vez que se va a estampar una pieza, debe tenerse el metal limpio, para lo cual es preciso realizar algunas operaciones con objeto de tener la chapa metálica en condiciones óptimas.

Estas operaciones se indican inmediatamente después del laminado a corte, con lo que suelen quedar dobladas las chapas metálicas.

La primera operación que se realiza es el enderezado, y el método más usado es el que se practica sobre los cilindros de enderezar. Los cilindros pueden ser dos, cuatro o más rodillos. En el enderezamiento, el metal se hace pasar a través de los rodillos, varias veces.

Posteriormente, para quitar de la superficie de la chapa la costra de óxido o huellas de corrosión, se aplica el decapado en soluciones fuertes, como son las de ácido nítrico y clorhídrico, de sal común y ácido clorhídrico, de ácido sulfúrico y agua. Cuando las soluciones son agresivas, se agrega con frecuencia aditivos especiales, que

al precipitarse en la superficie del metal lo protegen contra la corrosión excesiva provocada por la solución. Esto conduce a una fragilidad indeseable del metal a la deformación.

El decapado dura, conforme al tipo de solución y a su destino, de 5 minutos a hora y media.

Después del decapado, el metal se somete a un lavado cuidadoso, para eliminar los residuos de las soluciones, lubricantes, suciedad, etc.

El lavado se realiza en dos o más baños; el primero es de agua corriente fría y el segundo de agua caliente (60 a 80° C).

Por último, el metal en chapa se seca, sea con aire a presión o pasando por unas resistencias. En la industria automotriz, lo más común es hacer pasar la chapa a través de unos sopladores.

En el estampado es necesario lubricar el metal para disminuir el esfuerzo de deformación y aumentar la resistencia al desgaste de la herramienta, así como facilitar la extracción y expulsión de la pieza.

Los lubricantes utilizados se clasifican en líquidos, viscosos y duros.

Una vez que la chapa metálica quedó lista para iniciar el proceso de estampado, se realiza la etapa de trazado.

El trazado es el orden de disposición de las piezas brutas en la chapa. El trazado más económico es el que tiene desechos mínimos en forma de atagúas y cortes. Las atagúas son los intersticios que quedan entre las piezas brutas cortadas y entre las piezas brutas y el borde de

la chapa metálica.

La elección del método de trazado depende de las formas geométricas de las piezas, y puede ser con desechos o sin ellos. Para reducir los desechos en la cortadura de las piezas grandes en la producción a gran escala, como es la parte superior del techo de los automóviles, se prefiere utilizar las chapas de dimensiones no estándar, porque al utilizar chapas estándar puede bajar el coeficiente de utilización del material.

En la producción en masa, como es el caso de la industria automotriz, se utilizan sistemas computarizados que permiten estudiar numerosas variantes de trazado y escoger el más práctico.

Se utilizan varios tipos de trazado, dependiendo del tipo de pieza que se va a estampar.

El trazado directo se utiliza para las piezas de formas simple, rectangular o cuadrada; el inclinado para las piezas en T o de otra forma complicada; y, al contrario, principalmente para las piezas en T, doble I y triple I.

Si es posible utilizar los desechos, se emplea el trazado combinado.

Las dimensiones de las ategías dependen del espesor y dureza del material, las dimensiones y la forma de las piezas a cortar, el tipo de apoyo, la utilización de sus jeciones y otros factores.

### III.5 MANEJO DE MATERIALES

A lo largo del desarrollo de un proceso, se debe obtener una manera o método, en el cual se dirá cómo mover los

materiales, tanto hacia adentro como hacia afuera del proceso.

El ingeniero de procesos deberá prever, en el aspecto de estampar y piezas estampadas, cómo localizar el material y los dados en sus áreas respectivas de almacén. Considerará la posibilidad de usar elevadores, niveladores, transportadores de banda, extractores, etc.

Los métodos y equipos para cargar las piezas en las prensas se considerarán adicionalmente.

Todo el manejo de materiales se estudia de acuerdo a costos, eficiencia y seguridad.

Los métodos y el equipo usados para mover materiales hacia el proceso y removerlo del mismo, están bajo la responsabilidad del ingeniero de manejo de materiales, el cual deberá considerar ciertos factores:

- Las áreas que requieren protección a causa de las condiciones superficiales del material, o bien tolerancias críticas del mismo.

- Cambios en el diseño de partes, lo que afectará a los métodos empleados para el manejo de materiales.

- Nuevas partes o piezas que requieran nuevo equipo o métodos de manejo.

### III.6 ACEROS EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

En el caso de la planta de Hermosillo, todo el material utilizado será comprado a Japón, a la empresa Mitsubishi Corporation. Los aceros son del tipo SPC, que son el equivalente del Cold Roll (laminado en frío) mexicano. Y el otro tipo que se usará para el estampado es el HPC,

o Hot Roll (laminado en caliente).

Los otros dos tipos de aceros son SPSZ y SPSU, los cuales son materiales rolados en frío pero con aleaciones para prevenir o disminuir en lo posible la corrosión.

### III.7: PROBLEMATICA DE PRODUCCION DE ACERO NACIONAL Y SUS PERSPECTIVAS DE EMPLEO EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Actualmente se tiene en México el problema del deficiente control de calidad de los aceros, por lo cual no se puede considerar, por el momento, la posibilidad de adquirir acero nacional para la producción de piezas automotrices.

En el caso particular del estampado, se requiere que el material posea las propiedades requeridas con un 95% de seguridad, cosa que cumple satisfactoriamente el acero japonés. En cambio, el acero nacional nos ofrece una seguridad del 55%, valor no aceptado por el departamento de diseño de la empresa automotriz, en esta caso Ford Motor Co.

CAPITULO CUATRO

DISEÑO Y FABRICACION DE LAS ESTAMPAS

## CAPITULO CUATRO

### DISEÑO Y FABRICACION DE LAS ESTAMPAS

#### IV.1 CLASIFICACION DE LAS ESTAMPAS

##### IV.1.1 Por las características tecnológicas:

De acuerdo con las características técnicas, las estampas se subdividen en : de acción simple, de acción combinada y de acción sucesiva.

Las estampas de acción simple están destinadas a ejecutar una o varias operaciones en una sola carrera de la prensa, dentro de los límites de un paso del avance de la pieza bruta.

En tales estampas se efectúa sólo la embutición, curvado o punzonado de un orificio.

En las estampas de acción combinada, en una sola carrera de la prensa se ejecutan operaciones o etapas del estampado heterogéneas, como pueden ser recorte y embutido, curvado y punzonado, etc.

Las estampas de acción sucesiva, conocidas también como estampas progresivas, están destinadas a ejecutar varias operaciones o etapas del estampado en varias carreras de la corredera de la prensa. Cada etapa del estampado se ejecuta en una sola posición de la estampa; la pieza bruta o la cinta se desplazan después de cada carrera, de una posición a otra.

En algunos casos, las estampas progresivas pueden rea -

lizar varias operaciones en una sola carrera, pero se trata de casos especiales.

Las estampas de acción simple son de construcción más sencilla, así como más económicas. Se emplean en la producción en serie, como sucede en la industria automotriz. En cambio, las estampas de acción combinada y las estampas progresivas son más complicadas y costosas, pero son también más productivas. Se emplean, sobre todo, en la producción a gran escala.

#### IV.1.2 Por su uso

Según el uso se distinguen estampas especiales y universales. Las estampas especiales están destinadas a fabricar una pieza determinada.

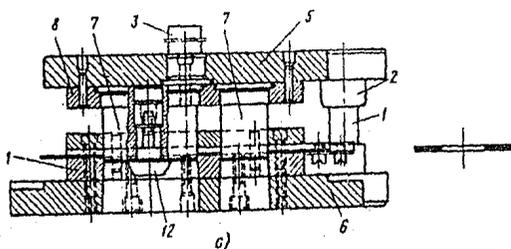
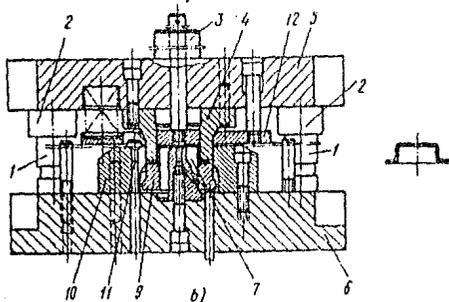
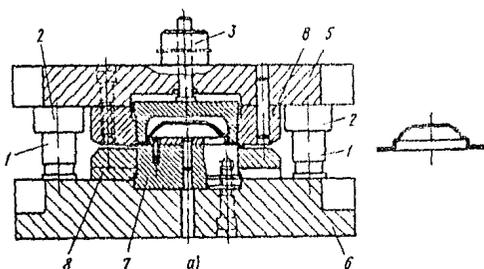
Tales estampas se montan en las unidades (conjuntos) o piezas de montaje utilizadas sólo en la estampa dada. En la estampa universal se puede fabricar diferentes piezas reajustando o sustituyendo algunas unidades (conjuntos) de montaje de la estampa. Se distinguen los tipos siguientes de estampas universales: estampa reajutable, estampa con paquete recambiable, estampa con órganos de funcionamiento recambiables (punzón o matriz) y estampa desmontable.

En la estampa reajutable, la universalidad se consigue por medio del desplazamiento de unas piezas de la estampa respecto a otras. La estampa desmontable se monta en el juego de piezas y unidades de montaje universal destinado para el montaje múltiple.

Las estampas pueden ser sin guías o con guías, las

cuales aseguran la coincidencia precisa de las mitades superior e inferior de la estampa durante la operación de estampado.

De acuerdo con la construcción del extractor, se distinguen estampas con extractor fijo o móvil, siendo este último con tirantes rígidos o a muelle o a resorte.



### Estampas

- a) Simple acción
- b) Acción combinada
- c) Acción sucesiva

- 1. Columnas guías
- 2. Casquillos guías
- 3. Cola
- 4. Matrices
- 5. Placa superior
- 6. Placa inferior
- 7. Punzón
- 8. Portapunzón
- 9. Sujeción
- 10. Matriz
- 11. Apoyo
- 12. Extractor

#### IV.2 PARTES PRINCIPALES DE UNA ESTAMPA

Por su destino, las piezas de las estampas se subdividen en tecnológicas y de construcción. Las primeras aseguran directamente la ejecución de la operación tecnológica y se encuentran en interacción con el material a trabajar. Pertenecen a ésta los punzones, matrices, listones, guías, sujetadores, expulsores, etc. Las segundas se utilizan para acoplar todas las piezas de la estampa en una construcción única y para fijar la estampa en la prensa. Son éstas: las placas de la estampa, colas, columnas guías y piezas de sujeción.

Las estampas constan, por lo general, de un bloque de piezas de construcción y de varias unidades de montaje de piezas tecnológicas.

El bloque se compone de las placas superior e inferior de la estampa, dispositivos guías y la cola.

- Placas de la estampa. Las piezas de la estampa se fijan a las placas superior e inferior. La forma y las dimensiones de las placas de la estampa se escogen según las dimensiones de las piezas a estampar, tipos de etapas del estampado, dimensiones del espacio a estampar y otros datos. Las placas son fundidas de hierro colado o acero.

- Colas. Se usan en las estampas medias y pequeñas para fijar la placa superior a la corredera de la prensa. Las colas suelen fabricarse de acero 1045.

- Columnas y casquillos guías. Aseguran la coincidencia exacta de las mitades superior e inferior de la estampa y, por consiguiente, la coincidencia exacta de los punzones y matrices en el estampado. La utilización de

las columnas y casquillos guías simplifica la instalación y el ajuste de la estampa sobre la prensa. El bloque de la estampa puede tener varios conjuntos de columnas y casquillos guías. En las columnas guías se hacen tornesados que dividen las columnas en dos partes. Una parte es empotrada bajo presión en la placa y la otra se usa como guía del movimiento.

Con mayor frecuencia, las columnas son empotradas en la placa inferior de la estampa y los casquillos en la superior.

A veces, para hacer más cómoda la evacuación de las piezas semiacabadas, se empotran las columnas en la placa superior y los casquillos en la inferior. Hay estampas que tienen una columna empotrada en la placa superior y otra en la inferior.

En los casquillos, y a veces también en las columnas, se hacen ranuras para el lubricante. A menudo se emplean casquillos provistos de un collar con bolas o rodillos, lo que permite reducir las pérdidas por fricción.

Las columnas y los casquillos suelen fabricarse de acero 1020 y se cementan a 0.5 o 1.0 mm de profundidad, se someten al temple y al revenido, asegurando la dureza de su superficie de HRC 59-62. Tales columnas y casquillos tienen un núcleo viscoso y una superficie dura, lo que asegura una alta resistencia al desgaste conservando la solidez necesaria.

- Punzones. En las estampas se usan punzones de diferentes construcciones y finalidades. Las formas geométricas de su parte de trabajo se escogen según el destino

y la forma de la pieza a estampar, y las dimensiones de las operaciones se determinan por el cálculo.

Los punzones cortadores de dimensiones grandes, como son los que sirven para la cortadura de las piezas brutas destinadas para piezas de revestimiento del automóvil, se hacen fundidas (acero 1060).

La dureza de las superficies de trabajo de los punzones deberá ser de 54 a 58 RC.

- **Matrices.** El diseño constructivo de la matriz depende del tipo de operación tecnológica. Al cortar a estampa pequeñas piezas redondas o al punzonar pequeños orificios, se utilizan las matrices tipo anillo. Al cortar a estampa o al punzonar orificios perfilados se utilizan las matrices íntegras o compuestas con orificio perfilado.

