

5
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**FORJA EN FRIO Y SU APLICACION
EN AUTO PARTES**

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N

JOSE TRINIDAD FULGENCIO GUZMAN

JULIO PAZARAN SAAVEDRA

DIRECTOR DE TESIS :

ING. SAMUEL PEREZ DIAZ



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E .

CAPITULO 1

	Página
1.1. Objetivos	1
1.2. Introducción	2
1.3. Términos y simbologías	3-5
1.4. Breve Historia de la forja	6
1.5. Forja en frío	6-7
1.6. Trabajo en frío	7
1.7. Efectos de un recocido	8-9
1.7.1. Recuperación	9
1.7.2. Recristalación	10
1.7.3. Crecimiento del grano	10
1.7.4. Importancia del trabajo en frío y del recocido dentro de la ingeniería	11

CAPITULO 2

2.1 Ventajas de la forja en frío	12
2.2 Desventajas de la forja en frío	12
2.3 Clasificación de la forja fría	13
2.4 Conformado	16
2.5 Extrusiones	17
2.5.1 Extrusion libre hacia adelante	17-18

2.5.2 Extrusión atrapada inversa	19-20
2.5.3 Extrusión atrapada directa	21-22
(nomógrafos)	23-27
2.6 Recalcado y prensado	28
2.6.1 Volúmen de recalcado	28
2.6.2 Relación de recalcado	29
2.6.3 Relación de recalcado y grado de recalcado	30
2.6.4 Relación de secciones	31-33
2.7 Desarrollo del proceso de recalcado	34-35
(monogramas)	36-44

CAPITULO 3

DEFECTOS MAS COMUNES EN FORJA Y CAUSAS QUE LOS ORIGINAN

3.1 Defectos superficiales	45-46
3.2 Defectos en la estructura interna del material.	47-48
3.3 Causas que originan los defectos	49-50

CAPITULO 4

MATERIALES DE PARTIDA

4.1 Tipo de materiales	51
4.1.1 Aceros	51
4.1.2 Aceros para forjar en frío	51-52
4.1.3 Materiales no férricos	63
4.1.4 Materiales ligeros	64-66

4.2 Tolerancias en materiales de partida	67-69
4.3 Comprobación de materiales de partida	70-71
4.3.1 Comprobación de la conformabilidad	72
4.3.2 Comprobación de los defectos en la superficie	73
4.3.3 Comprobación de los recubrimientos de la superficie	74
4.3.4 Comprobación de la templeabilidad	74-75

CAPITULO 5

TRATAMIENTOS TERMICOS Y SUPERFICIALES MAS COMUNES EN LA FORJA FRIA

5.1. Definición general de tratamiento térmico	76
5.1.1 Objetivo	76
5.2. Recocido	77
5.2.1 Definición	77
5.2.2 Clasificación y efectos de un recocido .	77-79
5.2.3 Recocido de abandamiento	79-87
5.2.4 Bonificado (temple y revenido)	82
5.3 Tratamientos superficiales	82
5.3.1 Fosfato-Jabón	83-84
5.3.2 Granallado	85
5.3.3 Bisulfato de molibdeno y lanolina	86
5.3.4 Tamborilado	87

CAPITULO 6

PIEZAS MAS COMUNES FORJADAS EN FRIO

6.1. Clasificación	88
6.1.1 Piezas terminadas	88
6.1.2 Piezas semiterminadas	89-90
6.2 Principales usos de las piezas forjadas en frío	91-95

CAPITULO 7

MAQUINAS FORJADAS

7.1. Clasificación	96
7.1.1 Prensas forjadoras Herlan & Co	97-100
7.1.2 Prensas forjadoras NATIONALES MACHINERY.	101-102
7.1.3 Prensas forjadoras ETCHELL'S	103-105
7.1.4 Prensas forjadoras CEVA	106
7.1.5 Prensas forjadoras SMG	107-110
7.1.6 Prensas forjadoras KUHNE	111
7.1.7 Prensas forjadoras HILGELAND	112-113
7.1.8 Máquina Cortadora PEDDINGHAUS	114
7.2. Tipos de mecanismos de prensas forjadoras	115
7.3. Clasificación	115-116

CAPITULO 8

DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACION POR FORJADO EN FRIO DE TRES PIEZAS TIPICAS DEL RAMO AUTOMOTRIZ

8.1. Perno esférico para rótula de suspensión y varilla de dirección para automóvil.....	117-120
8.1.1 Fundamentos principales en el diseño de piezas forjadas en frío	121-123
8.1.2 Desviación en dimensiones y tolerancias en piezas forjadas en frío	124-125
8.1.3 Cálculo del volumen de la pieza a forjar	126-134
8.1.4 Cálculo de la fuerza necesaria para deformar la pieza en cada una de las operaciones	135-139
8.1.5 Desarrollo de la secuencia de fabricación y de secuencia de operaciones	140-144
8.1.6 Diseño del herramental	145-146
8.1.7 Materiales para herramientas (tablas de comparación con otras normas y análisis de porcentajes químicos)	146-152
8.1.8 Dibujos de definición y montaje de herramientas	153-170
8.2. Cuerpo principal para una rótula de suspensión para automóvil	171-172
8.2.1 Cálculo del volumen de material necesario para forjar la pieza	173-177
8.2.2 Descripción de la secuencia de fabricación	178-182

8.2.3 Cálculo de la fuerza máxima necesaria para deformar la pieza en cada una de las operaciones forjadas	183-190
8.2.4 Dibujos de definición y montaje de herramientas para forjar el cuerpo principal	191-206
8.3 Tornillo especial tipo coche	207-208
8.3.1 Cálculo de volúmen de la pieza	209-211
8.3.2 Cálculo de longitud libre a deformar ...	212-214
8.3.3 Cálculo de la fuerza máxima necesaria para deformar la pieza en cada una de las operaciones forjadas	215-219
8.3.4 Dibujos de definición y montaje del herramental para forjar el tornillo	220-231
CONCLUSIONES	232-233
BIBLIOGRAFIA	234-235

1.1. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta tesis es hacer mención de lo que es un proceso de forja en frío, en una forma general y especialmente su aplicación en partes automotrices en lo que refiere a la suspensión y dirección de los automóviles así como también tornillos especiales de los mismos. Además conoceremos de que materiales se fabrican, secuencias de fabricación, tratamientos térmicos y superficiales, requeridos, tipos de máquinas forjadas y herramientas necesarios. Este objetivo es muy importante, ya que a base de investigaciones se ha comprobado que la información sobre este proceso es poco conocida tanto en lo teórico como en la práctica; por lo cual se pretende recopilar lo máximo de información y con ayuda de los conocimientos prácticos adquiridos hacer una tesis lo más completa posible, para que les sea útil a los futuros ingenieros y a los propios maestros de escuelas técnicas superiores.

Otro objetivo es que por medio de esta tesis se llegue a conocer la realización que existe entre la teoría adquirida en la facultad y la obtenida en la industria, para poder darse cuanta hasta que punto puede aplicarse el conocimiento teórico en la práctica, pudiendo hacer una comparación de los mismos, ya que todos sabemos que existe una diferencia entre ambos.

1.2 INTRODUCCIÓN

La forja es un proceso de fabricación sin arranque de viruta el cual consiste en la deformación de un material sometiéndolo a esfuerzos de compresión a base de golpes principalmente, obteniendo piezas con una alta resistencia a la tracción y dimensionalmente con tolerancias cerradas. Este proceso se puede elaborar a temperatura ambiente "Forja en Frío" o calentando el material "Forja en caliente".

Este último es más moderno y ha adquirido una gran ventaja sobre todos los demás ya existentes puesto que con este proceso se puede ahorrar hasta un 50% en el material de partida (materia prima) al fabricar el producto y por supuesto un bajo costo en su manufactura comparado con cualquier otro tipo de proceso de fabricación (torneado, troquelado, fresado, etc).

Además este proceso es el idóneo para obtener altos volúmenes de producción en un mínimo de tiempo, pues en otros procesos se emplea demasiado tiempo tanto en máquinas como en operarios.

1.3 TÉRMINOS Y SIMBOLOGÍAS

T_f	Trabajo en frío
A_0	Sección de área del material de partida o área inicial
A_f	Área final
ΔA	Incremento de área
A	Sección de área
F	Fuerza de resistencia a la comprensión
T	Fuerza de resistencia radial
$d=d_0$	Diámetro final reducido o diámetro del punzón
D	diámetro de partida (inicial) cavidad de la matriz
E	Máxima profundidad de extrusión
t	Espesor mínimo entre punzón
w	Espesor de pared de la pieza
V_r	Volumen de recalcado
h_c	Altura de la pieza a recalcar
S	Relación de recalcado
Eh	Relación relativa de alturas
Δh	Diferencia teórica de alturas
ϵ	Deformación absoluta logarítmica
q	Relación de secciones
L	Longitud de alambre que forma la cabeza o longitud después del recalcado final
V	Volumen de la pieza a forjar
V_t	Volumen total

P	Peso del material necesario para forjar
γ	Peso específico del material
L_c	Longitud de corte
L_d	Longitud de deformación o longitud a deformar
RR	Relación de recalado
V_e	Volumen necesario para el esférico
CR	Coefficiente de recalado
$F_{\text{máx}}$	Fuerza máxima necesaria para deformar el material en una determinada operación de forjado
AE	Área de la superficie comprimida
$RWE = \sigma_p$	Resistencia real a la deformación la final del recalado
LG	Longitud de corte
A_r	Diferencia de sección de áreas (A - Af)
L_0	Longitud inicial
ϵ_A	Porcentaje de reducción de área
K	Factor de ajuste de alturas (en monogramas)
p	Presión y fuerza del punzón
▼▼	Torneado
▼▼▼	Rectificado
-----	Pulido
✓	Forjado en frío
—	Dimensión crítica
◎	Concentricidad



Planicidad



Salto simple

A



Letra de referencia



Fosfato-jabón Grueso



Fosfato-jabón Delgado



Recocido



Granallado

1.4 BREVE HISTORIA DE LA FORJA EN FRÍO

La forja en frío tiene muy poca historia ya que se trata de un proceso nuevo para la ingeniería, en cambio la forja en caliente tiene un gran historial desde épocas antes de cristo, las historias de China e India indican que al rededor del año 2000 A.C., forjaban el hierro.

La biblia describe como el pueblo filisteo, alrededor del año 1500 A.C., forjaban para hacer armas.

Y en la mitología griega, se representa a Vulcano, forjando los rayos de dios Zeus.

Mientras lo que se logró investigar acerca de la forja en frío es que los alemanes lo inventaron un poco antes de la segunda guerra mundial, en lo referente a la forja en frío del acero, ya que existían procesos de materiales blandos como latón, cobre y bronce entre otros.

Este nuevo proceso se puede realizar gracias a la creación de nuevos lubricantes por la compañía Singer, los cuales son de mucha utilidad para hacer fluir el material en las operaciones de forja fría, ya que el acero por ser muy duro tiende a pegarse al hacer contacto con el material del herramental.

1.5 DEFINICIÓN GENERAL DE FORJA

Forja es la operación que consiste en modificar la forma de los metales mediante la aplicación de esfuerzos de compresión, aprovechando las características plásticas de los mismos.

1.5.1 FORJA EN FRÍO

La forja en frío consiste en la deformación permanente de los materiales al exceder el límite elástico, aumentando su dureza y disminuyendo su ductilidad.

1.6 TRABAJO EN FRÍO

El trabajo en frío es la calidad de deformación plástica obteniendo durante el procesado del metal, y se expresa por la reducción del área de la sección transversal:

$$T_f = \left[\frac{A_0 - A_f}{A_0} \right] 100 \dots\dots\dots (1)$$

Es muy importante dentro de la práctica en los procesos de fabricación, calcular el porcentaje de trabajo en frío, para lo cual contamos con la fórmula número dos y nos podemos auxiliar con diagramas o nomógrafos como los de las figuras 1.1 a,b,c.

$$\text{Porcentaje de trabajo en frío} = \frac{\Delta A}{A} \times 100 = \frac{1/4\pi d_0^2 - 1/4\pi d_f^2}{1/4\pi d_0^2} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

NOTA: La primera parte de la expresión en forma general mientras que la segunda parte es exclusiva de materiales redondos.

1.7 EFECTOS DE UN RECOCIDO

El recocido es el tratamiento térmico que más importancia tiene dentro del proceso de forja en frío ya que nos ayuda a seguir deformando el metal cuando éste ya está muy duro. Como se ha sabido al recocer un material éste se vuelve dúctil pudiendo de esta manera continuar el proceso de fabricación del producto. Este tratamiento se puede hacer entre operaciones de forja o antes de hacer algún maquinado, y se divide en tres etapas importantes que son, "recuperación, recristalización y crecimiento de grano".

1.7.1 RECUPERACIÓN

Dentro del proceso de recocido se presenta el fenómeno denominado recuperación que es en el cual las dislocaciones se trasladan posiciones de menor energía dando lugar a límites de subgranos en los granos antiguos "POLIGONIZACION", como podemos apreciar en la figura 1-2. la dureza y la resistencia no cambian radicalmente durante este período pero la resistencia a la corrosión y la ductilidad mejoran.

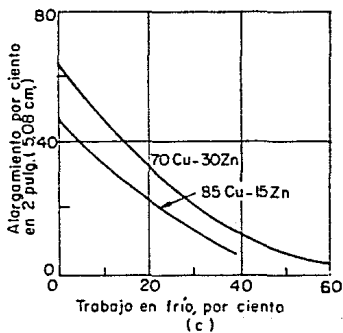
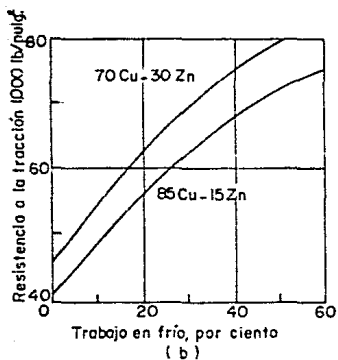
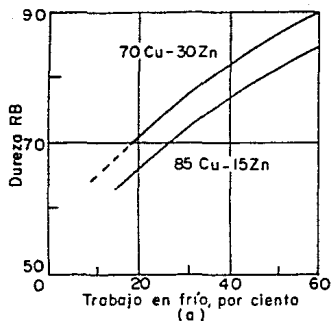


Fig. 1-1 Efecto de la cantidad de trabajo en frío en propiedades mecánicas
 (Para obtener la resistencia a la tracción multiplique las lb/pulg.² por 6.9×10^{-3} para obtener MN/m².)

1.7.2 RECRISTALIZACION

Es el fenómeno en el cual se logra la formación de nuevos cristales libres de esfuerzo y equiaxiales, lo cual origina una menor resistencia y una mayor ductilidad, ver figura 1-2.

La temperatura requerida para la recristalización varía según el metal y es aproximadamente un tercio a un medio de la temperatura de fusión de metal puro.

1.7.3 CRECIMIENTO DE GRANO

A medida que la temperatura se eleva, los granos continúan su crecimiento y los granos más grandes crecen a costa de los más pequeños, dando el material una mayor ductilidad y por consiguiente una menor resistencia y dureza, así como también los esfuerzos residuales disminuyen.

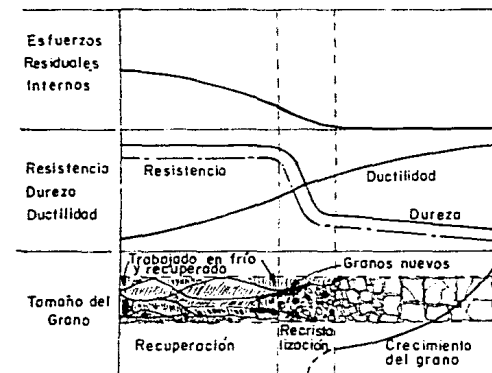


FIG. 1.2 Resumen de los efectos de recocido (representación esquemática) según Sachs.

1.7.4 IMPORTANCIA DEL TRABAJO EN FRÍO Y RECOCIDO DENTRO DE LA INGENIERÍA

El endurecimiento por trabajo en frío es de vital importancia para el ingeniero diseñador, ya que permite usar piezas más pequeñas con alta resistencia, por supuesto el producto no deberá utilizarse a temperaturas que produzcan recocido en el metal.

El trabajo en frío limita la cantidad de deformación plástica que un metal pueda resistir durante una operación de torneado. El trabajo de un metal endurecido y menos dúctil requiere más potencia y está expuesto a agrietarse. Así que durante la producción es necesario aplicar "ciclos de trabajo en frío y recocido".

Es una gran ventaja recocer el material antes de someterlo a otras operaciones ya sea dentro de la misma forja o antes de hacerle operaciones de maquinado.

CAPITULO 2

FORJA EN FRÍO

2.1 VENTAJAS DE LA FORJA EN FRÍO

En este proceso de fabricación se obtienen muchas ventajas comparándolo con los demás, y son de las siguientes:

- a) El ahorro de un 50% en el uso de los materiales de partida.
- b) Obtener grandes volúmenes de producción a muy bajo costo.
- c) Se pueden producir piezas en forma rápida de una geometría relativamente complicada.
- d) La exactitud en la forma y dimensiones de la pieza, obteniendo un acabado superficial de alta calidad.
- e) Mejora las propiedades mecánicas en las piezas que se fabrican como: Una mayor dureza la cual la hace mucho más resistente a la tracción, flexión y fricción entre otras.
- f) No se necesita calentar el material para la forja ya que las operaciones de este proceso se hacen a temperatura ambiente.

2.2. DESVENTAJAS DE LA FORJA EN FRÍO

- a) La desventaja en materiales usados en este proceso en lo que se refiere al acero ya que en él es de gran importancia el contenido de carbono, los aceros con alto contenido de carbono no se pueden forjar tan fácilmente.

- b) Sólo se pueden forjar de preferencia piezas que sean simétricas ya que las de geometría asimétricas requieren de operaciones adicionales para terminarlas.

Como se podrá ver en este proceso hay más ventajas por lo cual es un proceso de fabricación de mucho futuro.

2.3 CLASIFICACIÓN DE FORJA EN FRÍO

La forja en frío se clasifica en una forma general según la figura 2-1 de las que se tomaran las subdivisiones de extrusión, recalado y prensado por ser los procesos de conformado en frío que más se tratarán en esta tesis.

También, se puede clasificar de acuerdo a la dirección de como fluye el material al momento de aplicar una fuerza de deformación, de acuerdo a esto se clasifican en los siguientes:

- a) Forja frontal o hacia adelante
- b) Forja hacia atrás
- c) Forja transversal

Adicionalmente se pueden clasificar también en base a la geometría de las piezas a forjar (ver figura 2-2).

- a) Forja de cuerpos sólidos
- b) Forja de cuerpos huecos
- c) Forja de casquillos.

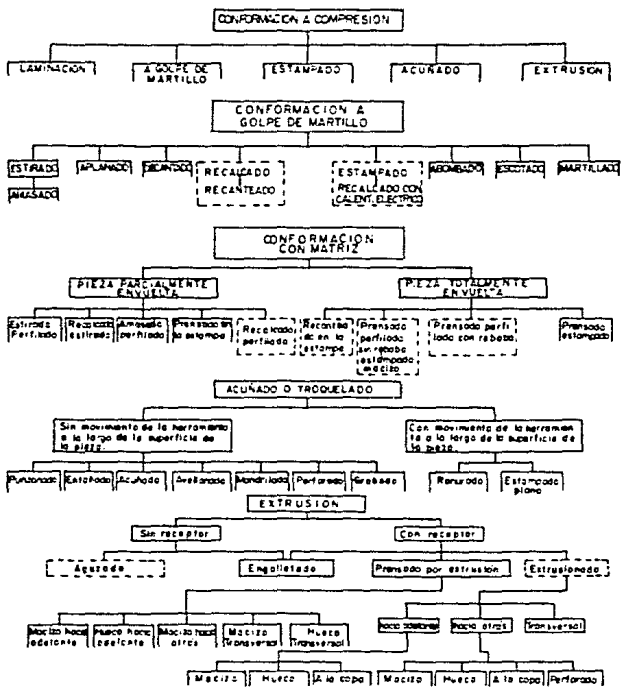


Fig. 2-1 Clasificación general de los procedimientos de la conformación a compresión según DIN 8583.

--- Aleaciones de Titanio
 — Acero

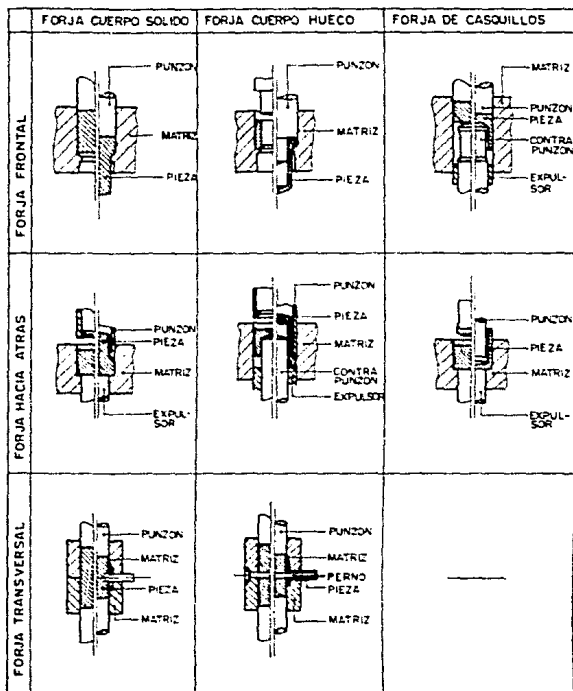


Fig. 2-2 REPRESENTACION DE PROCESOS MAS COMUNES EN LA FORJA FRIA.

2.4 CONFORMADO

El concepto general de la conformación se define según DIN 8580 de la siguiente manera:

" La conformación es la consecuencia de la forma de un cuerpo sólido mediante la transformación dúctil (plástica) ".¹

Para clasificar la técnica mecánica de conformación, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones.

- a) Los semiproductos de partida.
- b) Temperaturas de transformación.
- c) Configuración geométrica de los productos.

Respecto al proceso y las características del material es importante saber si la pieza se calienta o no antes de efectuarse la conformación, según la temperatura de transformación se distingue entre:

- a) Conformación después del calentamiento (conformación en caliente) con deformaciones importantes, fuerzas reducidas, exactitud dimensional reducida.
- b) Conformación sin precalentamiento (conformación en frío) con deformaciones limitadas, fuerzas elevadas y mayor exactitud respecto a las dimensiones.

¹ Billmann J. "Estampado y prensado a máquina".

2-5 EXTRUSIONES

El proceso de extrusión consiste en dar forma a una masa metálica, haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta, la cual se puede hacer en diferentes formas de extrusión que son:

2.5.1 EXTRUSION LIBRE HACIA ADELANTE.

En este tipo de extrusión existen dos tipos de fuerzas a la que es sometido el material a deformar que son:

- a) Fuerza de resistencia a la compresión (F_c)
- b) Fuerza de resistencia radial (T_r)

Este tipo de fuerzas se puede observar en la fig.2-3. mostrando la dirección y forma que toman las fibras de material al ser deformado.

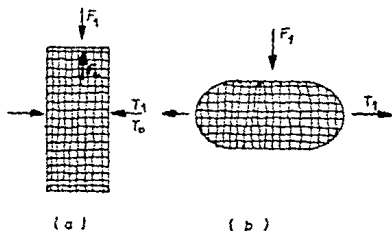


Fig. 2-3 Cuando la fuerza F_e vence a la fuerza de resistencia F_c "cede la resistencia" T_r , entonces el resultado se observa en el inciso (b).

De acuerdo a lo sucedido en la fig. 2-3 se ha establecido que para poder reducir de un diámetro mayor (D) a un diámetro menor (d) se tiene que calcular la resistencia T (resistencia radial) según el tipo de material a procesar.

En las figuras 2-4 a y b se pueden ver varios tipos de extrusión según el porcentaje de reducción.

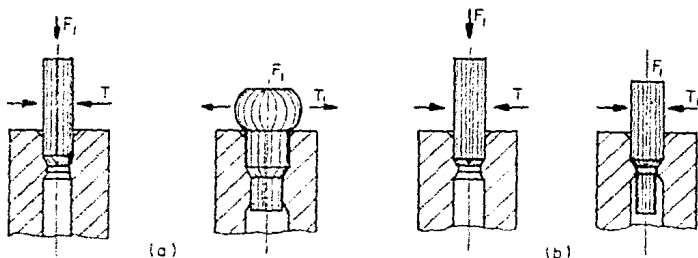


Fig. 2-4 Tipos de reducción (Extrusión libre).

Por definición la extrusión libre máxima permisible es de un 30% a un 35% de reducción de área. Para encontrar dicha reducción se tiene la siguiente fórmula:

$$100 - 100\left(\frac{d^2}{D^2}\right) = \% \text{ de reducción} \dots \dots \dots (3)$$

donde d=diámetro final (reducido)

D=diámetro de partida.

2.5.2 EXTRUSION ATRAPADA INVERSA

Contrariamente a las disposiciones anteriores, este proceso va a requerir de mayor cuidado en su utilización ya que el punzón a esta directamente sometido a grandes esfuerzos durante la extrusión del material.

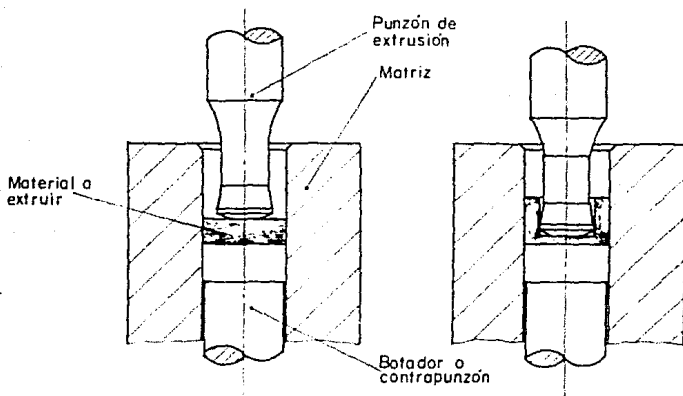


Fig. 2-5 Secuencia de fabricación de una pieza por medio de extrusión atrapada inversa.

Para calcular el % de reducción ver la fórmula (2) utilizada para la extrusión atrapada inversa, en esta ocasión el % mínimo de reducción es de 30% y el máximo es de 80% , ver fig. 2-6 para D y d de la fórmula mencionada.

$$\left(\frac{d}{D}\right)^2 100 = \% \text{ Reducción de área} \dots\dots (4)$$

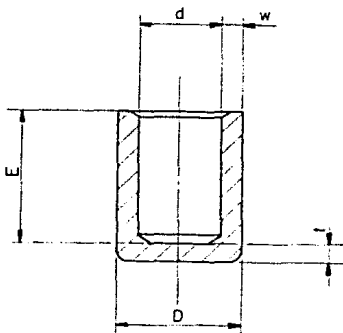


Fig. 2-6 Operación forjada a base de extrusión atrapada inversa.

Según la NATIONAL MACHINERY dice que el % de reducción mínimo es de 20-25 % y la máxima reducción de área es de 70-75 % . tomando como ejemplo el dibujo de la figura anterior podemos calcular los siguientes valores muy útiles en la práctica.

$$E = 2 \text{ a } 3 \times d \quad t = 1.5 \text{ a } 1 \times w$$

donde E= máxima profundidad de extrusión.

d= diámetro del punzón.

D= diametro de partida o cavidad de la matriz.

t= espesor mínimo entre punzón.

w= espesor de pared de la pieza.

2.5.3 EXTRUSION ATRAPADA DIRECTA

Este tipo de proceso es para reducciones mayores, en este caso es necesario introducir el trozo del material completamente dentro de la cavidad (+ 6.0 mm) mínimo ver fig. 2-7 a y b.

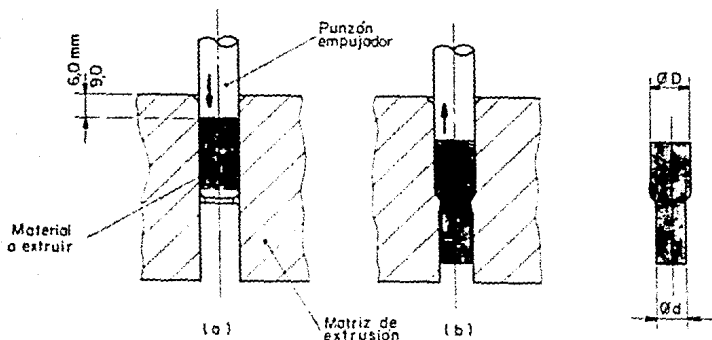


Fig. 2-7 Secuencia de fabricación utilizando el proceso extrusión atrapada directa (a) antes de la extrusión, (b) después de la extrusión.

La fórmula para obtener el % de reducción es igual que la extrusión libre hacia adelante, ecuación (3) solo que el % de reducción es: de 70 a 80 por ciento.

En los siguientes nomogramas de las fig. 2-8 y 2-9 (a), (b), (c). Podemos encontrar presión y reducción de área de algunos materiales típicos en el proceso de forja en frío (Extrusión).

Esta subdivisión ha de distinguirse de aquella que se refiere a las variaciones de resistencia durante el proceso de conformación. Según ella se distingue entre:

c) Conformación sin o con variación transitoria de la resistencia en general por debajo de la zona de recristalización.

La conformación con variación de resistencia permanente, por encima de la zona de recristalización.

Esta división se puede aplicar a la ordenación de los diferentes procedimientos, ya que muchos de ellos se realizan tanto a temperaturas elevadas como baja. Por lo tanto se eligió aquellos que ocasionan la conformación por RECALCADO Y EXTRUSION (figura 2-1) que son las que se van a emplear en las piezas típicas que más adelante se desarrollarán. Esto no quiere decir que las otras subdivisiones sean menos importantes, todas se toman en cuenta de acuerdo al producto que se vaya a diseñar y el tiempo de máquinas o prensas forjadas que se seleccionan.

$$\% = 100 - 100 \left(\frac{d^2}{D^2} \right)$$

D = Diámetro de porrido
 d = Diámetro a reducir

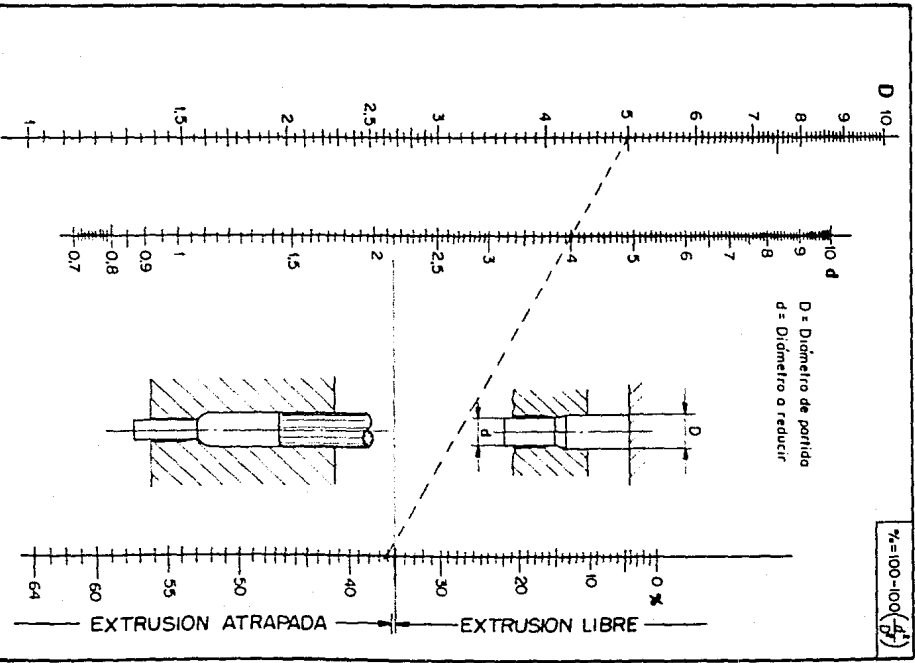


Fig. 2-8 Nomograma para reducción de área

Ejemplo de como utilizar los nomógrafos siguientes:

Tomando la figura 2-9, suponiendo que se desea fabricar una pieza geométrica semejante a esta figura y conociendo de antemano sus dimensiones iniciales y finales (d_0 , d_1) así como el material a utilizarse "St (0.05%C)":

Determinamos primeramente el área de reducción (ϵ_A)

$$\epsilon_A = 1 - \frac{A_0 - A_1}{A_0} = \frac{d_0^2 - d_1^2}{d_0^2}$$

Suponiendo que nos da un valor de 0.75 que es equivalente a 75%, con este valor nos apoyamos en la parte izquierda del nomógrafo y trazamos una línea vertical hasta intersectarse con la curva correspondiente al material utilizado, de este punto de intersección trazamos otra línea pero esta vez es horizontal y la prolongamos hasta que se intersecte con la recta correspondiente al valor de su reducción de área de la pieza. Con este último punto de intersección trazamos una línea vertical hacia abajo y obtendremos así la presión de deformación máxima requerida que en este caso es de 140 kg/mm^2

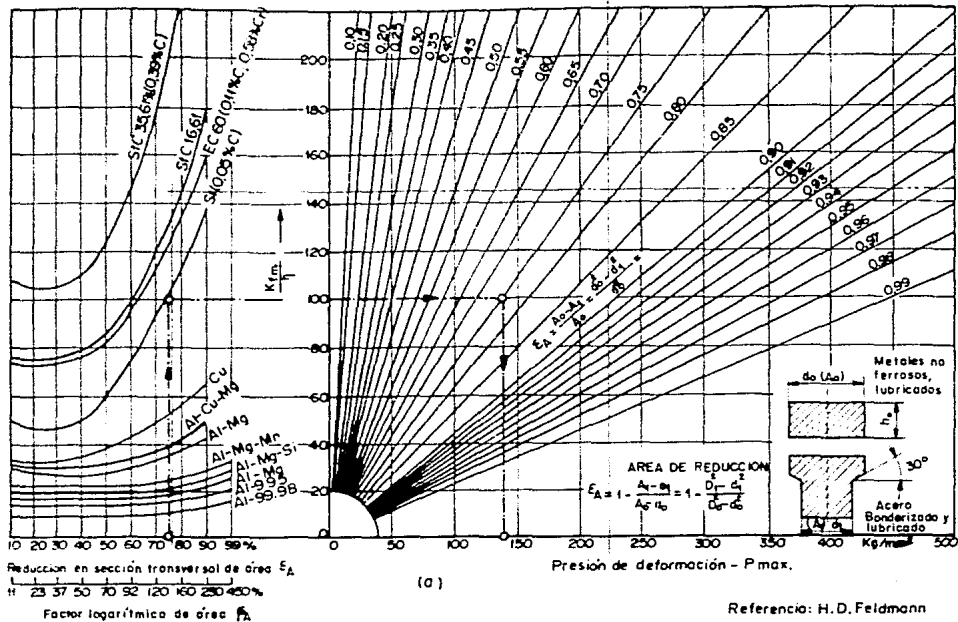


Fig. 2-9 Nomograma para determinar la presión de deformación en extrusión directa de un cuerpo sólido.

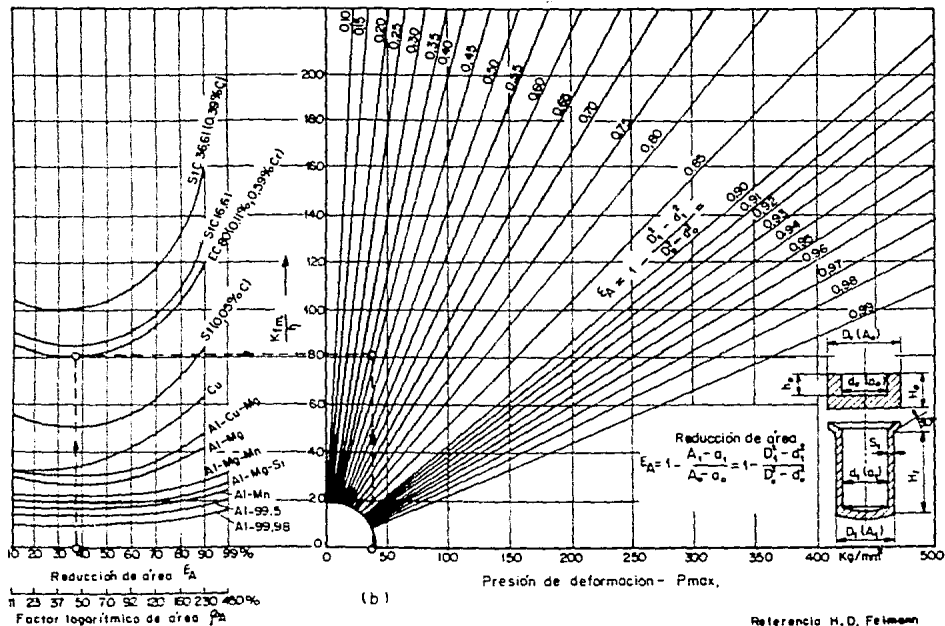


Fig. 2-9 Nomograma para determinar la presión de deformación en extrusión directa de un cuerpo hueco.

