



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

23
24

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA PRENSA PARA
OPERACIONES DE TRABAJO EN FRIO DE
PROBETAS PEQUEÑAS"

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
(AREA MECANICA)
P R E S E N T A N :
FRANCISCO CORONA CORDERO
EUSEBIO REYES CARRANZA

DIRECTOR DE TESIS: ING. FELIPE DIAZ DEL CASTILLO R.

CUAUTITLAN-IZCALLI, EDO. DE MEX.

1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

12
FACULTAD
SUPERIOR

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodriguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Diseño y construcción de una prensa para operaciones de trabajo en frío
de probetas pequeñas".

que presenta el pasante: Francisco Corona Cordero
con número de cuenta: 8606391-7 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautilán Izcalli, Edo. de Mex., a 27 de Marzo de 1996

PRESIDENTE Ing. José Antonio López González *[Firma]*
VOCAL M. en C. Marco Antonio Alarcón Ramírez *[Firma]*
SECRETARIO Ing. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez *[Firma]*
PRIMER SUPLENTE Ing. Enrique Cortéz González *[Firma]* 9/IV/96
SEGUNDO SUPLENTE Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez *[Firma]* 29/IV/96



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U.N.A.M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:
"Diseño y construcción de una prensa para operaciones de trabajo en frío de probetas pequeñas".

que presenta el pasante: Fusebio Reyes Carranza.
con número de cuenta: A706812-8 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 27 de Marzo de 1996

PRESIDENTE Ing. José Antonio López González
VOCAL M. en C. Marco Antonio Alarcón Ramírez
SECRETARIO Ing. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez
PRIMER SUPLENTE Ing. Enrique Cortés González
SEGUNDO SUPLENTE Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez

DIOS Gracias por la vida
la salud, Gracias por que
me has dado la oportunidad
de compartir estos momentos
con mi esposa y mi hijo,
mis papas, hermanos, amigos
y familiares.

Gracias, por que, en los
momentos mas dificiles me
diste tu esperanza y amor.

GRACIAS PADRE.

A tí papá que con tu
ayuda, amor y esfuerzo mis
objetivos se cumplieron,
te agradezco todo lo que
haces por nosotros.

Mamá por tu gran valor
humano, por que siempre
estuviste cuando mas lo
necesitabamos y nunca te
rendiste ante la adversi-
dad. Gracias.

A mí esposa, gracias por
apoyarme en los momentos mas
dificiles, porque sin tu amor
no habria podido lograrlo,
gracias por tenerme paciencia
y por acompañarme a estudiar
en las madrugadas.

A mí hijo Luis Francisco a
quien amo.

A mis suegros, a Jaime,
Gerardo, Sandra y Diana por
confiar en mí.

A mis hermanos Lupita, Luz María, Ale, Cris, Lalo, Mario, Toño por que
su apoyo fue incondicional en todo momento.

Agradezco a Raul y a Hugo por su gran apoyo.

A mis sobrinos Ana Cristina, Hugo, Cuchu, y Alejandro gracias por su
presencia.

Agradezco tambien a mi abuelito Nicolas y a mi tía Lupita por sus
consejos y enseñanzas.

A mi tío Pepe y mi tía Araceli por su apoyo incondicional.

A mis amigos Fernando, Armando, Maribel, Folke, Erik, y Eusebio por sus
consejos y forma de ser.

Gracias por confiar en mí.

Agradecemos a nuestro amigo y asesor
de tesis Ing. Felipe Diaz del
Castillo por el apoyo incondicional
que nos brindo para la realización
de esta tesis.

Para la mujer que más quiero y admiro por su fortaleza, sencillez y humildad, mi madre, Guadalupe Carranza Vazquez.

Para mi padre Ernesto Reyes con mucho respeto.

Para todos mis hermanos por el gran apoyo que me han dado, en especial del señor Juan Reyes C. que yo quiero y admiro, y quien me enseñó que la grandeza de un hombre se mide por la capacidad de decisión, comprender a los demás para mostrar ante sí mismo la humildad necesaria y tan olvidada hoy en día.

Para mi hermana Angélica.

Para todos mis amigos en especial a Angélica, Alejandro, Alfredo y Francisco.

INDICE

	PAG.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I MECANISMOS DE DEFORMACION	3
1.1 Deformación elástica	3
1.2 Deformación plástica	7
1.3 Imperfecciones cristalinas	9
1.3.1 Tipos de dislocación	11
1.3.2 Deslizamiento entre planos	14
1.3.3 Macia	19
1.4 Trabajo en frío	21
1.5 Propiedades mecánicas de los materiales	22
1.5.1 Resistencia a la tensión	22
1.5.2 Resistencia a la compresión	24
1.5.3 Resistencia al corte	26
1.5.4 Resistencia a la flexión	27
1.5.5 Ductilidad	29
1.6 Pruebas de dureza	30
1.7 Pruebas de impacto	31
1.8 Fractura de los materiales	32
1.9 Tipos de fracturas	33
1.9.1 Fractura frágil	33
1.9.2 Fractura dúctil	34
1.9.3 Fractura por fatiga	35
1.10 Procesos de conformado	36
1.10.1 Forja	36
1.10.2 Forja en martinete	37
1.10.3 Laminación	39