Las matrices de embutición grandes se hacen a veces fundidas. Las matrices se suelen fabricar de los mismos aceros que los punzones. La dureza de la superficie de trabajo de las matrices de acero, después del tratamiento térmico, suele constituir HRC 56-60.

- **Fijación de punzones y matrices.** Los punzones y matrices se fijan a las placas superior o inferior de la estampa por medio de los portamatrices y portapunzones, o sin ellos.

Los punzones pequeños se empotran a presión en los portapunzones. Los portapunzones o portamatrices se atornillan a la placa y se fijan por medio de espigas de retén. Entre el portapunzón y la placa superior se coloca una junta de acero templado llamada plancha de apoyo, que protege la placa superior contra las abolladuras que sur-

gen durante el funcionamiento de la estampa como resultado de la presión producida por la cabeza del punzón.

Si el punzón o la matriz se componen de varias secciones, cada sección se atornilla por separado con no menos de dos tornillos y se fija con no menos de dos pernos.

Además, para fijar la posición de las secciones de los punzones y matrices se emplean chavetas o se encajan estas secciones en las placas.

- Piezas de sujeción. Las piezas de sujeción de las estampas son los apoyos, pescadores, plantillas, fijadores, listones guías, sujetadores laterales, etc.

Los apoyos están destinados a orientar correctamente la chapa, banda o pieza bruta suministrada a la estampa. La hoja o pieza bruta que viene a la estampa choca contra el apoyo y se fija en una posición estrictamente determinada, es decir, en la dirección de avance con respecto al punzón o a la matriz. Pueden ser móviles o fijos.

Los pescadores se utilizan en las estampas progresivas para evitar los errores que pueden suceder durante el avance de la banda o cinta.

El pescador se coloca en la segunda posición o en una de las posiciones posteriores de la estampa.

Al entrar en el orificio previamente punzonado, el pescador fija la posición exacta de la banda o pieza bruta en la estampa.

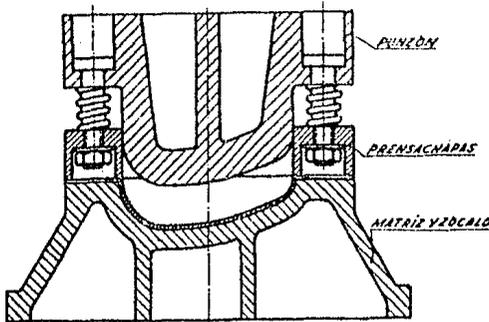
Los fijadores o pisadores y las plantillas instaladas en la superficie de la matriz se utilizan para la orientación exacta de las piezas brutas unitarias con respecto a los punzones y a las matrices en dos direcciones. Los lis

tones guías y sujetadores laterales orientan la banda o cinta en la estampa sólo en sentido transversal.

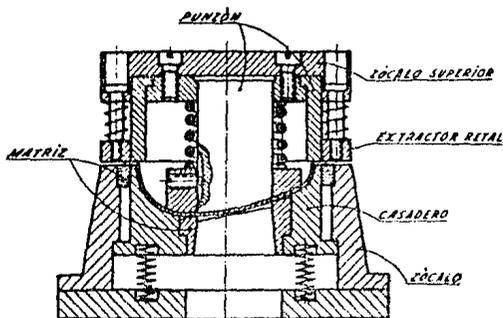
Las piezas de sujeción y expulsión son los sujetadores, extractores y expulsores. Los sujetadores evitan la formación de arrugas en la embutición, así como de torceduras de las piezas planas en el recorte o el punzado. Al mismo tiempo, pueden ser extractores.

En la cortadura o el punzonado, el metal cubre fuertemente el punzón al deformarse elásticamente. Para quitar el metal de encima del punzón se emplean extractores móviles o fijos.

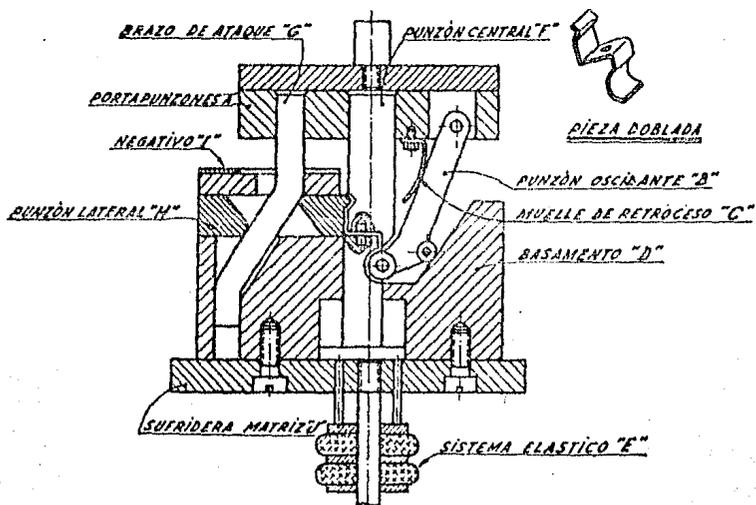
Si en una de estas operaciones resulta difícil retirar la pieza del desecho haciéndolo pasar a través del orificio de la matriz, se retira por medio de la explosión inversa con ayuda de expulsores. Estos últimos pueden ser mecánicos, hidráulicos o neumáticos.



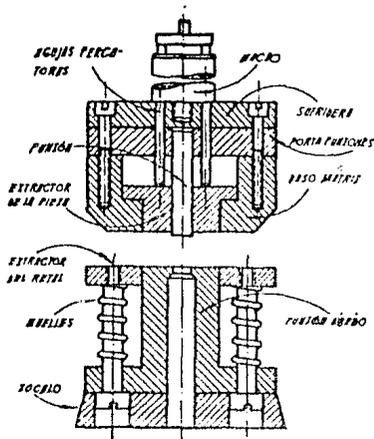
1ª MATRIZ EMBUTIR



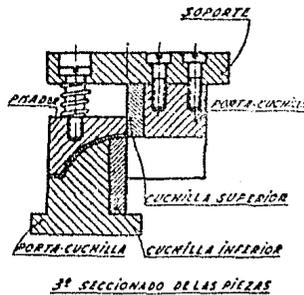
29 MATRIZ DE RECORTAR Y PUNZONAR



**Matriz de doblar**



### Matriz de punzonado



### IV.3 PROCESO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA ESTAMPA

Siempre que se diseña alguna pieza para operaciones de estampado se establecen factores económicos y productivos, para lo cual se realizan estudios en los que se utilizan

medios visuales para obtener un mejor diseño de las piezas a fabricar. En este caso, las estampas.

Dentro del diseño de estampas de Ford Motor Co. se sigue un procedimiento consistente en la realización de los siguientes puntos:

- Planos de las piezas a estampar
- Dibujos tridimensionales
- Modelos o prototipos plásticos
- Pruebas al modelo
- Correcciones y cambios
- Fabricación de la estampa en metal
- Pruebas y ajustes finales

El desarrollo del trazado de una estampa consiste en obtener un duplicado de la superficie de una pieza en yeso con una superficie de frontera. Este desarrollo se utiliza como una ayuda para resolver problemas involucrados en el dibujo tridimensional de las piezas.

El uso de yeso para hacer estos desarrollos ofrece dos importantes ventajas. Primero, bajo costo. Segundo, si se tiene que efectuar cambios en el diseño de la pieza, resulta más sencillo y pueden hacerse antes de la fabricación de la estampa en acero.

Antes de construir el dado es necesario realizar un análisis profundo de todos los aspectos de la pieza (uso, material, resistencia, etc.).

Para asegurar un análisis efectivo, el ingeniero de procesos utiliza un cierto número de elementos de ayuda para el buen diseño y construcción de la pieza. Esta operación incluye modelos de madera (Mahogany Models), de

yeso, diagramas de análisis y dibujos.

Para obtener un buen diseño de la pieza debe considerarse, principalmente, las áreas de posible dificultad para el estampado. Por esta razón, el diseño de piezas automotrices se realiza con base a modelos.

El diseñador cuenta con áreas de especial interés en cada pieza, tales como cavidades agudas, cambios bruscos de profundidad, profundidad total, defectos de realzado, arrugas, burbujas y otras irregularidades de la superficie de la pieza.

Las cavidades provocan, generalmente, que el metal se jale, ocasionando cambios en la forma deseada del metal. Es conveniente, por lo tanto, dejar un borde adecuado al metal para que la cavidad no afecte a la pieza.

Donde hay depresiones profundas y cambios repentinos de profundidad debe observar debidamente el tipo de herramientas a utilizar, para evitar que éstas se atore en el metal, ocasionando rasgaduras.

Los realzados, arrugas y burbujas en las piezas indican que hay que diseñar la estampa cuidadosamente, para obtener la forma deseada.

Estas irregularidades suelen ser poco profundas y requieren que el material sea más estirado. Pueden estar localizadas en el fondo o en los costados de la estampa y esto ocasiona que el punzón no alcance a deformar la pieza adecuadamente, con lo que se producen las irregularidades. Para que las áreas difíciles de formar puedan ser alcanzadas por el punzón, se requiere dar a la estampa el ángulo de colocación para estampar adecuadamente.

El molde de la estampa debe colocarse lo más cerca posible del plano horizontal, de tal forma que se obtenga el ángulo de estampa óptimo. Esto se logra colocando los extremos de tal manera que la estampa quede balanceada.

Esta situación ideal se encuentra solamente en las estampas de piezas simétricas, lo que no sucede con la mayoría de las piezas automotrices.

Otro objetivo del ángulo de estampa es conseguir que la pieza presente la menor profundidad posible, lo que disminuye la dificultad de la operación de estampado.

Otro factor a considerar en el diseño de estampas es el borde de frontera, que es aquella parte de la estampa que sujetará los extremos de la cinta o banda en el momento de la operación.

El propósito principal del borde de frontera es controlar el flujo de metal en la estampa. Es localizado, generalmente, lo más cerca posible de la horizontal.

Una vez que se ha terminado de realizar todos los aspectos anteriormente mencionados, se procede a la construcción del modelo.

El modelo es una réplica igual de la pieza deseada. Actualmente, el ingeniero de productos proporciona al modelista la información pertinente para que éste pueda fabricar la pieza. La información del ingeniero de productos es obtenida mediante una máquina analizadora llamada "Clay Model Scanner", sistema computerizado muy sofisticado que utiliza el principio de un pantógrafo y copia la pieza de un automóvil y graba la información en una cinta.

Posteriormente, la cinta es colocada en una máquina de

trazado controlada por computadora y ahí, mediante la máquina, se dibuja la pieza definiendo completamente la forma y tamaño de la misma. El dibujo resultante se conoce como "Scanner layout".

Con esta información se procede a hacer plantillas de la pieza. Después se recibe la información de forma y tamaño y con esto se inicia el modelo.

Se comienza por cortar sobre la plantilla la pieza en madera y se construye un armazón de la pieza macho. La sección transversal de la superficie exterior de la plantilla es copiada del diagrama de análisis, de  $3/4$  hasta 5 pulgadas de separación dependiendo de la complejidad de la pieza.

El armazón de 2 x 4 ó 2 x 6 pies es construido como base para el modelo de yeso. El armazón se usa para reforzar el yeso, así como para proveer un medio para manejo y transportación.

El núcleo del modelo se hace de yeso y se recubre posteriormente de fibra, siguiendo la forma exacta de la pieza. Sin embargo, la forma es  $3/4$  de pulgada menor que la forma final.

Se colocan las plantillas de madera en su posición y se coloca yeso húmedo para darle forma al modelo. Generalmente, estas plantillas son de  $1/4$  de pulgada de espesor.

Una vez que se ha secado el yeso, el modelo se cubre con un sellador para tapar todos los poros del yeso.

Se procede a continuación a construir el modelo hembra de la pieza, para lo cual se gira el macho hasta una posición adecuada para ser estampada y se forma una caja

alrededor del perímetro del borde de frontera para contener el yeso. Se coloca yeso en el modelo hembra, se deja secar y se separa del modelo macho.

Finalmente, se realizan pruebas para checar ambos modelos.

Ya que han sido probados y aceptados, se procede a la construcción de la pieza (estampa) en metal. Los materiales usados son seleccionados de acuerdo con el proceso en que vayan a ser usados los dados, y pueden ser fundiciones de hierro colado y acero.

La fabricación de la estampa está estandarizada y se constituye por las siguientes etapas:

En la primera etapa se cortan las piezas brutas, se funden las piezas de las estampas y se hacen moldes para la fabricación de los insertos de aleaciones duras.

Se procede después al tratamiento previo de las piezas, que comprende el fresado, cepillado y taladrado. Se ejecutan a continuación las operaciones mecánicas ulteriores: mandrilado por coordenadas, torneario, rectificado y tratamiento por ultrasonido. Se efectúa por fin el ajuste, tratamiento térmico y el montaje. Después del montaje es sometida a ensayos y ajustes.

Las piezas brutas destinadas para las placas de las estampas se funden de hierro colado o de acero.

Las placas de las estampas se cepillan, se fresan y se rectifican logrando así un alto grado de paralelismo y corrección de sus planos. Los orificios de las placas superior e inferior, destinados a empotrar a presión las columnas y casquillos guías, deben ser coaxiales, y sus ejes estrictamente perpendiculares a las superficies de las

placas. Esto se consigue mediante el mandrilado de las placas, tanto en conjunto como por separado.