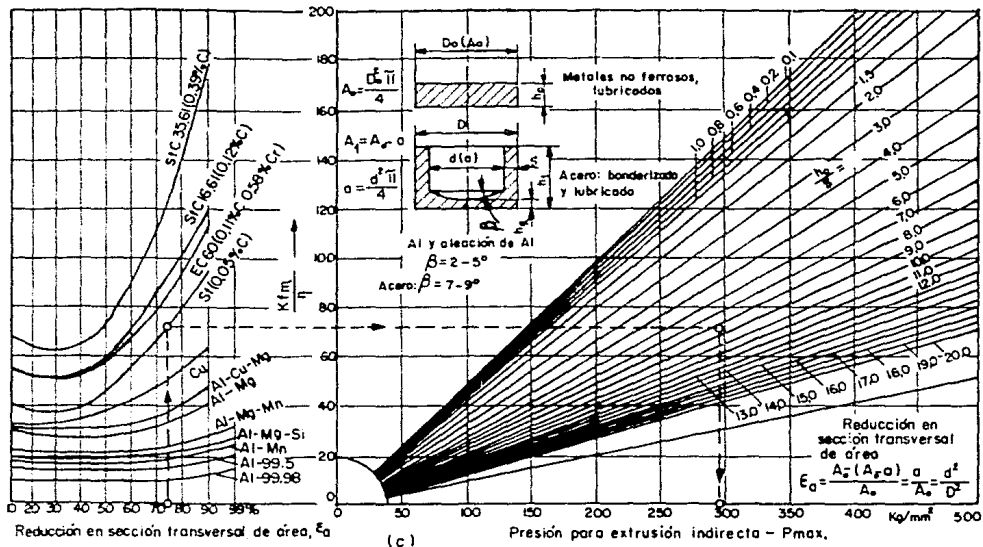


Fig. 2-9 Nomograma para determinar la presión de deformación en extrusión indirecta en un cuerpo hueco.

Ref: H. D. Felmann

2.6 RECALCADO Y PRENSADO

La mayoría de los materiales metálicos pueden conformarse mediante fuerzas exteriores sin perjudicar con ellas las propiedades del material. Esta conformabilidad de los materiales se debe a que las series de átomos dentro de cada uno de los cristales pueden desplazarse si al sobrepasar una determinada tensión límite, sin romper por ello la cohesión interna.

Haciendo una comparación en caliente con la conformación en frío esta última tiene la ventaja del ahorro de combustible, de una superficie brillante y limpia que en la mayoría de los casos no requiere ningún tratamiento posterior, siendo por lo tanto adecuado un ennoblecimiento mediante los diferentes tratamientos de superficie y tiene la ventaja de obtener dimensiones más exactas, este tipo de conformación es capaz de fabricar piezas más pequeñas las cuales serían imposible fabricar en una conformación en caliente.

Para obtener el proceso de recalcado y las fuerzas que se prestan en él, se deben conocer en primer lugar las relaciones geométricas de la deformación.

2.6.1 VOLUMEN DE RECALCADO

El volumen de recalcado es la cantidad de material que se conforma. Se determina por una parte, mediante las dimensiones del material de partida:

$$V_o = \frac{\pi d_o^2}{4} \cdot h_o [m^3] \dots\dots\dots (5)$$

y por otra parte, mediante las dimensiones de la cabeza acabada:

$$V_o = \frac{\pi (d_{max})^2}{4} h_1 [m^3] \dots\dots\dots (6)$$

Este volumen de recalco determina decisivamente la energía necesaria para la conformación.

2.6.2 RELACIÓN DE RECALCO

La conformación se caracteriza además por la relación de recalco:

$$S = \frac{h_o}{d_o}$$

Esta relación no es muy importante en la determinación de la fuerza y trabajo necesarios, sin embargo, es decisiva en la relación o mejor dicho en la realización perfecta del recalco, lo que se tratará más adelante en esta tesis.

2.6.3 RECALCADO Y GRADO DE RECALCADO.

La magnitud de la conformación a realizar en la dirección del recalcado viene dada por la variación relativa de alturas:

$$\epsilon_h = \frac{\Delta h}{h} = 1 - \frac{h_1}{h_0} \dots \dots \dots (7)$$

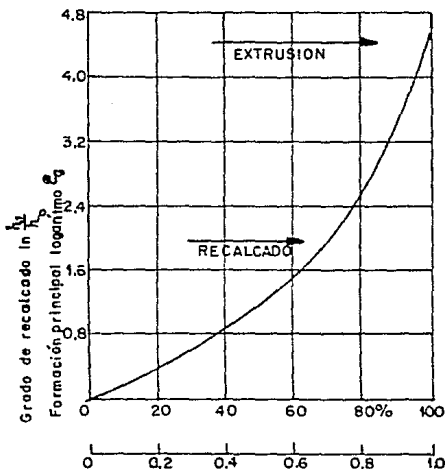


Fig. 2-10 Relación entre recalcado y el grado de recalcado (según Makelt)

Esta magnitud multiplicada por 100 se expresa siempre en porcentaje se puede calcular de manera más simple mediante la eformación absoluta logarítmica que se denomina grado de recalcado:

$$\varphi = \left| \ln \frac{h_0}{h_1} \right| = \left| \ln \frac{h_1}{h_0} \right| = \ln(1 - \epsilon_h) \dots \dots \dots (8)$$

por tanto el grado de recalcado y el recalcado están entre si relacionados, tal como indica la figura 2-10.

2.6.4 RELACION DE SECCIONES

El recalcado y el grado de recalcado facilitan una medida para la deformación en la dirección del recalcado pero también es importante la deformación en sentido transversal, caracterizada por la relación de secciones:

$$q = \frac{\lambda_{max}}{\lambda_0} = \frac{(d_{max})^2}{d_0^2} \dots\dots\dots (9)$$

Existen otros tipos de relaciones y deformaciones las cuales aparecerán en la tabla No. 2-1. que se completa con la fig. 2-11, donde:

d_0	Diámetro inicial	mm
h_0	Longitud de recalcado o altura inicial.....	mm
d_1	Diámetro de la cabeza (medio).....	mm
h_1	Altura de recalcado.....	mm
h_r	Altura de la cabeza.....	mm
h_i	Recorrido de trabajo de recalcado.....	mm
d_{tot}	Diámetro total.....	mm
Δh	Diferencia teórica de altura.....	mm
h_r	Espesor de la rebaba.....	mm

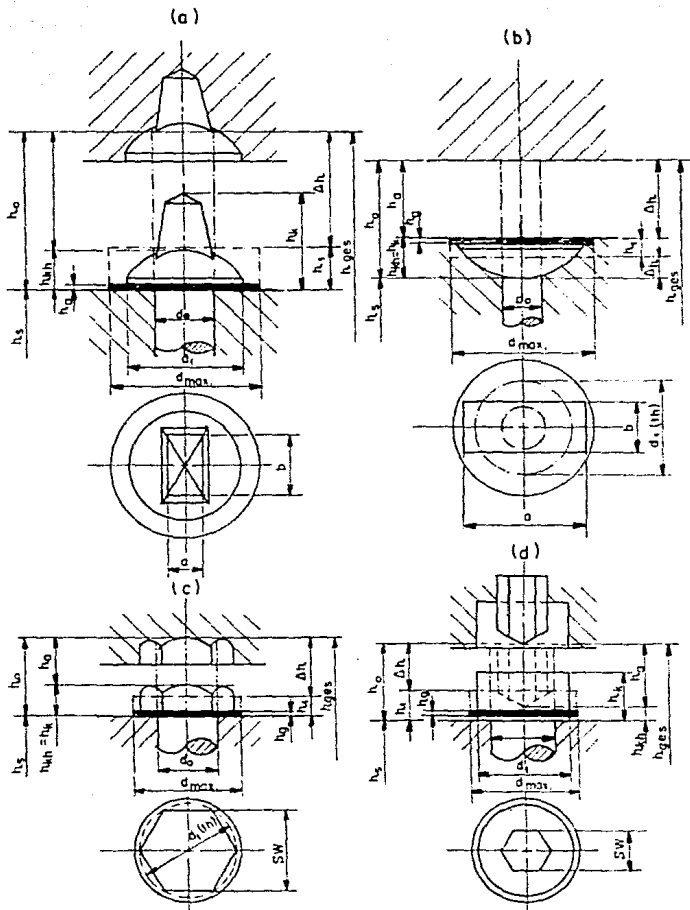


Fig. 2-11 Dimensiones de deformación de formas recalcadas típicas (Según Mäkelä)

Tabla 2-1 Relación de deformación en el recalado de cabezas de figura 2-11

FORMA DE LA CABEZA SEGUN FIG. 2-11	a	b	c	d
Diametro inicial d_0 [mm]	24	22	24	26
Volumen de recalado $V_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} \cdot h$ [mm ³]	23 850	15 800	16 700	21 800
Relación de recalado $s = \frac{h_0}{d_0}$	2,2	1,9	1,54	1,58
Relación recorrido de trabajo $\frac{h_1}{h_0}$	0,79	0,59	0,59	0,85
Recalado $\epsilon_h = \frac{\Delta h}{h_0}$	0,78	0,88	0,71	0,65
Relación de las secciones $q = \frac{A_{max}}{A_0}$	4,6	8,4	3,5	2,9
Relación de las dimensiones finales $\frac{d_{max}}{h_1}$	4,6	12,6	4,3	3,1
Deformación media relativa $\epsilon_m = \frac{A_1 - A_0}{A_1}$	0,70	0,66	0,62	0,48
Deformación máxima relativa $\epsilon_{max} = \frac{A_{max} - A_0}{A_{max}}$	0,78	0,88	0,71	0,66
Deformación media logarítmica $\varphi_m = \ln \frac{d_1^2}{d_0^2}$	1,2	1,0	0,9	0,7
Deformación máxima logarítmica $\varphi_{max} = \ln \left(\frac{d_{max}^2}{d_0^2} \right)$	1,5	2,4	1,2	1,0
Relación diferencia de alturas $\frac{\Delta h}{h_0}$	0,99	1,48	1,2	0,70

2.7 DESARROLLO DEL PROCESO DE RECALCADO

Para efectuar un proceso de recalcado en forma correcta, además de la consideración de las fuerzas y energía que se desarrollan es de gran importancia tener en cuenta otras medidas y circunstancias. Ya veremos más adelante que tiene gran influencia la relación de recalcado $S = h/d$.

Además de tomarse en cuenta la deformación máxima y local, especialmente en formas complicadas que se pueden encontrar auxiliándonos con la figura 2-11 y la tabla 2-1.-

También se puede encontrar mediante las figuras 2-13 hasta la 2-17 que se tratan de nomógramas con las cuales es posible hallar sin cálculo la relación de recalcado o la longitud de recalcado.

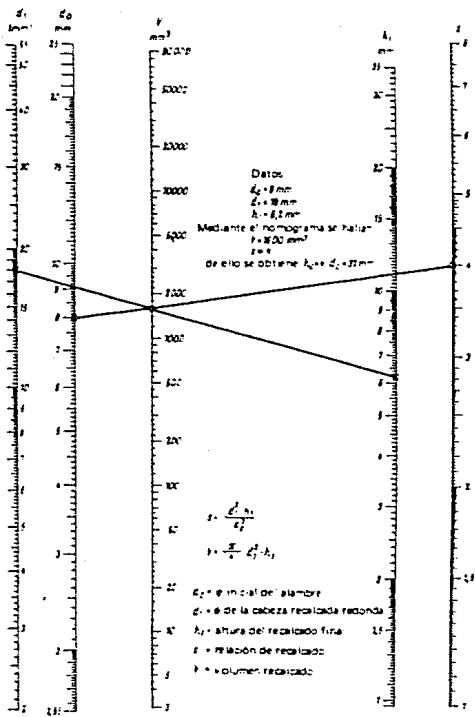


FIG. 2.13 Determinación de la relación de recalado (según norma VDI 3171).

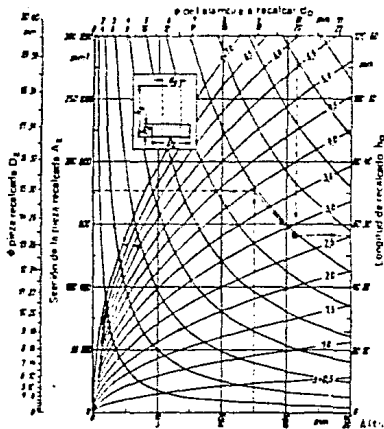


FIG. 2.14 Nomograma para la determinación gráfica de la longitud y la relación de recalcado a partir de las dimensiones de la pieza a recalcar y del diámetro del alambre.

Ejemplo:

Se tiene una barra redonda de diámetro $d_0 = 20$ mm ha de recalcarse un cilindro de diámetro $D_2 = 30$ mm y altura $h_2 = 25$ mm. ¿Cuál será la longitud necesaria del material de partida o longitud de recalcado así como su correspondiente relación de recalcado?

Conociendo el diámetro de la pieza ya recalcada (D_2) y la altura de recalcado (h_2) trazamos las líneas horizontal y vertical respectivamente y apoyándonos en el punto de intersección de ambas tomamos la curva del diámetro del alambre a recalcar (d_0) ya sea que coincida con una de ellas o una paralela imaginaria y la seguimos hasta que se intersekte con la línea vertical correspondiente al diámetro del alambre a recalcar $d_0 = 20$ mm.

De este último punto de intersección trazamos una línea horizontal hacia la derecha y encontramos la longitud de recalado buscada $h = 56 \text{ mm}$.

Con el mismo punto de intersección encontramos la curva de relación de recalado correspondiente (estas curvas son las que parten del origen).

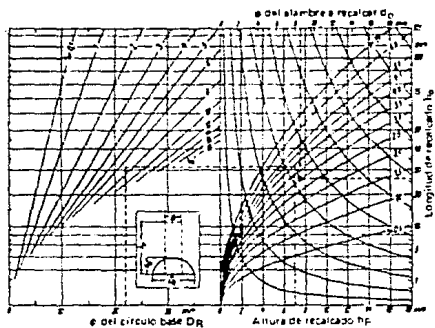


FIG. 2-15 Nomograma para determinar gráfica de la longitud y la relación de recalado a partir de las dimensiones de la pieza a recalcar y del diámetro del alambre en un recalado esférico.

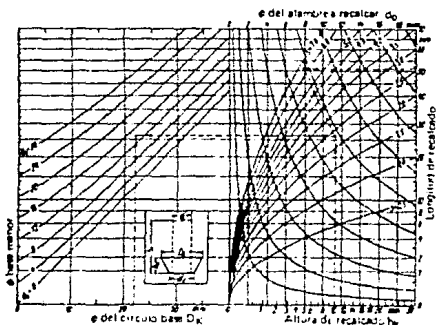


FIG. 2-16 Nomograma para determinar gráfica de la longitud y la relación de recalado a partir de las dimensiones de la pieza a recalcar y del diámetro del alambre en un recalado troncocónico.

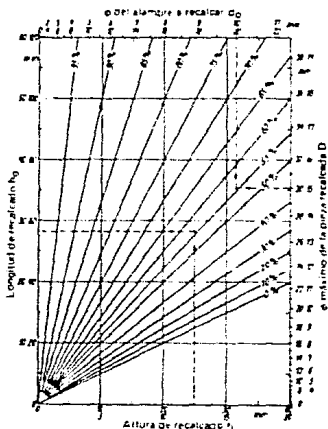
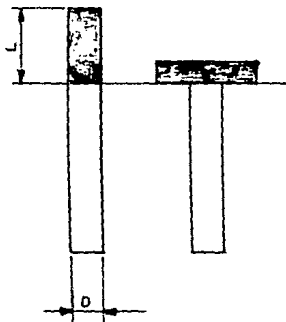


Fig. 2-17 Nomograma para la determinación gráfica de la deformación media a partir de la longitud y altura de recalcado y de la deformación máxima a partir del diámetro máximo de la pieza recalcada y del alambre.

Dentro del proceso de recalado es muy importante la cantidad de material necesario para obtener la forma deseada y también la cantidad de golpes necesarios para hacer dicha deformación, tomando en cuenta así mismo la longitud de deformación y el diámetro general de partida, sobre todo para la formación de cabezas en tornillos, para mayor entendimiento se mostrará en las figuras siguientes, secuencias de fabricación observándose los tipos de recalado con deformación abierta y cerrada.



$$\text{No. de diámetros} = L/D = R.R.$$

L = Longitud del alambre que forma la cabeza.

D = Diámetro del alambre.

Fig. 2-18 Cantidad de material que se necesita para formar la cabeza con respecto al diámetro del alambre.

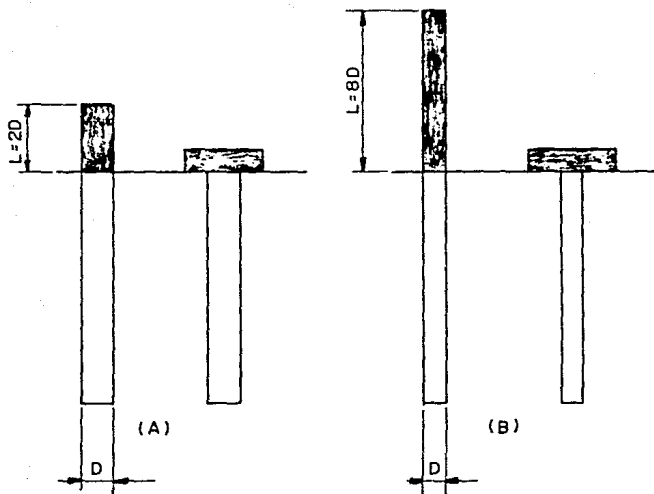


Fig. 2-19 (A) y (B). En esta fig. se puede ver la cantidad de material necesario para formar cabeza partiendo de 2 diámetros de alambre y 8 veces el diámetro respectivamente.

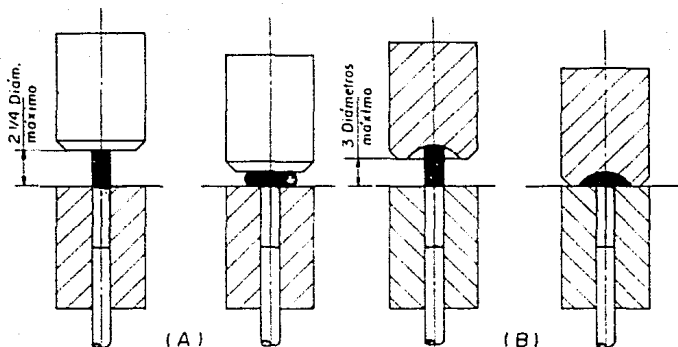


Fig. 2-20 Tipos de deformaciones en un golpe, A) Deformación abierta, pudiendo deformar de 2 a $2 \frac{1}{4}$ de diámetro máximo, B) Deformación cerrada, se puede deformar como máximo 3 diámetros.

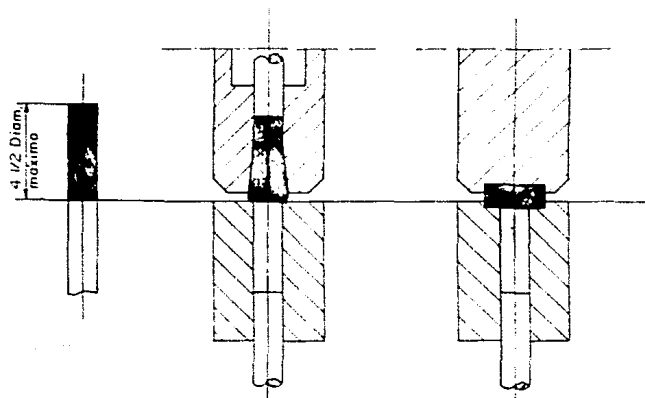


Fig. 2-21 Deformación en 2 golpes, se puede deformar como máximo $4 \frac{1}{2}$ diámetros.

En el recalcado también tenemos el golpe amortiguado, en el cual cambia el herramental utilizado para hacer la deformación y lo cual se puede deformar como máximo $2 \frac{1}{4} (d)$, en la fig. 2-22 se observa la secuencia de fabricación con un golpe amortiguado.

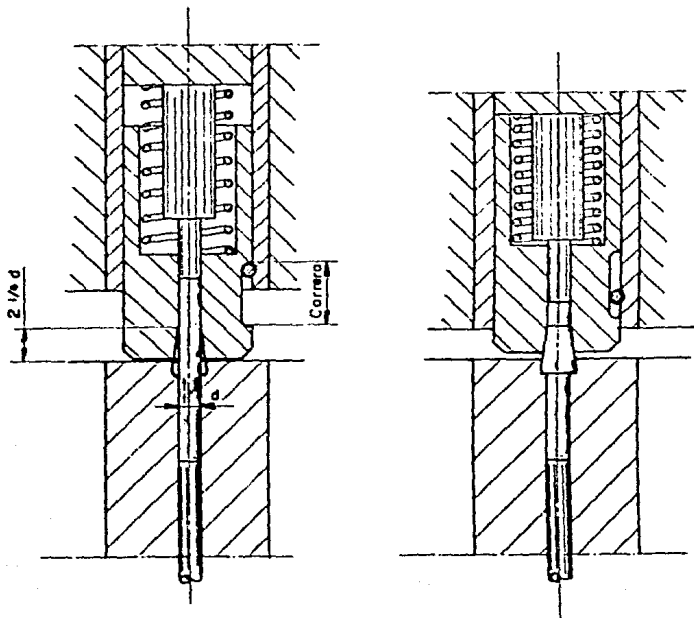
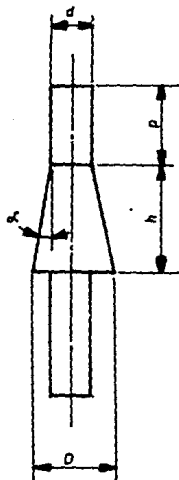


Fig. 2-22 Esta secuencia muestra el primer golpe amortiguado.

Las secuencias de fabricación mostradas anteriormente se completan mediante la tabla 2-2 que nos da la información dimensional según la relación de recalcado.

TABLA 2-2

RR	D	h	P	α
4.5	1.65d	1.56d	1.70d	11°46'
4.3	1.55d	1.64d	1.60d	10°20'
4.1	1.55d	1.59d	1.48d	9°50'
4.0	1.50d	1.63d	1.42d	8°43'
3.9	1.44d	1.66d	1.40d	7°32'
3.7	1.43d	1.64d	1.25d	7°27'
3.5	1.32d	1.77d	1.10d	5°09'
3.1	1.30d	1.68d	0.87d	5°06'
3.0	1.30d	1.65d	0.80d	5°11'
2.9	1.29d	1.63d	0.75d	5°05'
2.7	1.28d	1.59d	0.62d	5°01'
2.5	1.26d	1.56d	0.50d	4°46'
2.3	1.23d	1.54d	0.38d	4°16'
2.0	1.2d	1.47d	0.22d	3°54'
1.0	----	----	----	----



RR = Relación de recalcado.
 D = Diámetro del cono.
 d = Diámetro del material.
 h = Altura del cono.
 p = Altura del piloto.

CAPITULO 3

DEFECTOS MAS COMUNES EN LA FORJA FRÍA Y CAUSAS QUE LOS PRODUCEN.

Los efectos ocasionados por la deformación en un metal al someterlo a fuerzas de compresión principalmente, se pueden dividir en dos tipos:

- a) Defectos superficiales.
- b) Defectos en el interior del material.

3.1 DEFECTOS SUPERFICIALES.

Este tipo de defecto se puede identificar en forma de "grietas, fisuras o ralladuras", otros defectos que también se pueden mencionar son: descentramiento, pandeo, inclinación en algunos de los extremos, material acumulado (rebaba) en alguna parte de la pieza, principalmente en algunos de los ángulos o radios ya sean interiores o exteriores; Estos últimos se pueden detectar midiendo las piezas, mientras que los otros se pueden observar a simple vista o con ayuda de algunos aparatos del laboratorio de control de calidad.

A continuación se indicarán los defectos más comunes en la superficie de los metales y en diferentes tipos de procesos como son extrusión y recalcado.

Ver las siguientes figuras 2-23, 2-24 y 2-25.

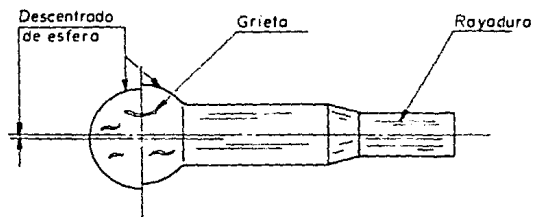


Fig. 2-23 Perno esférico con reducción con sus defectos mas comunes.

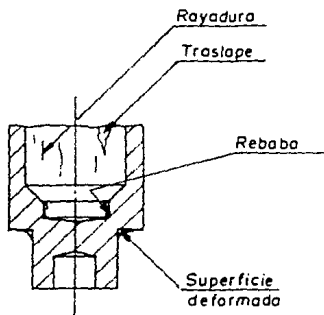


Fig. 2-24 Defectos mas comunes en la extrusión de una pieza.

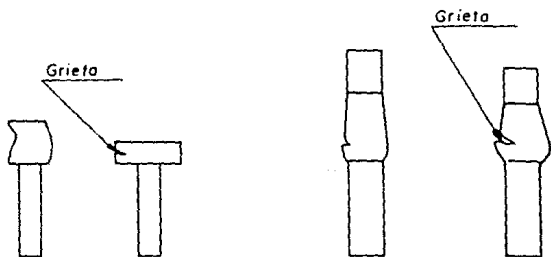


Fig. 2-25 Este tipo de defectos es muy común al hacer la cabeza de un tornillo.

3.2 DEFECTOS EN LA ESTRUCTURA INTERNA DEL METAL.

Estos defectos no pueden ser detectados a simple vista, es necesario usar aparatos muy especiales, contra las piezas, atacar con ácido, tomar las fotografías aumentadas para poder apreciar bien estos defectos, los cuales pueden ser: burbujas periféricas que son las más comunes, reforjaduras, recorrido incorrecto de las fibras, éste es uno de los más importantes. En la figura anterior 2-28 se puede apreciar un ejemplo de este tipo de defecto.

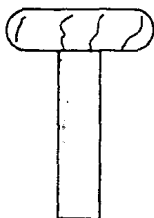


Fig. 2-26 Cabezo de tornillo recalcado en frío con grieta longitudinal reventada,

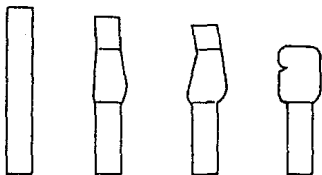


Fig. 2-27 Pondeo de la pieza en el pre-recalcado debido a la longitud libre de recalcado demasiado larga.

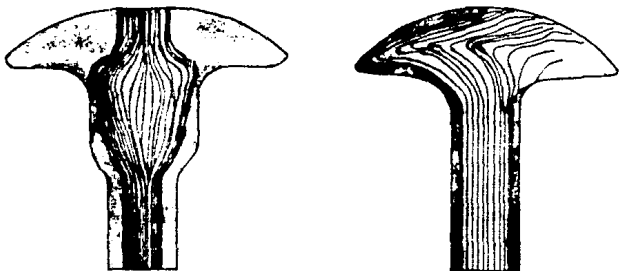


Fig. 2-28 Piezas recalcadas en frío con un recorrido de las fibras no favorables.

3.3 CAUSAS QUE ORIGINAN LOS DEFECTOS

En todos los procesos de fabricación sometidos a una deformación en frío la causa que provoca defectos como son: grietas, ralladuras o burbujas entre otros, en su mayoría se debe a los materiales de partida. Estos defectos se pueden corregir sometiendo muestras del lote de material que se va a utilizar a un riguroso chequeo de control de calidad.

En lo que se refiere al proceso de forja por extrusión y reducción de área las causas que intervienen pueden ser:

- a) calcular o tomar el por ciento de reducción de area erróneamente.
- b) Aplicar más fuerza de la necesaria para la deformación.
- c) mal ajuste de los herramientas al hacer los montajes en cada una de las operaciones.
- d) Herramental mal diseñado o en mal estado
- e) Que el material tenga demasiada dureza (mayor contenido de carbono).
- f) Que la secuencia de fabricación o de operación esté mal diseñada
- g) No hacer los tratamientos térmicos y superficiales que sean necesarios.

En la deformación por recalco las causas pueden ser las siguientes:

Utilizar una relación de recalco inadecuado (demasiada longitud en el cono o en el piloto)

Y todos los incisos a partir del b mencionados en la parte superior, extrusión y reducción de área.

CAPITULO 4

MATERIALES DE PARTIDA.

4.1 TIPOS DE MATERIALES.

4.1.1 ACEROS.

El tipo de material se determina principalmente por el fin de la pieza a fabricar, el material más usado en el prensado y recalcado es el "acero".

Las exigencias que debe cumplir el material depende de si el acero se conforma en caliente o en frío.

4.1.2 ACEROS PARA FORJAR EN FRÍO.

Inversamente a los aceros para la conformación en caliente, el número de aceros para la conformación en frío es más limitado. Las exigencias para forjar un material en frío excluye a muchos aceros, por ejemplo: Los aceros que contienen gases, especialmente Nitrógeno, el acero Thomas no figura entre los aceros para conformar en frío debido a su alto contenido de Nitrógeno de 0.01 a 0.03 %, que sufre un aumento muy grande en su dureza en pequeñas deformaciones en frío, si se fabrica un tornillo con este tipo de acero el mínimo esfuerzo se le arrancaría la cabeza.

Por lo cual los aceros SIEMENS-MARTIN cuyo contenido de Nitrógeno es de 0.002 hasta 0.008 % y los aceros electrolíticos son los más apropiados para la conformación en frío.

El acero es uno de los metales más importantes por ser el más adecuado para la forja en frío. Todas las adiciones tanto de carbono como de otros elementos de la aleación dificultan la conformidad en frío del acero.

En la microestructura el acero recocido se hallan dos diferentes fases "la ferrita y la perlita". La primera se conforma muy bien en frío ya que no contiene carbono, mientras que la segunda es muy difícil de conformarse debido al contenido de carbono. Todo el acero es tanto más conformable cuanto menor es la proporción de perlita que tenga, es decir, entre menor sea el contenido de carbono. Por lo tanto para el recalado en frío se da preferencia a los aceros con bajo contenido de carbono, este en general no pasa del 0.50%, sólo en casos muy especiales se trabaja con 1.1% para la fabricación de rodamientos de bolas.

También se debe mencionar a otros elementos dentro del acero que también tiene influencia en la conformidad en frío como son el silicio y el níquel. Tenemos otros de menor influencia como son: Cromo, Vanadio, Molibdeno y Manganeso, éstos actúan sobre la ferrita llamados endurecedores de la misma perjudicando su conformando en frío.

Para el prensado o conformado en frío de tornillos y tuercas se exigen dos características importantes

- a) El acero se ha de conformarse fácilmente para poder prensar la tuerca en bruto.
- b) Es preciso un fácil arranque de virutas del material.

Esto se puede conseguir mediante una elección del material con azufre, pero hay el inconveniente de que afecta en su conformabilidad, por lo cual ha de hallarse una solución de compromiso de modo que se agregue azufre en menor proporción que los aceros automáticos. con ello se mantiene una suficiente conformabilidad en frío del material y se facilita el corte de la viruta.

La norma DIN 17111 menciona los siguientes tipos de aceros para la fabricación de tornillos forjados en frío que son: U7S10, U10S6 y U10S10, como aceros efervescentes y desoxidados con sus características respecto a la resistencia.

También existe la norma DIN 1654 para aceros calibrados, la cual se está revisando actualmente.

La nueva edición "Aceros para fines de recalado y extrusionado en frío" abarcará también otros tipos de estructuras conformadas en frío. Como estado de partida se considera tanto el estirado como el laminado, por lo cual los aceros se han dividido en cuatro grupos importantes que son:

- 1.- Aceros no indicados para tratamiento en caliente
- 2.- Acero de cementación
- 3.- Aceros para temple y revenido
- 4.- Aceros resistentes a la corrosión y a los ácidos

Los aceros no adecuados para un tratamiento en caliente son aquellos que no se tratan térmicamente después de la conformación en frío, es decir, no se cementan en caja ni se someten a templado y reveniendo ente otros. Los aceros UQSt 36-2 conocido como MUK 7, se usa para piezas pequeñas y sencillas, ya que se trata de un acero efervescente, y sólo bajo ciertas condiciones. Tampoco el acero USQt 38-2 se utiliza mucho para conformación en frío.

Los aceros más utilizados en la actualidad para la conformación y el recalado en frío, son aceros desoxidados MUK 6 y Ma 8, el segundo grupo de los aceros de cementación es el más adecuado para la conformación en frío. En las tablas 4-1 y 4-2 se indican los aceros de cementación más recomendados para la conformación en frío. Para alcanzar la resistencia mínima de deformación, se propone no utilizar el 20MnCr₃ y sustituirlo por el 20MoCr₄ con igual resistencia en el núcleo de la pieza y el cual es más fácil de conformarlo en frío.

TABLA 4-1 Composición química media de aceros de cementación para la conformación en frío según Klessler Frober

Tipo de acero (según DIN 27006)	C %	Mn %	Cr %	Mo %	Ni %
Co 15	0.15	0.45	---	----	---
15 Cr ₃	0.15	0.50	0.55	----	---
16 Mn Cr ₅	0.16	1.15	0.95	----	---
20 Mo Cr ₄	0.20	0.75	0.40	0.45	---
15 Cr Ni ₄	0.15	0.50	1.55	----	1.55
17 Cr Ni ₄ Mo ₂	0.17	0.50	1.65	0.30	1.55

El tercer grupo de los aceros para temple y revenido es especialmente adecuado para la conformación en frío (tabla 3-3 y 3-4). En este caso se trata de los tres aceros no aleados Cq22, Cq45 y Cq35. Los demás aceros Cr y Cr-Mo se utilizan también con el contenido de carbono indicado para la conformación en frío. Con una tenacidad casi igual, la resistencia aumenta al aumentar la aleación de 55/70 Kp/mm² en caso de acero Cq22 a 120/140 kp/mm² en caso de acero 34 CrNiMo.

En ocasiones se exigen determinadas características de resistencia con temperaturas elevadas. Estos aceros de resistencia en caliente para tornillos y tuercas se determinan según DIN 17240; se utilizan para temperaturas mayores que 350 a 540°C, con un diámetro hasta 17,5 mm. aproximadamente, se trata de aceros para conformar tanto en frío como en caliente.

TABLA 4-2 Características de resistencia de aceros de cementación para la conformación en frío según Kiessler y Frober.

TIPOS DE ACERO (Según DIN 17006)	Estirado en frío, recocido blando ligeramente resti- rado en frío.		Templado por in- ducción 30 mm de diámetro.	
	Resisten- cia a la tracción Kg/mm ² máximo	Estric- ción de rotura % mínimo	Resisten- cia a la tracción Kg/mm ²	Resis- tencia (KCU), Kgm/cm ² mínimo
Cq 15	52	65	55/80	6
15 Cr 3	52	62	70/95	6
16 MnCr 5	56	62	85/115	5
20 MoCr4	56	62	80/110	6
15 CrNi 6	58	62	95/125	5
17 CrNiMo 6	65	58	105/135	5

TABLA 4-3 Composición química media de algunos aceros para temple y revenido para la conformación en frío según Kiessler y Frober.

TIPO DE ACERO (DIN 17006)	C %	Mn %	Cr %	Mo %	Ni %
Cq 22	0.22	0.45	--	--	--
Cq 35	0.35	0.65	--	--	--
Cq 45	0.45	0.65	--	--	--
38 Cr 1	0.38	0.65	0.28	--	--
37 Cr 4	0.37	0.75	1.05	--	--
42 CrMo 4	0.42	0.65	1.05	0.23	--
34 CrNiMo 4	0.34	0.65	1.50	0.23	1.50

TABLA 4-4 Características de resistencia de algunos aceros para temple y revenido, para la conformación en frío según Klessler y Frober.

TIPO DE ACERO (DIN 17006)	Estirado en frío recocido blando y ligeramente restirado en frío		Templado en aceite		Templado y revenido ≤ 16 mm \blacklozenge	
	Resistencia a la tracción Kp/mm ²	Estricción de rotura % mínimo	Diámetro máximo (mm)	Dureza mínima nuclear HRC.	Resistencia a la tracción Kp/mm	(KCU) 2 Kpm min.
Cq 22	56	62	-	-	55/70	7
Cq 35	59	60	7	40	63/78	5
Cq 45	62	58	11	40	71/86	3
38 Cr 1	60	60	12	40	75/90	5
37 Cr 4	64	60	22	40	95/115	4
42 CrMo 4	66	58	28	45	110/130	4
34 CrNiMo 6	70	62	40	45	120/140	5

Para el cuarto grupo, los aceros resistentes a la corrosión y a los ácidos se prevén para la conformación en frío en cada caso los aceros al cromo ferríticos y martensíticos con 13 o 17% Cr y cinco aceros al CrNi austeníticos con o sin aleación de Mo, que aumenta la estabilidad química. Las variantes estabilizadas con titanio son necesarias si se efectúan soldaduras.

En las tablas 4-5- y 4-6 se indican los aceros resistentes a la corrosión y a los ácidos previstos para la conformación en frío junto con sus características de resistencia en el estado de suministro y de montaje.

TABLA 4-5 Composición química media de acero resistentes a la corrosión para la conformación en frío, según Kiessler.

TIPO DE ACERO (DIN 177006)	C %	Cr %	Mo %	Ni %	Ti %
X6 Cr 13	0.06	13.0	---	---	---
X8 Cr 17	0.08	17.0	---	---	---
X12 Cr 13	0.12	13.0	---	---	---
X21 CrNi 17	0.21	17.0	---	2.0	---
X6 CrNi 1810	0.06	18.0	---	9.5	---
X6 CrNiTi 1810	0.06	18.0	---	10.5	5X C
X8 CrNi 18 12	0.08	18.0	---	12.0	---
X6 CrNiMo 17122	0.06	17.2	2.2	12.0	---
X6 CrNiMoTi 17122	0.06	17.2	2.2	12.0	5X C

TABLA 4-6 Características de resistencias de aceros resistentes a la corrosión para la conformación en frío según Klessler y Frober.

TIPO DE ACERO (DIN 17006)	Estirado en frío, recocido o bien templado y restirado frío.		Características de resistencia en estado de montaje.		
	Resistencia a la tracción Kg/mm ² máximo.	Estricción de rotura % mínimo	Estado de tratamiento.	Resistencia a la tracción Kg/mm ²	Alargamiento % mínimo
X6 Cr 13	65	65	recocido	45/65	20
X8 Cr 17	65	65	recocido	45/65	18
X12 Cr 13	65	62	templado	60/80	16
			y		
X21 CrNi 17	95	50	revenido	90/115	9
			y		
X6 CrNi 1810	75	55	templado	50/70	40
X6 CrNiTi 1810	75	50	templado	50/70	35
X8 CrNi 1812	75	55	templado	50/70	40
X6 CrNiMo 17122	75	55	templado	50/70	40
X6 CrNiMoTi 17122	75	50	templado	50/70	35

TABLA 4-7 Conformabilidad en frío de aleaciones de aluminio.

Conformabilidad buena	Conformabilidad media	Conformabilidad escasa
Aluminio muy duro	AlMgSi blando	AlMgSi templado en caliente.
Aluminio puro blando	AlMg 3 blando	AlMgMn semiduro
AlMn blando	AlCuMg (aleacion normal blando)	AlMg 5 semiduro
Aluminio puro semiduro	AlMgSi templado en frío	AlCuMg (aleacion normal templado)
AlMn semiduro	AlMg 5 blando AlMn blando	AlMg 7 semiduro AlCuMg (aleacion muy resistente) templado
	Aluminio puro duro	
	AlMg 3 semiduro AlMg 7 blando	AlMn duro AlMgMn duro
	AlCuMg (aleacion muy resistente) blando	AlZnMg 1 AlZnMgCu 1.5

Los aceros recomendados en las tablas 4-1 hasta 4-6 para el recalado y prensado en frío serán suficientes en muchos casos con esta composición química y con las características indicadas. En VDI 3143² " materiales para el extrusionado en frío-Aceros" se dan consejos especiales por parte de los consumidores respecto de la elección del acero y de sus características de resistencia, especialmente en el extrusionado.

La elección del acero apropiado depende en primer lugar de la estabilidad química que aumenta en grandes rasgos a medida que aumenta el contenido del Cromo, Níquel y Molibdeno, mientras que la conformabilidad en frío disminuye.

La fusión de aceros al cromo-níquel en hornos eléctricos con contenido de carbono inferiores a 0.07% presenta grandes dificultades técnicas. La mejor solución resultó ser en general los aceros fundidos con titanio, tántalo o niobo. Últimamente se intenta con aleación adicional de un 0.15 a 0.25 % de Nitrógeno, dejando iguales los análisis de los aceros austeníticos al Cromo-Níquel con bajo contenido de carbono, conseguir los siguientes resultados:

- a) Una mayor estabilidad austenítica.
- b) Un mayor límite de fluencia en estado de la solución con la misma buena conformabilidad en frío.

² Tablas del libro Estampado y prensado a máquina.
J. Billigman, H.D. Feldmann.

- c) Una mejor tenacidad en frío a bajas temperaturas.
- d) La misma buena resistencia.
- e) Un buen arranque de virutas.
- f) Una caída menor del límite de fluencia a temperaturas más elevadas.

El material de partida para la conformación de bolas de rodamientos son aceros directamente templadas aleadas con cromo al 0.5 a 1.5 % aproximadamente, se distinguen por una resistencia al desgaste y tenacidad uniformes. Según normas SEL y DIN 17006 = además de la norma DIN 17007³ =.

³ Tablas del libro Estampado y prensado a máquina
J. Billigman, H.D. Feldmann.

4.1.3. MATERIALES NO FERRICOS

Los materiales de partida más importantes después del acero son el "cobre y sus aleaciones". tales como el latón, bronce y cobre blanco, se utilizan según la resistencia y dureza como también su ductibilidad eléctrica y térmica. También se emplean para fabricar piezas resistentes a la corrosión. El recalado en frío con estos materiales soporta las conformaciones máximas debido a su reducción endurecimiento en frío, en el recalado y prensado en caliente es muy insensible respecto a la temperatura de conformación.

Para el latón tenemos las composiciones según DIN 17660 y 17671 desde el punto de vista técnico y los tipos de latón más utilizados son Ms 63 y Ms 60 aunque también existen otros que son muy comunes en la conformación en frío, Ms 72, el latón no es templable.

Desafortunadamente las aleaciones de este tipo con cobre, excepciones aparte, son sensibles a las grietas por tensión y corrosión. Únicamente se emplean también el cobre al berilio con características favorables y buena conformabilidad en frío.

4.1.4 METALES LIGEROS.

El empleo de materiales como son Aluminio y Magnesio ha aumentado cada vez más en los últimos años, imponiéndose sobre todo cuando es preciso un ahorro de peso. La mayoría de estos materiales son también resistentes a la corrosión.

El Aluminio puro se emplea en diferentes grados de pureza para fines generales normalmente se emplean los tipos Al 99 y Al 99.5 mientras que las calidades 99.7 a 99.9 se emplean para exigencias muy elevadas.

De todos los materiales el aluminio puro y muy puro ofrece la mejor estabilidad química, pero la peor resistencia, por lo tanto son adecuados siempre que se desee una máxima resistencia química y resistencia a la intemperie.

La conformabilidad en frío de las diferentes aleaciones de Aluminio es buena en estado blando. En estado duro, semiduro y templado, en cambio son menos adecuados para conformaciones fuertes. Ver tabla 4-7.

Para mayor información consulte tablas de normas según DIN 1447 =, DIN 1725 = Y DIN 1748¹ =.

¹ Libro Estampado y prensado a máquina
J. Billigman, H.D. Feldmann.

De los materiales no ferrosos aparte de los ya mencionados tenemos otro de menos importancia que solamente se nombrarán en una forma muy esporádicamente como son:

- a) Titanio y sus aleaciones
- b) Otros metales

Del titanio y sus aleaciones solo se nombran más conocidas que son: TiAl 5Sn 2.5, ($\alpha + \beta$) TiAl 16V4 y TiAl 7Mo4, para una información más completa de estos materiales ver norma DIN 1725.

Dentro de otros metales tenemos las aleaciones de Zinc. Zinc fino ZnCu1, el cual se utiliza para remaches piezas similares, otras aleaciones que se utilizan en el prensado son: ZnAl 1F y ZnAl. En algunos casos se emplea también el níquel y sus aleaciones según DIN 17740 para la fabricación de piezas para aparatos químicos, bombillas y fluorescentes.

En los materiales no ferrosos, la investigación no se hizo a fondo ni se mencionan tablas de materiales debido a que esta Tesis esta acabado a partes automotrices (dirección y suspensión) las cuales son totalmente de acero.

TABLA 4-8 MATERIALES DE PARTIDA UTILIZADOS EN LA PLANTA
"LA NATIONALE DE MEXICO, S.A. DE C.V."

Díámetro en mm	Calidad	Díámetro en mm	Calidad
15.00	AISI 4140	24.00	AISI 1008
17.00	AISI 4140	25.40	AISI 1035
19.00	AISI 1035	25.40	AISI 1018
19.00	AISI 4140	27.00	AISI 4140
20.60	AISI 4140	29.00	AISI 1008
21.00	AISI 1035	30.00	AISI 1015
21.00	AISI 8640	31.75	AISI 8640
22.00	AISI 1035	36.00	AISI 1035
22.22	AISI 8640	36.00	AISI 1008
23.81	AISI 4140		AISI 1035

Esta relación es surtida en forma de barras por el proveedor METAMEX e importaciones.

Díámetro en mm	Calidad
15.0	AISI 4140
17.5	AISI 4140
19.0	AISI 4140
20.0	AISI 4140

Este material es de importación y surtido en forma de rollos

Calidades equivalentes en DIN

AISI 4140	DIN 41 Cr 4
AISI 1035	DIN C 35
AISI 1018	DIN no tiene
AISI 1015	DIN C 15
AISI 1008	DIN Ma 8
AISI 8640	DIN no tiene

4.2 TOLERANCIA EN MATERIALES DE PARTIDA.

Respecto a las dimensiones admisibles de los materiales empleados en los procedimientos de prensado en caliente y en frío existen a menudo convenios especiales entre el fabricante del material y del consumidor. Esto va de acuerdo a las exigencias de las piezas a fabricar, sobre todo aquellas que no deben llevar rebaba, si se admiten tolerancias mayores se emplea acero laminado en caliente redondo según DIN 50130, en tolerancias se empleara tolerancias según DIN 50130.

Para piezas en grandes existencias respecto a su exactitud, se fabrican con alambres trefilados y con tolerancias según DIN 668 para acero redondo brillante según ISA campo de tolerancias h 11, si se trata de piezas de muy alta precisión (prensarse o recalcarse sin rebaba) es necesario tolerancias todavía más cerradas según DIN 671 campo de tolerancia hg o incluso DIN 670, ISA campo de tolerancias h8. En muchos casos se llega a convenios especiales entre el fabricante del material y el consumidor, pactando tolerancias entre DIN 688 y DIN 670.

En la fig. 4.1 se indica un resumen de las tolerancias de aceros laminados y trefilados según DIN, además en la tabla 4-9 se indica la proporción alemana semejante a DIN 59115.

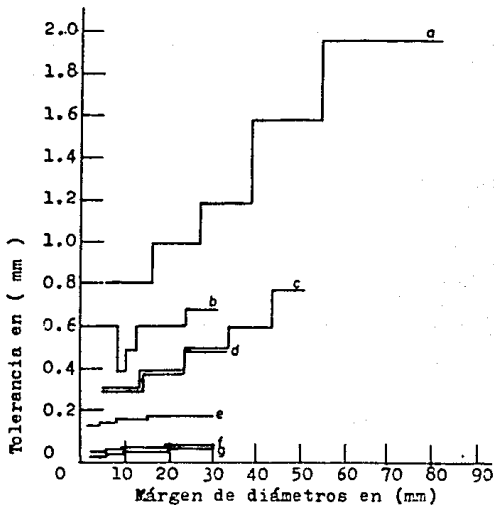


FIG. 4.1 TOLERANCIA DE ACEROS LAMINADOS Y TREFILADOS SEGÚN NORMAS DIFERENTES.

- a) DIN 1013 (Oct. 1963) acero redondo, en barra laminando en caliente.
- b) DIN 59115A (Feb. 1968) alambre laminado, redondo.
- c) DIN 59130 (Oct. 1963), acero redondo laminado en caliente
- d) DIN 59115B alambre laminado redondo.
- e) DIN 668 (Mayo 1959) acero brillante redondo.
- f) DIN 671 (Mayo 1959) acero brillante redondo.
- g) DIN 670 (Mayo 1959) acero brillante redondo.

TABLA 4-9 Diámetros nominales y tolerancias para alambre laminado redondo de acero para tornillos recalcados en frío (dimensiones en mm).

Diámetro Nominal	Diámetro de tolerancia admisible con el tipo de precisión.	
	A	B
5 a 8.0	± 0.30	----
8.25 a 11.0	± 0.20	± 0.15 *
11.50 a 13.0	± 0.25	----
13.50	----	± 0.20
13.75 a 17.40	± 0.30	± 0.20
17.50 a 24.50	± 0.30	± 0.20
25.00 a 30.00	± 0.35	± 0.25

* Este valor solo es valido para pesos por rollo hasta 200 Kg, en caso de pesos mayores es admisible una tolerancia de ± 0.20.

4.3. COMPROBACIÓN DE LOS MATERIALES DE PARTIDA

Para poder comprobar si los materiales de partida son los adecuados para una determinada pieza o un determinado proceso de fabricación, han de conocerse las calidades exigidas y los posibles defectos. Estos pueden ser muy variados se puede ver en la tabla 4-10 las características del material y de los factores de influencia sobre las mismas que intervienen en el material.

Para la comprobación de un material de partida se debe hacer lo siguiente:

Antes de empezar a fabricar un producto por conformado en frío, ha de verificarse que se emplee el material adecuado, haciendo un ensayo de la composición química mediante un análisis parcial del lote del material previsto para la fabricación. El ensayo por "chispas" es un procedimiento de comprobación que da buenos resultados.

El ensayo a la "gota", es otro sencillo para distinguir materiales metálicos y detectar las situaciones de materiales.

Otro ensayo importante es el "temple y revenido" para el cual se toman trozos de material de la misma cantidad aproximada y se somete a un tratamiento de temple y revenido.

Para comprobar la igualdad de coladas se usa el ensayo de "procedimientos magnéticos" a base de probetas.

TABLA 4-10 RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DEL MATERIAL Y DE LOS FACTORES DE INFLUENCIA.

CARACTERISTICAS	FACTORES DE INFLUENCIA
Conformabilidad	<p>Procedimientos de fabricacion en la acereria (tipo del procedimiento de afinado, conduccion de la colada, desoxidacion).</p> <p>Composicion Quimica. (contenido de carbono, elementos de aleacion, impurezas).</p> <p>Estado de tratamiento. (Estructura, caracteristicas de resistencia).</p>
Naturaleza de la superficie	<p>Defecto de fundicion (acereria) Burbujas perifericas, poros, inclusiones no metalicas, grietas de lingote, rechupe.</p> <p>Defectos de laminacion. (sobrelaminado, nervios, defectos de calentamiento).</p> <p>Defectos de estirado. (estrias, superficie impura debido a extraccion insuficiente).</p> <p>Recubrimiento de la superficie con capacidad de lubricacion.</p>
Exactitud	<p>Defectos en la redondez Desviacion en las dimensiones</p>
Capacidad de temple	<p>Composicion Quimica. (contenido de carbono, elementos de aleacion, impurezas).</p> <p>Influencia metalurgicas.</p> <p>Estado estructural. (tamano del grano, tipo de estructura).</p>
Uniformidad	<p>Dispersion de los factores de influencia.</p> <p>Union de varias coladas.</p> <p>Errores en los materiales.</p>

4.3.1 COMPROBACIÓN DE LA CONFORMABILIDAD

En materiales a conformar en frío es muy importante la comprobación, la cual consiste en varios métodos obteniendo resultados fiables. El primero que mencionaremos es el ensayo de "Tracción".

Existe otro ensayo denominado "resistencia o flexión" este es el adecuado para distinguir los aceros Thomas de los aceros Siemens-Martin, este ensayo no es muy confiable.

El método más eficiente de comprobación es el ensayo de "Recalcado", con este se puede determinar el límite de conformabilidad mediante una probeta. El límite se alcanza cuando se forman grietas por aplastamiento, como se muestra en la figura 4.2.

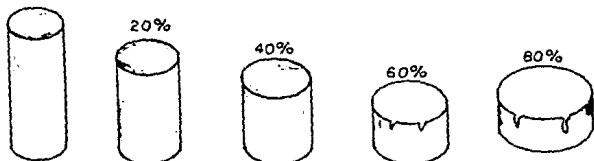


Fig. 4.2 Resultado de ensayo de recalcado indicado el límite de conformabilidad alcanzado.

Según DIN 1654, una probeta con una altura de 1.5 veces el diámetro ha de poder recalcarse hasta $0.5 \times d$ sin formación de grietas, para los tornillos hexagonales interiores o con ranuras cruzadas, es imprescindible una capacidad de recalcado hasta $0.33 \times d$.

4.3.2 COMPROBACION DE LOS DEFECTOS EN LA SUPERFICIE.

Hay defectos que se presentan como grietas longitudinales en el material, se pueden comprobar sin tomar en cuenta si provienen de burbujas periféricas o de un sobre laminado, etc. Los métodos son los mismos para comprobar tanto para los materiales a conformar en frío como para conformar en caliente.

Por ejemplo: Para materiales con diámetro de 16 mm como máximo, es adecuado el "ensayo de torsión" el cual ha tenido mucha aceptación. En una instalación adecuada se ensaya una barra cuya longitud es de aproximadamente 30 veces su diámetro, se tuerce cuatro veces 360° en una dirección volviendo de nuevo a su posición inicial. Con ello las posibles grietas longitudinales se abren aunque estén escondidas o soldadas en la superficie. En la figura 4-3 se puede apreciar como queda una barra sometida a este tipo de ensayo y cuya capacidad de conformabilidad es muy baja.

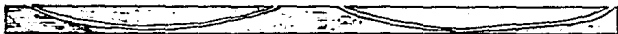


Fig. 4.3 Material con defectos en la superficie después del torcido.

4.3.3 COMPROBACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS DE LA SUPERFICIE.

El tratamiento superficial consiste por una parte en el descascarillado, la limpieza y el desengrase y, por otra parte en transformar el estado superficial para facilitar la conformación. Con este han de obtenerse condiciones de fricción lo más favorables posibles para la conformación y ha de evitarse la soldadura en frío entre la pieza y la superficie de la herramienta, el agarrotamiento. Para este tipo de comprobación tenemos el "decapado" es uno de los más aceptables, luego en la extrusión tenemos las capas de fosfato de zinc de aproximadamente 5 a 15 micras de espesor. La comprobación se hace en práctica rayando con la uña. Quedando una marca visible, el espesor de la capa corresponde a las prescripciones, esta comprobación y otras similares han dado buenos resultados.

4.3.4 COMPROBACIÓN DE LA TEMPLABILIDAD.

En general es suficiente determinar el diámetro máximo de probetas redondas para el que se alcance todavía un determinado valor mínimo de dureza en el núcleo de la probeta después de un temple total mediante aceite. Para este fin se emplea a menudo el ensayo de "temple frontal" según DIN 17200, el cual es muy detallado, este tipo de ensayo está previsto también en la recomendación ISO R 642 y en la Euronorma 23.

En la mayoría de los casos es suficiente para todos los aceros un valor mínimo unitario de 40 HRC. En el caso de los tornillos tenemos un valor según DIN 267.

CAPITULO 5

TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y SUPERFICIALES MAS COMUNES EN EL PROCESO DE FORJA EN FRÍO.

5.1 DEFINICIÓN GENERAL DE TRATAMIENTO TÉRMICO

Tratamiento térmico es la operación de calentamiento y enfriamiento de un metal en su estado sólido para cambiar sus propiedades físicas y mecánicas.

Con un tratamiento térmico adecuado se pueden reducir esfuerzos internos, aumentando y creando nuevos granos, con lo cual se logra incrementar la tenacidad o producir una superficie dura con un interior dúctil.

5.1.1 OBJETIVO.

Los tratamiento térmicos y superficiales, son de vital importancia en la manufactura de productos de metal; su aplicación es de gran utilidad para evitar la corrosión, dar buena apariencia al producto (estético), facilitar la deformación en el proceso de conformado en frío una vez que el material se ha endurecido demasiado y es difícil seguir dicho proceso, también es de gran utilidad su aplicación a piezas que al terminar una deformación en frío o en caliente se tengan que someter a otro proceso de mecanizado (torneado, rectificado, fresado etc).

Hay muchos tipos de tratamiento térmicos y superficiales que sería imposible numerarlos y tratarlos en esta tesis, por lo que solo nos concretamos a ver los mas utilizados en la forja fría o estampado en frío.

Los tratamientos más usados en este tipo de proceso son:

- a) Recocido
- b) Bonificado
- c) Granallado
- d) Fosfato-jabón
- e) Bisulfuro de molibdeno y lanolina
- f) Tamborilado

5.2 RECOCIDO

5.2.1 DEFINICIÓN

El recocido es una operación de calentamiento y enfriamiento que implica generalmente un enfriamiento relativamente lento.

5.2.2 CLASIFICACIÓN Y EFECTOS DE UN RECOCIDO

El recocido es uno de los tratamientos térmicos más importantes dentro de una secuencia de fabricación de conformado en frío ya sea desde el inicio (primera operación) o en operaciones intermedias del mismo.

A continuación se hará mención de los efectos que sufre un material al someterlo a un recocido en general.

Los efectos más importantes son:

- a) Reduce la dureza
- b) Mejora la tenacidad
- c) Elimina tensiones residuales
- d) Recupera ductilidad
- f) Elimina gases
- g) Produce una microestructura definida
- h) Afina el tamaño del grano o bien altera las propiedades eléctricas y magnéticas de un material.

Se conocen cuatro tipos de recocido los cuales son de mucha importancia antes de hacer una deformación en frío o antes de comenzar a maquinar una pieza.

Estos recocidos son los siguientes:

- 1.- Recocido de regeneración
- 2.- Recocido de ablandamiento
- 3.- Recocido de alivio de tensiones
- 4.- Recocido de globulización

De estos cuatro recocidos el más idóneo para el proceso de forja en frío es el de ablandamiento, por lo cual se tratará con mayor detalle.

RECOCIDO DE REGENERACIÓN.- Este recocido se utiliza para recuperar la ductilidad y de esa manera poder seguir deformando el material en una secuencia de fabricación de forja en frío.

Este tratamiento no es muy recomendable en la industria ya que este se lleva en su proceso mucho tiempo y es demasiado costoso.

RECOCIDO DE ALIVIO DE TENSIONES.- Con este tratamiento se obtiene en el material alivio de tensiones residuales, también es de gran utilidad en el conformado en frío, pero no de gran importancia. Se efectúa a una temperatura de 500 a 600°C, teniendo presente que después del recocido las piezas deben enfriarse lentamente por lo que con frecuencia se les cubre con cenizas calientes evitando así la aparición de nuevas tensiones.

RECOCIDO DE GLOBULIZACION.- Este recocido no se tratará a fondo ya que su aplicación es solo para piezas que posteriormente llevarán operaciones de maquinados, torneados, taladrados, rectificados, etc.

5.2.3 RECOCIDO DE ABLANDAMIENTO

Este es el tratamiento más adecuado para la aplicación en un proceso de la forja fría y consiste en lo siguiente: el metal se calienta hasta una temperatura levemente inferior a A_1 , a la que permanece el tiempo suficiente para conseguir el ablandamiento, y luego se enfría a la velocidad conveniente (al aire). Con este tratamiento se forma austenita y, por ello lo único que ocurre es que las fases existentes de morfología.

Como el material no se calienta a una temperatura tan alta como en otros tratamientos, los recocidos de ablandamientos son muy económicos y más rápidos, además no forman cascarilla, en la figura 5-1 podemos ver los tipo de recocido de acuerdo a la temperatura y la cantidad de por ciento de carbono.

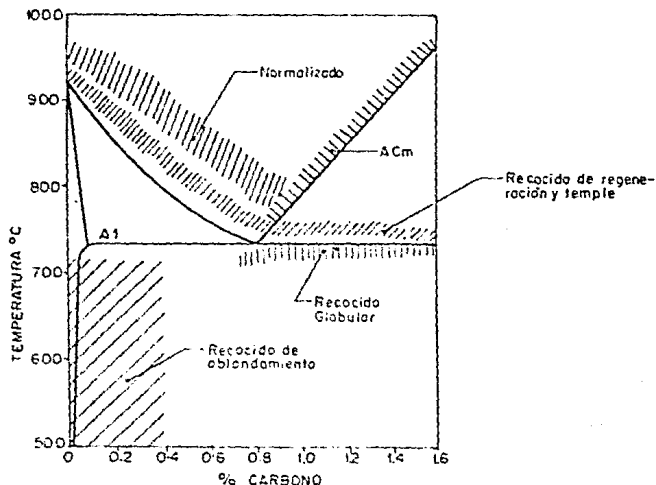


Fig. 5-1 Resumen gráfico de los recocidos de acero sobre un diagrama de equilibrio.

A continuación en la tabla 5-1 se hace mención de algunos materiales más comunes para el tratamiento térmico del recocido de ablandamiento.

TABLA 5-1 Proceso de tratamiento térmico de recocido de materiales más comunes.

MATERIAL	TEMPERATURA DE RECOCIDO°C	PROCESO DE CALENTADO	TIEMPO DEL RECOCIDO
Aceros diversos	Hasta 730	Lento	Según normas aumentando según el grueso de la sección.
Planchas de cobre	De 650 a 750	En agua rápido	" "
Planchas de latón.	600	Lento	" "
Aluminio	De 350 a 450	En agua rápido o al aire.	30 minutos
Duraluminio	De 350 a 360	" "	60 minutos

5.2.4 BONIFICADO (temple y revenido).

Este tratamiento no es tan importante en un proceso de forja en frío, pero si cabe mencionarlo, ya que es muy común aplicarlo a piezas una vez terminado el proceso de conformado en frío y que estás requieren otros tipos de proceso de fabricación con arranque de viruta. Este tratamiento también puede ser aplicado para cumplir con especificaciones del producto exigidas por el cliente.

5.3 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

En un proceso de forja en frío estos tratamientos son muy indispensables ya que son de gran ayuda para la lubricación de un material al hacerle una deformación en frío. Estos tratamientos como su nombre lo dice son superficiales, cuyo espesor de capa es de 10 a 35 micras, su función principal es evitar que las piezas a forjar se peguen con los herramientas (matrices o dados).

Dentro de estos tipos de tratamientos tenemos los siguientes:

- a) Fosfato-jabón
- b) Granallado (chorreo por granalla)
- c) Bisulfato de molibdeno y lanolina
- d) Tamborillado

5.3.1 FOSFATO-JABÓN

El fosfato-jabón es un tratamiento cuya función principal es aumentar la propiedad de la lubricación a pieza van a ser sometidas a un proceso de conformación en frío. Este tratamiento se puede aplicar en operaciones intermedias del proceso dentro de la secuencia de fabricación o al comienzo de la misma.

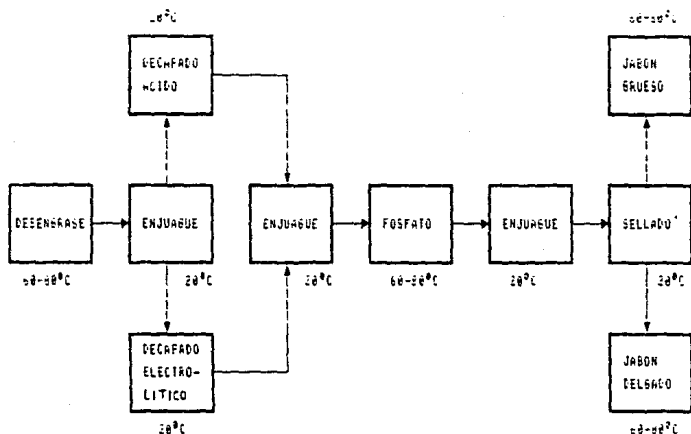
La aplicación del fosfato-jabón depende del porcentaje de deformación a que se va a someter la pieza, o como se surte el material de partida (materia prima), o también en la secuencia de fabricación.

Este tratamiento superficial se divide en Fosfato-jabón Grueso y Fosfato-jabón Delgado, este último se aplica a piezas cuya deformación es menor, mientras que el primero es muy usual para materiales que se someterán a una deformación mayor en frío.

El proceso de elaboración para este tratamiento consiste en lo siguiente.

- 1.- Se deposita el material en barriles de forma hexagonal perforado a todo lo largo de sus caras laterales, hechos de acero o plástico.
- 2.- Con un polipasto colgado de un riel, se mueven los barriles de tina en tina sumergiéndolos, dejándolos un tiempo razonable en cada tina dependiendo este del contenido de la misma, tamaño de la pieza y la cantidad de óxido o impurezas que contenga.

3.- La secuencia a seguir en este proceso lo podemos ver en la siguiente figura:



a) Desengrase.- Esta solución es para eliminar aceites o grasas que dificultarían la reacción del decapado y la adherencia del fosfato.

b) Decapado.- Se utiliza para eliminar óxidos y algunas impurezas orgánicas, puede ser el material sumergido en una solución ácida o por un método más eficiente que es electrolítico.

- c) Fosfatado.- Esta sustancia que se aprecia en el material como pequeños cristales nos permite una mayor lubricación y adherencia del metal con el sistema de tracción en la autoalimentación de las máquinas.
- d) Sellador.- El sellador se trata de una solución de protección antioxidante.
- e) Jabón-Grueso o Delgado.- Se trata de un jabón especial utilizado para una mayor lubricación.

5.3.2 GRANALLADO (CHORREO POR GRANALLA)

Este tratamiento superficial se divide en dos tipos uno manual y otro por medio de máquinas especiales para este tratamiento. (Wheelabrator).

El granallado manual consiste en aplicar aire comprimido sobre las piezas con una especie de pistola y encerrado en una cámara especial además el operario debe protegerse muy bien con equipo de seguridad todo el cuerpo, este tipo de granallado no es muy recomendable puesto que es muy rudimentario y no es muy eficiente para altos volúmenes de producción.

El granallado en máquina es mucho más práctico y eficiente obteniendo un mejor granallado y altos volúmenes de piezas.

Para este tipo de tratamientos se emplean elementos abrasivos como arena, limaduras de acero, o granalla en polvo la cual contiene: carbon, sílice, manganeso e iron también se emplea aire comprimido como agente impulsor, cuyas presiones neumáticas más usuales en los metales ferrosos son de 4 a 7 Kp/cm² y para

los no ferrosos de 0.7 a 4 Kp/cm², en una tobera aproximadamente de 1 cm de diámetro.

Este tratamiento es de gran utilidad para continuar la deformación, ya que con él se logra obtener una superficie porosa en la cual es fácil la adherencia de cualquier otro tratamiento o protección (fosfato-jabón).

El objetivo principal del granallado es obtener una mayor adherencia en la superficie de las piezas y así poder aplicarle otro tratamiento o protección, la granalla siempre se hace antes de pasar las piezas por la línea de fosfato-jabón para que de esa manera se adhiera fácilmente, esto se hace comúnmente en el proceso de conformado en frío.

5.3.3. BISULFURO DE MOLIBDENO Y LANOLINA.

Este tratamiento es en forma de polvo se aplica manualmente en la superficie de la pieza la cual ha sido pasada por el proceso de fosfato-jabón pero no ha quedado con la suficiente lubricación para seguir deformándola, o sea que este tratamiento aumenta la lubricación por lo que es muy necesario en piezas que se van a deformar en una forma muy forzada y por sus dos extremos, esto hace que la pieza se quede pegada con los herramientas, cause averías en los mismos y hasta en las propias máquinas forjadoras.

Este lubricante no es muy usual ya que las piezas que requieren de este tratamiento son relativamente pocas y en algunos casos se prefiere modificar las secuencias de fabricación o el tipo de material.

NOTA:

Hay ocasiones en que las piezas conformadas en frío tienen que pasar por todos los tratamientos térmicos y superficiales que se han mencionado.

5.3.4 TAMBORILADO

El tamborilado es un tratamiento con el mismo efecto que el granallado, solo que aquí se usa un barril el cual se hace girar por medio de una fuerza motriz; en el se depositan las piezas con algunos abrasivos (perdigones, polvo de granalla etc), no siendo muy usual en el conformado en frío, pero si se utiliza para piezas troqueladas principalmente, para que posteriormente se les aplique un recubrimiento o protección.

CAPITULO 6

PIEZAS MAS COMUNES FORJADAS EN FRÍO

6.1 CLASIFICACIÓN

Tomando en cuenta la utilidad y funcionamiento, las piezas se pueden clasificar en dos grandes grupos que son:

- 1) PIEZAS TERMINADAS
- 2) PIEZAS SEMITERMINADAS

6.1.1 PIEZAS TERMINADAS

Las piezas terminadas son aquellas que después de terminado el proceso de forja en frío pueden proporcionar un servicio directo al consumidor o usuario, obteniendo gran cantidad de piezas a muy bajo costo, tanto en el material como en la mano de obra, en la obtención de este tipo de producto no es necesario de ninguna otra operación final para su utilización. Dentro de este grupo se pueden mencionar algunas piezas más conocidas y más comunes dentro del mercado como son: clavos, pernos, remaches, tapas, entre otras.

6.1.2 PIEZAS SEMITERMINADAS

Estas piezas son aquellas que no se pueden utilizar directamente ya que para hacerlo se requiere de una o mas operaciones ya sea de la misma forja fría u otros procesos, como térmicos, rolado, torneado, rectificado, troquelado etc.

Estas piezas en su mayoría forman parte o son componentes de subensambles o ensambles dependiendo del uso o función de las mismas. dentro de este grupo tenemos una gran gama de piezas ya que debido a la adherencia que existe entre las piezas a deformar y el herramental empleado en las operaciones de las secuencias de fabricación es imposible darles un acabado final, por ejemplo: en un proceso de forja en frío no se puede hacer cuerda a una tuerca o a un tornillo, en este tipo de piezas lo único que se puede hacer es el diámetro para rolar dicha cuerda.

De este grupo tenemos el numero muy extenso de piezas por lo que sería imposible hacer mención de todos pero si se presentan algunas de las mas comunes como son: tornillería en general birlos, pernos esféricos, cuerpos para bujías, tapas, soportes, piezas principales para rotulas de suspensión y varillas de dirección de automóviles, piñones, ejes, conexiones, tuercas en general, pistones, piezas para enseres de cocina y restaurantes etc.

En las siguientes figuras podemos ver dibujos y fotografías de algunas de las piezas mencionadas anteriormente, fig. 6-1, 6-2, 6-3 hasta la 6-8.

y clavado. Ahora si se habla de la rama automotriz se tienen piezas que sería indispensable forjarlas en frío debido a los esfuerzos a que están sometidos como son rotulas de suspensión soportes para amortiguadores y varillas de dirección, birlos para llantas, rondanas especiales brazos de suspensión entre otras.

Tocando productos de tuercas y conexiones son de gran utilidad en instalaciones eléctricas y de cualquier fluido como gas, agua, aceite y aire.

Se puede considerar que en todo aquello que posee el hombre materialmente un 80% contienen productos conformados en frío por lo cual sería imposible seguir mencionando los múltiples usos de los mismos y seguirán aumentando ya que este proceso tiene un gran futuro a nivel mundial, gracias a la explotación del acero y otros materiales de partida así como también a la gran demanda que existe en el mercado.