Después, se taladran y se mandrilan en las placas los orificios destinados para las piezas deformadoras y sujetadoras de las estampas, se fresan las ranuras y se abren roscas en los orificios. A la placa inferior se fija, por medio de pernos, una matriz templada, y a través de los orificios de la matriz, destinados a los pernos, se taladran orificios para los mismos en la placa. Estos orificios se escaman, y solamente después de realizar esta operación en la placa superior se empotran a presión las columnas guías.

Las columnas guías se tornean, se tratan térmicamente, se rectifican y se acaban ajustando unas a otras (como regla, las columnas se ajustan a los casquillos). Las superficies de servicio y a empotrar de las columnas y casquillos deben ser muy exactas, estrictamente cilíndricas y recíprocamente concéntricas.

Las colas se tornean, en caso necesario, se ensanchan los taladros y se roscan. No se someten al tratamiento térmico.

El montaje del bloque de la estampa comienza por el empotramiento de los casquillos en la placa superior. Las columnas se ajustan después a los casquillos, una vez más, y se empotran en la placa inferior. Luego se juntan las placas y se comprueba el movimiento de la mitad superior de la estampa con relación a la inferior. Por fin, orientándose por la posición de la placa superior con respecto a la inferior, el punzón se centra por la matriz, se colocan definitivamente el portapunzón y otras piezas de la

mitad superior de la estampa, se taladran, se escaman y se mandrilan los orificios y ranuras necesarios.

Al fabricar los punzones y las matrices, las operaciones más complicadas e importantes son las relacionadas con el tratamiento de sus superficies deformadoras, o sea las de trabajo. Las superficies exteriores de las matrices no redondas se cepillan, se fresan y se rectifican, y las de las redondas se tornean y se rectifican. Después, se taladran agujeros en la matriz para las piezas de sujeción, se roscan y se trabajan las ranuras y salientes. Por último, es maquinado el agujero de trabajo. Los agujeros de trabajo redondos de la matriz se mandrilan y se rectifican posteriormente. La matriz se somete después al templeado y al revenido, se rectifica la parte plana de la pieza, el agujero de trabajo y el plano de apoyo.

Los agujeros de trabajo perfilados de las matrices se obtienen previamente por medio del fresado efectuado en la fresadora por coordenadas vertical. Una vez terminado el tratamiento térmico, el agujero se rectifica en una rectificadora y el acabado es efectuado por el matricero.

De esta manera, se da por terminado el proceso tecnológico de construcción de una estampa, y de ahí se procede a ajustarla y a probarla debidamente.

#### IV.4 METODOLOGIA PARA CALCULAR UNA ESTAMPA

Quando se va a diseñar una estampa, es necesario realizar algunos cálculos, de acuerdo con cierta metodología.

El primer cálculo a efectuar es el de las cargas y presiones que debe soportar la estampa.

Calculando estos dos factores se obtienen los tamaños

requeridos por la estampa, así como los espesores.

El segundo punto a calcular es el tamaño y ubicación del borde de frontera, para que se obtenga así un adecuado flujo de metal en el momento de la operación.

Posteriormente, se calculan las zonas críticas de la estampa, donde se tiene que colocar refuerzos o generar salidas de material de acuerdo a la operación que se realice.

Por último, se calculan los mecanismos móviles de la estampa, tales como pernos botadores, extractores y expulsores, que dependen en su diseño (forma y tamaño) de la pieza a estampar.

Todos los métodos de cálculo son totalmente empíricos y se calcula una estampa, más que por cálculo por moldeado, prueba y ajustes.

#### IV.5 MATERIALES DE LAS ESTAMPAS

Las estampas son fabricadas, en su mayoría, de diferentes aceros, de acuerdo con el uso. El cuerpo de la estampa es fundición F-25 o F-35 y las partes que se insertan para realizar las diversas operaciones son de aceros de alto carbono o aceros aleados.

Para insertos de corte se usan aceros al cromo-níquel, para insertos de rebordeado o doblado se utilizan acero 1060 o similares.

Todo el equipo de dados está clasificado por reglas o estándares japoneses, debido a su origen, lo cual no es equivalente a los usados en México. Esto origina que el material no pueda especificarse dentro de los aceros nacionales.

#### IV.6 TRATAMIENTOS TERMICOS Y TERMOQUIMICOS QUE SE APLICAN A LAS ESTAMPAS

El tratamiento térmico se emplea en el caso de las estampas para obtener la estructura y propiedades mecánicas necesarias para un buen funcionamiento de las mismas.

Antes del tratamiento térmico, las piezas semiacabadas de la estampa se limpian minuciosamente, para evitar que con el tratamiento sufra la calidad de la superficie del metal.

Con el tratamiento térmico se asegura la modificación adecuada de la estructura y, por consiguiente, las propiedades del metal.

Las operaciones principales de tratamiento térmico que se realiza a las estampas incluyen el temple y el revenido.

En caso de temple, el acero se calienta hasta una temperatura de 30 a 40° C por encima de la austenización y se enfría después rápidamente, en agua o aceite. El temple se emplea para obtener una alta solidez, dureza y elevada resistencia al desgaste de las piezas. Se templean las piezas deformadoras de las estampas, tales como punzones.

Las propiedades del metal, después del temple, dependen de la temperatura de tratamiento, velocidad de calentamiento, tiempo de permanencia y, primordialmente, de la velocidad de enfriamiento.

En el temple, para enfriar las piezas de acero se emplea agua, soluciones acuosas de sales, sales fundidas y aceites minerales. Según la composición química del acero a templear y las propiedades requeridas, se recomienda uno u otro medio para templear. La dureza máxima del acero se

obtiene en el temple con enfriamiento en salmuera, y la mínima con enfriamiento en aceite.

Los aceros cuyo contenido de carbono es menor de 0.3% no se someten a temple. En estos aceros, debido al contenido insuficiente de carbono, no tienen lugar durante el rápido enfriamiento los cambios estructurales necesarios. Si las piezas de tales aceros deben tener una dureza elevada de la superficie, se cementan previamente y se templean luego.

Al enfriarse las piezas en el proceso de temple, en torno de las mismas se forma la llamada camisa de vapor que disminuye la velocidad de enfriamiento del acero. Se recomienda desplazar continuamente, por esta razón, las piezas en sentido horizontal o vertical durante el enfriamiento de las mismas.

El revenido (bajo, medio o alto) se emplea para eliminar las tensiones residuales después del temple y obtener una estructura resistente y, por lo tanto, propiedades estables del metal. El revenido bajo es el calentamiento del acero hasta 150 a 200<sup>o</sup> C.

En las estampas se aplica este tratamiento para conservar la alta pureza y una resistencia al desgaste. Se aplica en las guías y en los anillos guías.

El revenido medio se destina a obtener una alta dureza y buenas características elásticas de las piezas. En este caso, las piezas de acero se calientan hasta 350 a 450<sup>o</sup> C.

El revenido alto se usa para piezas de acero para construcciones que trabajarán en condiciones de impacto o de choque. Estos dos últimos tipos de revenido no se utilizan.

para las estampas, pero son muy empleados en otras piezas automotrices.

Para aumentar la dureza superficial de las piezas de acero, su resistencia al desgaste y las propiedades anti-corrosivas, se utilizan tratamiento termoquímicos tales como cementación, nitruración y cianuración.

La cementación es la saturación de la capa superficial del acero con carbono y se emplea para el tratamiento de los aceros al carbono y aleados con un contenido de carbono menor de 0.3%. Para la cementación se colocan las piezas en un medio que cede el carbono con facilidad, como es el polvo de carbón de leña en un medio de gas correspondiente. Se calienta en este medio hasta 850 a 950° C sin acceso de aire y se mantiene en él durante varias horas. Después de cementadas para obtener la dureza superficial necesaria, se templan las piezas y se revenen.

La nitruración es la saturación de la capa superficial de las piezas de acero con nitrógeno, el cual forma nitruros que provocan una alta dureza. Se hace en hornos especiales a la temperatura de 525° C.

Se hace circular en el horno gas amoníaco. Al descomponerse desprende nitrógeno elemental que reacciona con el metal de la pieza a nitrurar formando nitruros de alta dureza. Se nitrura aceros al carbono y aceros aleados, aun que no se acostumbra nitrurar los aceros al carbono, pues los nitruros de hierro no tienen una dureza tan alta y la capa superficial resulta frágil.

La cianuración es la saturación simultánea de la superficie de las piezas de acero con carbono y nitrógeno;

se emplea para obtener una alta dureza superficial después del temple. Se cianuran los aceros al carbono, aleados y extrarrápidos. La más difundida es la cianuración en medio líquido. En este caso, las piezas a tratar se colocan en sales de cianuro fundidas. La profundidad de la capa cianurada puede alcanzar décimas de milímetro.

El proceso de cianuración en medio líquido es peligroso, porque las sales de cianuro son venenosas. Por esta razón, después de trabajar en los baños de cianuro hay que lavarse cuidadosamente las manos. Las piezas que se introducen en el baño deben estar secas, para evitar el derrame de las sales fundidas en forma de vapores de agua, los cuales resultan perjudiciales.

CAPITULO CINCO

CALCULO DE LAS CARGAS Y LAS PRESIONES

INVOLUCRADAS

## CAPITULO CINCO

### CALCULO DE LAS CARGAS Y LAS DEFORMACIONES INVOLUCRADAS

#### V.1 ANALISIS ESFUERZO-DEFORMACION

Las propiedades de resistencia de un metal son determinadas en el laboratorio mediante el análisis de esfuerzo-deformación. Consiste en aplicar una carga estática a un metal y medir sus resultados. La curva esfuerzo-deformación es desarrollada para proporcionar una representación visual de las propiedades de resistencia. Este tipo de análisis puede ser desarrollado tanto para esfuerzos de compresión como para tracción.

Con este análisis podemos determinar previamente cuáles serán las características del material durante su empleo.

Cuando una carga estática es aplicada al material, la carga produce fuerzas de reacción a través del material. Esta reacción recibe el nombre de esfuerzo. De gran forma, los esfuerzos están sumamente involucrados con las operaciones de estampado, siendo clasificados de acuerdo con tres tipos: esfuerzos constantes, esfuerzos de compresión y esfuerzos de tracción. Cuando una pieza es sometida a esfuerzos, varían sus dimensiones originales. A esto se le llama deformación.

El grado de deformación de una pieza depende de la magnitud y duración de la carga aplicada. La deformación se expresa como un porcentaje de la variación de las dimensio

nes comparadas con las originales de la pieza que se está probando.

Así como el esfuerzo unitario se incrementa durante la prueba, hay un aumento relativo de la deformación unitaria. En la curva esfuerzo-deformación, este resultado aparece como una línea recta. Conforme aumenta la carga, se llega a un punto donde la proporcionalidad del esfuerzo y la deformación cesa. De ahí en adelante, conforme crezca la carga crecerá más aprisa la deformación que el esfuerzo. Esto se muestra en la curva como una desviación en la línea recta y comienza una curva hacia la derecha. El punto donde se rompe la primera línea hacia la derecha se conoce como límite de proporcionalidad. Cerca del límite de proporcionalidad se encuentra el límite elástico. Cuando desde el límite elástico se incrementa la carga, la pieza sufre una deformación permanente. Una vez que se ha sobrepasado el límite elástico, la deformación es acelerada hacia la derecha y disminuye el esfuerzo.

Después de este punto, a mayor esfuerzo corresponde mayor deformación. Se llega finalmente al punto de resistencia última o del esfuerzo último, que es donde la pieza soporta la mayor carga. Inmediatamente después, el esfuerzo disminuye y se llega a la fractura del material.

## V.2 DETERMINACION DE LOS TONELAJES REQUERIDOS (CARGAS)

Los requerimientos de las cargas para producir piezas estampadas dependen de la magnitud y del tipo de trabajo involucrado, así como del acero que se va a estampar.

Para cada operación, las cargas deben ser calculadas

cuidadosamente. El cálculo es efectuado por el ingeniero de procesos para asignar las prensas de la capacidad adecuada.

Numerosos métodos han sido revisados para determinar qué presión o carga se necesita para una operación de estampado dada.

Las siguientes fórmulas son empleadas por Ford Motor Co. para operaciones de estampado con acero de alta resistencia:

Para el formado:

long. total de corte x espesor del material x 20 = tonelaje requerido

$$L \times S \times 20 = T_P$$

Para el corte:

perímetro de corte x espesor del material x 25 = tonelaje requerido

$$P \times S \times 25 = T_C$$

Para el corte total con formado:

long. total de corte x espesor del mat. x 30 = tonelaje requerido

$$L \times S \times 30 = T_{CT}$$

donde  $T_P$ ,  $T_C$  y  $T_{CT}$  vienen dados en toneladas

Cuando se utilizan colchones o cojines de aire, el tonelaje del cojín de aire debe restarse del rango de la prensa. Por ejemplo, una prensa de 250 tons. con un cojín de 50 tons. tiene una carga efectiva de 200 tons. La misma prensa tendrá una carga efectiva de 250 tons. si no se usa

el cojín de aire. La carga total de la prensa no se obtiene en una operación, sino cuando el golpe está a una pulgada del final de la carrera. Las operaciones donde la carga es mayor al principio o a la mitad de la carrera requieren de prensas de mayor capacidad.

El tonelaje apropiado es un factor vital en operaciones de estampado. Si los requerimientos no son estimados correctamente, se puede llegar a romper la prensa, o bien se obtiene un acabado muy inferior en las piezas. Una sobre-estimación tiene como resultado el empleo de prensas más grandes de lo que se necesita, lo que incrementa en gran forma los costos de inversión.

Aparte de estos aspectos, hay que seleccionar adecuadamente la prensa con objeto de tener un tamaño de cama que sirva para todas nuestras operaciones con las diferentes piezas automotrices que se fabrican.

### V.3 CALCULO DE PRESIONES Y ESFUERZOS

#### V.3.1 Punzonado

La presión requerida para efectuar el punzonado depende de varios factores. El más importante de estos factores es el propio metal; generalmente hablando, la dureza de los metales menos dúctiles requiere de mayor presión para ser punzonados que los metales blandos, más dúctiles.

Lo afilado de los extremos de las herramientas de corte es otro factor importante. Una herramienta afilada localiza mejor la presión que una herramienta roma o sin filo. Además, las herramientas afiladas reducen los requerimientos de presión, mientras que las herramientas romas, apar-

te de aumentar los requerimientos de presión originan fracturas secundarias en el metal, dejando los extremos cortados irregulares.

Entonces, para asegurar la mayor facilidad en la operación de punzonado, la mejor calidad de trabajo, la protección y cuidados debidos para la prensa, es recomendable mantener adecuadamente afiladas las herramientas.

Un método para reducir los requerimientos de presión en operaciones donde deba perforarse más de un orificio en una sola operación, es hacer un juego de punzones, es decir, arreglar la operación de tal forma que cada punzón corte a diferente tiempo. En este arreglo, la distancia que el punzón viaja es mayor, pero la presión total disminuye.

Otro aspecto que afecta a los requerimientos de presión es la uniformidad del espesor del material. Algunas variaciones de espesor se presentan en la mayoría de los materiales. Cuando un material grueso se pone bajo el punzón, se incrementa la presión necesaria para cortar el metal. Por esta razón, se seleccionan prensas de suficiente tonelaje para enfrentar variaciones en la carga.

Los requerimientos de presión pueden ser calculados matemáticamente de manera aproximada. El tonelaje necesario para realizar una operación de punzonado con un punzón plano es determinado multiplicando la longitud del corte por el espesor del material y multiplicando por la resistencia al corte del material. La resistencia al corte se encuentra en cualquier tabla de resistencia de materiales.

Espesor de la chapa en mm	Juego entre matriz y punzón			
	Latón y acero dulce	Acero medio duro	Acero duro	Aluminio
0,25	0,01	0,015	0,02	0,02
0,5	0,025	0,03	0,035	0,05
0,75	0,04	0,045	0,05	0,07
1	0,05	0,06	0,07	0,10
1,25	0,06	0,075	0,09	0,12
1,50	0,075	0,09	0,10	0,15
1,75	0,09	0,10	0,12	0,17
2	0,10	0,12	0,14	0,20
2,25	0,11	0,14	0,16	0,22
2,50	0,13	0,15	0,18	0,25
2,80	0,14	0,17	0,20	0,28
3	0,15	0,18	0,21	0,30
3,3	0,17	0,20	0,23	0,33
3,5	0,18	0,21	0,25	0,35
3,8	0,19	0,23	0,27	0,38
4	0,20	0,24	0,28	0,40
4,3	0,22	0,25	0,30	0,43
4,5	0,23	0,27	0,32	0,45
4,8	0,24	0,29	0,33	0,48
5	0,25	0,30	0,36	0,50

### Tolerancias admisibles

Material	Resistencia al chisado en Kg/mm <sup>2</sup>		Resistencia rotura a tracción en Kg/mm <sup>2</sup>	
	Dulce	Duro	Dulce	Duro
Plomo .....	2-3	—	25-4	—
Estaño .....	3-4	—	4-5	—
Aluminio .....	7-11	13-16	8-12	17-22
Aluminio duro .....	22	38	26	48
Zinc .....	12	20	15	25
Cobre .....	12-18	25-30	21-28	30-40
Latón .....	22-30	35-40	28-35	40-60
Bronce laminado .....	32-40	40-60	40-50	50-75
Chapa de hierro .....	—	40	—	45
Chapa de Fe embutible .....	30-35	—	32-38	—
Chapa de acero .....	45-50	55-60	—	60-70
Acero con 0,1% C .....	25	32	32	40
» con 0,2% C .....	32	40	40	50
» con 0,3% C .....	36	48	45	60
» con 0,4% C .....	45	56	56	72
» con 0,6% C .....	56	72	72	90
» con 0,8% C .....	72	90	90	110
» con 1 % C .....	80	105	105	180
» al silicio .....	45	56	55	65
» inoxidable .....	52	56	65-70	—

### Resistencia al corte

La fórmula es cómodamente escrita como sigue:

$$P = L \times T \times S$$

donde P = carga requerida

L = longitud de corte

T = espesor del material

S = resistencia al corte

Hay que recordar que la resistencia al corte puede ser incrementada hasta en un 100% si el espesor aumenta o si se presenta endurecimiento por envejecido. Además, debe considerarse la eficiencia de la prensa, así como la edad de la misma.

### V.3.2 Conformado

La presión requerida para llevar a cabo las operaciones de formado pueden ser calculadas matemáticamente. Para determinar esa presión se multiplica la longitud total de la pieza formada por el espesor del metal y por un número de toneladas entre 7 y 14, el cual depende de la parte que se esté haciendo, es decir, si es derecha o curvada.

$$P = L \times T \times (7 \text{ a } 14) \text{ tons.}$$

donde P = presión requerida

L = longitud formada

T = espesor del material

### V.3.3 Curvado o doblado

Cuando una lámina metálica se coloca sobre una matriz de doblar, se comporta en muchos casos como un sólido que se encuentra apoyado en sus extremos y al cual se aplica una carga en el centro. Los esfuerzos pueden determinarse

por las fórmulas normales de resistencia de materiales. Este caso, que es el más simple, pero también el más frecuente, está presentado en la siguiente fórmula:

$$P_1 = \frac{2 \cdot \sigma_d \cdot b \cdot s^2}{3 \cdot l}$$

en la cual la notación es

- $P_1$  = esfuerzo total en kgs.  
 $\sigma_d$  = resistencia a la flexión en  $\text{kgs}/\text{mm}^2 = 3\sigma_R$   
 donde  $\sigma_R$  = resistencia a la fractura  
 $b$  = longitud de dobles en mm  
 $s$  = espesor de la plancha en mm  
 $l$  = distancia entre apoyos en mm

Puede ocurrir otro caso distinto del expresado, y es cuando la lámina sufre la aplicación de la carga en toda su superficie, excepto en los apoyos. En este caso es necesario, además, considerar no solamente un esfuerzo único, sino que a la reacción propia del material y los apoyos a la carga aplicada se añade el de un órgano elástico, el picador o prensachapas-extractor, el cual va aumentando su resistencia de manera progresiva hasta el final de la carrera. Para este caso, la fórmula que determina el esfuerzo es:

$$P_2 = \frac{\sigma_d \cdot b \cdot s}{3}$$

con la misma notación que la anterior.

#### V.3.4 Embutido

Determinar la presión necesaria para la embutición no es problema sencillo de resolver mediante una fórmula ge -

neral. Si tenemos presente que la embutición consiste en una deformación plástica del material, comprenderemos que el esfuerzo deformador máximo se provocará en el instante en que el punzón ataque la chapa metálica que debe deformar, siguiendo luego una ley logarítmica de variación de la presión requerida, conforme el punzón va descendiendo hasta el final de su carrera.

Para piezas de forma regular, tales como vasos cilíndricos o cónicos, etc., es posible determinar con bastante exactitud la presión requerida para efectuar la embutición. Es preciso, para ello, conocer previamente la profundidad del embutido, por la relación  $d/D$ , donde "d" es el diámetro del punzón de retirar en mm y "D" es el diámetro de la chapa. En cuanto a "m", es un coeficiente que depende de la relación  $d/D$ ,  $K_2$  es la resistencia a la tracción y "s" el espesor del material en mm. Conocidos estos datos tendremos que

$$P = \sqrt[3]{d \cdot s \cdot m \cdot K_2}$$

El valor del coeficiente "m" está dado en la siguiente tabla, con referencia a distintos valores de  $d/D$ .

d/D	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
m	1.00	0.86	0.72	0.60	0.50	0.40

Los valores intermedios deben ser encontrados por interpolación.

Existen varios diagramas y gráficos que sirven para determinar directamente la presión de embutición P. En la

figura siguiente se muestra uno de los gráficos en cuestión, que funciona como sigue: desde el punto que representa el diámetro del punzón se traza una vertical hasta cortar la línea diagonal que indica la relación  $d/D$ , y desde el punto de intersección avanzamos hacia la izquierda hasta cortar la línea que nos indica el espesor de chapa elegido. Una vez encontrado este punto, bajaremos otra vertical hasta cortar una de las diagonales que nos indican la resistencia  $R_2$ , que será previamente elegida con arreglo a la clase y calidad del material a embutir. Avanzando de nuevo hacia la izquierda, a partir del punto de intersección, encontramos, en la columna correspondiente, el número de kilogramos de presión necesarios para efectuar la embutición.

### V.3.5 Rebordeado

En el rebordeado, los valores máximos del borde que se obtienen, se pueden determinar por el coeficiente de rebordeado  $K_{reb}$ , que es igual a la relación entre el diámetro del orificio perforado y el diámetro del orificio rebordeado.

El esfuerzo  $P$  que debe aplicar el punzón cilíndrico al rebordear el metal de espesor  $S$  determina, aproximadamente, mediante la fórmula:

$$P = 1.5 \sqrt{(D-d)} S \sqrt{R}$$

### V.3.6 Enderezado

En este caso, el esfuerzo requerido para enderezar una chapa se puede calcular con la fórmula:

$$P = \bar{p}A$$

donde  $A$  es la superficie de la pieza en  $\text{mm}^2$ ,  $\bar{p}$  la presión en  $\text{kgs}/\text{mm}^2$ .

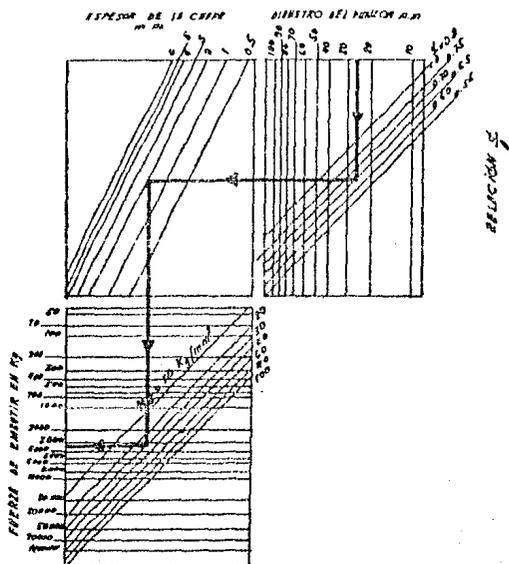


Gráfico de la presión requerida para embutir, en kgs.

CAPITULO SEIS

EQUIPO EMPLEADO Y SUS CARACTERISTICAS

## CAPITULO SHIS

### EQUIPO EMPLEADO Y SUS CARACTERISTICAS

#### VI.1 CLASIFICACION DE LAS PRENSAS

La variedad de diseños utilizados en la construcción de prensas, el amplio rango de trabajo para las cuales son usadas las prensas y el encimamiento de diferencias fundamentales originan que una clara clasificación de las prensas sea en extremo complicado.

Es por esto por lo que es necesario identificar las prensas utilizando un juego de clasificación.

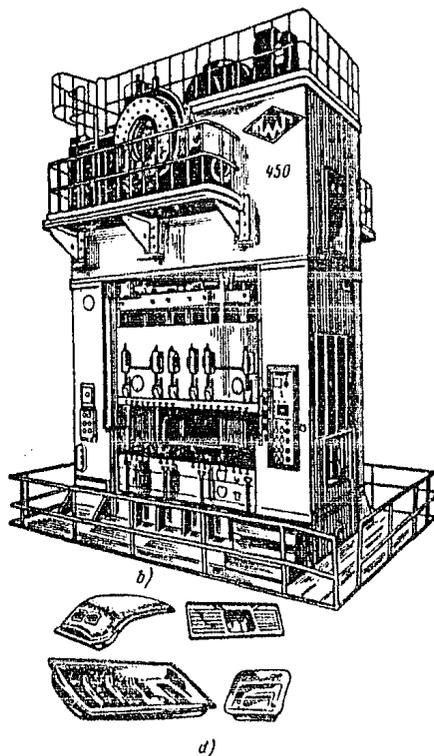
Las prensas pueden catalogarse de acuerdo con el número de acciones que realizan, o de acuerdo con la forma o mecanismo transmisor de energía hacia los miembros de trabajo.

##### VI.1.1 For su tipo de acción:

Desde el punto de vista de la acción empleada por la prensa, hay tres tipos básicos de prensas: de simple acción, de doble y de triple acción.

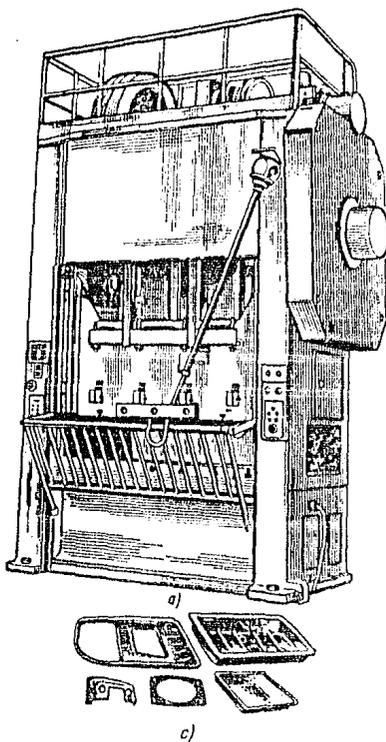
Las prensas de simple acción tienen un apisonador que acompaña la operación requerida como un contacto simple junto al trabajo en carrera descendente. Este apisonador es conectado al eje mediante una varilla conectora. La longitud del golpe es igual a dos veces la distancia del perno. La velocidad en golpes por minuto es controlada por

engranes y motores.