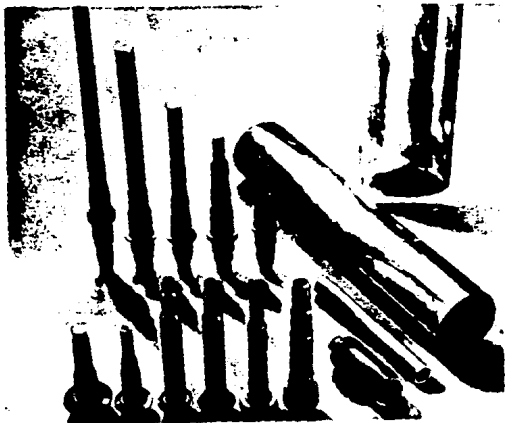


Fig. 6-1 Piezas comunes forjadas en frío con máquina forjadora. prensa hidráulica marca SMG.

6.2 PRINCIPALES USOS DE PIEZAS FORJADAS EN FRIO

La utilidad de piezas obtenidas por este proceso es muy grande y variado encontrándose en MECANISMO, PARTES DE MAQUINA, CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS, MOBILIARIO EN GENERAL entre otros.

Por ejemplo tomando tornillería en general y remaches son de gran utilidad en mobiliario, construcción de edificios, automóviles y camiones o sea en todo aquello que vaya remachado

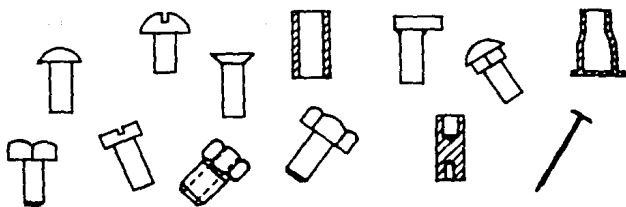


Fig. 6-2 Piezas forjadas en frío con máquina forjadora "National Machinery"

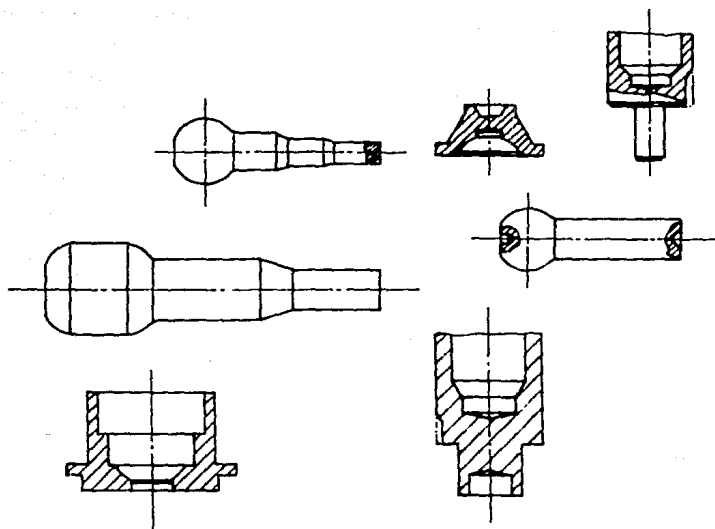


Fig. 6-3 Piezas forjadas en prensas forjadoras horizontales "Herlan and Co" cortesía de La Nationale de México Grupo Tebo S. A.

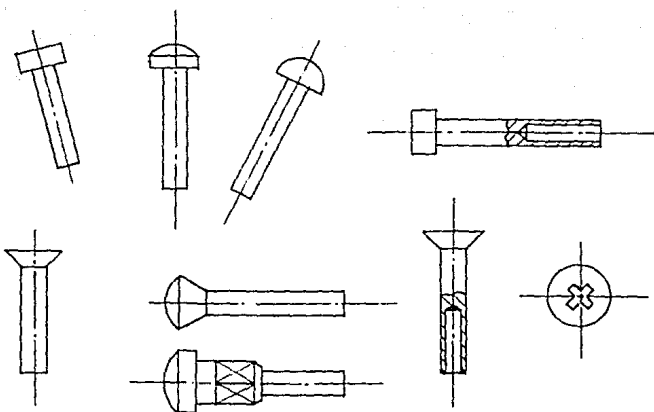


Fig. 6-4 Piezas típicas forjadas en frío (remaches) por una prensa forjadora horizontal semiautomática marca CEVA tipo R-63



Fig. 6-5 Fotografía de piezas más comunes forjadas por máquinas forjadoras, Prensas de excéntrico para estampar semiautomáticas, marca HERLANS & CO.

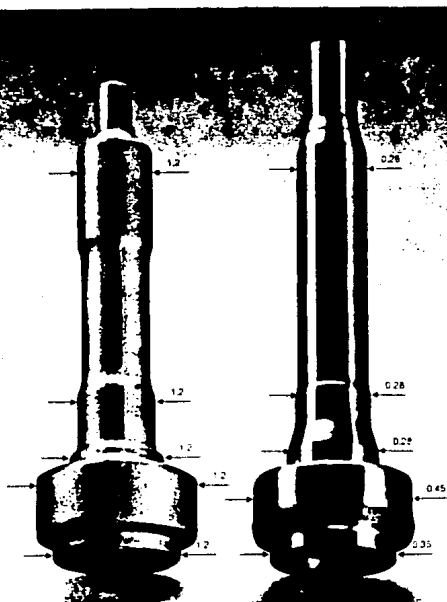


Fig. 6-6 Comparación entre una pieza forjada en caliente con otra pieza forjada en frío, en apariencia de acabado y tolerancias dimensionales.

CONCEPTO	FORJADO EN CALIENTE	FORJADO EN FRIO
Material empleado	2.4 Kg	2.2 Kg
Residuo de flash	0.5 mm	0
Calidad en la superficie	25 - 100 μ	3 - 8 μ
Excentricidad	0.4 mm	0.06 mm

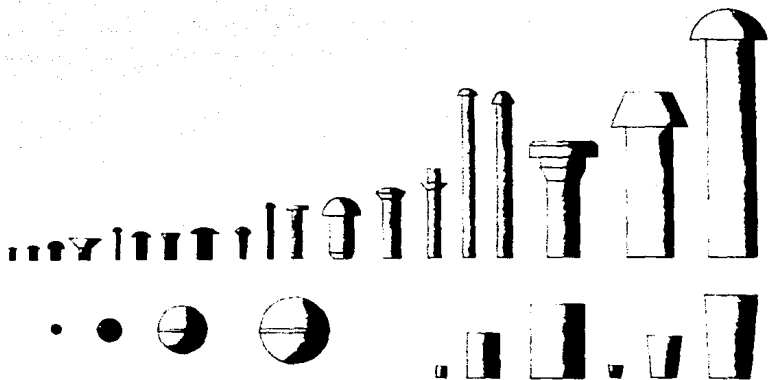


Fig. 6-7 Piezas forjadas en prensa forjadora marca KUHNE DE DOS GOLFES, normalmente se obtienen lotes pequeños de producción.

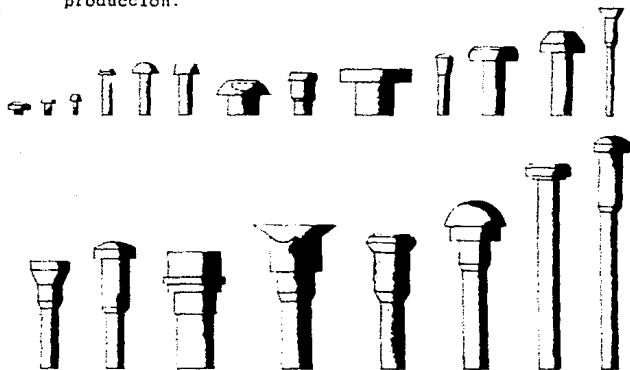


Fig. 6-8 Piezas fabricadas en máquina forjadora marca KUHNE DE UN SOLO GOLPE, se obtienen lotes mas grandes de producción.

CAPITULO 7
MAQUINAS FORJADORAS

7.1 CLASIFICACIÓN

Las máquinas forjadoras son prensas, las cuales pueden ser verticales u horizontales cuya función de ambas es la de deformar o conformar un material a base de impacto principalmente.

Esta máquinas se pueden dividir según la dirección en que actúa el punzón en dos grandes grupos que son:

- 1) Prensas forjadoras verticales.
- 2) Prensas forjadoras horizontales.

Tomando en cuenta la tracción ejercida y su funcionamiento se puede subdividir en dos tipos los cuales son:

- a) Prensas forjadoras M e c á n i c a s .
- b) Prensas forjadoras H i d r á u l i c a s .

Dentro de estos tipos se encuentran máquinas forjadoras de Golpes por minuto, de la 1 a 6 estaciones, simples y doble impacto, automáticas y semiautomáticas; además existen máquinas especialmente equipadas.

Se conocen varios modelos y marcas de maquinas siendo las más conocidas: NATIONAL MACHINERY, ETCHELLS, SMG, CEVA, HERLAN & CO., KUHNE, HILGELAND, SCHULER, BLISS, entre otras, a continuación se hará una breve descripción técnica de las mismas.

7.1.1 PRENSAS FORJADORAS HERLAN & CO.

Estas máquinas son en su mayoría horizontales y mecánicas se les conoce como PRENSAS DE EXCENTRICA para Estampar, y son semiautomáticas de 100 a 500 toneladas de fuerza; su transmisión es por medio de bandas trapezoidales a volante polea y cigüeñal de la excéntrica, contiene tablero con switch y llave de control botones y focos pilotos para el motor, máquina, aceite, lubricación, presiones de aceite y aire, palanca alimentadora, barra de expulsión, paro normal, desbloqueo, paro de emergencia con arrancador eléctrico.

Trabajan con tochos de barra cuyo diámetro más comunes son de 10 a 40 mm. y longitud de acuerdo a la pieza que se va a fabricar, o de la secuencia de fabricación que se haya diseñado.

Este tipo de prensas se puede hacer conformado en frío por recalado, reducción de área y extrusión entre otros. Se clasifican de acuerdo a su tamaño y capacidad en PO hasta el P12.

Los tipos de piezas más comunes obtenidas en estas prensas forjadoras son: Pernos Esféricos, Preformas para Forjar en

Caliente Cuerpos Huecos, Birlos, Tapas, Tuercas, Tornillos, y Piezas Especiales en su mayoría para la industria automotriz, ver figuras 6-3 y 6-5.

Todas estas piezas son relativamente pequeñas ya que la más grande llega a pesar de 700 a 800 gramos.

Estas máquinas son fabricadas en Alemania Federal, con tecnología totalmente Alemana, por "Herlan & CO."

En la figura 7-1 y 7-1a 7-1b se muestran fotografías de este tipo de prensas, y en la tabla 7-1 se pueden ver los datos técnicos principales.

Tabla 7-1 DATOS TECNICOS GENERALES DE PRENSAS FORJADORAS
H E R L A N :

TIPO	P1	P3	P5	P6	P8	P9	P11	P12
Nombre descriptivo	Benja- min.	Herold	Phaemor	Pro- gress	Gigant	Fuma	Pan- ter.	Manut
Fuerza nominal	34	115	195	215	320	495	495	800
Sobre carga (MP)	42	140	240	270	400	620	620	1000
Carrera (mm) Aprox.	210	240	300	350	335	440	325	385
Golpes máx. por minuto	85	80	70	65	60	45	50	45
Potencia del motor aprox. KW.	3	7.5	10	10	22	34	30	44
Peso neto (Kg)	-	4350	7120	9210	11500	20740	18800	38000

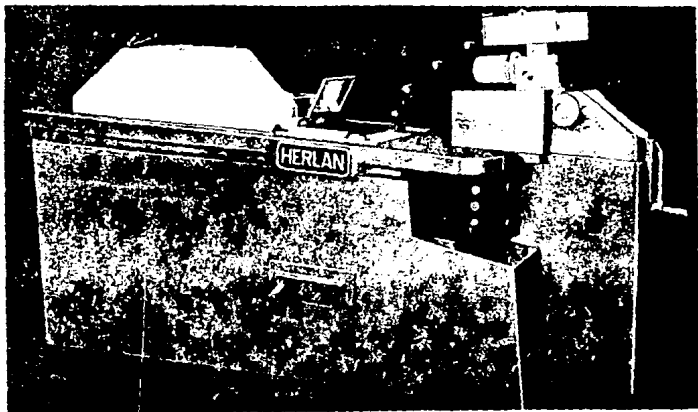


Fig. 7-1 Prensa de excentrica para estampar, de un golpe.
mecanica semiautomática, marca HERLAN & CO.

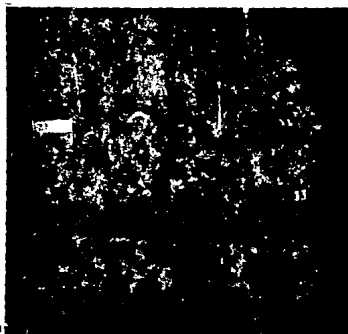


Fig. 7-1a Prensa de excentrico para estampar de un golpe.
mecánica, semiautomática HERLAN & CO.

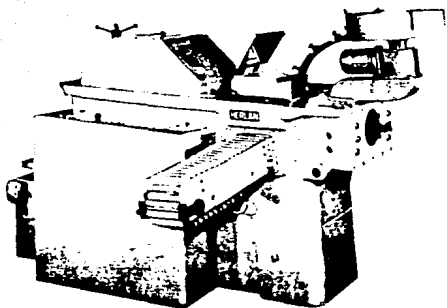


Fig. 7-1b Prensa de excéntrica para estampar de un golpe, mecánica, semiautomática, marca HERLAN & CO. de menor capacidad y piezas más pequeñas que la de la fig. 7-1.

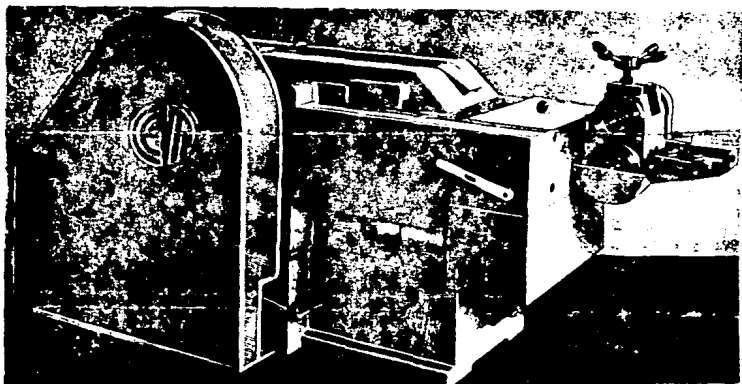


Fig. 7-2 Prensa forjadora mecánica de dos estaciones marca CEVA TIPO R-63 rápida, fabrica varios tipos de remaches hasta 17.000 piezas por hora, es automática.

7.1.2. PRENSA FORJADORA NATIONAL MACHINERY.

Son verticales, horizontales y automáticas. hay algunas verticales que se usan dentro del proceso de forja caliente; las prensas horizontales, cuentan con sistema hidráulico para sus operaciones automáticas, accionadas por motor eléctrico de la misma marca, hay desde 2 a 6 estaciones, trabajan con alambre en rollo de diámetros no muy grandes ya que las piezas obtenidas de estas máquinas en su mayoría son pequeñas, pero se obtienen en grandes volúmenes de producción pues una máquina de estas puede producir de 100 hasta 300 piezas por minuto y con una alta presión dimensional y a muy bajo costo.

Algunas de estas piezas producidas en este tipo de prensas son: Tornillos en general, remaches, conexiones, bujes, pequeños tubos, tuercas piezas especiales entre otras.

Estas máquinas son producidas por Estados Unidos de Norteamérica.

Se puede ver en la figura 7-3 y 7-4, fotografías de este tipo de máquinas forjadoras en frío.



Fig. 7-3 Prensa forjadora vertical progresiva "National Machinery" produciendo piezas de muy alta precisión en una cantidad de 300 por minuto.

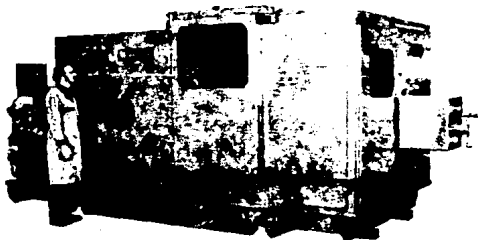


Fig. 7-4 Prensa forjadora horizontal "nacional Machinery", produce piñones de hasta 50 piezas por minuto.

7.1.3 PRENSA FORJADORA ETCHELLS.

Estas máquinas son prensas forjadoras verticales hidráulicas, las cuales pueden ser semiautomáticas o automáticas, con capacidad de 150 y 750 toneladas y sirve para la fabricación de varias partes que se utilizan en la rama automotriz, bicicletas, aviones entre otras trabajan con material en barras cuyo diámetros son de 12 a 40 mm. en tochos de 20 hasta 60 mm. de longitud, colocados por el operario directamente en la matriz e o en el alimentador automático.

En este tipo de forjadoras se pueden hacer los siguientes procesos: extrusión, enderezado, compactado de polvo, calibrado, acañado y forja en caliente.

No son aptas para producir grandes lotes de producción en poco tiempo, debido a que el regreso del punzón hacia arriba es muy lento.

Este tipo de prensas forjadoras es fabricado por Inglaterra por Etchinery Limited, ver fig. 7-8 y 7-9.

A continuación en la tabla 7-2 se dan los datos técnicos más esenciales de una prensa Etchells de 300 toneladas para forja en frío.

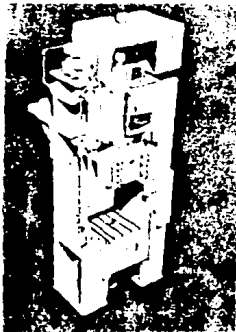


Fig. 7-8 Máquina forjadora marca ETCHELLS, hidráulica produce lotes pequeños de producción.

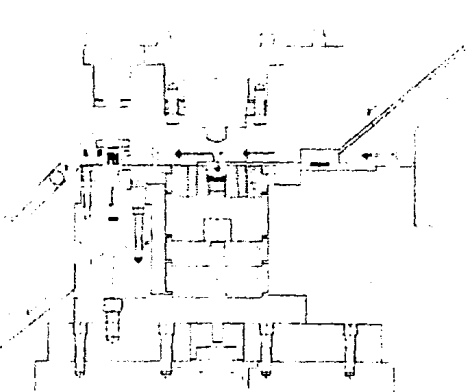


Fig. 7-9 Corte de una máquina forjadora EtcHELLS por su parte interior en la cual se puede ver como entra el material de partida.

TABLA 7-2 DATOS TECNICOS GRALES. DE MAQUINA FORJADORA ETCHELLS

CONCEPTO	CANTIDAD O DIMENSION
CURSO TOTAL (mm)	305
CAPACIDAD TOTAL (Tons)	306
VELOCIDAD DE APROXIMACION (mm/seg)	226
VELOCIDAD DE TRABAJO (mm/seg)	15
VELOCIDAD DE RETROCESO (mm/seg)	236
CAPACIDAD DEL EXPULSOR (Tons)	20
CURSO DEL EXPULSOR (mm)	752
ABERTURA ENTRE CARRO Y MESA (mm)	762
SUPERFICIE DE LA MESA (mm)	670 x 610
PRESION DE TRABAJO (Barios)	310
POTENCIA INSTALADA (Kw)	56
ALTURA DE LA PRENSA (mm)	9280
PESO DE LA PRENSA (Tons)	10.7

7.1.4 PRENSA FORJADORA CEVA.

Esta es una prensa de excéntrica horizontal para estampado automático. tipo P.V. Finest y R63, con motor reductor marca Kimet, la cual tiene una transmisión a base de poleas trapezoidales, con freno de pedal contando con lubricador marca CEVA para alta presión este tipo de máquina es muy usual en la fabricación de una gran variedad de remaches. ver figuras 6-4 y 7-2, pág. 83 y 94 tiene capacidad para alambre de 1/16" a 1/4" de diametro y una longitud de corte de 3/8" a 2" produciendo una cantidad de 15,000 a 17,000 piezas por hora, su peso es aproximadamente de 2,500 kilogramos.

Esta máquina es de fabricación Italiana, en la Ciudad Milano.

7.1.5 PRENSA FORJADORA SMG.

Son prensas forjadoras las cuales pueden ser horizontales y verticales, mecánicas e hidráulicas en su mayoría son de tamaño muy grande, algunas son automáticas y son aptas para producir grandes lotes de piezas.

Dentro de esta gran gama de máquinas también hay algunas con carga excéntrica y las hay desde 1 a 4 fases.

Con este tipo de forjadoras se pueden fabricar una gran cantidad de piezas chicas, medianas y hasta muy grandes, ver fig. 6-1 y 6-6, además tienen gran utilidad en la fabricación de latas o botes y los cuerpos principales para bosters de frenos en los automóviles.

Este tipo de máquinas forjadoras son de fabricación Alemana, aquí en nuestro país casi no se conocen debido al alto costo de las mismas y falta de técnicos, es por eso que se carece de información técnica de estas prensas forjadoras, en las figuras 7-5, 7-6, y 7-7, se ven unas fotografías de estas máquinas.



Fig. 7-5 Prensa forjadora vertical de Simple-Fase, marca SMG apta para producir grandes lotes.

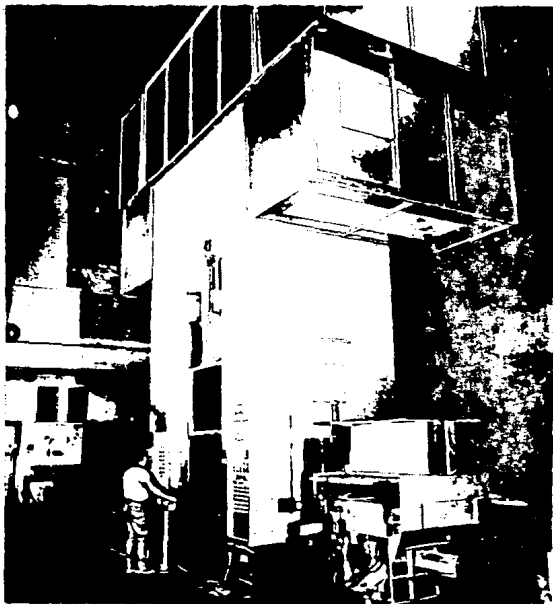


Fig. 7-6 Prensa forjadora de tres estaciones marca SMG totalmente equipada con una fuerza disponible de 12500 kN. esta diseñada para soportar una carga excentrica de 2500 kN.m como maximo.

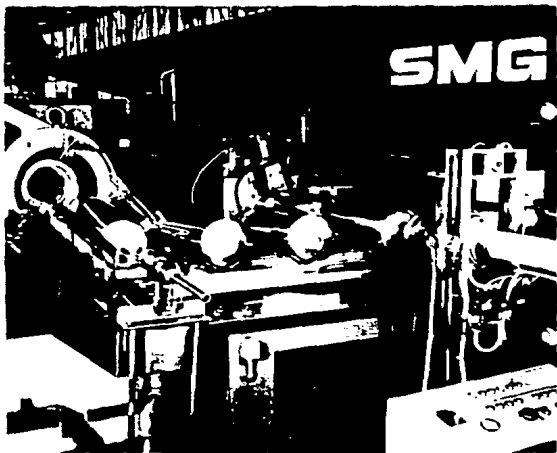


FIG. 7-7 Prensa forjadora horizontal y extraccion de pared planchada. marca SMG es un diseho especial para producir botes de aluminio para gas de un solo golpe.

7.1.6 MAQUINA FORJADORA KUHNE

Esta máquina es una prensa forjadora horizontal, mecánica de dos a 4 estaciones, automáticas, se alimenta con alambre enrollado cuyos diámetros son de 3.00 hasta 22.00 mm. es recomendable para producir lotes grandes de piezas de formas muy variada, como se ve en las figuras 6-8 y 6-9.

Estas prensas forjadoras están clasificadas según su tamaño, con número del 0 al 6 ver tabla No. 7-3.

Tabla 7-3 Datos técnicos generales de prensas forjadoras KUHNE

TAMAÑO	0	1	2	3	4	5	6
Diámetro máximo del alambre (mm)	3	5	8	10	14	16	22
Long. máxima de corte (mm)	25	45	80	120	140	160	200
Revoluciones por min. aprox. (r.p.m.)	400	300	200	130	120	100	90
Producción aprox. (Pzas/min.)	400	300	200	130	120	100	90
Potencia del motor (Hp)	1,5	3	5	10	19	22	35
Peso aproximado neto (Kg)	400	100	2200	5600	9100	15200	22200
Peso aproximado bruto (Kg)	450	1100	2600	6200	9800	16500	23500

Este tipo de prensas están equipadas de un alimentador, el cual contiene un portarrollo vertical, rodillos guías y enderezadores, además un mecanismo para ajustar la longitud de corte.

Su transmisión es por medio de una polea la cual contiene el cigüeñal conectado a un piñon haciendo girar a un engrane y éste a su vez mueve al mecanismo biela manivela el cual contiene las cuchillas de corte y debe estar sincronizado con el cabeceador de la prensa.

También contiene un sistema de clutch y frenos para hacer los ajustes convenientes y una banda Transportadora de piezas la cual las deposita en un contenedor, su tablero de control es móvil.

En la figura 7-10 se puede apreciar el mecanismo principal de este tipo de máquinas.

Estas máquinas son construidas en Alemania Federal; en México se conocen muy poco debido a que se utilizan para piezas muy especiales y principalmente en la rama automotriz.

NOTA: Esta descripción es especialmente de la máquina Kuhne No. 6, ver tabla No. 7-3.

7.1.7. PRENSA FORJADORA HILGELAND

Esta máquina es una prensa Forjadora Horizontal, mecánica, automática y de dos estaciones, se alimenta con rollos de barra de acero cuyo diámetro es de 15 a 22 mm. hace pernos esféricos con vástago más que los manufacturados en la Kuhne.

Su transmision es por medio de dos poleas grandes, que contiene en el cigueñal el cual mueve al piñon y este a su vez a un engrane, el mecanismo y funcionamiento es igual al de prensa forjadora Kuhne: tiene tambien su banda transportadora igual; lo que es diferente es el dispositivo portarrollo, pues mientras que en la kuhne es vertical en la Hilgeland es horizontal, invirtiendo la ubicacion de los rodillos, ademas tiene un control para hacer vibrar el portarrollo y de esta manera poder acomodar más fácilmente el rollo.

Esta prensa forjadora produce un promedio de 3800 a 4500 piezas por hora aproximadamente, ver fig. 7-7a, la cual muestra una fotografia de esta prensa.

Se construye en Alemania Federal, hay pocas de estas maquinas en México, tanto de las Hilgeland como de las Kuhne. Esto es debido también a que en las industrias metalmeccánicas de México el proceso de forja todavía se considera un proceso de futuro, y por lo cual falta mucho por hacer para su pleno desarrollo.

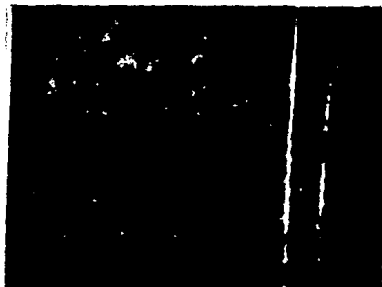


Fig. 7-7a Prensa forjadora automatica de dos estaciones marca HILGELAND, produce pernos esféricos.

7.1.8 MAQUINA CORTADORA PEDDINGHAUS

Dentro del proceso de forjado en frío juega un papel muy importante la máquina cortadora de material (barra de acero) ya que en el caso en que las prensas forjadoras son manuales o semiautomáticas, el operario tiene que alimentar dicha máquina a base de tochos; los cuales han sido cortados en otra máquina diferente o sea una cortadora o cizalla.

Hay ocasiones en que también se usan máquinas peladoras para dar la medida del diámetro requerido (sólo cuando el material de partida tenga una sobre medida o está oxidado).

A continuación se dará una breve descripción de una máquina cortadora, o cizalla Peddinghaus.

Esta máquina es horizontal, mecánica, automática la cual tiene un dispositivo neumático para ejecutar la operación de corte, que consta de cuchillas de diferentes diámetros y un tope para regular la longitud de corte, además está equipada de un alimentador que contiene rodillos y soportes para las barras, movido neumáticamente, el cual tiene una capacidad de carga de 18 a 25 barras, con longitud es de 18 a 25 mts. y de diferentes diámetros.

La capacidad máxima de corte es de 36 mm. de diámetro, con un promedio de producción de 40 a 50 tochos por minuto.

7.2 TIPOS DE MECANISMO DE PRENSAS FORJADORAS.

7.2.1 CLASIFICACIÓN

En todos los tipos de forjadora existen variados tipos de mecanismos de los cuales la dirección y tipo de tracción de las mismas.

Se hará mención de los tipos de mecanismos de transmisión más comunes en dichas máquinas, ver fig. 7-8.

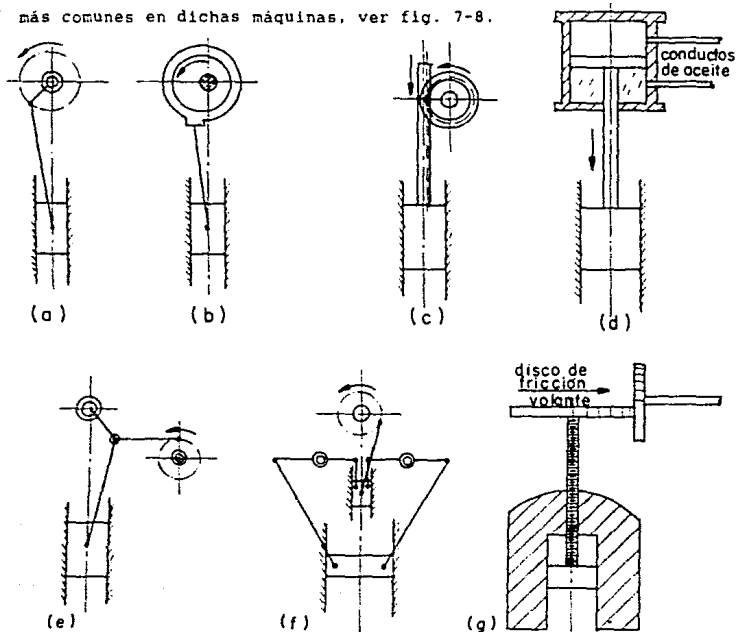


Fig. 7-8 Principales mecanismos de transmisión para prensas forjadas. a) manivela simple b) piñón y cremallera d) hidráulica e) junta articulada f) palanca acodillada para pisar g) tornillo (prensa de percusión)

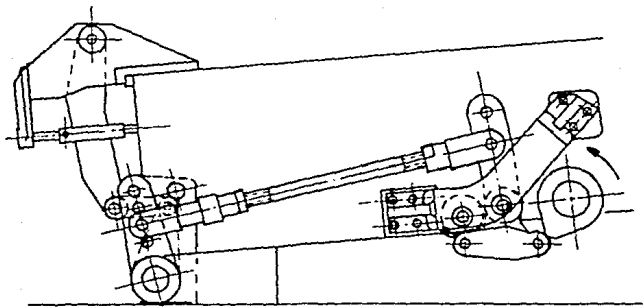


Fig. 7-9 Mecanismo del dispositivo expulsor mandado por leva sobre el eje del cigüeñal y leva sobre el árbol intermedio Prensa Forjadora HERLAN,

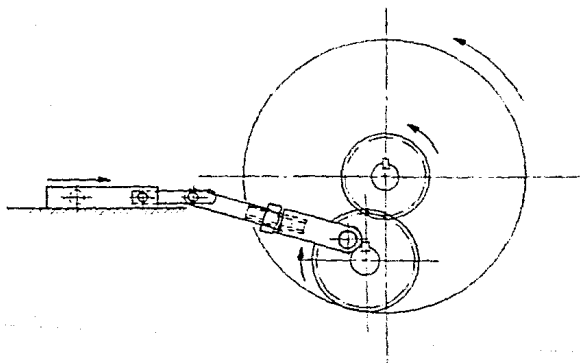


Fig. 7-10 Mecanismo porta cuchilla, cigüeñal y cabeceador. Consta de poleas, engranes, levas y la biela manivela, es característico de Prensa Forjadora KUHNE y también de la HILGELAND.

CAPITULO 8

DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN FORJADO EN FRÍO DE TRES PIEZAS TÍPICAS DEL RAMO AUTOMOTRIZ

8.1 PERNO ESFÉRICO PARA ROTULA DE SUSPENSIÓN Y VARILLA DE DIRECCIÓN.

Esta pieza es una de las más importantes que lleva una rotula de suspensión o una terminal de varilla de dirección en los automóviles. estas partes son elementos de vital importancia ya que de ellos depende la estabilidad y dirección de los mismos: en la figura 8-1 y 8-2 podemos localizar dichas piezas.

Segun el funcionamiento de estas partes, son sometidas a esfuerzos de TRACCIÓN, FLEXIÓN, TENSIÓN Y FRICCIÓN, por lo cual para dar estas especificaciones a nuestro producto y de acuerdo a las especificaciones del dibujo del producto fig. dibujo No. PE-001 se pide sea fabricado por medio de un proceso de FORJA EN FRÍO y con un acero según DIN 17200, 41 Cr 4 o AISI 4140, sin rebaba, sin cascarilla, etc. para mayor información sobre este producto ver el dibujo mencionado anteriormente.

La descripción del producto es muy breve, puesto que nuestro objetivo es dar a conocer como, con qué y dónde se debe fabricar dicho producto.

Para el desarrollo de este proceso de fabricación se tomará en cuenta los siguientes conceptos:

- a) Cálculos necesarios
- b) Secuencia de fabricación y de operaciones.
- c) En que máquinas se fabricará.
- d) Montaje del herramental de cada una de las operaciones.
- e) Dibujo de definición de los herramientales más importantes de cada operación.
- f) Tratamiento térmico y químicos.

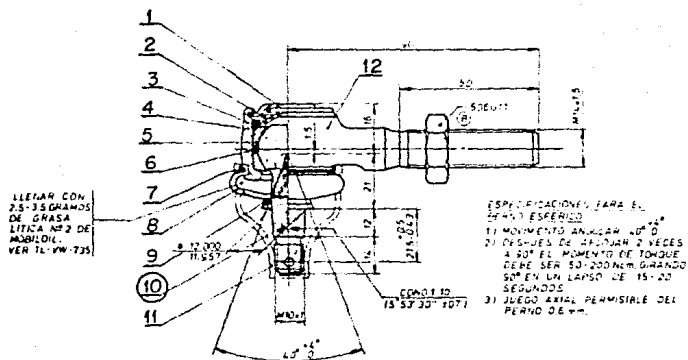


Fig. 8-1 Terminal para varilla de dirección de V. W. Sedan

8.1.1 FUNDAMENTOS PRINCIPALES EN EL DISEÑO DE PIEZA FORJADAS EN FRÍO

Debido a que el diseño de las piezas que se fabrican por el método de Forja en Frío esta determinado en parte por el tipo de proceso y las herramientas correspondientes, es recomendable que se lleve a cabo en estrecha colaboración con el área de Ingeniería de Manufactura.

Por lo general las piezas forjadas en frío son piezas con eje de simetría a lo largo de su eje de rotación.

Las piezas asimétricas también pueden ser forjadas en frío con ciertas limitaciones, dándoles el acabado final con otro tipo de proceso (soldadura, troquelado, acuñado, etc.).

En el diseño de piezas forjadas en frío es necesario observar y tomar en cuenta los siguientes puntos:

a) FORMAS NO REALIZABLES.- Se deben evitar toda geometría que no puede llevarse a cabo, diseñado un semiproductivo el cual se terminará aplicándole otro tipo de proceso ya sea torneado, fresado, rolado, rectificado, etc.

No es posible forjar cuerdas interiores o exteriores pero si se puede dar el diámetro exacto para rolar.

b) AGLOMERACIÓN DE MATERIAL.- Se deben evitar grandes reducciones transversales y cambios bruscos en el perfil de la

pieza; como regla general es posible forjar una pieza con un espesor de pared mínimo hasta de 1 mm, se debe tratar de evitar esquinas perpendiculares entre sí, redondeándole las aristas, el cual como regla general debiera ser de por lo menos del 8 al 10% del diámetro correspondiente en la pieza.