Presna de simple acción de 4 manivelas

El tonelaje o carga de la prensa depende del tamaño y diseño del armazón de la estructura, del embrague, de los engranajes, de la varilla conectora, del eje cigüeñal y del motor. La velocidad de apisonamiento del contacto es controlada por los golpes por minuto y por la longitud de golpes.



Prensa de simple acción de 2 manivelas

Las prensas de simple acción se encuentran con gran variedad de tamaños y capacidades y son usadas para prácticamente toda clase de operaciones de estampado. En la industria automotriz son utilizadas, principalmente, para operaciones de corte tales como punzonado, perforado y recorte. Sin embargo, son empleadas también en muchas operaciones de trazado de forma. Con ayuda de cojines de aire se pueden usar para operaciones de embutido profundo.

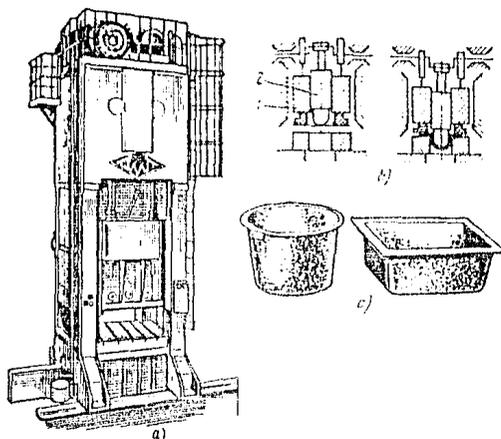
Las prensas de simple acción pueden ser equipadas con alimentadores de material y con cortadores de desechos para realizar la maniobra de manera automática.

Pueden ser también instaladas con dados o estampas simples, o bien en algunos casos de estampas progresivas.

Las prensas de doble acción emplean dos apisonadores, trabajando uno dentro del otro. La función primordial del apisonador externo es sujetar los extremos de la hoja de metal de cara a la estampa. El apisonador exterior es llamado portapunzón. El apisonador interior tiene, por lo general, un punzón que proporciona la forma requerida al metal, forzando a éste a entrar en el dado.

La acción de estos apisonadores es sincronizada cuidadosamente. El portapunzón desciende primero para sujetar el metal para el embutido. Al final del golpe, el portapunzón permanece un momento estático mientras el apisonador interior desciende y completa la operación de formado. Posteriormente, ambos apisonadores suben, con el apisonador interior moviéndose ligeramente adelante del portapunzón para permitir una separación de la pieza de la estampa.

Las prensas de doble acción son diseñadas especialmente para operaciones de embutido. El pisador agarra y controla el flujo de metal en el dado mientras baja el punzón. Sin este control, el metal podría sufrir arrugas o rasgarse. Dichas prensas están disponibles en un amplio rango de tamaños y capacidades. Se usan para operaciones en las que se obtienen piezas tales como tanques de gasolina, techos, cofres y muchas otras.



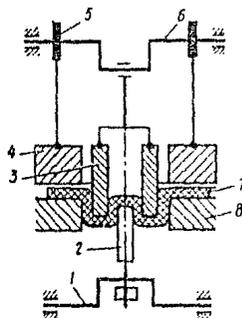
### Prensa de doble acción

- a) Vista general
- b) Esquema de funcionamiento
- c) Muestras

Una prensa de triple acción es actualmente una combinación de las prensas de doble y de simple acción con el mecanismo de la de simple acción instalada en la cama de la prensa, en una posición invertida.

En este arreglo, tres apisonadores están involucrados en la operación. El apisonador superior trabaja en la misma forma que los apisonadores de una prensa de doble acción. El apisonador inferior es utilizado generalmente para realizar un trazado u operación de formado, al revés del trazado realizado por el punzón superior. Las prensas de triple acción son diseñadas para incorporar el trabajo de dos prensas en una sola unidad. Sin embargo, como algu-

nas partes requieren una combinación de operaciones de formado, estas prensas son limitadas. En el caso de la industria automotriz, este tipo de prensas es utilizado para fabricar piezas tales como puertas, pisos y paneles en general.



#### Mecanismo de prensa de simple acción

1. Cigüeñal inferior
2. Corredera inferior
3. Corredera interior
4. Corredera exterior
5. Leva
6. Cigüeñal superior
7. Pieza a fabricar
8. Matriz

VI.1.2 Por su tipo de mecanismo transmisor de potencia

Como se indicó anteriormente, las prensas mecánicas de estampado pueden clasificarse de acuerdo con el meca-

nismo usado para transmitir energía a los miembros de trabajo de la prensa. En base a esto, se pueden clasificar como prensas de volante, prensas de engrane, prensas de levas y prensas de rótula.

En la actualidad, los volantes o ruedas de inercia son utilizadas como una fuente de energía para prácticamente todas las prensas.

El volante gira mediante una banda conectada a un motor eléctrico. A causa de su diámetro, peso y velocidad, se obtiene una gran energía con una rueda de este tipo. Esta energía es transmitida al apisonador por varias formas y es la fuerza que forma o corta el metal durante el ciclo de prensado.

La llamada prensa de volante es aquella en la que el volante actúa directamente sobre el eje que activa el apisonador. El eje se conecta al volante mediante un embrague. Este tipo de prensa se usa generalmente para punzonado y perforado, donde se requiere presión, al final del golpe. Las velocidades de operación de dichas prensas suelen ser altas, dependiendo del tamaño de la prensa, la longitud de la carrera y la longitud de pie. Las velocidades varían desde 60 golpes por minuto en las prensas grandes hasta cerca de 1000 en las prensas pequeñas.

Las prensas de engrane son comúnmente clasificadas en tres grupos: de engrane único, de doble engrane y de triple engran. En estas prensas el volante es montado en un eje separado y es conectado a un tren de engranes.

En una prensa de engrane único, un engrane es colocado entre el eje del volante y el eje conductor. Este tipo de

prensa es usado en operaciones de trazado y formado, así como en operaciones de corte donde los requerimientos son mayores que los de una prensa de volante. La velocidad de operación de una prensa de engrane único varía desde 30 hasta 90 golpes por minuto, dependiendo del tamaño de la prensa. La velocidad del volante, en tal caso, está en un rango entre 300 y 400 revoluciones por minuto.

Las prensas de doble engrane emplean una conexión de dos engranes para proporcionar energía para trazado profundo y algunas operaciones pesadas de corte. Los golpes por minuto van de 10 hasta 30. Estas prensas son frecuentemente usadas en operaciones donde la velocidad de trazado del metal requiere de gran lentitud.

Las prensas de triple engrane tienen tres engranes entre el eje del volante y el eje mayor. Estas prensas son utilizadas cuando el requerimiento de energía es muy grande. El rango de velocidad de operación es de 8 a 12 golpes por minuto. En las prensas de doble y triple engrane, el volante gira entre 300 y 500 revoluciones por minuto, dependiendo del peso en la rueda y de la energía requerida.

### VI.1.3 Por el tipo de mecanismo conductor

Dos designaciones son comunes: prensas de cigüeñal y prensas excéntricas; en las prensas de cigüeñal, el apisonador está unido al cigüeñal mediante un brazo o biela. Mientras el cigüeñal es rotado se origina o se transmite un movimiento vertical al apisonador. En la prensa excéntrica, el apisonador es asegurado por una banda a la

excentricidad, la cual es montada en un mecanismo de giro. El mecanismo de giro es conducido por un tren de engranes desde el eje del volante y es montado en un eje rotatorio o estacionario.

Las prensas de cigüeñal se clasifican a su vez en tres tipos; de cigüeñal de una carrera, de cigüeñal de doble carrera y de cigüeñal de triple carrera.

El primer tipo de prensa está referido como una prensa con un punto sencillo de suspensión, ya que el apisonador está suspendido de un eje o cigüeñal de una sola carrera.

Las prensas de doble carrera del cigüeñal tienen un cigüeñal sencillo con dos carreras, lo cual provee al apisonador de dos puntos de suspensión. Los dos puntos de suspensión o de apoyo proporcionan un mejor balance y una mayor rigidez al apisonador donde se experimental las cargas de trabajo.

Una prensa de cigüeñal de doble carrera puede tener dos ejes o cigüñales con dos carreras en cada eje. Esto permite al apisonador ser suspendido en cuatro puntos, uno en cada esquina. Como esta suspensión proporciona la misma rigidez al apisonador de la prensa, es muy usada en prensas muy anchas de izquierda a derecha y de adelante hacia atrás.

Las prensas de excentricidad son fabricadas también con uno, dos o cuatro puntos de suspensión. En el caso de una prensa de cuatro puntos, son utilizados dos o cuatro mecanismos de giro con conexiones excéntricas, uno en cada esquina del apisonador. Como en las prensas excéntricas se usan ejes más cortos que en las prensas de cigüeñal, se

observa un esfuerzo torsional muy reducido. Esto permite dar un buen alineamiento entre el punzón y el dado durante la operación.

En vista de que el costo de la estampa es frecuentemente mayor en las operaciones de prensado, es necesario proteger adecuadamente éstas. Para ello, es recomendable usar dos o cuatro puntos de suspensión, con lo que se previene que con cargas inesperadas de trabajo no se dañe la estampa.

#### VI.1.4 Prensas especiales:

Mientras la mayoría de las prensas pueden ser clasificadas de acuerdo con uno o más de los tipos mencionados, hay varios tipos que, por su uso y características, requieren ser considerados por separado. Tales prensas son las prensas automáticas, máquinas de estampado y las prensas "transfer".

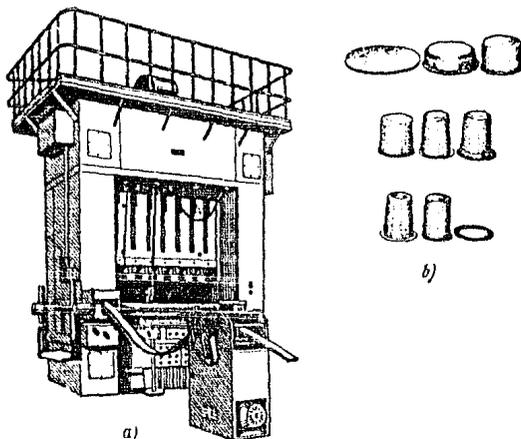
Algunas prensas de diseño único, automáticas por su método de operación, son llamadas prensas automáticas y máquinas de estampado. Dentro de este tipo de prensas, todas son muy parecidas excepto por pequeñas variantes.

El diseño de estas prensas difiere radicalmente de las prensas convencionales donde el mecanismo actuante, la rueda o volante, el embrague, el cigüeñal y los arietes están localizados debajo de la cama de la prensa.

El rango de estas prensas en tamaño va desde 30 hasta 2500 toneladas de capacidad y tienen un amplio rango de velocidades.

En la industria automotriz, estas prensas son utiliza-

das en la producción de partes hechas por medio de dados progresivos.



### Prensa de transferencia

a) Vista general

b) Artículos estampados

Las prensas "Transfer" son similares en su operación a las prensas usadas para estampas progresivas. Sin embargo, en estas prensas se realiza el estampado moviendo la parte de estación a estación por medio de cremalleras sincronizadas con el ciclo de la prensa. También en las prensas "Transfer", algunos punzones y matrices son montados individualmente y ajustados de igual manera. Estas prensas son del tipo de las de simple acción y pueden usar cojines de aire para conformar el portapunzón.

Las prensas "Transfer" pueden ser alimentadas directa-

menta del rollo de metal o de las hojas o láminas cortadas.

## VI.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS DIFERENTES PRENSAS

Las prensas, como cualquier máquina herramienta, tienen ventajas y desventajas, que dependen del tipo de prensa y del uso que le vayan a dar.

Las prensas de simple acción son las más usadas en la industria automotriz, por su tamaño y capacidades tan variadas. Su costo es adecuado dentro del que suele tener una prensa.

Además, pueden ser alimentadas con cargadores de material. La desventaja de estas prensas es que las piezas de repuesto son muy difíciles de conseguir y resultan sumamente costosas.

Las prensas de doble acción son más costosas que las de simple acción, y su uso está más restringido, pero tienen la ventaja de que pueden trabajar en varios rangos de velocidad.

Las prensas de triple acción no son muy utilizadas en la industria automotriz. Tienen el inconveniente de que, por contar con dos ejes, su sincronización resulta difícil y su mantenimiento costoso.

Las prensas especiales son las más caras, pero también las más funcionales.

Como se mencionó anteriormente, las prensas de cualquier tipo tienen la desventaja de que su inversión inicial es elevada y que las refacciones, por ser importadas, son igualmente costosas, además de perderse un tiempo precioso en conseguir las.

Por lo general, las prensas tienen como ventaja princi-

pal la vida útil tan prolongada que puedan tener, siempre y cuando se les dé un mantenimiento adecuado.

### VI.3 FABRICANTES DE LOS EQUIPOS

Existen actualmente numerosos fabricantes de prensas y alimentadores, todos extranjeros.

Los más importantes son los japoneses de la firma Ko - matsu, que proveen de equipo de toda clase a la planta de ensamble y estampado de Ford Motor Co. en Hermosillo, Son.

La importancia de esta firma japonesa reside en su alto grado de automatización. Lo mismo sucede en la planta de Hermosillo, donde el material será cargado automáticamente, cambiado y descargado de la línea.

Existen otras dos firmas, norteamericanas, que sin ser tan importantes poseen equipo muy utilizado en todas las plantas de la Unión americana. Son las empresas McKay y USI.

Otra firma es Danly, de origen alemán, que posee un enorme prestigio en todas las plantas de estampado de Europa.

Tenemos finalmente, como firma o compañía constructora de prensas, a la americanocanadiense Niagara, que produce prensas totalmente manuales. Esto ha ocasionado que su producción haya disminuido notablemente en los últimos años.

Las prensas de mayor tamaño son de fabricación norteamericana y las produce USI. Sin embargo, la firma japonesa Komatsu está produciendo equipos con creciente tamaño y capacidad.

CAPITULO SIETE

MANTENIMIENTO A UTILES Y ESTAMPAS

## CAPITULO SIETE

### MANTENIMIENTO A UTILES Y ESTAMPAS

#### VII.1 INSTALACION Y AJUSTE DE LAS ESTAMPAS

Las estampas, después de su montaje y control minucioso de su correspondencia con el dibujo y con las especificaciones, se ensayan en la prensa. Para ello, se fabrican varias piezas que son sometidas al control de la forma, dimensiones y rugosidad de la superficie. Si surgen defectos, se revelan las causas de su aparición, se eliminan los defectos de diseño y otros de la estampa y ésta es entregada definitivamente al taller o al cliente.

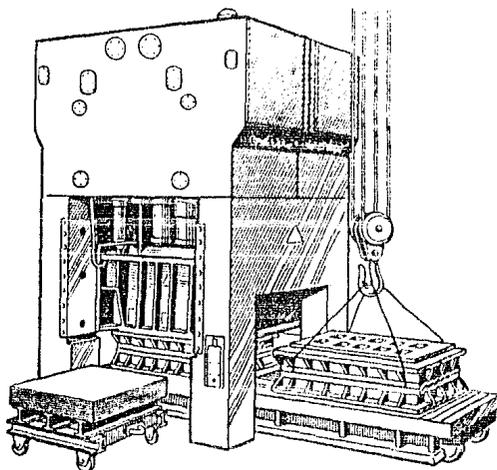
La instalación de las estampas sobre las prensas es una tarea responsable y laboriosa. Es ejecutada por obreros calificados, operadores y ajustadores de las estampas. El orden de las operaciones efectuadas al instalar las estampas sobre las prensas y ajustarlas está indicado en las instrucciones y cartas de ajuste.

El funcionamiento adecuado de la estampa depende, en sumo grado, del estado de la prensa en que será instalada. Las desviaciones de las normas de precisión establecidas conducen al desgaste prematuro de las estampas o a la ruptura de las mismas.

Las estampas pueden ser instaladas sólo en la prensa indicada en la carta tecnológica. Antes de instalar la estampa se retiran todos los objetos extraños del espacio

de estampar y se limpian las superficies de sus placas.

Se establece a continuación la carreta de la corredera y la altura cerrada de la prensa.



#### Instalación de una estampa sobre mesa móvil

La instalación de las estampas medias y pequeñas con dispositivos guías sobre las prensas se ejecuta en el siguiente orden:

Se mide la altura de la estampa cerrada y se comprueba si es suficiente la altura cerrada de la prensa. La estampa puede ser instalada sólo en la prensa que tiene la distancia entre la corredera en la posición inferior y la placa de la mesa superior a la altura de la estampa en la posición cerrada. Después, la corredera se baja a la posición inferior por medio del motor o manualmente, se destornillan las tuercas de los pernos de suje -

ción del casquillo de la corredera y se quita el casquillo. La estampa se coloca sobre la mesa de la prensa y se desplaza por la mesa hasta entrar su cola en el orificio de la corredera de la prensa. El casquillo de la corredera se coloca en su lugar y se aprietan las tuercas de sujeción del mismo. Después, desplazando lentamente la corredera hacia arriba y abajo, se verifica la instalación de la estampa y se eliminan los torcimientos. La placa inferior de la estampa se fija en la mesa de la prensa. Esta operación se realiza con ayuda de listones, grapas, tornillos y sujetadores. Al utilizar los sujetadores, se observa que estén paralelos a la mesa y se apoyen en la placa y almohadilla. No se puede usar juegos de listones, tuercas, etc. en vez de la almohadilla (o placa de apoyo), porque la sujeción de este tipo se afloja y conduce a la rotura de la estampa y de la prensa.

La sujeción insegura de las estampas se debe al alejamiento excesivo entre los tornillos de sujeción y la placa de la estampa, al sesgo de la grapa de apoyo, al alejamiento excesivo del listón o grapa o, al revés, a la disposición demasiado cercana entre la grapa y la pared de la placa de la estampa.

La sujeción de la estampa en la prensa debe ser cómoda y segura, es decir, que debe garantizar la posición fija de la estampa en el proceso de utilización de la misma.

Al subir la corredera de la prensa, las columnas guías de la estampa no deben salir de los casquillos.

Después de fijar las placas superior e inferior de la estampa, se procede al estampado de prueba, para regular

definitivamente la posición de la corredera con ayuda del tornillo de ajuste.

A continuación se comprueba el funcionamiento de la prensa en marcha en vacío y en el estampado de prueba. En caso de no haber defectos, se fijan los tornillos de retención del tornillo de regulación de la corredera y se lubrican las columnas guías de la estampa. El apretado de los tornillos se efectúa en varias etapas, poco a poco en cada una de ellas.

En caso de instalación de la estampa con expulsores mecánicos, se tienen que regular también los expulsores.

Para el ajuste de las estampas de diferente destinación existen requisitos determinados. Así, los punzones de la estampa recortadora deben introducirse en el orificio de la matriz a una profundidad no menor de 0.7 del espesor del material a estampar. La estampa de doblar se instala en la posición cerrada de las partes superior e inferior de la misma. Entre el punzón y la matriz se coloca una muestra cuyo espesor es un 10 a 15% mayor que el del metal a deformar. Al ajustar la estampa de doblar, el ajustador debe hacer girar el cigüeñal y convencerse de que la corredera no quede atorada en la posición extrema inferior.

Al ajustar las estampas de calibrar, que requieren una regulación minuciosa de la altura cerrada de la prensa, se debe eliminar el atoramiento de la estampa. La regulación incorrecta de la altura cerrada puede causar la rotura de la prensa o de la estampa.

Para desmontar la estampa de la prensa se baja la co -

redera a la posición inferior de manera que las partes inferior y superior de la estampa se cierren. Se aflojan después las tuercas de sujeción de la cola o las de fijación de la placa inferior y se eleva la corredera.

Se destornillan luego los tornillos de sujeción de la placa inferior y se retira la estampa de la mesa de la prensa con ayuda de una grúa.

La instalación segura y el ajuste correcto de la estampa garantizan la posibilidad de obtener artículos de alta calidad y son las condiciones indispensables para el funcionamiento seguro de las estampas. Al descubrir defectos o desviaciones en la instalación de las estampas, el ajustador debe interrumpir el trabajo de inmediato.

La instalación de las estampas grandes sobre las prensas cuesta más trabajo. El ajuste de estas estampas requiere de mucho tiempo. Para instalar este tipo de estampas se requiere el uso de grúas puente. La estampa elevada por la grúa se instala sobre un soporte, o sobre el soporte y parcialmente sobre la mesa de la prensa para después, con ayuda de diferentes medios de mecanización, desplazarla a la posición de trabajo en la mesa de la prensa. A fin de facilitar y acelerar la instalación de las estampas grandes, los modelos nuevos de estampas se equipan con mesas corredizas. La mesa se levanta con ayuda de medios hidráulicos y se desplazan por los carriles a la posición necesaria. Se fabrican prensas con diferente movimiento de la mesa; en dirección del frente de la prensa, en sentido lateral y hacia el lado derecho con desplazamiento complementario perpendicular.

Una vez instalada la estampa grande en la posición requerida sobre la mesa de la prensa, se hace bajar la corredera y se fija en la mesa de la prensa la parte inferior de la estampa. Se recomienda fijar la parte superior de la estampa a la corredera, directamente por medio de tornillos, aumentando así la seguridad de la sujeción. Al fabricar la estampa, los agujeros de sujeción de la misma se colocan según la disposición de los tornillos de la corredera de la prensa en la que se supone instalar la estampa dada.

El ajuste de las estampas de embutir, para las piezas de revestimiento de los automóviles, es sumamente complicado. Se ajustan en primer lugar las superficies de contacto de las matrices y sujetadores, y después las superficies perfiladas de las matrices y punzones. Realizado el estampado de ensayo, se analiza la pieza obtenida y se eliminan los defectos descubiertos. Las superficies de trabajo se ajustan por medio de las trazas de pintura que quedan en la matriz. Para el ajuste se utilizan máquinas neumáticas limpiadoras con juego de muelas de rectificar.

#### VII.2 DEFECTOS DE LAS ESTAMPAS Y SU ELIMINACION

La instalación y ajuste incorrecto de las estampas, defectos de diseño y el desgaste de los punzones y matrices pueden ser las causas de producción defectuosa de las piezas. El análisis del carácter de los defectos de las piezas a estampar permite descubrir las causas de los desarreglos de las estampas e indicar los métodos de su eliminación.

Al explotar las estampas recortadoras, en las piezas a estampar, pueden aparecer rebabas debidas a la holgura escogida incorrectamente o al desplazamiento del punzón con respecto a la matriz, así como al embotamiento de las aristas cortantes del punzón y la matriz. Este defecto aparece a veces a causa de la dirección inexacta de la parte superior de la estampa con relación a la inferior. En tal caso, se aumenta el número de dispositivos guías.

Si la matriz tiene como inverso, el artículo resulta cóncavo o convexo después de recortado. Para eliminar este defecto se rectifica el orificio pasante de la matriz. El ajuste incorrecto del expulsor a la pieza bruta conduce al mismo defecto.

Diferentes defectos de las estampas recortadoras, tales como la no coaxialidad entre el punzón y la matriz, la holgura grande de las guías, el no paralelismo entre las placas superior e inferior y algunos otros, pueden conducir al corte de las aristas cortantes de la herramienta.

Entre los defectos de las estampas de curvar se notan errores del dispositivo de fijación, la elección incorrecta de la holgura entre el punzón y la matriz, profundidad pequeña de la matriz, etc. Estos defectos llevan a ondulaciones y distorsiones de las partes. Para eliminar los defectos se agregan dispositivos de fijación, se regula la holgura o se hace la matriz.

Al utilizar las estampas de embutir, se debe prestar gran atención al establecimiento correcto de la holgura entre el punzón y la matriz y a la elección del esfuerzo óptimo de la sujeción.

Si la holgura entre el punzón y la matriz es pequeña, aparecen rebabas o huellas brillantes en la superficie lateral del artículo.

La presión de sujeción alta conduce a la rotura del metal en la parte cilíndrica del artículo, y la presión baja en la brida a la formación de pliegues y a la rugosidad de la superficie lateral del artículo.

La flexión del fondo del artículo a embutir resulta a causa de la falta del orificio de escape de aire en el punzón. Para eliminar este defecto, es necesario perforar el orificio de escape en el punzón y en la placa de la estampa.

Los pliegues en la brida y las arrugas en las paredes del artículo embutido pueden formarse a causa del apriete insuficiente de la pieza bruta y de las dimensiones irregulares de la misma.

El defecto se elimina colocando nervios de refuerzo y precisando las dimensiones de la pieza bruta.

### VII.3 REPARACION DE LAS ESTAMPAS

Las estampas se desgastan con el uso y se deterioran, perdiendo su capacidad de funcionamiento normal. Por eso, para mantener el buen estado técnico de las estampas, se recurre a un sistema de reparaciones periódicas. Estas pueden ser corrientes, medias y generales.

En el proceso de reparación corriente, se eliminan las rebabas de las columnas guías e inconvenientes similares. La reparación corriente se ejecuta en un sector especial del taller de estampado.

Al examinar las estampas después del trabajo, el técnico matricero envía al sector de reparación o al depósito la estampa, según su estado. La eliminación oportuna de pequeños defectos contribuye a prolongar el funcionamiento de la estampa. Por el contrario, el aflojamiento desapercibido de la fijación de la matriz o del punzón, rotura o aflojamiento de los muelles del extractor, pueden causar una rotura grave de la estampa.

En la reparación media, la estampa se desmonta parcialmente y se le sustituyen una o varias piezas principales. La reparación media se ejecuta en el sector de reparaciones del taller de estampado o en el taller de herramientas.

La reparación general se ejecuta, como regla, en el taller de herramientas. La estampa se desmonta completamente y se sustituye no menos de la mitad de las piezas principales.

Después de las reparaciones, la estampa es sometida a pruebas. Es decir, que se estampan varias decenas de piezas experimentales.

Al entregar la estampa al sector de reparaciones, el maestro hace, de acuerdo con los resultados de la comprobación, la lista de defectos o un acta sobre el deterioro de la estampa como resultado de una avería, en la cual indica la causa de la avería y los nombres de los culpables de la misma.

Cualesquiera modificaciones constructivas de las estampas se hacen, durante las reparaciones, sólo a base de las correcciones del diseño de la estampa. Al ser el volumen de reparaciones considerable, se elabora el proceso

tecnológico y los diseños de reparaciones.

Al realizar los trabajos de reparación hay que reducir al máximo los gastos. Para ello, se utilizan las piezas viejas de la estampa, puesto que la fabricación de las piezas nuevas está relacionada con grandes gastos. En vez de las partes desgastadas de las matrices y punzones se colocan diferentes piezas insertadas, y las reventadas se engastan en collares. En estos casos, las piezas no deben ser sometidas al tratamiento térmico, porque aparte de incrementarse la cantidad de trabajo pueden surgir deformaciones térmicas.