La forja fría permite moleteadas, costillas, cavidades y dientes siempre que éstos sean paralelos al eje de simetría de la pieza. Sin embargo debe evitarse que la diferencia entre los espesores sea muy grande por razones de diseño de herramienta y del flujo mismo del material.

c) CAMBIOS DE DIÁMETRO.- A fin de mejorar el flujo del material se recomienda evitar cambios bruscos en los diámetro de la pieza, las esquinas y los cantos filosos, los radios no deben ser muy pequeños, ya que llegan a influir negativamente en la vida útil de los herramientas, causando averías en los mismos.

d) CONICIDAD.- Estas deben ser sólo en secciones reducidas y deben evitarse por lo general, es recomendable forjar la pieza en forma cilíndrica y luego maquinarse el cono.

e) ÁREA DE FLUJO LIBRE.- Siempre debe dejarse un área por donde puede fluir libremente el material sobrante. Esta sección en la pieza forjada tiene por lo general una forma irregular ya que el flujo del material no es constante.

Normalmente se selecciona el área de flujo libre en aquella zona donde sea mayor la tolerancia y no sea necesaria una superficie terminada.

f) CAVIDADES Y BARRENOS.- Esto se puede lograr sólo hasta un determinado límite. El flujo del material se hace más difícil, cuando más se alejan los barrenos y cavidades del centro de la pieza, es decir entre más excéntricos sean.

De acuerdo a las dimensiones de la pieza existe un límite inferior para el diámetro y un límite superior para la profundidad del barreno o cavidad.

g) FORMACIÓN DE REBABA.- Por reglas generales la herramientas se componen de diferentes piezas y existen una cierta tolerancia en sus ensambles. Por consiguiente no es raro que durante el proceso de forja las herramientas se vayan abriendo, es decir, que aumenten las dimensiones del ensamble, y que por dichas hendiduras se aloje el material, provocando con esto la aparición de rebaba en la pieza forjada.

El rango de tolerancias para el ensamble de herramientas en pwk press werk - krefel - compañía Alemana, es generalmente de H7/g6. Según DIN 7154T1.

Al diseñar las herramientas, se debe tener cuidado de que la rebaba se forme en lugares donde no estorbe o donde pueda eliminarse fácilmente.

8.1.2 DESVIACIONES EN DIMENSIONES Y TOLERANCIAS EN PIEZAS FORJADAS EN FRÍO

Como sucede en todas aquellas piezas que son fabricadas con varias herramientas, en las piezas forjadas en frío aparecen los tres tipos de errores más comunes que son:

- 1) Errores dimensionales.
- 2) Errores de posición.
- 3) Errores en la forma de la pieza.

ERRORES DIMENSIONALES.- Los errores en las dimensiones de las piezas son provocados por desviaciones en la herramienta, ya sea por desgaste de la misma o por material que se va depositando dentro de ella.

ERRORES DE POSICIÓN.- Son desviaciones entre los ejes de la pieza, es decir entre su eje real y su eje nominal. Puede ser también causa de una desviación entre los ejes longitudinales de la matriz y del punzón.

ERRORES EN LA FORMA DE LA PIEZA.- Estos tipos de errores pueden ser de ovalamiento, pandeo o deformaciones al momento de expulsar la pieza.

Para el diseñador es importante conocer la razón por la cual se presentaron estos tipos de desviaciones a fin de evitar los errores que puedan ocurrir durante el proceso de la forja en frío.

TOLENCIAS - Las tolerancias se determinan en funciones del peso de la pieza, diámetro y longitud de la preforma, de la forma de la pieza terminada (como producto de forja), y en cierta forma del tipo máquina que se va a emplear.

En el dibujo de las pieza terminada de forja es recomendable anotar los siguientes datos sobre sus tolerancias:

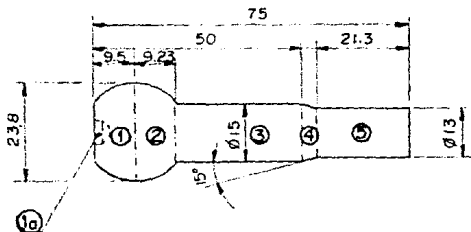
C O N C E P T O	TOLERANCIA
Diámetro Exterior -----	-
Diámetro Interior -----	+
Espesor de Pared -----	+/-
Espesor del Piso -----	-
Longitud en el Interior -----	+
Desviación entre Herramientas-----	+/-
Pandeo -----	+/-

Hay que tomar en cuenta que entre más cerrada sea la tolerancia el costo de la pieza va a ser mucho mayor.

Por ultimo es importante tomar en cuenta al diseñar una pieza forjada en frío que el material pueda influir libremente en el interior de la herramienta, y que la pieza pueda ser expulsada de la matriz al final del proceso.

8.1.3 CALCULO DEL VOLUMEN DE LA PIEZA A FORJAR

Para comenzar la fabricación del producto que se obtendrá por medio de un proceso por conformado en frío hay que calcular el volumen de material necesario para la manufactura de la pieza. para esto tenemos la información del dibujo de producto con sus especificaciones del cual podemos partir para dicho cálculo. Para esto se seccionará por partes el dibujo de la pieza y así obtener volúmenes parciales hasta llegar al volumen total.

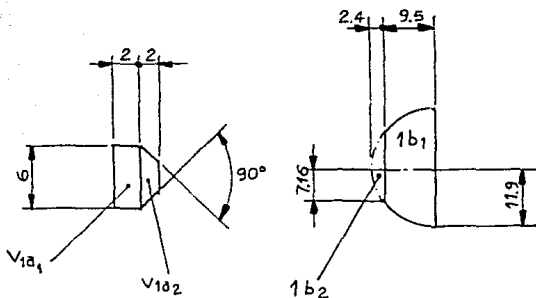


Comenzamos por calcular el volumen 1, que es igual a:

$$V_1 = V_1^a$$

Pero tenemos que:

$$I_a = I_{a_1} + I_{a_2} \quad \text{y} \quad I_b = I_{b_1} - I_{b_2}$$



Auxiliandonos con las formulas de volumen

$$V_1 a_1 = \frac{\pi}{4} D^2 h \dots\dots\dots (1)$$

$$V_1 a_2 = \frac{\pi}{12} h (D^2 + Dd + d^2) \dots\dots\dots (2)$$

Sustituyendo valores en las fórmulas anteriores (1) y (2)

$$V_1 a_1 = \frac{\pi}{4} (6 \text{ m m})^2 (2 \text{ m m}) = 0.785 (72 \text{ m m}^3) = 56.52 \text{ m m}^3$$

$$V_1 a_2 = 0.261 (2) [(6)^2 + 6(2) + (2)^2] = 0.522 (52) = 27.14 \text{ m m}^3$$

$$V_1 a = V_1 a_1 + V_1 a_2 = 56.52 + 27.14 = 83.66 \text{ m m}^3$$

Para el:

$$V_1 b = \frac{\pi}{6} h(3a^2 + 3b^2 + h^2) \dots\dots\dots (3)$$

No se puede aplicar directamente la fórmula se desconoce "a"
por lo cual nos auxiliamos con la fórmula

$$S = 2 \sqrt{h(2r - h)} \dots\dots\dots (4)$$

Sustituyendo valores en la fórmula anterior

$$S = 2\sqrt{2 \times 11.9} - 2.4 = 2\sqrt{42.8} = 13.08 \text{ m m}$$

Por consiguiente "a" es igual a

$$\frac{1}{2} S = \frac{13.08}{2} = 6.54 \text{ m m}$$

Luego sustituyendo valores en la fórmula (3)

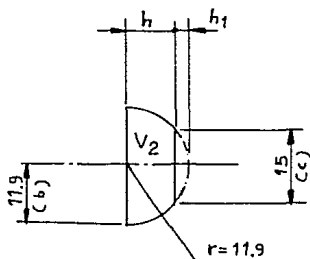
$$V_1 b = (0.523) 9.5 [3(6.54)^2 + 3(11.9)^2 + (9.5)^2]$$

$$V_1 b = 4.76 (128 + 424.83 + 90.5) = 3,063.67 \text{ m m}^3$$

$$V_1 = V_{1r} - V_{1a} = 3,063.67 - 38.66 = 2,980.00 \text{ m m}^3$$

Resp.

Para calcular el V2 Tenemos lo siguiente:



Para el cálculo de este volumen tenemos la fórmula (3) pero desconocemos h, por lo cual, empleando la fórmula siguiente obtenemos h1

$$h_1 = r - 0.5\sqrt{4r^2 - C_c^2} \dots \dots \dots (5)$$

Substituyendo valores en dicha fórmula tenemos:

$$h_1 = 11.9 - 0.5\sqrt{4(11.9)^2 - 15^2} = 11.9 - 0.5\sqrt{341.44}$$

$$h_1 = 11.9 - 9.23 = 2.67$$

$$h = 11.9 - 2.67 = 9.23 \text{ mm}$$

Luego substituyendo valores en fórmula (3)

$$V_2 = (0.523) (9.23 \text{ m m}) [3(7.5 \text{ m m})^2 + 3(11.9 \text{ m m})^2 + (9.23 \text{ m m})^2]$$

$$V_2 = 4.82 [(168.75) + (424.83) + (85.19)] = 3,271.67 \text{ m m}^3$$

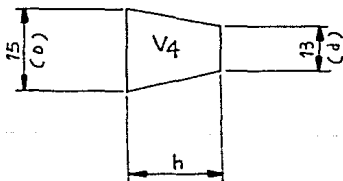
Continuamos calculando el V_3
para éste contamos con la fórmula

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 h \dots\dots\dots (6)$$

Substituyendo valores directamente del dibujo de la pieza tenemos:

$$V_3 = 0.785 (15 \text{ m m})^2 (31.27 \text{ m m}) = 5,523.06 \text{ m m}^3 \quad \text{Resp.}$$

Siguiendo la secuencia de los cálculos ahora calcularemos el V_4
para el cual utilizaremos la fórmula (2)



Pero para esto, desconocemos h , para su cálculo hacemos lo siguiente:

Por función trigonométrica obtenemos:

$$\tan 15^\circ = \frac{a}{h}$$

Despejando h :

$$h = \frac{a}{\tan 15^\circ} = \frac{1}{\tan 15^\circ} = 3.73$$

$$h = 3.73 \text{ m m}$$

Sustituyendo valores en la fórmula anterior tenemos:

$$V_4 = (0.261) (3.73 \text{ m m}) [(15 \text{ m m})^2 + 15(13 \text{ m m})^2 + (13 \text{ m m})^2]$$

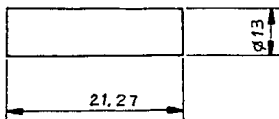
$$V_4 = 0.973 (225 + 495 + 169) = 865.00 \text{ m m}^3$$

$$V_4 = 865.00 \text{ m m}^3$$

Ahora por ultimo calculamos el V_2 con la fórmula del cilindro (6)

$$V_2 = 0.785 (13 \text{ mm})^2 (21.27 \text{ mm}) = 2,821.78 \text{ mm}^3$$

Resp.



El volumen total de la pieza a fabricar será de:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

$$V_T = 2,980 + 3,271.67 + 5,523.06 + 825.0 + 2,821.78$$

$$V_T = 15,427 \text{ mm}^3$$

RESP.

Una vez calculado el volumen total se proceda al cálculo del peso del material y la longitud del mismo, datos que seran utiles para elaborar la secuencia de fabricación del producto, para este tenemos las fórmulas siguientes:

$$P = V \gamma \dots\dots\dots (7)$$

$$L_c = \frac{V_T}{A_c} \dots\dots\dots (8)$$

Donde P = Peso del material

γ = Peso específico del acero 0.00785 g/mm³

L_c = Longitud de corte

A_c = Sección de área del material de partida.

Sustituyendo valores directamente en las fórmulas (7) y (8) obtenemos el peso y la longitud de corte requeridos de la materia prima para fabricar la pieza:

$$P = (15,427 \text{ m m}^3) (0.00785 \text{ g/mm}^3) = 121.10\text{gr}$$

Resp.

Luego

$$L_c = \frac{15,427}{176.71} = 87.30 \text{ m m}$$

Para diseñar la secuencia de fabricación también es necesario saber la longitud de deformación, relación de recalado y la reducción de área o extrusión.

$$L_d = \frac{V_o}{A_o} \dots\dots\dots (9)$$

$$R R = \frac{L_d}{D_o} \dots\dots\dots (10)$$

$$\% \text{ De reducción de área} = 100 - 100 \left(\frac{d^2}{D^2} \right) = \% \dots\dots\dots (11)$$

Sustituyendo valores en dichas fórmulas obtenemos:
de los cálculos anteriores tenemos que:

$$V_1 + V_2 = V_3$$

$$V_3 = 2,980 + 3,271.67 = 6,251.67 \text{ m m}^3$$

Resp.

Por consiguiente:

$$L_d = \frac{6,251.67 \text{ m m}}{176.71 \text{ m}^2} = 35.37 \text{ m m}$$

Resp.

La relación de recalcado (R R) será la siguiente:

$$R R = \frac{35.37}{15.0} = 2.35$$

Resp.

Ahora para la reducción de área en % se obtiene con la fórmula (11).

$$\% \text{ De reducción de área} = 100 - \frac{13^2}{15^2} 100 = 24.8 \%$$

Según el resultado obtenido se puede ver que se trata de una extrusión libre según nomografo de la figura 2-8.

8.1.4 CALCULO DE LA FUERZA NECESARIA PARA DEFORMAR LA PIEZA EN CADA UNA DE LAS OPERACIONES FORJADAS.

Comenzaremos por calcular la fuerza necesaria para formar el esférico, para esto tenemos la siguiente formula:

$$C_R = \frac{L_d}{L} \dots\dots\dots (12)$$

Donde C_R = Coeficiente de recalado

L_d = Longitud a deformar

L = Longitud después del recalado

Luego:

$$F_{max} = A_f \bar{\sigma}_v E \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

A_f = Área de la superficie comprimida, se calcula a partir de la forma final deseada.

$$\bar{\sigma}_v E = \sigma_p$$

= Resistencia real a la deformación al final del recalado, se obtiene de gráficas.

Sustituyendo valores en la fórmula (12) tenemos

$$C_R = \frac{L_d}{L} = \frac{35.37}{31.0} = 1.14$$

Con este valor nos vamos a la gráfica de la figura 8-3, obteniendo un valor:

$$\sigma_r = 73 \text{ kp/mm}^2$$

Ahora se calcula A_2

$$A_2 = (0.7854) (18)^2 = 254.46 \text{ m m}^2$$

Sustituyendo valores en la fórmula (13)

$$F_{\text{mix}} = (73 \text{ Kp/mm}^2) (254.46 \text{ m m}^2) = 18,575.58 \text{ Kp}$$

Resp.

Esta fuerza sería la requerida para la preforma o prerrecalcado. Ahora para calcular la fuerza necesaria para el recalcado de la esfera, tenemos lo siguiente, siguiendo el mismo método del cálculo anterior tenemos que:

$$C_k = \frac{L_d}{L_p} = \frac{35.37}{18.73} = 1.88$$

Con este valor vamos a la gráfica de la figura 8-3 y obtenemos

$$\sigma_p = 107 \text{ Kp/mm}^2$$

Se calcula A_2

$$A_2 = 0.785 (23.8 \text{ m m})^2 = 444.9 \text{ mm}^2$$

Sustituyendo valores en la fórmula (13), obtenemos:

$$F_{\text{máx}} = (107 \text{ Kp/mm}^2)(444.9 \text{ m m}^2) = 47,604.30 \text{ Kp}$$

Resp.

La longitud de golpe será, la diferencia del recalco inicial menos la longitud del recalco final:

$$L_G = L_G - L_F = 31 - 23.8 = 7.2 \text{ mm}$$

Resp.

Ahora calculamos la reducción de área o extrusión con la fórmula

$$F_{\text{máx}} = \log \frac{L}{L_0} (\sigma_p) (A_p) \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

A_p = Diferencia de sección de áreas ($A_0 - A_f$)

$\log L/L_0$ = Factor de seguridad de gráfica 8-3.

Comenzamos por calcular las áreas: inicial y final.

$$A_0 = 0.785(15 \text{ m m})^2 = 176.71 \text{ m m}^2$$

$$A_f = 0.785(13 \text{ m m})^2 = 132.73 \text{ m m}^2$$

Luego obtenemos A_p

$$A_p = A_0 - A_f = 176.71 - 132.73 = 43.98 \text{ m m}^2$$

Para calcular el coeficiente de deformación o reducción:

$$C_r = \frac{A_o}{A_f} \dots\dots\dots (15)$$

Sustituyendo valores en la fórmula tenemos:

$$C_r = \frac{176.71}{132.73} = 1.33$$

Con este valor vamos a gráfica de la figura 8-3 y obtenemos:

$$\sigma_p = 78 \text{ Kp/mm}^2 \quad \text{y} \quad \log \frac{L}{L_o} = 0.28 = 2.8$$

Sustituyendo valores en la fórmula (14)

$$F_{ntx} = (2.8) (78 \text{ Kp/mm}^2) (43.98 \text{ m}^2) = 9,605.23 \text{ Kp}$$

Resp.

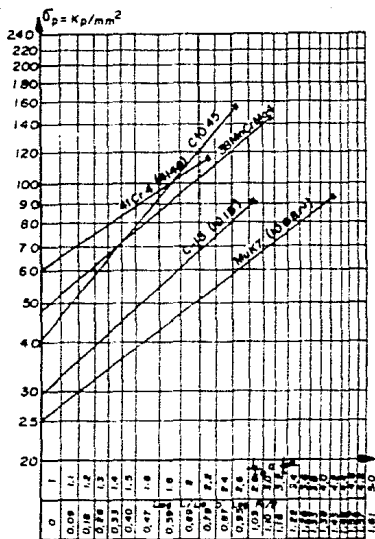


Fig. 8-3 Gráfica de endurecimiento en frío de 5 aceros comunes

8.1.5 DESARROLLO DE SECUENCIA DE FABRICACIÓN Y DE SECUENCIA DE OPERACIONES.

Se distinguen entre sí las secuencias de fabricación de las secuencias de operación, porque las últimas sólo indican la secuencia del proceso, mientras que las primeras incluyen además los tratamientos térmicos y químicos a que es sometida la pieza. El desarrollar la secuencia de operaciones es una de las actividades más importantes de la forja fría.

La secuencia de operaciones influye directamente en las herramientas y maquinaria, así como en cuestiones de materiales, y de los tratamientos químicos y térmicos, pero queda sujeto a los límites de los mismos.

Los siguientes puntos dan una idea más clara de la importancia que tiene una secuencia de operaciones:

a) La secuencia de operaciones ayuda a determinar la rentabilidad de la forja en frío es decir, si es rentable producir un determinado producto utilizando este método.

b) Permite visualizar como deben de diseñarse las herramientas.

c) Una secuencia de operaciones bien desarrollada y calculada facilita los ensayos y ayuda a reducir los costos.

En el desarrollo de una secuencia de operaciones no es suficiente tener una pieza que sea propia para forjar en frío. Se requiere antes recopilar algunos datos para planear adecuadamente la secuencia de operaciones; entre estos datos tenemos:

- a) Cantidad mensual
- b) Tolerancia solicita por el Cliente
- c) Material
- d) Datos generales de máquinas forjadoras

En el desarrollo de una secuencia de operaciones tiene un papel muy importante la experiencia de la persona que tiene esta responsabilidad, ya que él tiene que decidir que tipo de forja se elige ya sea frontal, hacia atrás., etc.

La definición de la secuencia de operaciones parte de la pieza terminada y continua en sentido inverso hasta llegar al corte, ya sea de barra recta o enrollada. Dentro de los límites del proceso lo que se buscará es tener la menor cantidad de operaciones posibles, así como también reducir los tratamientos térmicos y químicos a fin de acortar tiempos y costos de fabricación.

Después de tener definida la secuencia de operaciones se puede comenzar con el diseño y construcción del herramental, para luego correr las muestras correspondientes; por lo general durante la fabricación de las muestras se llegan a hacer cambios en la secuencia de operaciones, influyendo también en el diseño de las herramientas.

Una vez probadas cada una de las operaciones es necesario correr una serie de pruebas para librar la pieza y luego producir en serie.

Hay ocasiones en que es necesario llegar a la experimentación, pues cada pieza nueva que se pretende forjar en frío trae consigo nuevos problemas.

En las figuras 8-4 y 8-5 se pueden observar las secuencias de fabricación de nuestro producto a obtener ver la gran diferencia que existe entre ambas, pues la de la figura 8-5 forjada en máquina Kuhne, es la idónea para obtener esta pieza ya que el costo en tiempo y mano de obra es muy bajo comparado con el de la figura 8-4, además utilizan menos herramientas, y no hay que hacer tratamientos térmicos o químicos durante las operaciones pues el rollo de alambre ya viene tratado (capa de fosfato). En términos generales esta secuencia de operaciones tiene grandes ventajas sobre secuencias de fabricación en la máquina Herlan P-6.

Podemos ver en el capítulo anterior "Tipo de máquinas forjadas" la diferencia que existe entre cada una de estas máquinas.

Pues mientras que la prensa forjadora Kuhne se alimenta automáticamente, la Herlan P-6 necesita ser alimentada manualmente y es necesario el empleo de otra máquina para cortar el techo de la barra, requerido para forjar la pieza.

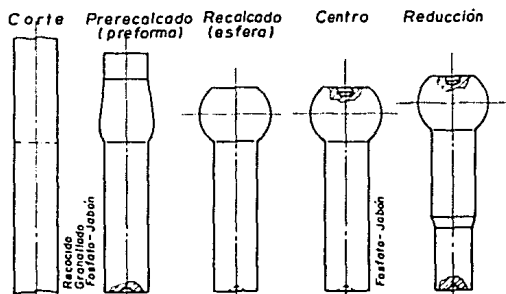


Fig. 8-4 SECUENCIA DE FABRICACION EN PRENSA HERLAN P6

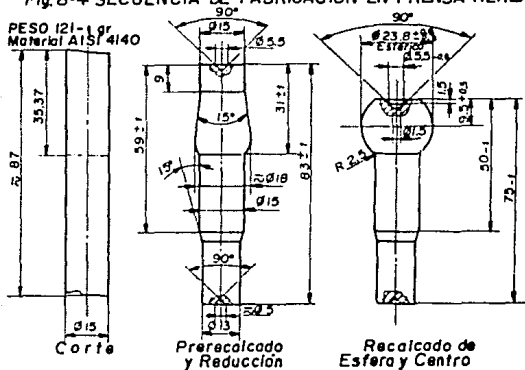


Fig. 8-5 SECUENCIA DE FABRICACION EN PRENSA KUHNE

Es por eso que se ha tomado la secuencia de la figura 8-5 para tratar más a fondo y diseñar los herramentales necesarios para la obtención del perno esférico.

En la figura 8-6 se puede observar los montajes de cada una de las operaciones numerando cada uno de sus componentes, además en la tabla 8-1 podemos ver la relación de los mismos.

Se harán dibujos de definición sólo de los herramentales más importantes en el forjado de la pieza, ya que sería muy laborioso el hacer todos los componentes de cada uno de los montajes de las operaciones.

8.1.6 DISEÑO DE HERRAMENTAL

En base a la secuencia de fabricación, se comienza con el desarrollo de herramientas para cada una de las operaciones del proceso. Para mejor comprensión del procedimiento, el grado de deformación y las herramientas correspondientes, se diseña y dibuja el conjunto de herramientas como ya lo habíamos mencionado anteriormente, tal como van a quedar colocadas al montarlas en la prensa, numerando cada uno de los componentes.

En forma conjunta se dibuja cada una de las partes que componen el montaje, estos dibujos se elaboran a detalle y no sólo se indican las dimensiones y tolerancias de la pieza sino también el material y tratamientos térmicos o químicos necesarios.

Como ya se dijo anteriormente, el diseño de las herramientas va ligado estrechamente con la secuencia de operaciones, pero también con la máquina elegida para fabricar la pieza, cantidad que se producirá y el tipo de material que se va a emplear para la obtención de la pieza forjada.

Una vez terminados los dibujos tanto del montaje como de los de detalle o definición, se envían al taller de herramientas para su fabricación. Para lograr compatibilidad entre las máquinas, las herramientas se han dividido por grupos, por ejemplo: Todas las herramientas de 4 estaciones son intercambiables o bien se pueden ensamblar en cualquiera de las prensas horizontales de 4

estaciones también se pueden ensamblar en prensas de 5 estaciones. Esto permite antes que nada el poder planear la producción de tal forma que el trabajo quede distribuido equilibradamente entre todas las máquinas, por otro lado, hace más sencilla la fabricación y control de las herramientas, así como la reducción de costos.

Todo el trabajo del diseño de herramientas es encomendado al departamento de Ingeniería de Manufactura, en la mayoría de las empresas.

8.1.7 MATERIALES PARA HERRAMIENTAS

Para los herramientas utilizados en la Forja Fría los materiales más usados son aceros al alto carbono y carburo de Tungsteno.

Siendo los primeros más comunes en todos los herramientas por su fácil mecanizado disminuyendo el costo tanto en mano de obra como en la materia prima, al fabricar los herramientas.

En el caso del carburo de tungsteno, este material sólo se usa cuando se requieren altos volúmenes de producción o en el caso de que se requiera un acabado muy fino o de tolerancia más cerradas, como en el caso de fabricar una matriz para obtener un diámetro para rolar un tornillo o un birlo.

Es difícil establecer normas o parámetros, tanto dimensionalmente como en el uso de materiales para fabricación de herramientas para forja en frío; por la forma en que se comporta el material a la hora de someterlo a deformación en frío.

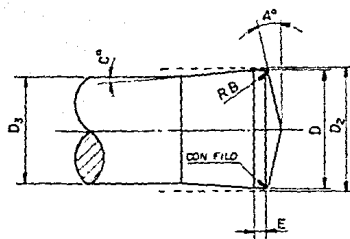
Sin embargo en lo que respecta a las dimensiones en base a la experimentación e investigación podemos presentar en las siguientes figuras B-7 y B-8 algunos parámetros a seguir en el diseño de matrices y punzones. Estas figuras muestran una matriz para extrusión o reducción de área y un punzón para hacer una extrusión, ya sea abierta o atrapada.

Las especificaciones y dimensiones en matrices para hacer esféricos, extrusiones, recalcados, punzones y contra punzones, son dadas por Compañías Alemanas como son: Herlan & CO., Kuhne y HILGELAND, Compañías dedicadas a la construcción de maquinaria y herramientas para la forja fría en general.

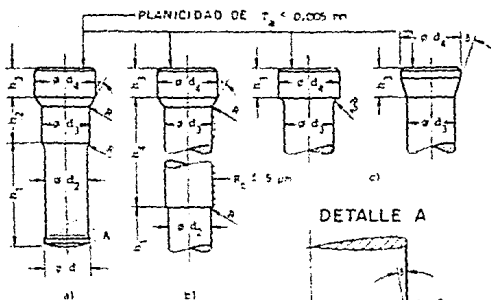
Estos lineamientos y especificaciones no se pueden tomar como normas establecidas oficialmente, debido a que cada Compañía tiene sus propias especificaciones, por lo cual es muy difícil que se cuente con normas internacionales bien definidas oficialmente para el diseño de herramientas.

En el caso del material que se utiliza en la fabricación de herramientas si se cuenta con normas ya establecidas internacionalmente por países avanzados tecnológicamente en la materia.

A continuación en la tabla 8-2 se presenta una relación de materiales más comunes en la fabricación de herramientas para la forja fría. Numerando cada material según DIN 1091 y haciendo una comparación con normas establecidas por otros países conocidos internacionalmente y muy avanzados en la producción de estos tipos de materiales. Luego en la tabla 8-3 tenemos la misma relación de materiales, pero haciendo mención de su composición química y tratamientos térmicos que se les puede aplicar, la composición química se da en por ciento de cada uno de los elementos principales que componen dicho material según DIN 1090.



- $A^\circ = 6^\circ \text{ a } 15^\circ$
 $B = 0.5 \text{ a } 1.5 \text{ mm}$
 $C^\circ = 3^\circ \text{ a } 5^\circ$
 $D = \text{Cavidad de Diam. extruido}$
 $D_1 = D + 0.25 / 0.30 \text{ mm}$
 $D_2 = D - 0.20 / 0.25 \text{ mm}$
 $E = 0.793 \text{ a } 1.58 \text{ mm}$



d Según el diámetro de la pieza o borreno del punzón.

$$d_1 = d - [2P_1 = (0.2 \text{ a } 0.3) \cdot d]$$

$$d_2 = d - (0.1 \text{ a } 0.2 \text{ mm})$$

$$d_3 = (1 \text{ a } 1.3) \cdot d$$

$$d_4 = (1.3 \text{ a } 1.5) \cdot d$$

$$h = (0.3 \text{ a } 0.7) \cdot \sqrt{d}$$

$$h_1 \leq 3 \cdot d \text{ (depende de la altura de caseta)}$$

$$h_2 = d_3$$

$$h_3 \geq 0.5 \cdot d_1$$

n_1 Según profundidad de la extrusión que se haya diseñado

H Redondeado y sin defectos

$$n_1 = (0.05 \text{ a } 0.1) \cdot d$$

$$R_2 = 0.3(d_4 - d_3)$$

$$2\alpha = 140^\circ \text{ a } 170^\circ$$

$$\gamma = 4 \text{ a } 5^\circ$$

$$\delta = 15 \text{ a } 30^\circ$$

$$\beta = 5 \text{ a } 15^\circ$$

Redondez en d, d_1, d_2, d_3, d_4 : $T_R < 0.01 \text{ mm}$

Fig. 8-8 Dimensiones de punzones para la extrusión de cuerpos huecos, según National Machinery y manual de taller mecánico para forja en frío, Berlin A.

Tabla 8-2 Materiales para herramientas de extrusión, denominaciones Normalizadas.

No. de material	Denominación de normas comparables							
	DIN Tipo	E.E.U.U. AISI	GB 20	Francia AFNOR	U.R.S.S. GOST	Japón JIS	Suecia SIS	Italia UNI
1.0601	C 60	C 1060		FC 60	60	SCC	1665	C 60
1.1545	C 105 W 1	W 1	W 1 B	Y 105	U 11 A	SK 3	1880	C 112 KU
1.1740	C 60 W 3	W 3				SK 7		
1.2080	1 11 Cr12	D3	D 3	Z200 c 12		SKD 1	2312	X 210 Cr 13 KU
1.2116	21 MnCr 5 21 MnCrV51							
1.2210	115 CrV 5			100 Cr	-11 Cr	SKS 43		
1.2343	X35 CrMo V 51	-H11	H 11	Z 35 CrV5 MPS	-4Cr5 MPS	SKD 6		A 35 CrMo 05 KU
1.2365	X 32 CrMo V 33	-H10	H 10	30 CrV 25	-30Cr 3P			
1.2369	61 MnCrV 4216							
1.2379	X 155 CrV Mo 11 A	D2	D 2	-Z 160 CrV 11	-Ch 12 W	SKD 11	2310	A 150 Cr Mo 12 KU
1.2436	X 210 Cr 12	D6					2112	
1.2542	45 *CrV 7	-S1	SC 1	-55 60 20				
1.2550	60 *CrV 7	(-D1)	-DC 1	-55 *C 10	6 Cr4 21			55 *Cr 5 KU
1.2601	X 165 Cr MoV 11	(-D2)	-DC 1					
1.2711	50 MnCr 13							
1.2767	A 65 *1Cr Mo 4			-Y 11 Cr 11				
1.2843	50 MnV 5	-D2	-DC 1	40 CrV 5				50 MnV5 KU
1.3207	S 10-4-10		MT 4			SAE 57		
1.3247	S 2-13-1-R	141	SM 42	Z110DKC30 -05-14-32 -01				
1.3343	S 6-5-2	42	SM 42	Z155DCV45 -05-14-32	-R6 Y1	SAE 9	2727	S 62Mo 12 KU
1.7131	15 MnCr 5	-5115	-527 A 13	15 Cr 5	15 Cr 5	-30Cr 11		1 Cr 5

Tabla 7-3 Materiales para herramientas de extrusión (composición química)

Mat.No.	Composición química en: (valores p.p.m)											Temple en:		HRC	HB Max.
	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	V	Co	P.S.	de	de			
1.0604	0.6	.25	.8	-	-	-	-	-	-	.045	aceite	5d	220		
1.1745	1.05	.18	.18	-	-	-	-	-	-	.02	agua	6b	210		
1.1740	.6	.25	.28	-	-	-	-	-	-	.035	aceite	58	220		
1.2085	2	.3	.3	12	-	-	-	-	-	.035	aceite b.c.	63-64	250		
1.2210	1.15	.2	.3	.7	-	-	-	.1	-	.035	agua, aceite	64-66	220		
1.2343	.3	1	-	5	-	-	1.3	.4	-	.03	aceite b.c.	52-56	230		
1.2365	.37	-	-	2.9	-	-	2.9	.5	-	.03	aceite b.c. y aire	50-54	230		
1.2369	.81	.2	.3	4	-	-	4.2	1	-	.035	b.c. aire	62-64	-		
1.2379	1.55	.3	.3	11.5	-	-	.8	1	-	.035	aceite b.c. y aire	63-65	250		
1.2436	2	.3	.3	12	-	.7	-	-	-	.035	aceite b.c. y aire	63-64	250		
1.2510	.45	.25	1	.6	-	.6	-	.1	-	.035	aceite	63-65	225		
1.2542	.45	1	.3	1.1	-	2	-	.2	-	.035	aceite	55-59	225		
1.2550	.6	.6	.3	1.1	-	2	-	.2	-	.035	aceite	58-62	225		
1.2601	1.65	.3	.3	12	-	.5	.6	.1	-	.035	aceite b.c.	63-64	250		
1.2721	.5	.3	.5	1.1	3.3	-	-	-	-	.035	aceite, aire	59	220		
1.2767	.45	.2	.4	1.4	4.1	-	.3	-	-	.035	aceite b.c. y aire	54-57	270		
1.2842	.9	.2	2	-	-	-	-	.1	-	.03	aceite	63-65	220		
	.9	.2	2	.3	-	-	-	.1	-	.03					
1.3207	1.3	.4	.4	4.1	-	10.3	3.5	3.5	10.5	.03	aceite b.c. y aire	6b	240-300		
1.3247	1.0	-	-	4	-	1.5	9.5	1.1	8	-	aceite b.c.	67	240-300		
1.3343	.87	-	-	4	-	0.5	5	1.5	-	-	aceite b.c.	64	225-280		
1.7121	.47	.2	1.1	1	-	-	-	-	-	.035	aceite agua	64	207		

b.c.=baño caliente

8.1.8 DIBUJOS DE DEFINICIÓN DEL HERRAMENTAL PARA FORJAR EL PERNO ESFERICO

Los dibujos de definición o detalle son fabricados de materiales tomados de la tabla 8-2. Los cuales han sido seleccionados a base de cálculo y experimentación por técnicos e ingenieros de compañías dedicadas a la fabricación de productos obtenidos a base de la conformación en frío. Gracias a ellos se han podido normalizar una serie de materiales para las herramientas utilizadas en la forja fría, extrusión, recalado, estampado entre otros.

A continuación presentaremos los dibujos a detalle de los herramientas relacionados más íntimamente con la pieza a forjar siendo los más importantes: MATRIZ, PUNZON, CONTRAPUNZÓN Y PORTAMATRIZ.

Los símbolos de mecanizado utilizados en los dibujos son de la norma DIN, ISO 1302.

Para las tolerancias de los mismos se tomaron las normas siguientes:

DIN, ISO 7154 T1

DIN 7184 T1

Estos herramientas se pueden observar en el montaje general de cada una de las operaciones ver fig. 8-6 en la cual se ve la posición y forma de cada uno de los herramientas.

Tabla 8-1 Relación de Herramientas para forjar un perno esférico en máquinas Hilgelandy Kuhne.

Pos.	Cont.	No. De Hto.	Descripción	Material	Tratamiento
1	1	HMC-001	MATRIZ DE CORTE	Acero AISI S1	Templado 56-58 HRc
2	1	HCC-002	CUCHILLA DE CORTE	/ / /	Templ. y Rev. 57-59 HRc
3	1	HTO-003	TOPE	Acero AISI 4140	Templado 48-50 HRc
4 y 7	2	HPR-004	PORTA RESORTE	Acero AISI S1	/ 46-48 HRc
5	1	HRO-005	RESORTE	Acero AISI W1	Templado
6	1	HBG-006	BUJE GUIA	Acero AISI S1	/ 48-50 HRc
8	1	HPO-007	PUNZON	Acero AISI M2	/ 60-62 HRc
9	1	HPM-008	PORTA MATRIZ	Acero AISI S1	/ 56-58 HRc
10	1	HMP-009	MATRIZ DE PREFORMA	Acero AISI M2	/ 60-62 HRc
11	1	HME-010	MATRIZ ESF. y REDUCT.	Acero AISI M2	/ 60-62 HRc
12	1	HPI-011	PORTA MATRIZ	Acero AISI S1	/ 56-58 HRc
13	1	HBO-012	BUJE	/ / /	/ / /
14	1	HRG-013	RESPALDO GUIA	/ / /	/ / /
15	1	HCP-014	CONTRAPUNZON	/ AISI M2	/ 60-62 HRc
16	1	HRP-015	RESPALDO POSTER.	/ AISI S1	/ 48-50 HRc
17	1	HRI-016	RESPALDO INTERIOR	/ / /	/ 56-58 HRc
18	1	HBO-017	BUJE	/ / /	/ / /
19	1	HME-018	PORTA MATRIZ ESF.	/ / /	/ / /
20	1	HPP-019	PORTA PUNZON	/ / /	/ / /
21	1	HPC-020	PUNZON P/CENTRO	/ AISI M2	/ 60-62 HRc
22	1	HME-021	MATRIZ ESF.	/ / D2	/ /
23	1	HIO-022	INSERTO	/ / S1	/ 58-60 HRc

MONTAJE DE HERRAMENTAL; PERNO ESFERICO; MAQ. KUHNE

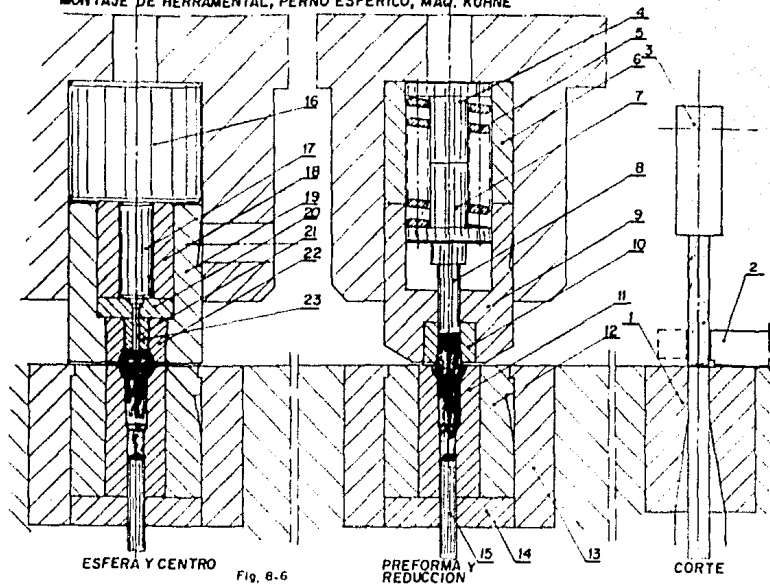


Fig. 8.6

MONTAJE DE HERRAMENTAL; PERNO ESFERICO; MAQ. KUHNE

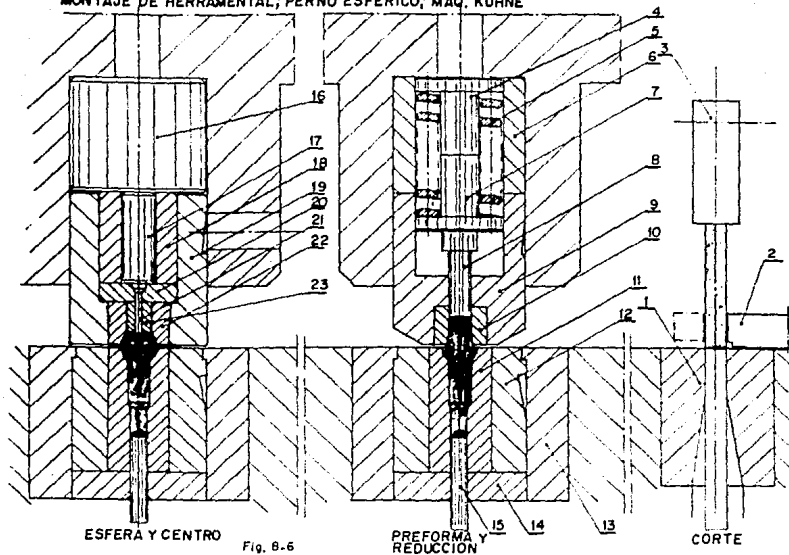
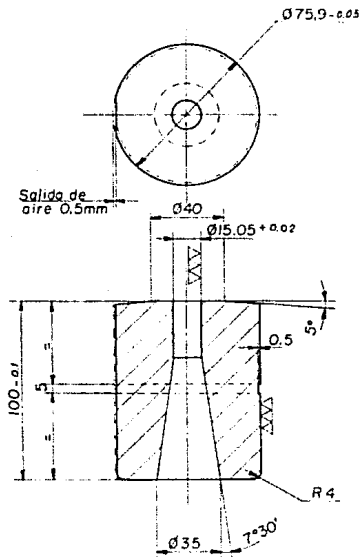



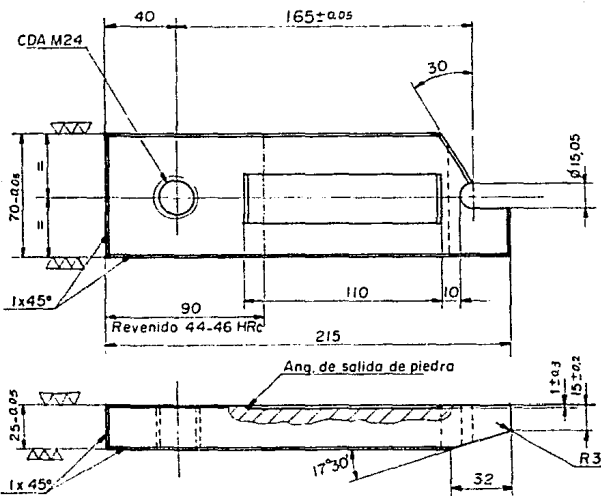
Fig. 8-6

▽ (▽▽)



Material: ACERO AISI S1		Tratamiento: Templado 56-58 Hrc		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
E.s.c. 1:2	Cotas EN mm	Tol. Gral. ±0.1 ±0.2	Denominación: MATRIZ DE CORTE			Dibujado por: J. Trinidad F. G.	
				Revisó _____			
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4		No. De Dibujo: HMC-001/1					

▽ (▽▽)

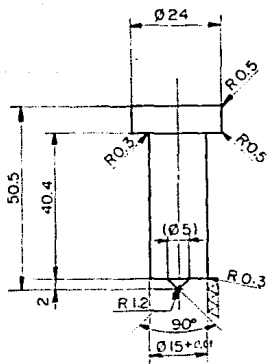
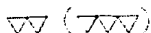


Material:	Acero AISI S1	Tratamiento:	Templado 57-59 HRC	Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
			Revenido 44-46 HRC				

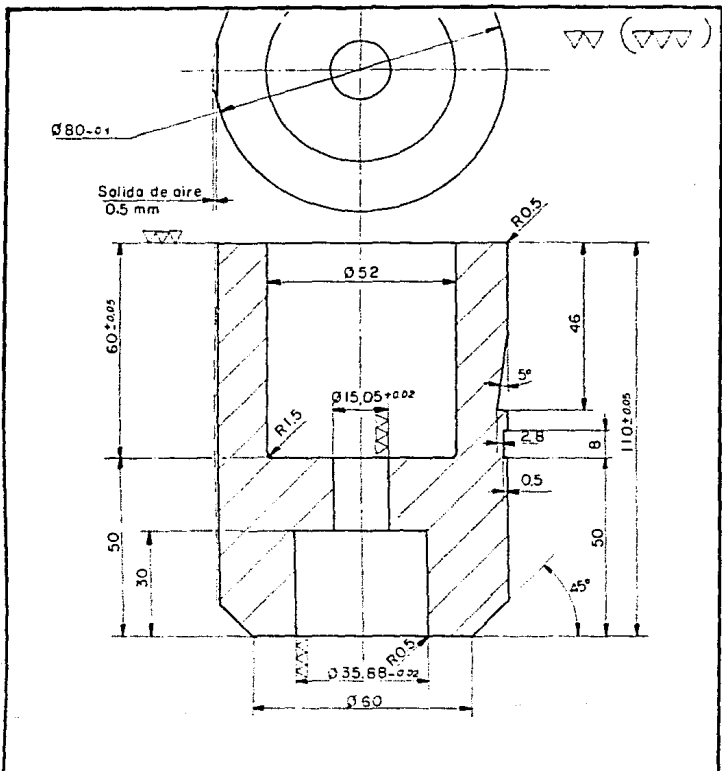
E s c.	Cotas	Tol.	Denominación:	Dibujado por:
1:2	EN	Gral.	CUCHILLA DE CORTE	J. Trinidad F. G.
	mm	± 0.1		Revisó: _____
		$\times \pm 1'$		


FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAJUTILAN UNAM

A-4 No. De Dibujo: HCO-002/2

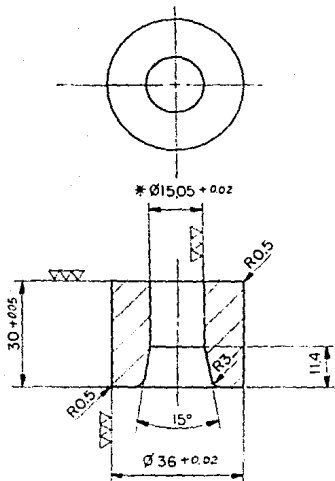


Material: Acero AISI M2		Tratamiento: TEMPLADO 60-62 HRc		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc. 1:1	Cotas EN mm	Tol. Gral. ± 0.30	Denominacion. PUNZON	Dibujado por: J. Trinidad F. G.			
				Reviso			
		FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM					
A-4		No. De Dibujo: HPO-007/8					



Material:		Tratamiento:		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Acero AISI 51		TEMPLADO 56-58 HRc					
Esc.	Cotas	Tol.	Denominacion:	Dibujado por:			
1:1	EN mm	Grat. ± 0.1 $\lambda \pm$	PORTA MATRIZ	J. Trinidad F. G.			
				Reviso:			
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4	No. De Dibujo		HPM-008/9				

▽ (▽▽)

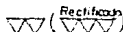


NOTA:

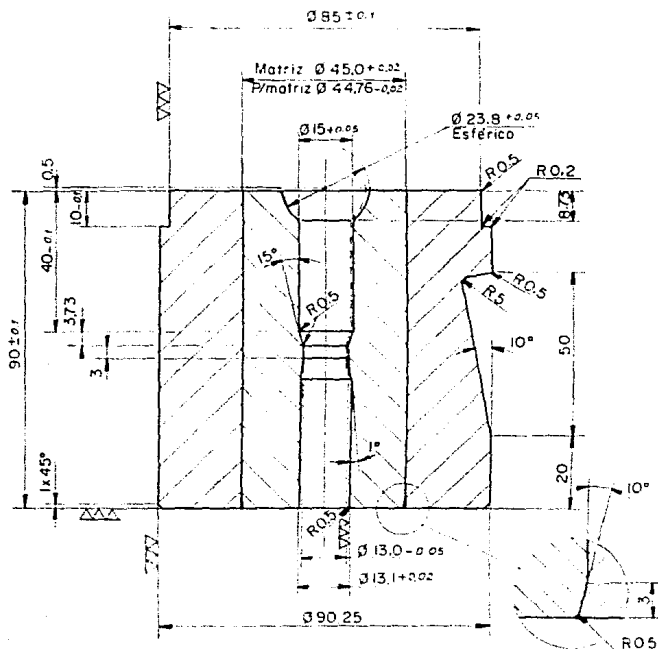
* Medida con matriz, prensado en la porta matriz.

Material: Acero AISI M2		Tratamiento: TEMPLADO 60-62 HRc		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
E.s.c.	Cotas EN mm	Tol. Gral. ± 0.1 ± 0.05	Denominación: MATRIZ DE PREFORMA		Dibujado por: J. Trinidad F. G.		
1:1					Revisó		
		FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM					
A-4		No. De Dibujo: HMP-009/10					

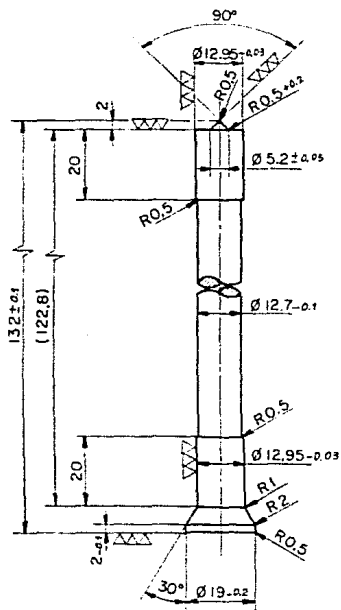
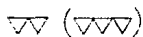
DESCRIPCION	MATERIAL	TRATAMIENTO
mátriz	Acero AISI M2	Templado 60-62 HRC
P/mátriz	Acero AISI S1	Templado 56-58 HRC



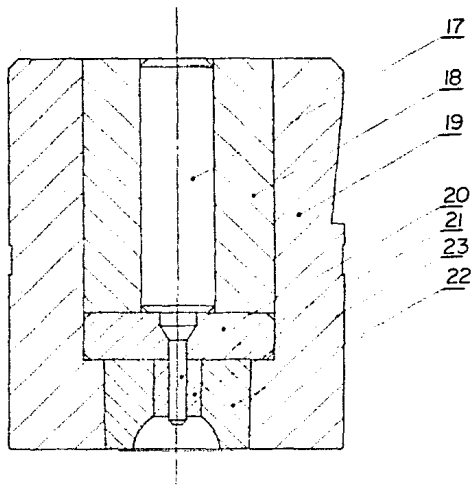
----- Pulido



Material:		Indicador		Tratamiento		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc.	Colas	Tol.	Denominación		Dibujado por:				
1:1	EN mm	Grat. ± 0.1 Σ ± 30	MATRIZ Y P/MATRIZ		J. Trindade F. G.				
		Revisó: _____							
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM									
A-4		No. De Dibujo: HME-010/11 y HPM-011/12							

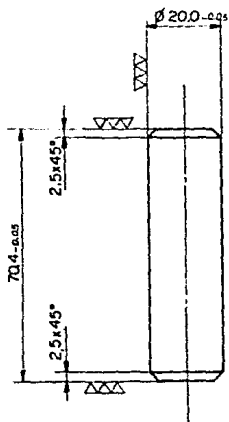



Material:		Acero AISI M2		Tratamiento:		TEMPLADO 60-62 HRC		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc.	Cotas	Tol. Gral.	Denominación:				Dibujado por:				
1:1	EN mm	±0.1 2±0	CONTRA PUNZON				J. Trinidad F.G.				
							Revisó				
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM											
A-4		No. De Dibujo: HCP-014/15									

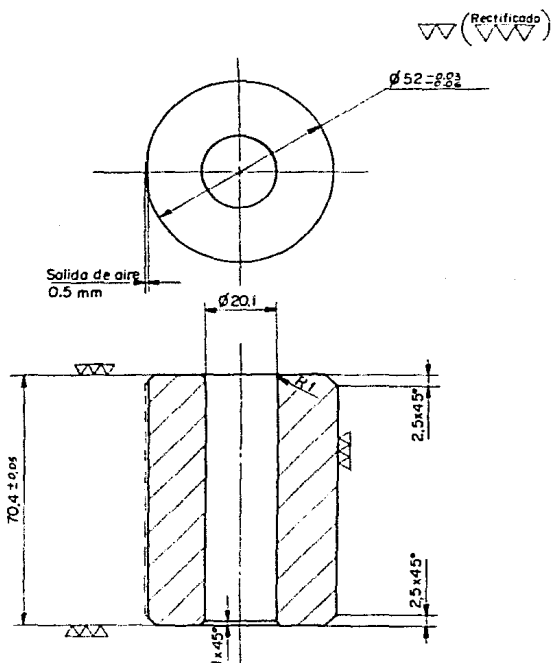


Material:		Tratamiento:		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
E.s.c.	Cotas EN mm	Tol. Gral. \pm λ	Denominacion. Subensamble para hacer centro y esfera		Dibujado por J. Trinidad F. G.		
1:1					Reviso'		
		FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM					
A-4		No. De Dibujo SH-CE0-001					

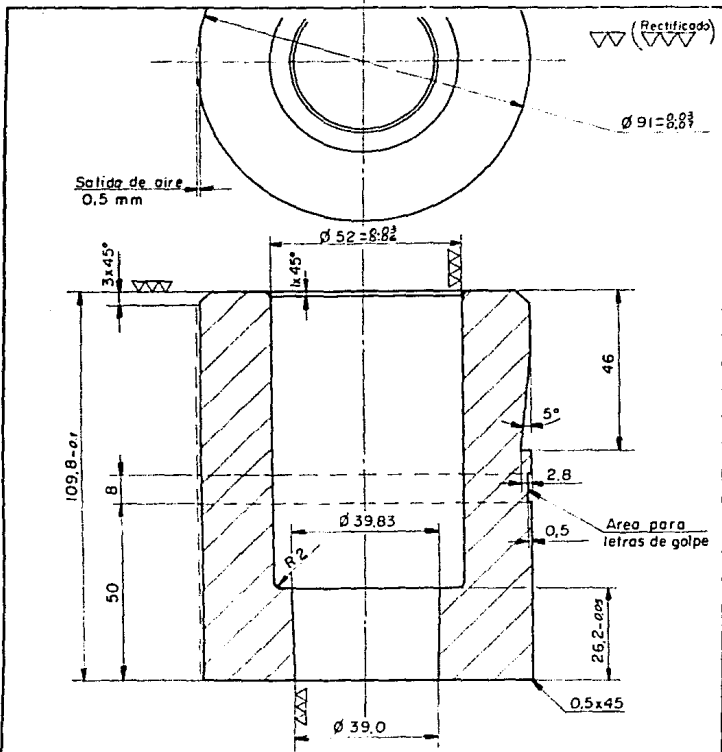
Rectificado

Material: Acero AISI 51		Tratamiento: TEMPLADO 56-58 HRc		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc. 1:1	Colas EN mm	Tol. Gral. ± 0.1 $\lambda \pm$	Denominación: RESPALDO INTERIOR		Dibujado por: J. Trinidad F. G.		
				Reviso: _____			
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4		No. De Dibujo: HRI-016/17					

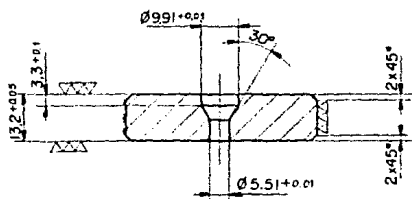
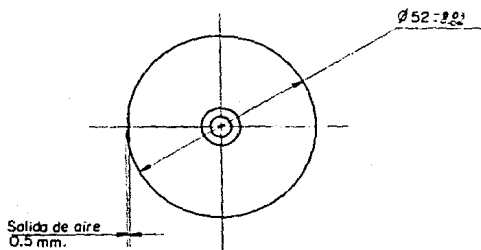


Material: Acero AISI St		Tratamiento: TEMPLADO 56-58 HRc		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
E.s.c. 1:1	Escala EN mm	Tol. Gral. ± 0.1 $\frac{1}{4} \pm$	Denominación: BUJE		Dibujado por: J. Trinidad F. G.		
				Revisó: _____			
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4		No. De Dibujo: HBO - 017/18					

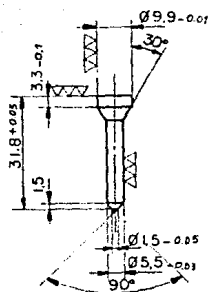
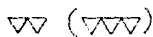


Material:		Acero AISI S1		Tratamiento:		TEMPLADO 56-58 HRC		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc.	Cotas	Tol.	Denominacion.		Dibujado por:		Revisó				
1:1	EN mm	± 0.1 ± 0.15	PORTA MATRIZ ESFERICA		J. Trinidad F. G.						
A-4		FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNA.									
		No. De Dibujo: HME-018/19									

▽▽ (Rectificado) ▽▽▽



Material: Acero AISI S1		Tratamiento: TEMPLADO 56-58 HRc		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc. 1:1	Cotas EN mm	Tol. Gral. ± 0.1 $\Delta \pm \Delta$	Denominación: PORTA PUNZON		Dibujado por: J. Trinidad F. G.		
				Revisó _____			
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4		No. De Dibujo: HPP-019/20					



Material: Acero AISI M2 Tratamiento: TEMPLADO 50-62 HRC Ind. Fecha Autor Modificaciones

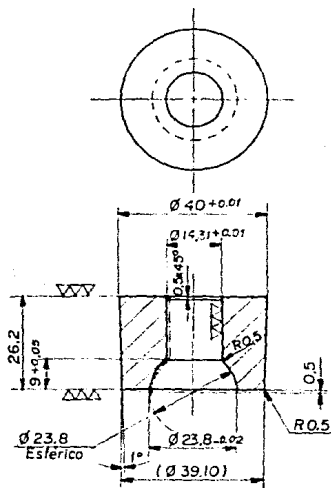
Esc. 1:1	Colas EN mm	Tol. Gral. ± 0.1 $\times \pm 30$	Denominación: PUNZON PARA CENTRO	Dibujado por: J. Trinidad F. G.		
				Revisó		

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM

A-4 No. De Dibujo: HPC-020/21



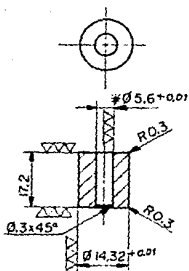
----- Pulido



NOTA: Esta pieza ensamblada con el inserto se introducirá a presión en portamatrix No. HME-018/19

Material:	Acero AISI D2	Tratamiento:	TEMPLADO 60-62 HRC	Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc.	Cartas EN mm	Tol. Gral. ± 0.1 ± 0.15	Denominación:	Dibujado por:			
			MATRIZ ESFERICA	J. Trinidad F. G.			
				Revisó			
A-4		FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM					
		No. De Dibujo: HME-021/22					

▽ (▽▽)



NOTAS:

Esta pieza irá prensada en la matriz esférica

* Medida antes de prensar en la matriz

Material:		Acero AISI S4		Tratamiento:		TEMPLADO 56-58 HRC		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc.	Cotas	Tol. Gral.	Denominación:		Dibujado por:		Revisó				
1:1	EN mm	±0.1 2 ^o	INSERTO		J. Trinidad F. G.						
		FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM.									
A-4		No. De Dibujo		H10-022/23							

8.2 CUERPO PRINCIPAL PARA UNA ROTULA DE SUSPENSIÓN PARA AUTOMÓVIL

Esta pieza es la parte principal en una rotula de suspensión para automóvil, la cual tiene una parte esférica en su interior donde permite el ensamble del perno esférico visto en el tema anterior.

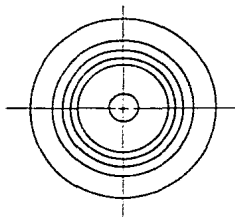
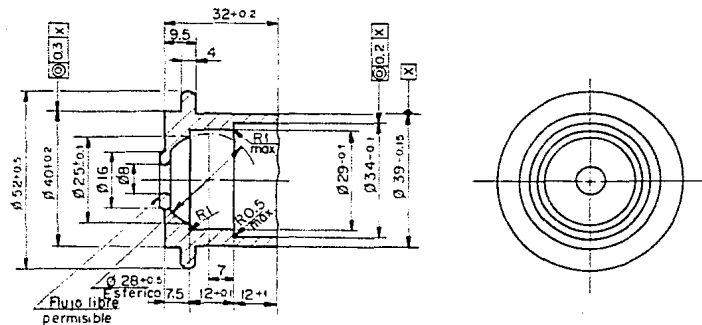
Esta pieza la podemos localizar en la figura 8-2, sombreada y marcada con el número de posición 1.

Todas las especificaciones así como las dimensiones de esta pieza se pueden ver en el dibujo de producto cuyo número de dibujo es CP-002.

No se da una información amplia del producto ya que como se mencionaba en la pieza anterior (perno esférico) nuestro objetivo principal es el hacer el desarrollo del proceso de fabricación por medio de forja en frío tema de esta tesis.

Comenzaremos por obtener el volumen de la pieza a obtener partiendo del dibujo de producto que es la pieza terminada tal y como debe quedar después del proceso de la forja fría.

El método a seguir para el desarrollo es muy similar al que se utilizó para la obtención del perno esférico, con algunas variantes en las fórmulas y figuras geométricas de esta pieza, a la hora de calcular los volúmenes parciales.



FORJADO EN FRIO

NOTAS

- 1.- Sin grietas
- 2.- Sin rebabas

CD	NO	FECHA	REVISOR	ELABORADOR	REVISOR	FECHA

MATERIAL	ACERO AISI 1008 DIN Mo 8 (opcional)	COTAS EN	MILIMETROS	FECHA	Junio 1990
RESISTENCIA A LA TRACCION	588 N/mm ²	DEL DISEÑO		REVISOR	
CLIENTE		DEL DISEÑO		APROBADO	
DESCRIPCION	CUERPO PRINCIPAL PARA ROTULA DE SUSPENSION	ESCALA	1:1	REFERENCIA	FES-C UNAM
		HOJA No.	CP-002		

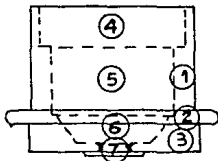
ELABORADO			
TERMINADO			
SIGUIENTE			
ANTERIOR			
OPERACION			

8.2.1 CALCULO DEL VOLUMEN DE MATERIAL NECESARIO PARA FORJAR LA PIEZA

Comenzamos por calcular el volumen total haciendo un dibujo de la pieza y seccionarla en varios volúmenes ayudándonos con los datos del dibujo de producto CP-002, y posteriormente hacer esquemas de cada uno de los volúmenes que han sido seleccionados.

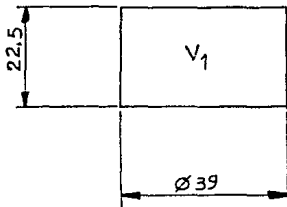
Para obtener el volumen total necesario para forjar la pieza tenemos la siguiente fórmula.

$$V_T = (V_1 + V_2 + V_3) - (V_4 + V_5 + V_6 + V_7) \dots \dots \dots (16)$$



Iniciamos con el cálculo de la pieza sólida que es:

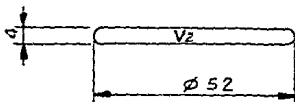
$$V = V_1 + V_2 + V_3$$



Sustituyendo valores en la fórmula (1) obtenemos:

$$V_1 = (0.785) (39 \text{ mm})^2 (22.5 \text{ mm}) = 26,864.66 \text{ mm}^3$$

Resp.



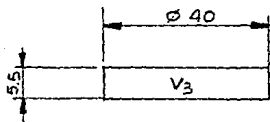
Continuamos con el volumen 2 sustituyendo valores en la fórmula anterior tenemos:

$$V_2 = (0.785) (52 \text{ mm})^2 (4 \text{ mm}) = 8,490.56 \text{ mm}^3$$

Resp.

Ahora para el volumen 3 siguiendo el mismo método tenemos:

$$V_3 = (0.785) (40 \text{ mm})^2 (5.5 \text{ mm}) = 6,908.00 \text{ mm}^3$$



Resp.

Luego continuamos con el cálculo de los volúmenes de las partes huecas de la pieza que serán sustraídas.

El volumen será:

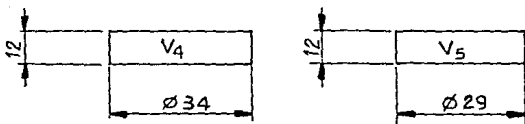
$$V = V_4 + V_5 + V_6 + V_7$$

Sustituyendo valores en la fórmula (1) tenemos:

$$V_4 = (0.785) (34 \text{ m m})^2 (12 \text{ m m}) = 10,889.52 \text{ m m}^3$$

Resp.

De la misma manera se calcula el V_5



Sustituyendo valores tenemos:

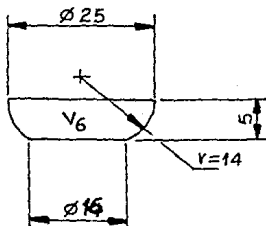
$$V_5 = (0.785) (29 \text{ m m})^2 (12 \text{ m m}) = 7,922.22 \text{ m m}^3$$

Resp.

Para el cálculo del volumen 6, tenemos la siguiente fórmula:

$$V_6 = \frac{\pi}{6} h \left(3 \frac{d_1^2}{4} + 3 \frac{d_2^2}{4} + h^2 \right) \dots \dots \dots (17)$$

Del dibujo tenemos:



Sustituyendo valores en la fórmula anterior obtenemos el volumen 6.

$$V_6 = (0.523) (5 \text{ m m}) \left[3 \frac{(25 \text{ m m})^2}{4} + 3 \frac{(16 \text{ m m})^2}{4} + (5 \text{ m m})^2 \right]$$

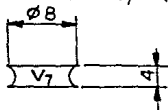
$$V_6 = (0.523) (5) (468.75 + 192 + 25)$$

$$V_6 = (0.523) (5 \text{ m m}) (685.75 \text{ m m}^2) = 1,793.23 \text{ m m}^3$$

Resp.

Continuamos con el volumen 7 el cual será aproximado, sustituyendo valores en la fórmula 1, tenemos lo siguiente:

$$V_7 = (0.785) (8 \text{ m m})^2 (4 \text{ m m}) = 200.96 \text{ m m}^3$$



Resp.

Sustituyendo los valores de todos los volúmenes obtenidos tenemos el volumen total, este valor lo obtendremos con la fórmula (16).

$$\begin{aligned} V_T &= (26,864.66 \text{ mm}^3 + 8,490.56 \text{ mm}^3 + 6,908.0 \text{ mm}^3) \\ &\quad - (10,889.52 \text{ mm}^3 + 7,922 \text{ mm}^3 + 1,793.23 \text{ mm}^3 \\ &\quad + 200.96 \text{ mm}^3) \end{aligned}$$

$$V_T = 42,263.22 - 20,805.93 = 21,457.29 \text{ mm}^3 \quad \text{Resp.}$$

siguiendo el mismo método anterior se calcula el volumen de la operación 30 (extrusión), obteniendo un volumen total de:

$$V_T = 23,296.28 \text{ mm}^3$$

Resp.

Este volumen será el que tomará en cuenta para dar la longitud de corte y el peso del tocho o trozo de material (acero) para forjar la pieza requerida.

Con el volumen requerido de la operación 30 procederemos al cálculo del peso y longitud de corte respectivamente.

Sustituyendo valores en las fórmulas (7) y (8) tenemos lo siguiente:

$$P = 23,296.28 \text{ mm}^3 \times 0.00785 \text{ g/mm}^3 = 182.87 \text{ g} \quad \text{Resp.}$$

$$L_c = \frac{23,296.28 \text{ mm}^3}{660.18 \text{ mm}^2} = 35.28 \text{ mm}$$

Resp.

8.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA DE FABRICACIÓN

OPERACIÓN 10 (CORTE)

Esta operación se efectúa en una cortadora o cizalla, y consiste en cortar el tocho o trozo de barra de acero cuyo diámetro, longitud y peso han sido previamente calculados partiendo del dibujo de la pieza que será forjada (dibujo de producto), el tocho es más fácil controlarlo por su peso y no por la longitud, esto se debe a que la sección cortada es muy irregular y es difícil checar su longitud. Las herramientas más importantes que intervienen en el corte son: CUCHILLA, BUJE GUÍA Y TOPE. Esta cortadora es alimentada automáticamente por medio de un dispositivo neumático.

OPERACIÓN 10A (FOSFATO-JABÓN)

Para esta operación requiere una línea de tinas para enjuagar desengrasar, fosfatar y enjabonar entre otras, consiste en ir pasando el material de tina en tina sumergiendolo determinado tiempo en cada una de las mismas y a determinadas temperaturas.

Esta operación es de gran importancia para la deformación en frío ya que con ésta se obtiene una muy buena lubricación a la hora de forjarla, en el capítulo 5 se trata más ampliamente el proceso de esta operación.

OPERACIÓN 20 (ESBOZO)

Esta operación se puede forjar en una prensa vertical hidráulica mecánica o también en una horizontal mecánica, esta deformación consiste en aplastar el material por medio de un golpe o impacto, dando la forma requerida en el diseño de la secuencia de fabricación. El herramental más importante en esta operación se puede ver en la fig. 8-11, de la cual podemos tomar como herramientas más importantes el PUNZÓN, MATRIZ Y CONTRAPUNZÓN, sin menospreciar los demás herramientas, pues todos ellos juegan un papel muy importante a la hora de la operación.

OPERACIÓN 20A (RECOCIDO, GRANALLADO Y FOSFATO- JABÓN)

Es una operación indispensable para seguir deformando el material ya que después de la operación anterior queda muy duro por lo cual es necesario un tratamiento de recocido para ablandar y aliviar tensiones en el material dejándolo más dúctil. Para ésto debemos seguir cuidando la lubricación del material sometiéndolo a un proceso de fosfato-jabón, pero antes de este proceso es necesario aplicar un granallado para que adhiera la capa del fosfato-jabón todos estos procesos se vieron más a fondo en el capítulo numero 5.

OPERACIÓN 30 (EXTRUSION)

Esta operación se efectúa en una prensa horizontal mecánica o en una vertical ya sea hidráulica o mecánica, se alimentan manualmente con un dispositivo de alimentación por el cual baja la pieza y queda colocada en posición de ser introducida a la matriz por el punzón, una vez hecha la deformación de la pieza ésta es expulsada, y luego transportada por un mecanismo hacia el contenedor quedando lista para la siguiente operación.

OPERACIÓN 40 (PERFORADO)

En esta operación se perfora la parte sólida que queda después de la extrusión utilizando un troquel y una prensa troqueladora siendo los herramientas más importantes el punzón de corte y la matriz de corte.

OPERACIÓN 40 (RECOCIDO GRANALLADO Y FOSFATO-JABÓN)

Para esta operación se hace lo mismo que en la operación 20A con la diferencia de que lleva un JABÓN DELGADO, ver simbología de la secuencia de fabricación según figura 8-10.

OPERACIÓN 50 (REDUCCIÓN DE DIAMETROS)

En esta operación la deformación consiste en la reducción de los diámetro y aumentar la longitud de la pieza. se efectúa en las mismas máquinas utilizadas en la operación 30, siendo los herramientas principales PUNZÓN, MATRIZ Y CONTRAPUNZÓN entre otros.

OPERACIÓN 60 (CALIBRADO)

Esta operación se lleva a cabo en una prensa horizontal mecánica aunque también puede ser forjada en prensa verticales hidráulicas o mecánicas. el funcionamiento de las máquinas así como los herramientas mas importantes que intervienen son los mismos que en la operación anterior cambiando un poco la forma y dimensiones de dichas herramientas.

NOTA:

Una vez terminada la operación 60 que es la última de nuestra secuencia de fabricación de forja le siguen otros mas como: troquelados, maquinados entre otras hasta quedar totalmente terminada la pieza como se encuentra ensamblada en el dibujo de la figura 8-2.