Cuando se requiere una reparación considerable de la estampa, hay que decidir el problema de rentabilidad de la misma. Si el costo de la reparación se aproxima al de la estampa, no es rentable repararla, porque la durabilidad de una estampa reparada es inferior a la de una estampa nueva.

#### VII.4 DURABILIDAD DE LAS ESTAMPAS

La durabilidad de las estampas se determina según la cantidad de piezas estampadas hasta su afilado próximo, las refacciones y el desgaste completo. Cuanto mayor sea la durabilidad de las estampas tanto menor será la parte del precio de la estampa que le corresponde a una pieza estampada, y tanto más ventajoso será el empleo del estampado.

La duración de las estampas es tanto más alta cuanto más sencilla es la forma de las piezas que se estampan, cuanto más fácil es la deformación del material a traba -

jar, cuanto más alta es la calidad del material y del tratamiento de las piezas de la estampa y cuanto mejores son las condiciones de su explotación. Las superficies de trabajo de los punzones y matrices deben tener una alta finura de acabado (89-93 clase de rugosidad) y la suficiente dureza (HRC 54-62).

La durabilidad de las estampas depende en mucho de si están correctamente colocadas, de la precisión del funcionamiento de la prensa, que debe corresponder a determinadas normas, y de la calidad de la lubricación de las superficies deformadoras y de las que se deforman. Una breve lubricación contribuye a disminuir las fuerzas de rozamiento, asegurando la durabilidad de los punzones y matrices.

Para prolongar la durabilidad de los punzones y matrices, las superficies de los punzones se croman, se nitruran, se cubren con aleaciones duras y, a veces, se fabrican enteramente de aleaciones duras.

La durabilidad aproximada de los punzones y matrices hasta el desgaste completo, en caso de estampado de las piezas semiacabadas de acero suave de 2 a 3 mm de espesor, puede ser la siguiente: para las estampas de cortar con punzones y matrices de acero para matrices aleadas, hasta  $600 \times 10^3$  y más piezas. Al emplear aleación dura, hasta  $2500 \times 10^3$  piezas; para las estampas de embutir con punzones y matrices de acero para matrices aleado, hasta  $2400 \times 10^3$  piezas. Las cifras citadas son aproximadas y se refieren a condiciones de uso normales.

Las estampas dotadas de punzones y matrices de aleaciones duras son mucho más caras que las ordinarias. Sin

embargo, la prolongación de la durabilidad de estas estampas no sólo justifica las expensas de su fabricación, sino que asegura también una economía considerable.

El material de los punzones y matrices y el tratamiento térmico influyen considerablemente en la durabilidad de las piezas de trabajo de la estampa. La dureza insuficiente de la herramienta o la presencia de austenita residual en la estructura del acero disminuye mucho la durabilidad de las estampas. La lubricación de las piezas bruta influye igualmente en el desgaste de los punzones y matrices. La fosfatación con adición de bisulfato de molibdeno contribuye a la duración de los órganos operadores de la estampa.

#### VII.5. PREVISIONES PARA UN BUEN MANTENIMIENTO

El funcionamiento continuo, económico y seguro del equipo de estampar se consigue sólo a condición de una explotación o uso adecuado del mismo.

Antes de comenzar a trabajar, se tiene que arreglar la prensa, es decir, quitar todos los objetos extraños, y lubricar las superficies rozantes.

Se controla después el estado de los dispositivos de seguridad y protección, así como la correcta instalación y seguridad de la sujeción de la estampa. Si la estampa no está instalada, hay que instalarla y ajustarla. Antes de instalar la estampa y comenzar a trabajar, se verifica el funcionamiento de la prensa en la carrera en vacío.

Terminado el trabajo, la prensa y el lugar o área de trabajo deben ser limpiados.

La precisión del funcionamiento de la prensa y el desgaste de sus piezas se controlan sistemáticamente, de acuerdo con el horario elaborado por el mecánico del taller. Simultáneamente con el control del estado de la prensa se suele regular todos los dispositivos y mecanismos, y se aprietan los tornillos, tuercas, cojinetes, etc.

Si en el funcionamiento de la prensa se descubren defectos, a exigencias del operador se tiene que realizar también el control y la regulación.

El estado de la prensa y la precisión del funcionamiento deben ser obligatoriamente verificados después de su instalación (aunque sea nueva), desplazamiento o reparación.

La verificación de la precisión de la prensa comprende el control de la planicidad de la mesa y de la superficie inferior de la corredera, el control del paralelismo entre el plano de la mesa y la superficie inferior de la corredera, el control de la perpendicularidad entre la carrera de la corredera y el plano de la mesa, el control del batimiento axial y radial del volante, etc.

El plano de referencia de las verificaciones principales de la precisión de la prensa es el plano de su mesa.

El documento técnico principal de la prensa es su certificado técnico, en el cual se indican los siguientes datos: denominación, tipo y modelo de la prensa, su destinación, fabricante, año de fabricación, lugar de instalación, croquis de los conjuntos principales, diagrama de esfuerzos posibles en la corredera, etc.

Además del certificado técnico, la empresa fabricante proporciona el manual de operaciones-instrucciones de la

prensa, donde se dan nociones sobre la destinación y el campo de aplicación de la prensa, su cimientó, montaje e instalación. Además, tiene el esquema eléctrico, el esquema de lubricación, la descripción del ajuste y la puesta en marcha de la prensa, las reglas de mantenimiento diario, los defectos posibles y su eliminación.

Se debe incluir en ese certificado la bitácora con los apuntes de las reparaciones hechas y el resultado del control de precisión del funcionamiento de la prensa después de las reparaciones.

CAPITULO OCHO

DESCRIPCION DE UNA LINEA DE ESTAMPADO

## CAPITULO OCHO

### DESCRIPCION DE UNA LINEA DE ESTAMPADO

#### VIII.1 BREVE DESCRIPCION

La finalidad de este capítulo es describir una línea de trabajo de estampado realizado en la planta de estampado y ensamble de la Ford Motor Co. en Hermosillo, Son.

Dentro de la planta se cuenta con cuatro áreas principales en las cuales el automóvil va a ser construido totalmente. Dichas áreas son; carrocerías, pinturas, ensamble final y el área que nos interesa; la de estampado.

El área de estampado cuenta con tres líneas fundamentales, cada una con sus propias características, y con una línea constituida por una sola prensa, en la cual el material se va a cortar al tamaño requerido para fabricar una parte.

Las tres líneas están numeradas y en cada una de ellas se realizan, prácticamente, las mismas operaciones. La línea 1 es una prensa "Transfer" con capacidad de 2000 toneladas y 5 estaciones para diferentes operaciones. En esta línea se fabrican piezas de mayor espesor, tales como travesaños y refuerzos.

La línea 2 está constituida por 5 prensas, una de doble acción y cuatro de simple acción. Sus capacidades son de 1000 y 500 toneladas. En esta línea se fabrican partes interiores de puertas, cofre y piso, principalmente.

Por último, la línea 3, que se estudiará más a fondo, está integrada por 6 prensas. Una de ellas es de doble acción con capacidad de 1000 toneladas, dos prensas de simple acción de 1000 toneladas y 3 prensas también de simple acción, pero de 500 toneladas de capacidad cada una.

En esta línea se fabricarán las piezas exteriores del automóvil, tales como techo, cofre, salpicaderas, etc.

Las prensas utilizadas son de fabricación japonesa, de la marca Komatsu. Son prensas de alto grado de automatización, lo que convertirá a esta línea en semiautomática.

La línea intercambiará, cíclicamente, 15 juegos de herramientas. El equipo automatizado consistirá en un destacker, seis cargadores, seis transportadores de banda y un transportador de banda montado con soportes.

Las operaciones de las prensas serán controladas mediante un sistema de controles programables, el cual acciona los distintos interruptores en el momento necesario, automáticamente.

La secuencia del sistema es como sigue:

1. Las láminas son cargadas por montacargas o grúa puente y son conducidas al alimentador de material.
2. El alimentador levanta la carga hacia arriba del área magnética.
3. El imán se coloca en las láminas y es el que irá tomando pieza por pieza y la colocará en posición para ser cargadas en las prensas.
4. Posteriormente, las láminas son colocadas en un transportador de banda magnética mediante unas ventosas de vacío. Esta operación realízase pieza

por pieza.

5. Hay un sensor que checa si no van juntas dos láminas. En caso de suceder esto, son regresadas al stock y cargadas nuevamente. Si después de tres veces sigue ocurriendo, se deberá hacer la operación manualmente.
6. Si se detecta una lámina simple, se pasa a lavar con un fluido especial con que se recircula mediante un sistema de filtración.
7. Una vez lavadas las láminas, son pasadas a la estación de precarga, donde se acomodan para su entrada correcta y posicionamiento adecuado en el dado de la prensa.
8. De la estación de precarga, son tomadas las láminas por ventosas y conducidas a la prensa.
9. Después de formadas las piezas, se descargan y son colocadas en un transportador de banda.
10. Las prensas de simple acción se cargan manualmente y se descargan automáticamente.

#### VIII.2 TIPO DE MAQUINAS O EQUIPO EMPLEADO

Dentro de la línea 3 encontramos seis prensas, todas ellas construidas y diseñadas por Komatsu. La prensa mayor, de 1000 toneladas, tiene un costo de millón y medio de dólares.

Tenemos a continuación dos prensas de 1000 toneladas con un costo de 885,000 dólares cada una. Por último, hay tres prensas de 500 toneladas de capacidad con un costo de 675,000 dólares cada una.

Cada prensa tiene un tamaño, manejo y características

diferentes, y serán explicadas a continuación.

### VIII.2.1 Características y especificaciones

La prensa de 1000 toneladas de doble acción tiene capacidad para 600 toneladas en el portapunzón y de 1000 en la corredera. Está montada sobre un pozo y su accionamiento es superior.

Las prensas de simple acción de 1000 y 500 toneladas están igualmente montadas sobre pozo y tienen accionamiento superior.

La línea está colocada en tandem, siendo la prensa de doble acción la primera. Con esta prensa se van a realizar las operaciones de embutido. A continuación estarán las prensas de simple acción de 1000 toneladas y luego las de 500. Las características y especificaciones de cada prensa se muestran en la siguiente tabla de especificaciones.

### VIII.2.2 Construcción y funcionamiento

El manejo de las prensas es muy similar, por lo que procederemos a explicarlo para todas las prensas juntas.

Se explicará el funcionamiento de las partes principales del equipo.

**Mesa;** La mesa forma la fundación de la estructura principal de la prensa y es de construcción soldada de placa gruesa de alta resistencia mecánica y rigidez. Por arriba de la mesa se encuentran instalados los travesaños o columnas.

**Guías;** Las guías son columnas verticales colocadas en ambos lados de la mesa. Son de construcción de placas gruesas soldadas, con alta rigidez y resistencia mecánica -

TABLA DE ESPECIFICACIONES

TIPO: DOBLE ACCION		MODELO: L4D 1000x600-MB
<b><u>DIMENSIONES</u></b>		
Mesa (der-izq, del-tra)	4000 x 2150 mm	
Corredera (der-izq, del-tra)	3500 x 1650 mm	
Portapunzón (der-izq, del-tra)	4000 x 2150 mm	
Profundidad del pozo	5450 mm	
Altura total de la prensa	10000 mm	
Altura del suelo a la mesa	0 mm	
<b><u>PESOS</u></b>	<b><u>KGS</u></b>	<b><u>LIBRAS</u></b>
Peso total	414,900	914,870
Conjunto de corona	152,000	335,170
Conjunto de corredera	55,100	121,500
Conjunto de la base	137,300	302,750
Conjunto del sistema	25,200	55,560
<b><u>VARIOS</u></b>	<b><u>OBSERVACIONES</u></b>	
Puntos de suspensión 4	<p>- La prensa será de impulsión por eslabones para producir un tiro lento y retorno rápido. La velocidad máxima de la corredera durante el tiro efectivo no excederá de 16 m/min. a 16 carreras por minuto.</p> <p>- La marcha lenta de aproximación de la corredera hacia adelante y hacia atrás en cualquier punto de la carrera con capacidades completas de tonelaje nominal no excederá de una carrera por minuto.</p>	
Carrera de corredera 990		
Carrera de portapunzón 835		
Altura de cierre		
corredera 1750		
portapunz. 1550		
Ajustes		
corredera 500		
portapunz. 500		
Tiempo de parada 0.35 seg.		
Velocidad fija variable 8/16 GPM		
Cojines cantidad 1 l pza		
tonelaje 200		
carrera 250		
dimensiones 3100x1500		
Embrague fricción por aire		
Peso máx. del troquel sup.		
corredera 15 ton.		
portapunz. 20 ton.		