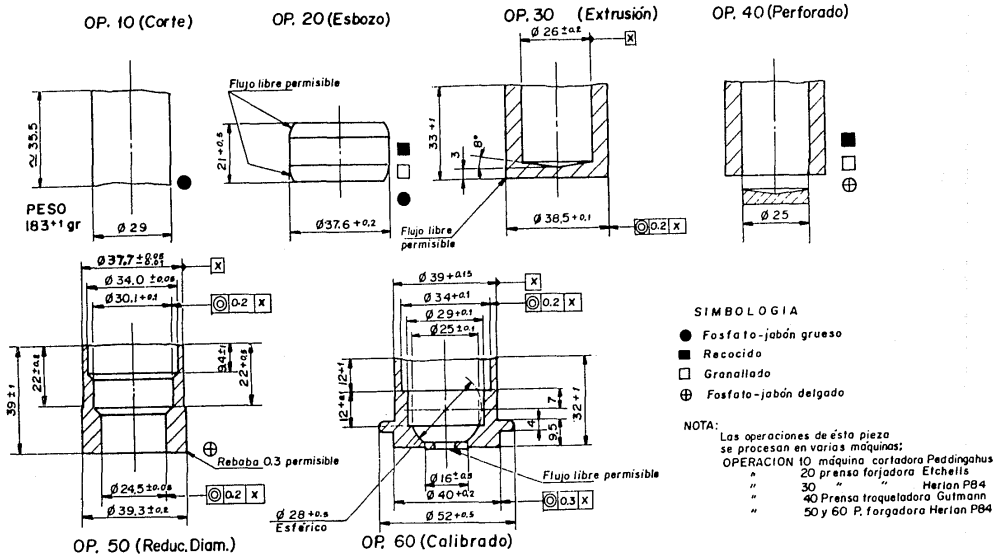


Fig. 8-9 SECUENCIA DE FABRICACION
 cuerpo principal para rótula de suspensión
 forjada en frío con acero AISI 100B

8.2.3 CALCULO DE LA FUERZA MÁXIMA NECESARIA PARA DEFORMAR LA PIEZA EN CADA UNA DE LAS OPERACIONES FORJADAS.

Para el cálculo de la fuerza necesaria así como también la presión necesaria para la deformación por medio de la forja fría en este caso se puede comenzar ya sea por la primera operación o por último puesto que ya se cuenta con la secuencia de fabricación. Pero se hace la aclaración de que siempre que sea un producto nuevo (proyecto) se deberá comenzar por la última operación que será el dibujo de producto o pieza forjada terminada totalmente, hasta llegar a la primera que será el corte del tocho.

OPERACIÓN 60 (CALIBRADO)

En esta operación la fuerza necesaria para el calibre de los diámetros interiores se desprecia puesto que es muy pequeña, por lo cual solo calcularemos la fuerza máxima necesaria para la brida ver secuencia de fabricación fig. 89. Con la fórmula (12) obtendremos el coeficiente de reducción en sección transversal de área.

$$\epsilon_A = \frac{L}{L_o} = \frac{16.5 \text{ mm}}{9.5 \text{ mm}} = 1.73$$

Resp.

con este valor nos vamos a la gráfica de la fig. 8-3, en la cual tomamos la recta de material Muk7 que es aproximadamente igual al acero AISI 1008 del cual se fabricará nuestra pieza, con el coeficiente de área calculado entramos en dicha gráfica y cruzando la recta del material mencionado obtenemos el siguiente valor:

$$\sigma_p = 48 \text{ Kp/mm}^2$$

Luego empleando la fórmula (13) en la cual:

$$KwE = \sigma_p$$

$$KwE = 0.785 (52 \text{ mm})^2 = 2,704.78 \text{ mm}^2 \quad \text{Resp.}$$

Sustituyendo valores en la fórmula 13 se obtiene el resultado de la fuerza buscada que es de:

$$F_{\text{máx}} = 48 \times 2,704.78 = 129,829.44 \text{ Kp}$$

A este valor se le adiciona un por ciento del 10 al 15, en este caso tomaremos un 12% obteniendo una fuerza máxima para la deformación de:

$$F_{\text{máx}} = 145,408.97 \text{ Kp}$$

OPERACIÓN 50 (DIAMETROS INTERIORES)

Para el cálculo de esta operación nos ayudaremos del nomógrama de la fig. 8-11 del cual tenemos que encontrar los valores de las siguientes áreas. Para esto contamos con las fórmulas siguientes:

$$A_0 = \frac{\pi}{4} (d_0^2 - d_2^2) \dots\dots\dots (18)$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_2^2) \dots\dots\dots (19)$$

De la secuencia de fabricación tomamos los datos necesarios y los sustituimos en las fórmulas anteriores:

$$A_0 = 0.785 [(39.3 \text{ mm})^2 - (24.5 \text{ mm})^2]$$

$$A_0 = 0.785 (1,544.49 - 600.25) = 741.22 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 0.785 [(37.7 \text{ mm})^2 - (30.1 \text{ mm})^2]$$

$$A_1 = 0.785 (1,421.29 - 906.01) = 404.49 \text{ mm}^2$$

Luego continuamos con el % de reducción de área, empleando la siguiente fórmula:

$$\epsilon_A = \left(\frac{d}{D}\right)^2 100 \dots\dots\dots (20)$$

Sustituyendo valores en la fórmula citada obtenemos:

$$\epsilon_A = \frac{(24.5 \text{ m m})^2}{(39.3 \text{ m m})^2} 100 = \left(\frac{600.25}{1,544.49} \right) 100 = 38\%$$

Resp.

También es necesario calcular el factor de ajuste K de acuerdo a la altura, para el cual tenemos la fórmula siguiente:

$$K = \frac{h_p}{d_o} \dots\dots\dots(21)$$

Sustituyendo:

$$K = \frac{33.0 \text{ m m}}{38.5 \text{ m m}} = 0.95$$

Resp.

con estos valores obtenidos nos vamos al nomograma de la fig 8-II, comenzando con el valor de A_p en el campo 1, siguiendo la dirección de las flechas del ejemplo citado en la fig. antes mencionada, hasta llegar al campo 3 donde encontramos una fuerza o presión del punzón de:

$$\bar{p} = 70.00 \text{ Kp/mm}^2$$

Resp.

y una fuerza máxima necesaria para la deformación de:

$$F_{\text{máx}} = 55 \text{ Mp} \quad \text{Resp.}$$

A este valor se le adiciona un 20% para asegurar la fuerza por lo cual nos queda un resultado final de:

$$F_{\text{máx}} = 66.00 \text{ Mp} \quad \text{Resp.}$$

OPERACIÓN 30 (EXTRUSION)

Para esta operación nos ayudaremos del nomógrama de la fig. 8-9, para esto necesitaremos calcular el % de reducción de área la cual se obtendrá con la fórmula (20), tomando valores de la secuencia de fabricación y sustituyéndolos en dicha fórmula obtenemos:

$$\epsilon_A = \frac{(26.00 \text{ m m})^2}{(38.5 \text{ m m})^2} 100 = \frac{676.00}{1,482.25} = 45.6\%$$

Resp.

con este valor, el diámetro de punzón y diámetro de la matriz obtenidos de la secuencia de fabricación nos vamos al nomógrama de la figura ya mencionada y nos encontramos en el campo 2 el valor de presión o fuerza del punzón de:

$$\bar{p} = 172.00 \text{ Kp/mm}^2 \quad \text{Resp.}$$

siguiendo el curso en nuestro nomógrama y tomando un factor de ajuste $K = 0.95$ según la altura, llegamos hasta el campo 4 en el cual encontramos un valor de:

$$F_{\text{máx}} = 130.00 \text{ Mp} \quad \text{Resp.}$$

a este valor se le aumenta un 15% para asegurar la fuerza máxima necesaria para la deformación; obteniendo como resultado final una fuerza de:

$$F_{s21} = 149.50 \text{ Mp}$$

Resp.

OPERACIÓN 20 (ESBOZO)

Esta operación se puede tomar como un recalado y para encontrar el coeficiente de reducción de área contamos con la fórmula (12) en la cual sustituimos valores obtenidos de la secuencia de fabricación como lo hemos hecho en anteriores operaciones.

$$\sigma_p - C_k = \frac{35.50 \text{ m m}}{21.00 \text{ m m}} = 1.69$$

Resp. .

con este valor nos vamos a la gráfica de la fig. 8-3, de la cual obtenemos la resistencia a la deformación o fuerza del punzón de:

$$\sigma_p = 45 \text{ Kp/mm}^2$$

Resp.

Luego substituyendo este valor en la fórmula (13) donde $K_E = \sigma_p$ encontraremos la fuerza máxima necesaria requerida para la deformación de nuestra pieza, pero para esto tenemos que calcular la sección de área que ha sido comprimida la cual será:

$$A_E = 0.785 (37.6 \text{ mm})^2 = 1,109.80 \text{ mm}^2 \quad \text{Resp.}$$

sustituyendo estos valores en la fórmula mencionada tenemos:

$$F_{s21} = 45.00 \text{ Kp/mm}^2 \times 1,109.80 \text{ mm}^2 = 49,941.07 \text{ Kp} \quad \text{Resp.}$$

Se busca fuerza máxima de deformación $F_{\text{máx}}$.

Del campo 1, obtenemos $\epsilon_1 = 69$, con $h_0/d_0 = 35/70$ ($k = 0.94$ en el campo 2) es de acuerdo al campo 3 la fuerza máxima del dado $p_{\text{máx}} = 166 \text{ Kp/mm}^2$. A un diámetro del punzón $d = 58 \text{ mm}$ (campo 1) la fuerza máxima de deformación $F_{\text{máx}} = 440 \text{ Mp}$ según el campo 4 (observar las flechas en los campos 1 a 4 del nomograma).

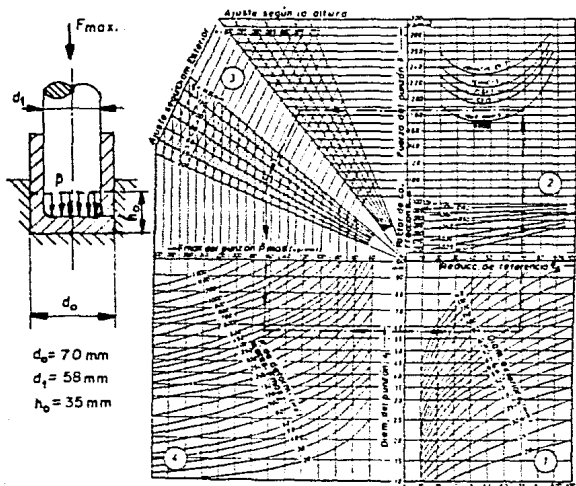
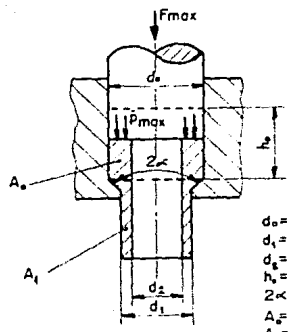
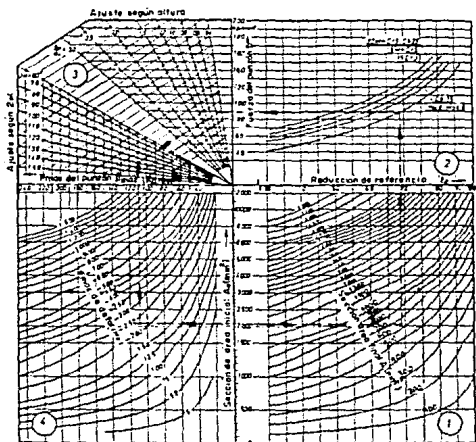


Fig. 8-10 Ejemplo de como encontrar la fuerza máxima en el nomograma con un material AISI 1008 ó DIN Ma 8.



$d_0 = 95 \text{ mm}$
 $d_1 = 85 \text{ "}$
 $d_2 = 80 \text{ "}$
 $h_0 = 50 \text{ "}$
 $2\alpha = 120^\circ$
 $A_0 = \text{sección área inicial}$
 $A_1 = \text{sección área final}$

$A_0 = \frac{\pi}{4}(d_0^2 - d_2^2) = 0.785(95^2 - 80^2) = 2060 \text{ mm}^2$
 $A_1 = \frac{\pi}{4}(d_1^2 - d_2^2) = 0.785(85^2 - 80^2) = 640 \text{ mm}^2$
 $\epsilon_A = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 = 69\% \text{ en } \frac{h_0}{d_0} = \frac{50}{95} = 0.5$
 en campo 3 obtenemos la fuerza del punzón de 110 kp/mm², despues en campo 1 trazamos, partiendo de 2060mm², encontrando en el campo 4 la fuerza máxima a la deformación de 225 Mp. (observar las flechas en los campos 1 a 4 del nomograma)

Fig. 8-18 Ejemplo para encontrar la fuerza máxima necesaria para la deformación, siguiendo el nomograma superior, y con un material de acero AISI 1008 o' DIN Ma 8.

8.2.4 DIBUJOS DE DEFINICIÓN DEL HERRAMENTAL PARA FORJAR EL CUERPO PRINCIPAL

Para los dibujos de definición o detalle se han tomado materiales de la tabla 8-2, los cuales han sido seleccionados a base de cálculo y experimentación por técnicos e ingenieros de compañías dedicadas a la fabricación de productos obtenidos por el proceso de conformación en frío.

Gracias a ellos se han podido normalizar una serie de materiales para las herramientas utilizadas en la forja fría, extrusión, recalcado, estampado entre otros.

A continuación presentamos los dibujos de detalle de los herramientas relacionados más íntimamente con la pieza a forjar siendo los más importantes MATRIZ, PUNZÓN Y CONTRAPUNZÓN.

Los símbolos de mecanizado utilizados en los dibujos, son de la norma DIN, ISO 1302.

Para las tolerancias de los mismos se tomaron las normas siguientes:

DIN, ISO 7154 T1

DIN 7184 T1

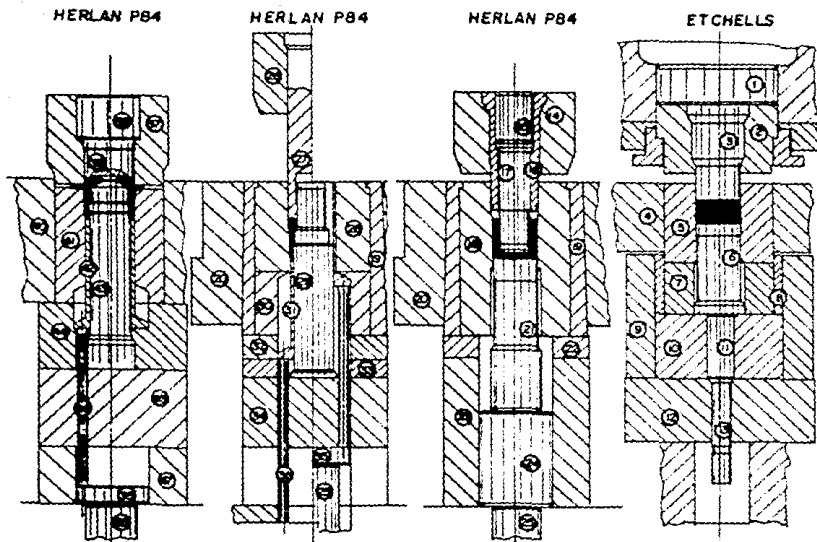
Estos herramientas se pueden observar en el montaje general de cada una de las operaciones ver figura 8-12 en la cual se ve la posición y forma de cada una de las herramientas.

NOTA:

Se puede dar el caso en que las cantidades calculadas para el uso de los nomógramas no coincidan exactamente a la hora de hacer el seguimiento por los campos marcados en dichos nomógramas. Esto es debido a que hay operaciones que se desarrollaron a base de experiencia práctica.

TABLA B-4 Relación de herramientas para forjar el cuerpo principal de una rótula de suspensión, en máquinas EtcHELLS y Herlan P-84

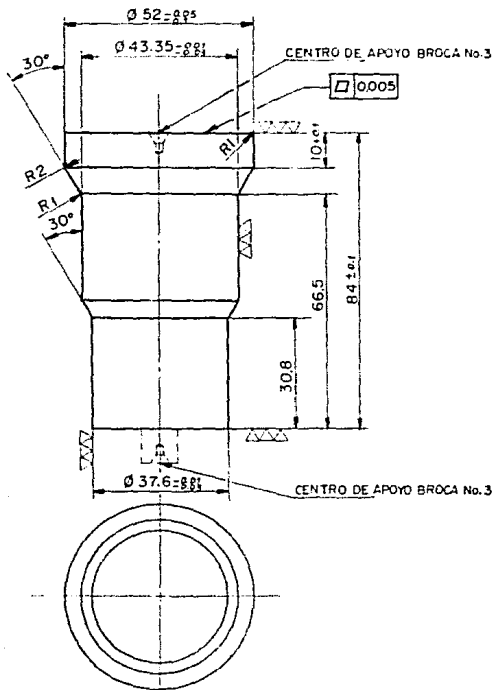
OP.	POS.	CANT.	No. PARTE	DESCRIPCION	MATERIAL	TRATAMIENTO
20	1	1	HRS-001	RESPALDO SUP.	ACERO AISI S1	Templado 54-56 Hrc
	2	1	HFP-002	PORTA PUNZON	" " "	"
	3	1	HPO-003	PUNZON	" " M2	60-62 Hrc
	4	1	HAU-004	ARMADURA	" " 4140	46-48 Hrc
	5	1	HMO-005	MATRIZ	" " S1	56-58 Hrc
	6	1	HCP-006	CONTRA PUNZON	" " M2	60-62 Hrc
	7	1	HSG-007	BUJE GUIA	" " S1	56-58 Hrc
	8	1	HCO-008	CAMISA	" " "	"
	9	1	HAO-009	ANILLO	" " "	"
	10	1	HRG-010	RESP.GUIA SUP.	" " "	"
	11	1	HRO-011	RESPALDO	" " "	54-56 Hrc
	12	1	HRS-012	RESP. GUIA INF.	" " "	"
	13	1	HBO-013	BOTADOR	" " "	"
30	14	1	HFP-014	P/PUNZON EXT.	ACERO AISI S1	Templado 54-56 Hrc
	15	1	HRS-015	RESPALDO SUP.	" " "	"
	16	1	HFP-016	PORTA PUNZON I.	" " "	56-58 Hrc
	17	1	HPO-017	PUNZON	" " M2	60-62 Hrc
	18	1	HMO-018	MATRIZ	" " S1	56-58 Hrc
	19	1	HCO-019	CAMISA	" " "	54-56 Hrc
	20	1	HAO-020	ARMADURA	" " 4140	46-48 Hrc
	21	1	HCP-021	CONTRA PUNZON	" " M2	60-62 Hrc
	22	1	HAL-022	ANILLO INTERO.	" " S1	54-56 Hrc
	23	1	HAG-023	ANILLO GUIA	" " "	"
	24	1	HRI-024	RESPALDO INF.	" " "	"
25	1	HBS-025	BARRA DE EXP.	" " "	46-48 Hrc	
50	26	1	HFP-026	PORTA PUNZON	ACERO AISI S1	Templado 54-56 Hrc
	27	1	HPO-027	PUNZON	" " M2	60-62 Hrc
	28	1	HMO-028	MATRIZ	" " S1	56-58 Hrc
	29	1	HCP-029	CONTRA PUNZON	" " M2	60-62 Hrc
	30	1	HSG-030	RESP. GUIA SUP.	" " S1	56-58 Hrc
	31	1	HBE-031	BUJE EXPULSOR	" " "	"
	32	1	HRG-032	RESP. GUIA INT.	" " "	"
	33	1	HFC-033	PORTA C/PUNZON	" " "	"
	34	1	HRG-034	RESP. GUIA INF.	" " "	"
	35	1	HRI-035	RESPALDO INT.	" " "	"
36	3	HBO-036	BOTADOR	BARRA SOLAR	"	
60	37	1	HFP-037	PORTA PUNZON	ACERO AISI S1	Templado 54-56 Hrc
	38	1	HRS-038	RESPALDO SUP.	" " "	"
	39	1	HPO-039	PUNZON	" " M2	60-62 Hrc
	40	1	HAO-040	ARMADURA	" " 4140	46-48 Hrc
	41	1	HMO-041	MATRIZ	" " S1	56-58 Hrc
	42	1	HBE-042	BUJE EXPULSOR	" " "	"
	43	1	HCP-043	CONTRA PUNZON	" " M2	60-62 Hrc
	44	1	HRG-044	RESPALDO GUIA	" " S1	54-56 Hrc
	45	1	HRI-045	RESPALDO INF.	" " "	"
	46	3	HBO-046	BOTADOR	BARRA SOLAR	"
	47	1	HAG-047	ANILLO GUIA	ACERO AISI S1	Templado 54-56 Hrc



OP. 60 (Calibrado) OP. 50 (Reduc. Diam.) OP. 30 (Extrusión) OP. 20 (Esbozo)


Fig. 8.18 MONTAJE DE HERRAMIENTA PARA FORJAR EL CUERPO PRINCIPAL DE UNA ROTULA DE SUSPENSION. Según La Redonda De Mexico.

▽ (▽▽)

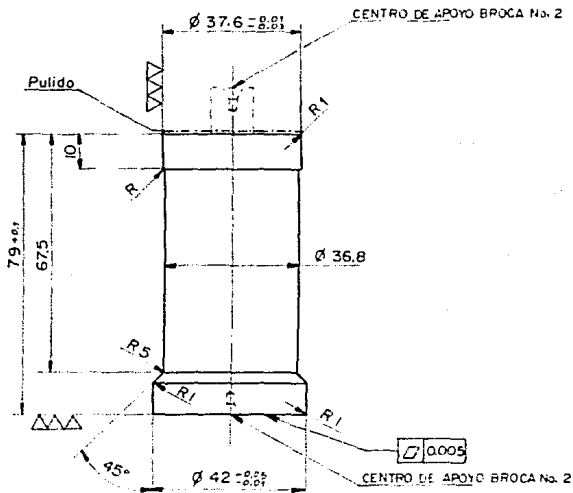


Material: Acero AISI M2 Tratamiento: TEMPLADO 60-62 HRc Ind. Fecha Autor Modificaciones

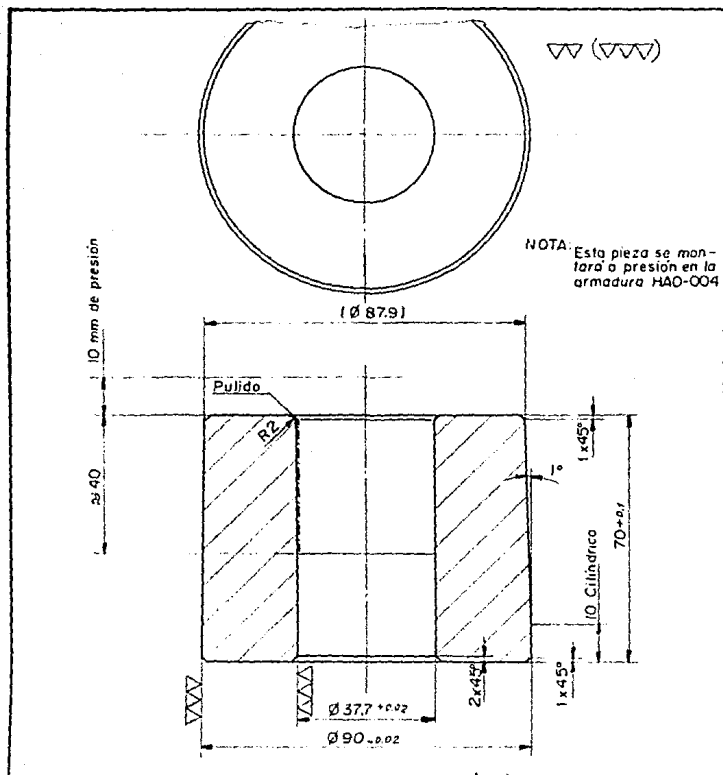
Esc.	Cotas	Tol.	Denominacion	Dibujado por:
1:1	EN mm	Gral. ± 0.1 ± 30	PUNZON	J. Trinidad F. G.
				Reviso: _____


FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM
 A-4 No. De Dibujo HPO-003

▽▽ (▽▽▽)

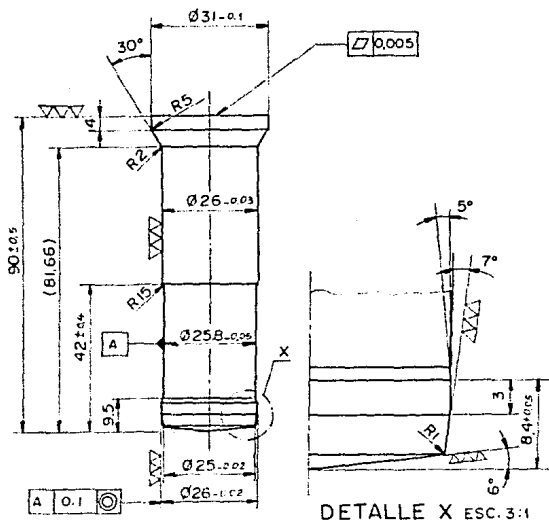


Material: Acero AISI M2		Tratamiento: TEMPLADO 60-62 HRC		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc. 1:1	Cotas EN mm	Tol. Gral. ± 0.1 ± 0.1	Denominación: CONTRA PUNZON		Dibujado por: J. Trinidad F. G.		
		FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM					
A-4	No. De Dibujo: HCP-006				Revisó: _____		



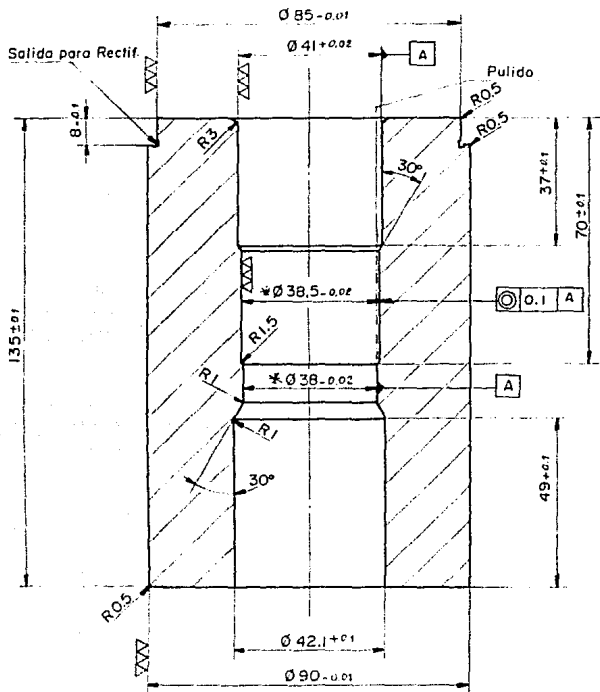
Material: Acero AISI S1		Tratamiento: TEMPLADO 56-58 HRC		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc. 1:1	Cotas EN mm	Tol. Grañ. ± 0.1 ± 30'	Denominación: MATRIZ		Dibujado por J. Trinidad F. G.		
				Revisó _____			
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4		No. De Dibujo: HMO-005					



▽ (▽▽)



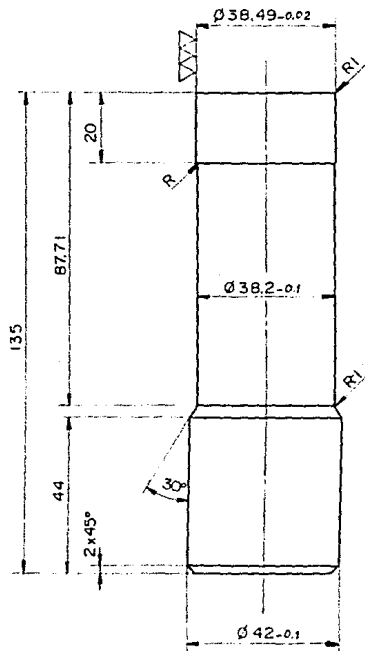
Material:		Tratamiento:		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
ACERO AISI M2		TEMPLADO 60-62 HRC					
Esr.	Cotas	Tol.	Denominacion	Dibujado por:			
1:1	EN	Grd.	PUNZON	J. TRINIDAD F. G.			
(3:1)	mm	±0.1		Revisó _____			
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4		No. De Dibujo		HPO-017			


* Medida de la matriz, prensada en la armadura

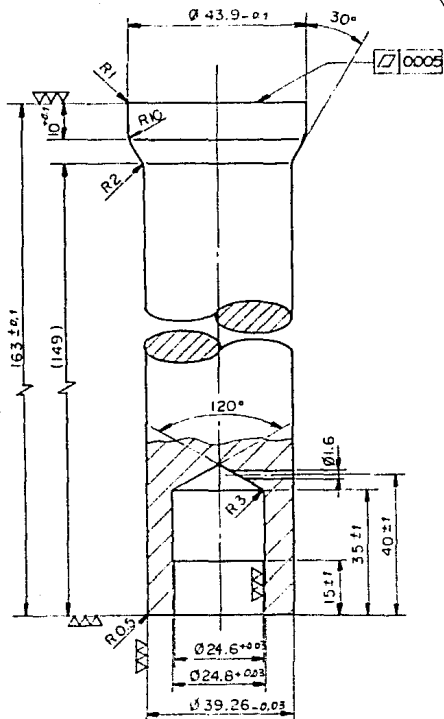
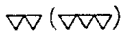


Material:		Tratamiento:		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
ACERO AISI S1		TEMPLADO 56-58 HRC					
Esc.	Cotas	Tol.	Denominación.	Dibujado por			
1:1	EN mm	± 0.1 ≥ ± 0.1	MATRIZ	J. Trinidad F. G.			
				Revisó			
  FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILAN UNAM							
A-4		No. De Dibujo HMO-018					

▽ (▽▽)



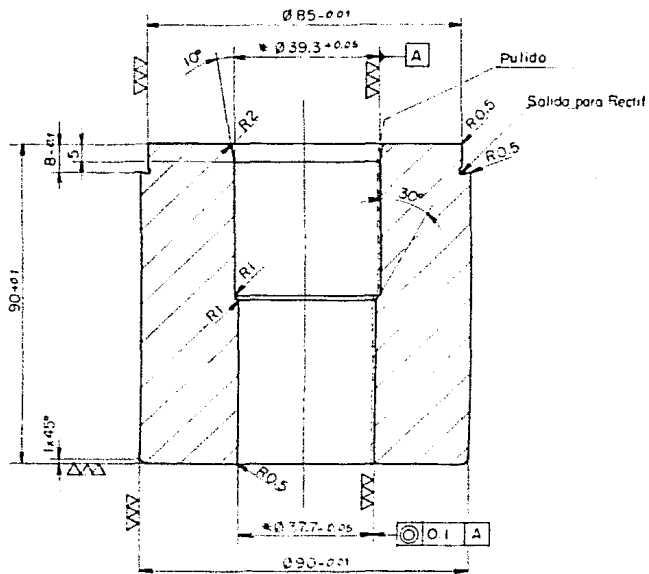
Material:		Acero AISI M2		Tratamiento:		TEMPLADO 60-62 HRc		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc.	Cotas	Tol.	Denominación:		Dibujado por:						
1:1	EN mm	Grat. ± 0.1 $\Delta \pm$	CONTRAPUNZON		J. TRINIDAD F.G.						
						Revisó					
		FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM									
A-4		No. De Dibujo: HCP-021									



Material:		Tratamiento:		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
ACERO AISI M2		TEMPLADO 56-60 Hrc					
Esc.	Cotas	Tol. Gral.	Denominacion	Dibujado por:			
1:1	EN mm	± 0.1 $\Delta \pm 30$	PUNZON	J. Trinidad F. G.			
				Reviso:			
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4		No. De Dibujo		HPO-027			


* Medida de la matriz, prensada en la armadura

W (▽▽▽)

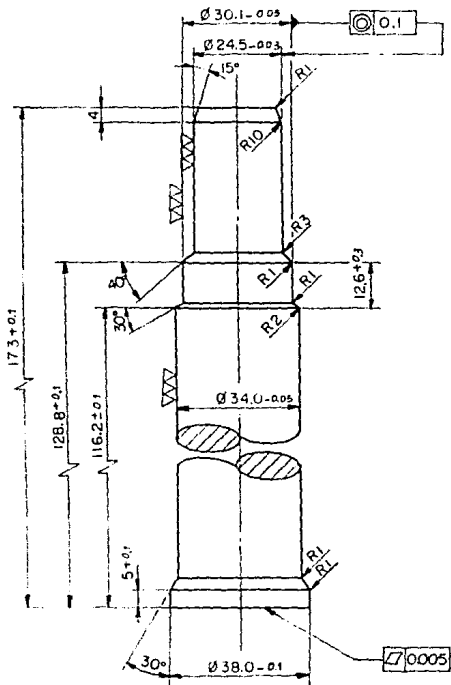
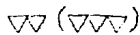


Material: ACERO AISI S1	Tratamiento TEMPLADO 56-58 Hrc	Ind	Fecha	Autor	Modificaciones
----------------------------	-----------------------------------	-----	-------	-------	----------------

E s c 1:1	Escalas EN mm	Tol. Grat. ±0.1 X±±	Denominación MATRIZ	Dibujado por J. Trinidad F. G.	
				Rev. sc	

 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM

A-4	No. De D. Supl	HMO-026
-----	----------------	---------



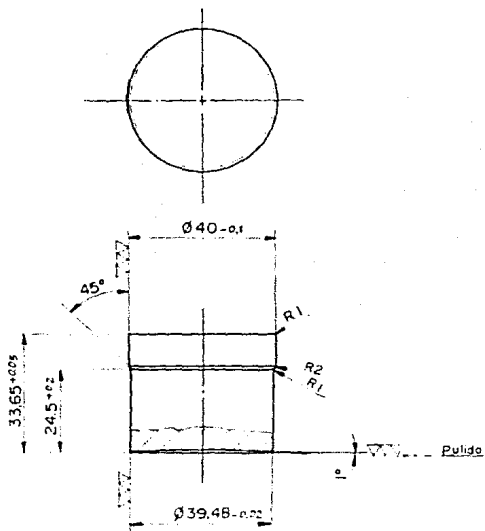
Material: ACERO AISI M2 Tratamiento: TEMPLADO 60-62 HRC Ind. Fecha Autor Modificaciones


E s c. 1:1	Calas EN mm	Tol. Gral. ± 0.1 2 ± 0.1	Denominación CONTRAPUNZON	Dibujado por J. Trinidad F. G.
				Revisó

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM

A-4 No. De Dibujo HCP-029

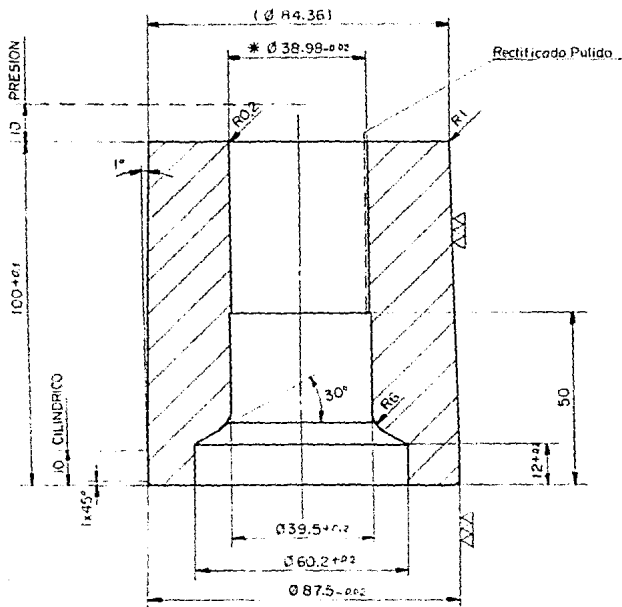
77 (77)




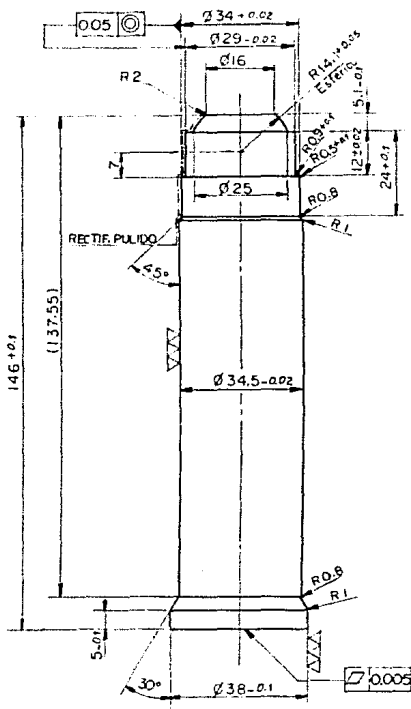
Material: ACERO AISI M2		Tratamiento: TEMPLADO 60-62 HRC		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc. 1:1	Cotas EN mm	Tol. Gral. ±0.1	Denominación: PUNZON	Dibujado por: J. Trinidad F. G.		Revisó:	
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM		A-4		No. De Proyecto: HPO-039			


* Medida de la matriz, prensada en la armadura.

W (W)



Material:		Tratamiento:		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
ACERO AISI 51		TEMPLADO 56-58 HRC					
Esc.	Cotas	Tol.	Denominación:		Dibujado por:		
1:1	EN mm	Gral. 1x 2±	MATRIZ		J. Trinidad F. G.		
				Revisó _____			
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4		No. De Dibujo HMD-041					



Material: ACERO AISI M2		Tratamiento: TEMPLADO 50-62 HRc		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
E s c.	Cotas EN mm	Tol. Gral. ± 0.1 ± 0.3	Denominación: CONTRA PUNZON		Dibujado por: J. Trinidad F. G.		
1:1					Revisó: _____		
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4		No. De Dibujo: HCP-043					

8.3 TORNILLO ESPECIAL TIPO COCHE

Este tornillo es utilizado para sujetar las cajas en camionetas al chasis, especialmente en modelos FORD Y CHEVROLET entre otros.

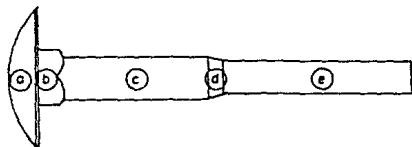
Dichas cajas se utilizan para carga pesada y por lo consiguiente estos tornillos están sujetos a esfuerzos muy grandes principalmente de tensión, flexión y torsión, por lo cual se requiere que tengan una dureza de 80 a 100 HRB.

Existen en la actualidad una infinidad de modelos de tornillos semejantes, pero debido a su conformación geométrica, al tornearla se llevaría mucho tiempo su fabricación y se desperdiciaría mucho material y obtendríamos muy baja resistencia mecánica a la tensión y agarre, debido a la cuerda cortada.

En la actualidad esta pieza es forjada en FRÍO por su bajo costo de fabricación en serie, así como sus propiedades mecánicas excelentes, dado a la continuidad de sus fibras o vetas y muy buen acabado superficial.

8.3.1

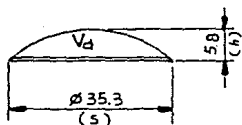
Calculo del volumen de la pieza



Para calcular el volumen correspondiente de la sección (a) tenemos:

$$V_a = \frac{\pi}{6} h \left(\frac{3}{4} s^2 + h^2 \right)$$

$$V_a = \frac{\pi}{6} (5.8 \text{ mm}) \left(\frac{3}{4} (35.3 \text{ mm})^2 + (5.8 \text{ mm})^2 \right)$$



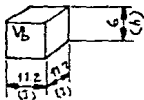
$$V_a = 2.940 \text{ mm}^3$$

Para el volumen correspondiente de la sección (b) se tiene:

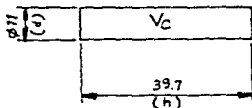
$$V_b = l^2 h$$

$$V_b = (11.2 \text{ mm})^2 (6 \text{ mm})$$

$$V_b = 752.6 \text{ mm}^3$$



El volumen correspondiente de la sección (c) será:



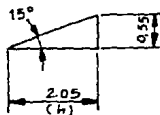
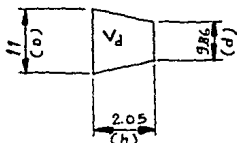
$$V_c = \frac{\pi}{4} d^2 h$$

$$V_c = 0.785 (11 \text{ mm})^2 (39.7 \text{ mm})$$

$$V_c = 3.770 \text{ mm}^3$$

El volumen de la sección (d):

$$V_d = \frac{\pi}{12} h (D^2 + Dd + d^2)$$



$$V_d = 0.261 (2.05 \text{ mm}) [(11 \text{ mm})^2 + (11 \text{ mm})(9.86 \text{ mm}) + (9.86 \text{ mm})^2]$$

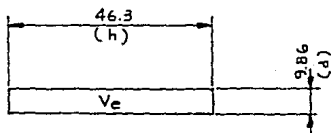
$$V_d = 174.5 \text{ mm}^3$$

El volumen correspondiente a (e):

$$V_e = 0.785 d^2 h$$

$$V_e = 0.785 (9.86 \text{ mm})^2 (46.3 \text{ mm})$$

$$V_e = 3.533 \text{ mm}^3$$



El volumen total de la pieza es:

$$V_T = V_a + V_b + V_c + V_d + V_e$$

$$V_T = 2,940 \text{ mm}^3 + 752.6 \text{ mm}^3 + 3,770 \text{ mm}^3 + 174.5 \text{ mm}^3 + 3,533 \text{ mm}^3$$

$$V_T = 11,170.1 \text{ mm}^3$$

RESP.

Diámetro del material de partida:

$$\theta = 14.28 \text{ mm}$$

Área del material de partida:

$$A_o = \frac{\pi}{4} d^2 = 0.785 (14.28 \text{ mm})^2$$

$$A_o = 160.07 \text{ mm}^2$$

RESP.

Cálculo del peso del material:

$$P = V_f \gamma \dots\dots\dots(7)$$

$$P = 11,170.1 \text{ mm}^3 (0.00785 \text{ g/mm}^3)$$

$$P = 87.8 \text{ g}$$

RESP.

Cálculo de la longitud de corte:

$$L_c = \frac{V_f}{A_o} \dots\dots\dots(8)$$

$$L_c = \frac{11,170.1 \text{ mm}^3}{160.07 \text{ mm}^2}$$

$$L_c = 69.78 \text{ mm}$$

RESP.

8.3.2.

La longitud libre a deformar:

$$L_d = \frac{V_e^*}{A_0} \dots\dots\dots(9)$$

Donde : V_e^* = Volumen de la cabeza y cuadro

$$V_e^* = V_a + V_b$$

$$V_e^* = 2,940 \text{ mm}^3 + 75.6 \text{ mm}^3$$

$$V_e^* = 3,692.6 \text{ mm}^3$$

RESP.

Entonces:

$$L_d = \frac{3,692.6 \text{ mm}^3}{160.07 \text{ mm}^2}$$

$$L_d = 23.0 \text{ mm}$$

RESP.

Cálculo de la relación de recalado:

$$R R = \frac{L_d}{D_0} \dots\dots\dots(10)$$

$$R R = \frac{23.0 \text{ mm}}{14.28 \text{ mm}}$$

$$R.R. = 1.6$$

RESP.

Cálculo de la reducción porcentual de área:

$$\% \text{ de reducción de área} = 100 - 100 \left(\frac{d^2}{D^2} \right) \% \dots\dots\dots (11)$$

1a. Reducción:

$$\% \text{ de reducción de área} = 100 - 100 \left[\frac{(11 \text{ m m})^2}{(14.28 \text{ m m})^2} \right]$$

$$\% \text{ de reducción de área} = 100 - 100 \left(\frac{121}{203.9} \right) = 40.6\%$$

Según el resultado obtenido se puede apreciar que se trata de una extrusión atrapada de acuerdo al nomógrafo de la figura 2-8.

2a. Reducción:

$$\% \text{ de reducción de área} = 100 - 100 \left[\frac{(9.9 \text{ m m})^2}{(11 \text{ m m})^2} \right]$$

$$\% \text{ reducción de área} = 100 - 100 \left(\frac{98.01}{121} \right) = 19\%$$

De acuerdo al resultado obteniendo se puede ver que se trata de una extrusión libre de acuerdo al nomógrafo de la fig. 2-8.

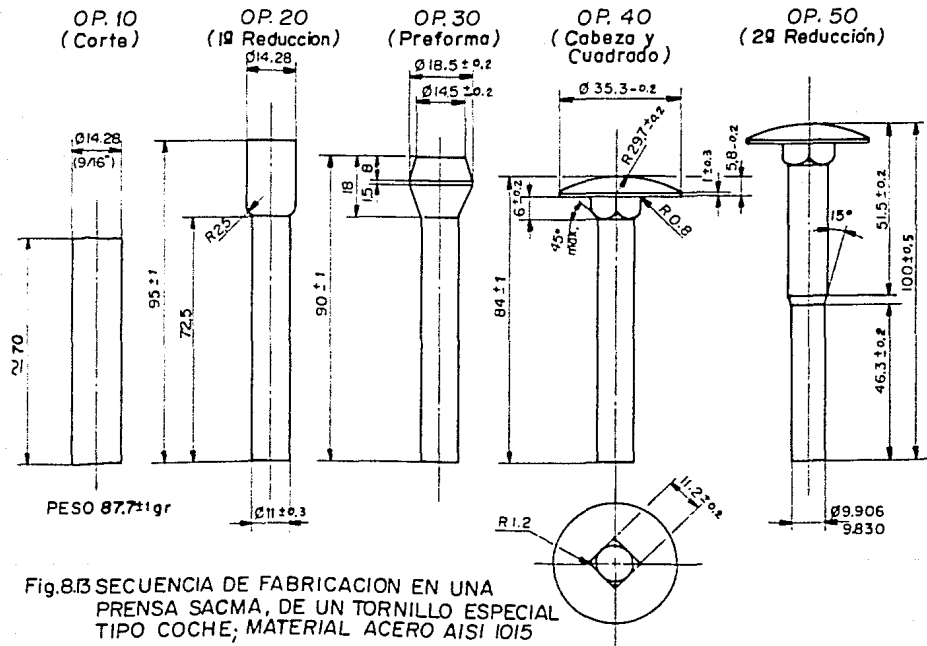


Fig.8.3 SECUENCIA DE FABRICACION EN UNA PRENSA SACMA, DE UN TORNILLO ESPECIAL TIPO COCHE; MATERIAL ACERO AISI 1015

8.3.3 CALCULO DE LA FUERZA MÁXIMA NECESARIA PARA DEFORMAR LA
PIEZA EN CADA UNA DE LAS OPERACIONES FORJADAS.

OPERACION: 10 (CORTE)

Esta operación de corte se realiza simultáneamente con las demás
operaciones en la misma máquina.

Es de suma importancia ya que un corte defectuoso nos ocasionaría
una malformación al forjar la pieza.

OPERACIÓN: 20 (1a. Reducción)

Para determinar la fuerza máxima en la 1a. Reducción:

$$F_{max} = \log \frac{L}{L_0} \sigma_p A_r \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

$\log L/L_0$ = Factor de seguridad

A_r = Diferencia de sección transversal de áreas
($A_0 - A_f$)

σ_p = Resistencia real de la deformación al final del
recalcado.

Recabando los datos de la fig. 8-13, secuencia de fabricación:

$$D_0 = 14.28 \text{ mm}$$

$$D_f = 11.00 \text{ mm}$$

$$A_0 = 0.785 (D_0)^2 = 0.785 (14.28 \text{ mm})^2 = 160 \text{ mm}^2$$

$$A_f = 0.785 (D_f)^2 = 0.785 (11.00 \text{ mm})^2 = 95 \text{ mm}^2$$

$$A_r = (A_0 - A_f) = (160 \text{ mm}^2 - 95 \text{ mm}^2) = 65 \text{ mm}^2$$

Para calcular el coeficiente de deformación (Cr) :

$$Cr = \frac{A_o}{A_p} \dots\dots\dots(15)$$

Sustituyendo valores:

$$C_r = \frac{160 \text{ m m}^2}{95 \text{ m m}^2} = 1.7$$

Con este valor nos apoyamos en la gráfica 8-3 en la intersección con el material utilizado, obtenemos el valor de la resistencia real de la formación al final del recalado (σ_p) y factor de seguridad donde: $\sigma_p = 57 \text{ Kp/mm}^2$ y sustituyendo en la formula (14)

$$F_{\text{ReI}} = (5.3)(57 \text{ Kp/mm}^2)(65 \text{ mm}^2) = 19,636.5 \text{ Kp} \quad \text{Resp.}$$

OPERACIÓN: 30 (Preforma)

Determinando primeramente el coeficiente de recalado (CR)

$$CR = \frac{L_d}{L} \dots\dots\dots(12)$$

Donde:

CR = Coeficiente de recalado

Ld = Longitud a deformar

L = Longitud después de recalado

Recabando los datos de la fig. 8.13 de la secuencia de fabricación:

$$CR = \frac{22.5}{18} = 1.25$$

Resp.

Con este valor nos volvemos a apoyar con la gráfica de la fig. 8-3, para obtener el valor de la resistencia real de la deformación al final del recalado (σ_p).

Donde: $\sigma_p = 42 \text{ Kp/mm}^2$

Para determinar la $F_{\text{máx}}$ requerida para la preforma:

$$F_{\text{máx}} = A_c \text{ KWE} \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

A_c = Área de superficie comprimida

$\text{KWE} = \sigma_p$ = Resistencia real de la deformación al final del recalado.

Determinando el área de superficie comprimida:

$$A_c = (0.7854)(D)^2$$

$$A_c = (0.7854)(18.5 \text{ mm})^2 = 268.8 \text{ mm}^2$$

Sustituyendo los valores obtenidos en la formula (13):

$$F_{\text{máx}} = 268.8 \text{ mm}^2 (42 \text{ Kp/mm}^2) = 11,289.6 \text{ Kp}$$

Tomando datos de la fig. 8.13;

$$D_o = 11 \text{ mm}$$

$$D_f = 9.9 \text{ mm}$$

$$A_o = 0.785 (D_o)^2 = 0.785 (11 \text{ mm})^2 = 95 \text{ mm}^2$$

$$A_f = 0.785 (D_f)^2 = 0.785 (9.9 \text{ mm})^2 = 77 \text{ mm}^2$$

$$A_r = (A_o - A_f) = (95 \text{ mm}^2 - 77 \text{ mm}^2) = 18 \text{ mm}^2$$

Calculando el coeficiente de deformación (C_r):

$$C_r = \frac{A_o}{A_f} \dots\dots\dots(15)$$

Sustituyendo valores:

$$C_r = \frac{95 \text{ mm}^2}{77 \text{ mm}^2} = 1.23$$

Tomando este valor y apoyandonos nuevamente en la gráfica 8-3, obtendremos el valor de la resistencia real a la deformación al final del recalado (σ_p):

$$\sigma_p = 44 \text{ Kp/mm}^2$$

La fuerza máxima requerida la obtendremos con la fórmula (14) y estos datos obtenidos:

$$F_{\text{máx}} = \log L/L_o (\sigma_p) (A_r)$$

Sustituyendo valores:

$$F_{\text{máx}} = 2 (44 \text{ Kp/mm}^2) (18 \text{ mm}^2) = 1,528 \text{ Kp}$$

OPERACIÓN: 40 (Recalco de cabeza y cuadro).

Determinando el coeficiente de recalco (CR):

Tomando datos de la secuencia de fabricación fig. 8.13

$$CR = \frac{Ld}{L} = \frac{18 \text{ mm}}{11.8 \text{ mm}} = 1.52$$

Con este valor nuevamente nos volvemos a apoyar con la gráfica de la fig. 8-3, para obtener la resistencia real de la deformación al final del recalco correspondiente:

$$KwE = \sigma_f = 48 \text{ Kp/mm}^2$$

Calculando el área de superficie comprimida en esta operación:

$$A_f = 0.7854 D^2 = 0.7854 (35.3 \text{ mm})^2 = 978.7 \text{ mm}^2 \quad \text{Resp.}$$

Para determinar la fuerza máxima requerida en esta operación utilizaremos nuevamente la fórmula número (13):

Sustituyendo las variables por sus correspondientes valores:

$$F_{\text{máx}} = A_f (KwE) = 978.7 \text{ mm}^2 (48 \text{ Kp/mm}^2) = 46,977.6 \text{ Kp} \\ \text{Resp.}$$

OPERACIÓN: 50 (2ª Reducción)

Para obtener la fuerza máxima requerida en la 2ª reducción retomaremos las fórmulas utilizadas en la 1ª reducción:

Determinado primeramente la diferencia de sección de área (A_p)

8.3.4 DIBUJOS DE DEFINICIÓN Y MONTAJE DEL HERRAMENTAL PARA FORJAR EL TORNILLO.

Para los dibujos de definición o de detalle se han tomado materiales de la tabla 8, los cuales han sido seleccionados a base de cálculo y experimentación por técnicos e ingenieros de compañías dedicadas a la fabricación de productos obtenidos a base de la conformación en frío. Gracias a ellos se han podido normalizar una serie de materiales para las herramientas utilizadas en la forja fría, EXTRUSION, RECALCADO, ESTAMPADO entre otros.

A continuación presentamos los dibujos a detalle de los herramientas relacionados más directamente con la pieza a forjar siendo las más importantes MATRICES o DADOS y PORTAMATRICES.

Los símbolos de mecanizado utilizados en los dibujos son de las normas siguientes:

DIN, ISO 7154 T1

DIN 7184 T1

Estos herramientas se pueden apreciar en el dibujo de montaje de la fig. 8-14, en la cual se indica la posición de cada una de las herramientas.

Tabla B-5 RELACION DE HERRAMIENTAS PARA FORJAR UN TORNILLO DE SUJECION ESPECIAL

POS.	CANT.	NO. HZA.	DESCRIPCION	MATERIAL	TRATAMIENTO
1	1	HMC-001	Matriz de corte.	Acero AISI S1	Templado revenido 56-58 HRC
2	1	HCO-002	Cuchilla.	" "	Templado 57-59 HRC
3	1	HRS-003	Respaldo sup.	" "	Templado 46-48 HRC
4	1	HMG-004	Matriz gufa.	" "	Templado 56-58 HRC
5	1	HCP-005	Contra punzón.	Acero AISI M2	Templado 60-62 HRC
6	1	HCO-006	Camisa.	Acero AISI S1	Templado 54-56 HRC
7	1	HMR-007	Matriz reductora.	Acero AISI S1 y carburo de tungst.	Templado 54-56 HRC
8	1	HBG-008	Buje guía.	Acero AISI S1	Templado 54-56 HRC
9	1	BTG-009	Tuerca guía.	Acero AISI S1	Templado 54-56 HRC
10	1	HBO-010	Botador.	Acero AISI M2	Templado 60-62 HRC
11	1	HPB-011	Porta botador.	Acero AISI S1	Templado 54-56 HRC
12	1	HRS-012	Respaldo sup.	Acero AISI S1	Templado 54-56 HRC
13	1	HMS-013	Matriz Sup.	Acero AISI S1	Templado 54-56 HRC
14	1	HCP-014	Contra punzón.	Acero AISI M2	Templado 60-62-HRC
15	1	HMI-015	Matriz inf.	Acero AISI S1, D2 carburo de tungst.	Templado 54-56 HRC 46-48
16	1	HBG-016	Buje guía.	Acero AISI S1	Templado 54-56 HRC 46-48
17	1	HPM-017	Porta matriz esf.	Acero AISI S1	Templado 54-56 HRC 46-48
18	1	HME-018	Matriz esf.	Acero AISI M2	Templado 60-62 HRC
19	1	HCO-019	Camisa.	Acero AISI S1	Templado 54-56 HRC
20	1	HMC-020	Matriz para cuadro.	Carburo de tungst.	Templado 54-56 HRC
21	1	HBG-021	Buje guía.	Acero AISI S1	Templado 54-56 HRC
22	1	BTG-022	Tuerca guía.	Acero AISI S1	Templado 54-56 HRC
23	1	HME-023	Matriz esf.	Acero AISI S1	Templado 54-56 HRC
24	1	HMR-024	Matriz reductora.	Acero AISI S1 Carb. de tungst.	Templado 54-56 HRC

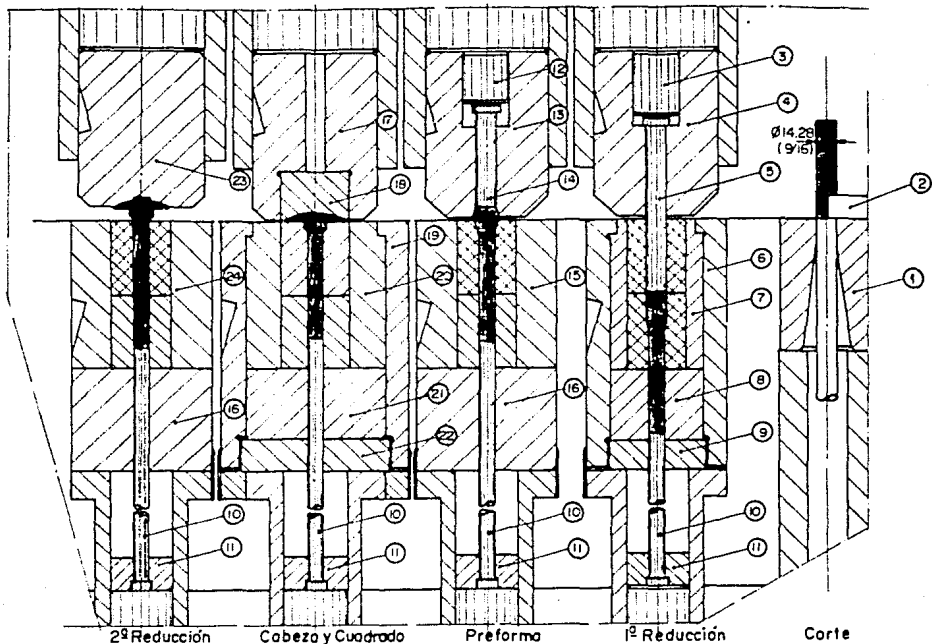
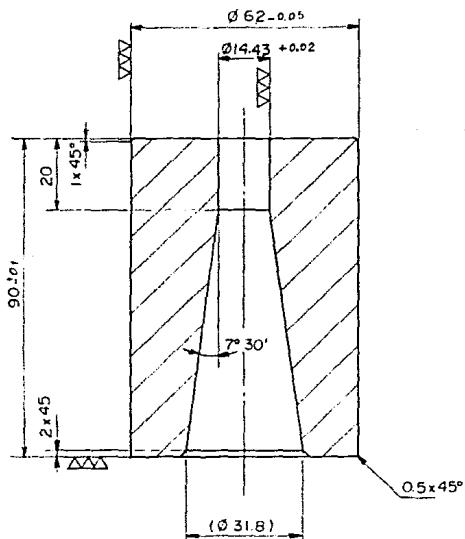
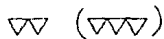
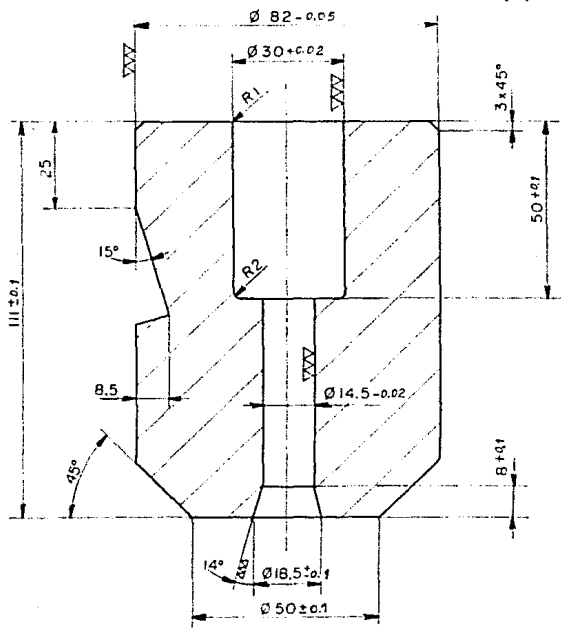


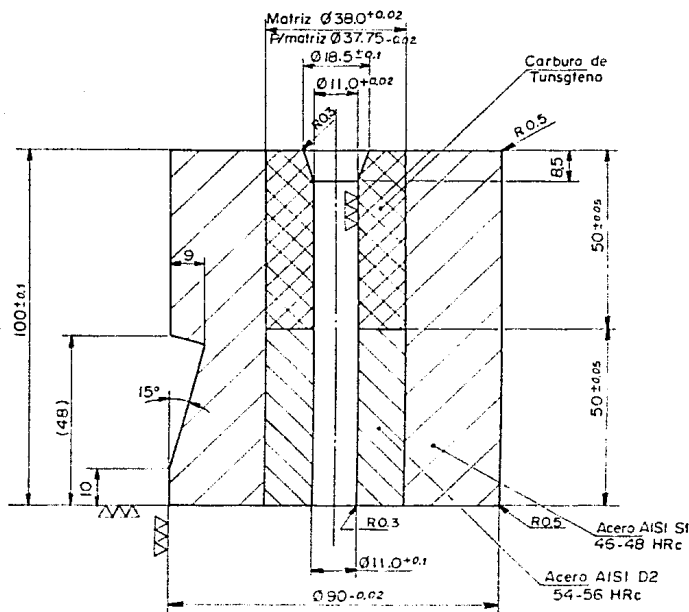
Fig. 8.14 MONTAJE DE HERRAMENTAL DE TORNILLO ESPECIAL TIPO COCHE
 "prensa Sacma"




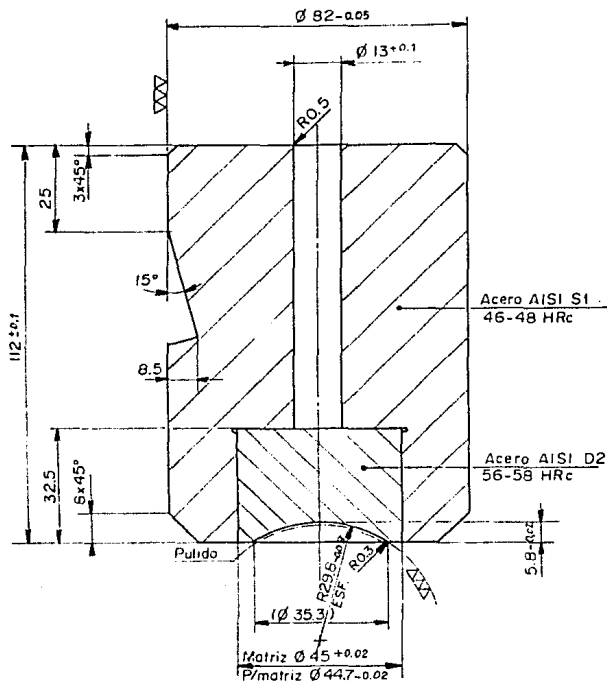
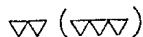
Material: ACERO AISI S1		Tratamiento: Templado 56-58 HRC		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc	Cotas EN mm	Tol. Gral. \pm $\frac{1}{4}\pm$	Denominación: MATRIZ DE CORTE		Dibujado por: J Trinidad F. G.		
				Revisó: _____			
		FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM					
A-4		No. De Dibujo		HMC-001			



Material: Acero AISI S1		Tratamiento: Templado 54-56 HRC		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc: 1:1	Cotas: EN mm	Tol. Graf. ±0.1	Denominación: MATRIZ SUPERIOR	Dibujado por: J. TITANDEZ F. G.		Revisó: _____	
		FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM					
A-4		Fic. De Dibujo: HMS-013					



Material: INDICADO		Tratamiento		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc	Cotas EN mm	Tol. Grat. ± 0.1 ± 0.30	Denominación. MATRIZ INFERIOR PREFORMA		Dibujado por: J. Trinidad F. G.		
1:1					Revisó: _____		
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4		No. de Dibujo		HMI-015			



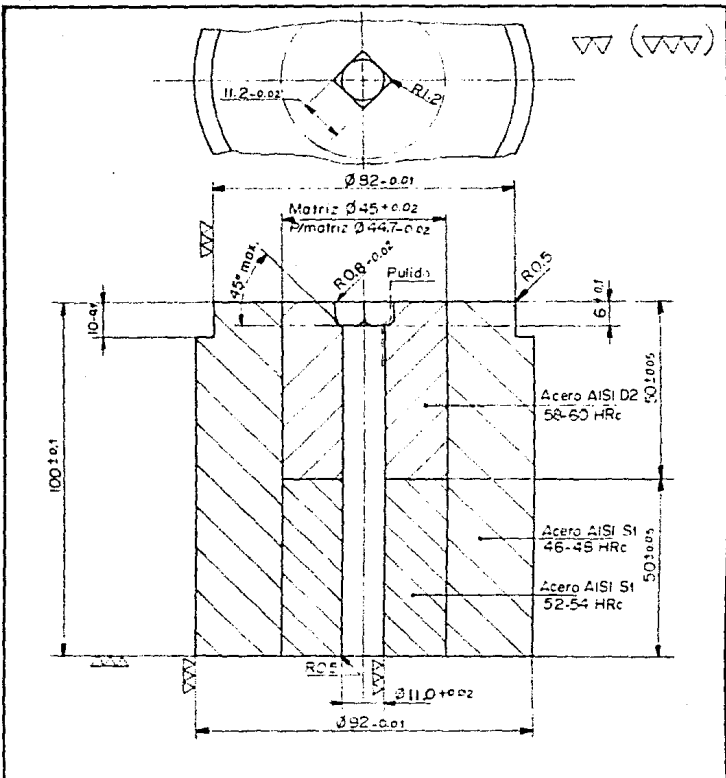
Acero AISI S1
46-48 HRC

Acero AISI D2
56-58 HRC

Pulido

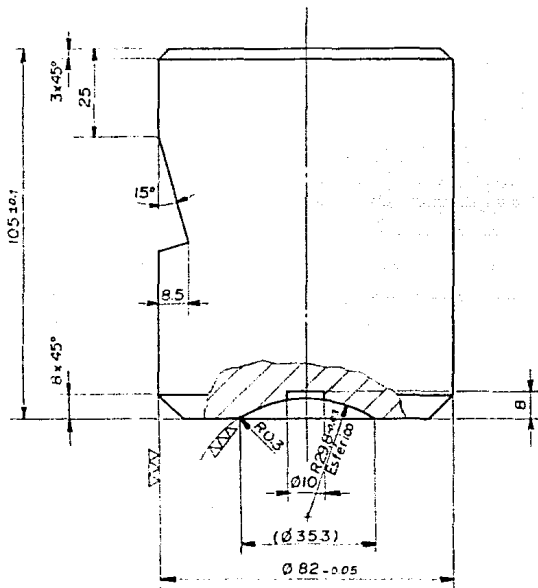
Matriz $\varnothing 45 + 0.02$
P/matriz $\varnothing 44.7 - 0.02$


Material: INDICADO		Tratamiento:		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
E s c.	Colas EN mm	Tol. Graf. ± 0.1 $\pm 1^\circ$	Denominación MATRIZ ESFERICA		Dibujado por J. Trinidad F. G.		
				Revisó _____			
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A - 4		No. De Dibujo HME-018, 017					

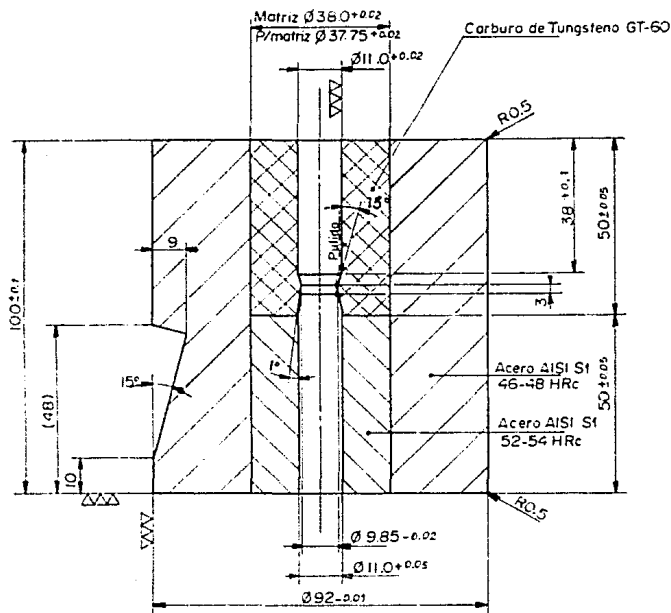
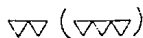


Material: INDICADO		Tratamiento		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
E.s.c.	Cotas	Tol.	Denominación	Dibujado por			
1:1	EN mm	Grat. ±0.1 ±0.3	MATRIZ PARA CUADRO	J. Trimbó F. G.			
				Revisó			
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4		No. De Dibujo: HMC-020					

▽ (▽▽)



Material: ACERO AISI St		Tratamiento: Templado 54-56 HRC		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc. 1:1	Cotas EN mm	Tol. Grat. ± 0.1 Δ ± :	Denominación: MATRIZ ESFERICA		Dibujado por: J. Trinidad F. G.		
				Reviso: _____			
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4		No. De Dibujo: HME-023					



Material: INDICADO		Tratamiento:		Ind.	Fecha	Autor	Modificaciones
Esc.	Cotas EN MM	Tol. Gral. ± 0.1 ± 0.2	Denominación: MATRIZ REDUCTORA		Dibujado por: J. Trinidad F. G.		
				Revisó: _____			
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM							
A-4		No. De Dibujo HMR-024					

CONCLUSIONES

En pocas Tesis su contenido es tan importante, en lo que respecta a la información técnica teórico-práctica, al diseñar procesos de fabricación y herramientas, comenzando por la materia prima o material de partida, así como también materiales para la fabricación de herramientas, montaje y dibujos de definición de las mismas, además una amplia información de prensas forjadoras y piezas que se pueden fabricar con este proceso de forja en frío.

La información en su mayoría se basa en "normas Internacionales" DIN, AISI, ISO entre otras.

De este tipo de procesos, hasta la fecha no existe mucha información en bibliotecas ya sean públicas o privadas incluyendo las de escuelas superiores como son la UNAM, el Politécnico Nacional, La Universidad Metropolitana etc.

Esta escasez de información es debido a que este proceso es poco conocido en México, y la literatura para el mismo, solo se encuentra en libros editados en Alemania, España, Italia, Estados Unidos de Norte América y Japón.

Otra conclusión es que al leer estas tesis; el técnico, profesor o ingeniero contará con los conocimientos suficientes para el diseño de secuencias de fabricación, así como también los herramientas necesarios y seleccionar el tipo de prensa para la fabricación de una determinada pieza.

Además cabe mencionar que esta información es obtenida en su mayoría de experiencias personales dentro de la industria y de algunos compañeros de trabajo, otra información ha sido obtenida de personas que han estado en Alemania Federal visitando empresas dedicadas a la manufactura de piezas cuyo proceso es la FORJA FRÍA.

Bibliografía

MATERIALES DE INGENIERIA Y SUS APLICACIONES

Richard A. Flinn y Paul K. Trojan
Mc Graw Hill

MATERIALES PARA INGENIERIA

Lawrence H. Van Vlack
C.E.C.S.A.

ESTAMPADO Y PRENSADO A MAQUINA

J. Billigman y H.D. Feldmann
Reverté S.A.

TRABAJOS DE FORJA

A. Ruz Mijares
Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A.

MANUAL HIDRAULIC PRESSES SPECIALLY DESIGNED FOR THE FORGING PROCESS

De Estados Unidos de Norteamérica

CATALOGO DE HERLAN & Co.

De Alemania Federal

HANDBOOK OF METAL FORMING

Kurt Lange
Mc Graw Hill Book Company

APUNTES DE VISITA A PRESSWERK-KREPELD Y EHRENREICH, EN ALEMANIA FEDERAL

Elaborados por el Ing. Alberto Delmar

FERTIGUNGSVERFAHREN

Prof. Dr. Ing. Wilfried König
VDI-Verlag GmbH

MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACION

E. P. de Garmo, J.T. Black y R.A. Kohser
2a. edición
Reverté S.A.

PROCESO DE MANUFACTURA (Versión SI)

B. H. Amstead, Phillip F. Ostwald y Myron L. Begeman
Cía. Editorial Continental S.A. (C.E.C.S.A.)

INGENIERIA METALURGICA (Tomo II)

Raymond A. Higgins
C.E.C.S.A.

MANUAL PARA FORJA EN FRIO DE METALES FERROSOS Y NO FERROSOS (Estado actual en teoría y práctica)
Springer - Verlag (Berlín, Herdeber, New York y Tokio)

TABELLENBUCH METALL
Verlag (Europa - Lehrmittel)

DIBUJO INDUSTRIAL
A. Chevalier
Montaner y Simón S.A. Barcelona
Traductor: Mariano Domingo Padrol

N O R M A S

- ALSI - American Iron and Steel Institute
- SAE - Society of Automotive Engineers
- ISO - International Organization for standarization
- DIN - Deutsches Institut für Normung, (Instituto Alemán para Normas)
- ASTM - American Society for Testing Materials
- EN - European Standard, Norme Européenne
- GOST - Staatliche unionsnorm der ud SSR
- BS - British Standards