TABLA DE ESPECIFICACIONES

TIPO: SIMPLE ACCION		MODELO: E4S 1000-MB	
<u>DIMENSIONES</u>			
Mesa (der-izq, del-tra)	3800 x 1850 mm		
Corredera	3800 x 1850 mm		
Portapunzón (der-izq, del-tra)	3800 x 1850 mm		
Profundidad del pozo	5450 mm		
altura total de la prensa	8265 mm		
Altura del suelo a la mesa	0 mm		
<u>PESOS</u>		<u>KG</u>	<u>LIBRAS</u>
Peso total	278,300	614,750	
Conjunto de corona	96,400	212,560	
Conjunto de corredera	25,700	56,670	
Conjunto de la base	108,600	239,470	
Conjunto del sistema	18,600	41,000	
<u>VARIOS</u>		<u>OBSERVACIONES</u>	
Puntos de suspensión	4	- La marcha lenta de aproximación de la corredera hacia adelante y hacia atrás en cualquier punto de la carrera con capacidades completas de tonelaje nominal no excederá de una carrera por minuto.	
Carrera de corredera	800		
Carrera de portapunzón			
Altura de cierre			
corredera	1300		
portapunzón			
Ajustes			
corredera	500		
portapunzón			
Tiempo de parada	0.35 seg.		
Velocidad fija	18 GPM		
	variable		
Cojines	cantidad 1 pza		
	Tonelaje 200		
	carrera 250		
	dimensiones 3100x1200		
Embrague	fricción por aire		
Peso máx. del troquel sup.			
corredera	15 ton.		
portapunzón			

TABLA DE ESPECIFICACIONES

TIPO: SIMPLE ACCION		MODELO: B4S 500-MB
<u>DIMENSIONES</u>		
Mesa (der-izq, del-tra)	3800 x 1850 mm	
Corredera (der-izq, del-tra)	3800 x 1850 mm	
Portapunzón (der-izq, del-tra)	3800 x 1850 mm	
Profundidad del pozo	5450 mm	
Altura total de la prensa	8095 mm	
Altura del suelo a la mesa	0 mm	
<u>PESOS</u>	<u>KGS</u>	<u>LIBRAS</u>
Peso total	171,000	377,050
Conjunto de corona	57,200	126,130
Conjunto de corredera	18,000	39,690
Conjunto de la base	59,900	132,080
Conjunto del sistema	17,600	38,800
<u>VARIOS</u>		<u>OBSERVACIONES</u>
Puntos de suspensión	4	- Idem a la anterior
Carrera de corredera	800	
Carrera de portapunzón		
Altura de cierre		
	corredera 1300	
	portapunzón	
Ajustes		
	corredera 500	
	portapunzón	
Tiempo de parada	0.35 seg.	
Velocidad	fija 18 GPM	
	variable	
Cojines	cantidad	
	tonelaje	
	carrera	
	dimensiones	
Embrague	fricción por aire	
Peso máx. del troquel superior		
	corredera 15 ton.	
	portapunzón	

ca. Las correderas se desplazan verticalmente entre las guías derechas, izquierdas y del centro.

Corona; Se instala sobre las guías y es de construcción de placa gruesa. Dentro de la corona se encuentran contruidos el mecanismo de accionamiento de la prensa, incluyendo los engranajes.

Correderas; Son los miembros deslizantes de las prensas y tienen una construcción de placa gruesa de alta resistencia mecánica y excelente rigidez. El trabajo de la prensa se realiza entre las correderas y los travesaños en la mesa. Se instalan la mesa, las guías y la corona mencionados anteriormente en sus respectivas posiciones por medio de llaves localizadoras y se aprietan con cuatro (u ocho) tirantes pasando por las cuatro esquinas de la prensa para que ésta soporte todas las operaciones descadas.

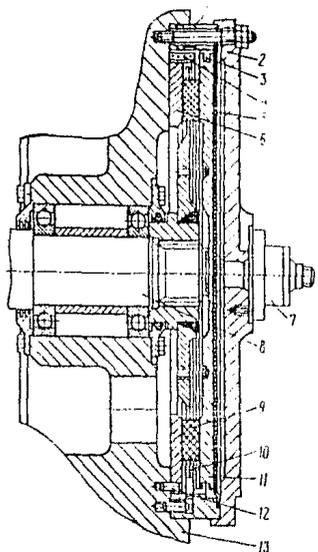
Embrague y freno; Estos dos son los componentes más críticos y su funcionamiento ejerce una gran influencia en la capacidad de producción de la prensa. Por lo tanto, el ajuste y la inspección demandan mucho cuidado.

Tanto el freno como el embrague trabajarán con una presión de aire de  $5.0 \text{ kgs/cm}^2$  y tendrá un consumo de  $5.2 \text{ lt/carrera}$  y  $3.4 \text{ lt/carrera}$ , respectivamente.

Ambos tendrán aproximadamente 228.6 RPM en el árbol propulsor.

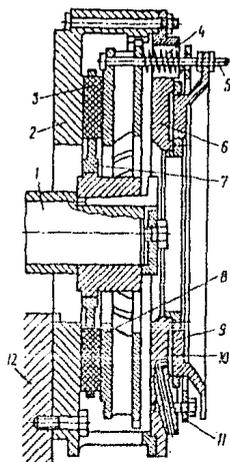
Freno del volante; Se utiliza para detener la marcha de la prensa o para detener el volante repentinamente si se presenta la necesidad. Para asegurar un buen funcionamiento del freno hay que checar el mecanismo periódicamente.

Dispositivo de microaproximación; Sirve para desplazar la



Embrague de un solo disco

1. Cuerpo
2. Cavidad de la tapa
3. Engranaje
4. Muelles
5. Diafragma
6. Propulsor
7. Boca de alimentación
8. Cigüeñal
9. Casquillos de fricción
10. Platillo
11. Embolo de disco
12. Tornillos
13. Rueda dentada



Freno de disco automático

1. Arbol de acci6n
2. Cuerpo
3. Pieza de retinax
4. Muelles
5. Pernos
6. Tapa
7. Disco de freno
8. Disco de presi6n
9. Embolo
10. Membrana
11. Anillo de regulacion
12. Bancada

corredera muy lenta o minuciosamente. El motor de microa -  
proximación es separado del motor principal y proporciona  
ajustes más fáciles de posición del troquel.

La velocidad del sistema es de un golpe por minuto  
utilizando un motor de 75 KW. Si el movimiento de la  
corredera por inercia durante la operación de aproximación  
es grande, el movimiento será reducido por medio de un  
freno de aproximación.

**Cilindros de equilibrio:** Estos son accionados neumática -  
mente y están diseñados para soportar las bielas, corne -  
deras y troqueles superiores a fin de obtener movimientos  
planos de las correderas.

Cada cilindro tiene una tolerancia de diámetro de 10 mm  
en la parte de montaje en la corredera, permitiendo una  
excentricidad de hasta 5 mm.

Cada prensa tiene generalmente 4 cilindros de 600 mm de  
diámetro para la corredera exterior y 4 de 700 mm para la  
corredera interior.

**Portalámina hidráulico:** El portalámina no sólo determina  
la capacidad retenedora de lámina de la corredera exte -  
rior, sino también compensa la reducción de la fuerza  
retenedora de lámina de la corredera exterior, de modo que  
la corredera interior no está sujeta a la carga.

Los portaláminas hidráulicos están montados, respecti -  
vamente, en partes delantera, trasera, derecha e izquier -  
da de la corredera exterior, y su capacidad es ajustable  
individualmente por la presión de aire. Es por esto que  
en cada columna hay un tanque de aire con su regulador de  
presión. Sin embargo, se utiliza un sistema hidráulico

para los cuatro puntos de acción.

**Cojín de troquel:** Se utiliza un cojín neumático para amortiguar los golpes. Es un cojín accionado por dos cilindros neumáticos. La capacidad máxima del cojín es de 200 ton. a una presión efectiva de  $5 \text{ kgs/cm}^2$  y con carrera de 250 mm.

### VIII.3 PARTES QUE SE FABRICAN

La línea número 3 va a producir las partes exteriores del automóvil, que para los dos modelos que se producirán en esta planta (3 y 5 puertas) suman un total de 18 partes, todas ellas diferentes.

Cada pieza utiliza para su manufactura un cierto número de operaciones y de dados. De igual manera, cada pieza tiene un número de identificación o número de parte.

La siguiente tabla muestra cada parte, el material con que es fabricada, su número de parte, el modelo para el que se fabrica y las operaciones realizadas para su fabricación.

### VIII.4 OPERACIONES PARA CADA PIEZA

Cada pieza que se va a estampar en la planta de Hermsillo requiere para su fabricación de cierto número de operaciones.

Estas operaciones se van a realizar en el proceso de diferentes piezas a lo largo de la línea de estampado. Algunos dados o matrices realizan hasta dos operaciones simultáneas, tales como recorte y punzonado, o doblado y embutido, etc.

Sin embargo, casi la mayoría de las operaciones son realizadas utilizando un dado para cada operación.

NOMBRE DE LA PARTE	NUM. DE PARTE	MATERIAL	OPER	DADOS	MODEL
salpicadera del dcha	B157-52-111	HPC-35U-EO/30	6	5	3, 5, W
" " izq.	52-211	" " "	6	5	"
cofre	BJ90-52-311	HPC-35U-EO/40	3	3	"
puerta tras. (cajuela)	BH44-62-031	SPCU3C-EO/30	6	5	"
costado dcho. (5 Dr)	B156-70-401	SPSU3C-EO/30	6	5	5 Dr
costado izq. (5 Dr)	71-401	" " "	6	5	5 Dr
costado dcho. (3 Dr)	B163-70-401	SPSU3C-EO/30	7	6	3 Dr
costado izq. (3 Dr)	71-401	" " "	7	6	3 Dr
costado dcho (wagon)	BK30-70-401	" " "	6	5	W
costado izq. (wagon)	71-401	" " "	6	5	W
techo (3 Dr, 5 Dr)	BH42-70-601	SPC1-EP/30	5	5	3, 5
techo (wagon)	BJ13-70-601	" " "	4	4	W
exterior pta tras. dch	BJ79-58-031	SPSU1-EO/30	4	4	5, W
exterior pta tras. izq	59-031	" " "	4	4	5, W
ext. pta trasera dcha	BJ83-58-031	" " "	4	4	3
ext. pta trasera izq.	59-031	" " "	4	4	3
ext. pta trasera dcha	BJ79-72-031	" " "	4	4	5, W
ext. pta trasera izq.	73-031	" " "	4	4	5, W

El número de operaciones que necesita cada parte, así como los dados y matrices que se utilizan para la operación completa. Como se podrá ver, la pieza que más operaciones necesita es el costado del modelo de tres puertas, el cual, por su forma más compleja, utiliza siete operaciones con seis matrices.

La pieza que menos operaciones utiliza es el cofre, con tres unidades y tres matrices.

El cambio de pieza de trabajo de prensa a prensa será realizado mediante cargadores y descargadores semiautomáticos. También se tienen transportadores de banda para apoyar ese cambio.

#### VIII.5 CARGA Y DESCARGA

Para la carga y descarga de las partes que se fabricarán en la línea, se tienen dos transportadores de banda de 5500 mm y 3800 mm de longitud y 6 cargadores de piezas, 5 de ellos iguales que se usarán en las 5 prensas de simple acción y una para la prensa de doble acción.

Todo este equipo es de fabricación japonesa, suministrado por Komatsu, y para el adecuado funcionamiento de la línea es de suma importancia suministrar una sincronización de todo el equipo.

Esto se realiza para que las piezas sean cargadas, formadas y descargadas en el momento adecuado, y será sincronizado mediante el sistema SY-MAX de la firma norteamericana Square-D.

El sistema consiste en una serie de máquinas computarizadas que mediante circuitos lógicos encienden o apagan

interruptores para hacer funcionar los diferentes mecanismos dentro de la línea.

Dentro de la línea, para los estados de carga y descarga y cambio de matrices, se tiene una variedad de dispositivos de seguridad para evitar todo tipo de accidentes. Como ejemplo de estos dispositivos podemos mencionar las válvulas neumáticas de flujo paralelo, las cuales se accionan con dos botones simultáneamente. Esto es para que el operario tenga las dos manos sobre el dispositivo, para no sufrir ningún percance.

#### VIII.6 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento se realizará lo mismo antes del proceso que después del mismo. Antes, se almacenarán los rollos en una bodega ubicada en un sótano.

Cuando se vayan a usar esos rollos, se moverán con las grúas puente de 40 toneladas, se colocarán en la prensa cortadora "Blanker Press", para hacer las piezas que se necesitan.

Después de esto, se vuelven a almacenar hasta que se procede a colocar las partes en la línea. Para esto se utilizan montacargas.

Al terminar la operación y descargar la pieza se vuelve a usar un montacargas. De ahí pasan al área de carrocería, para de esta manera poder continuar con el proceso de fabricación del automóvil.

BIBLIOGRAFIA

- REF. 1. AUTORES VARIOS. Matrices de estampado en Ford Motor Company. Publicaciones Ford Motor Company, Valencia, España, 1980.
- REF. 2. AUTORES VARIOS. Manual de operación y mantenimiento de prensa de simple acción. Komatsu, Japón.
- REF. 3. AUTORES VARIOS. Manual de operación y mantenimiento de prensa de doble acción. Komatsu, Japon.
- REF. 4. AVNER. Introducción a la metalurgia física. McGraw-Hill, Nueva York, 1983.
- REF. 5. BOOTHROYD GEOFFREY. Fundamentos del corte de metales y de las máquinas-herramientas. McGraw-Hill, México, 1978.
- REF. 6. S.A. ELENEV. Estampado en frío. Mir, Moscú, 1983.
- REF. 7. SCHEY JOHN. Introduction to manufacturing processes. McGraw-Hill, Nueva York, 1984.
- REF. 8. SHIGLEY. Teoría de máquinas y mecanismos. McGraw-Hill, México, 1978.
- REF. 9. T. LOPEZ NAVARRO. Troquelado y estampación. Gustavo Gili, Barcelona, 1976.
- REF.10. WILSON FRANCK. Principios fundamentales para el diseño de herramientas. C.E.C.S.A., México, 1981.
- REF.11. WHITE DUANE. Stamping technology. Ford Motor Co. Michigan, 1976.