1.10.4 Embutido	41
2.10.5 Estampado	43
1.10.6 Extrusión	44
CAPITULO II PRENSAS	47
2.1 Clasificación de las prensas	48
2.2 Prensas mecánicas	48
2.3 Prensas mecánicas de doble efecto	49
2.4 Prensas hidráulicas	49
2.5 Impulsión de prensas	50
2.6 Partes de la prensa	51
2.6.1 Ariete de prensa	51
2.6.2 Matrices y punzones	51
2.6.3 Martinete de caída libre	52
3.6.4 Seguridad	52
CAPITULO III DISEÑO	53
3.1 Consideraciones generales de diseño	53
3.2 Condiciones generales de la máquina	54
3.3 Selección de materiales	55
3.4 Cálculos de diseño	55
3.5 Energía de deformación	56
3.6 Cálculo del eje principal	57
3.7 Diagrama de flexión	58
3.8 Diagrama eléctrico	59
CAPITULO IV DESPIECE Y ENSAMBLE	60
CONCLUSIONES	73
BIBLIOGRAFIA	74

INTRODUCCION

El desarrollo en nuestro país especialmente en la rama metal-mecánica, requiere cada vez más gente con conocimientos en la composición y propiedades de los materiales. Para tal estudio se crea también la necesidad de adquirir nuevos diseños de máquinas capaces de lograr una buena calidad en los ensayos de laboratorio.

Por tal motivo las Instituciones de Educación Superior e Institutos de Investigación han tenido la obligación de brindar el apoyo necesario para el desarrollo de proyectos de ahí nuestro interés de desarrollar una prensa con elementos necesarios para llevar a cabo ensayos de laboratorio.

El objetivo de esta tesis es diseñar y construir una prensa con las características adecuadas para deformar plásticamente probetas metálicas pequeñas en las practicas que se realizan en el laboratorio de tecnología de materiales, empleando para ello elementos mecánicos fácilmente adquiribles con el objeto de mejorar la calidad del ensayo y prevenir posibles accidentes.

El diseño comprende todos los componentes de la prensa tomando en cuenta la capacidad óptima de éstas para deformar las probetas.

En el primer capítulo de esta tesis se realizará un breve análisis de la deformación plástica de los materiales así como de sus propiedades mecánicas y mecanismos de deformación.

En el segundo capítulo se dan a conocer los diferentes tipos de prensas.

En el capítulo tercero se presenta un anteproyecto para proporcionar las posibles soluciones al objetivo planteado, la selección de materiales se lleva a cabo después del estudio de las propiedades físicas y mecánicas, tomando en cuenta la disponibilidad del material así como el costo de éste; una vez seleccionado el material se procede al diseño

y cálculo de todas las partes que conforman la máquina.

En el cuarto capítulo se ensamblan las diferentes partes que conforman la prensa.

Debido a que las pruebas de deformación plástica en las probetas se realizan por medio de un mazo y un yunque no hay seguridad en el manejo de la probeta y la deformación plástica no es uniforme.

Así con este trabajo de tesis se pretende construir una máquina capaz de desarrollar determinada función con un grado de seguridad y, un comportamiento adecuado; la máquina tendrá un funcionamiento electromecánico transmitiendo la potencia por medio de un embrague magnético.

CAPITULO I

I.- MECANISMOS DE DEFORMACION

1.1. Deformación Elástica.

Definición: "Es un cambio dimensional causado por un esfuerzo totalmente recuperable al eliminar dicho esfuerzo. La deformación mide el desplazamiento de un punto con respecto a otros puntos de un cuerpo que dan lugar a cambios de forma y tamaño.

La deformación elástica es aquella en la que el metal puede recuperar su forma y tamaño sin alterar su estructura cristalina y el esfuerzo que se le aplica es proporcional a la deformación. La deformación desaparece cuando se elimina el esfuerzo y las deformaciones considerables producidas se retiran totalmente volviendo las moléculas que están entrelazadas a su forma inicial.

El comportamiento de los objetos de uso común, como una silla o una mesa sobre el piso parecería una descripción de indeformabilidad de los materiales. En realidad estos objetos tan firmes en apariencia se deforman ligera pero imperceptiblemente mientras se usan, cada uno experimenta una deformación elástica.

Todos los materiales cambian su forma, volumen o ambos bajo la influencia de un esfuerzo o un cambio de temperatura. Decimos que la deformación es elástica si el cambio en forma o volumen producido por el esfuerzo o la temperatura se recupera totalmente cuando el material regresa a su sistema de fuerzas originales.

Aunque casi todas las máquinas y estructuras se diseñan para operar dentro del intervalo de comportamiento elástico, los esfuerzos pueden aumentar por accidente (como un choque de automóviles) hasta alcanzar valores muy altos. La deformación elástica puede provocar de manera directa la ruptura como es el caso de los materiales cerámicos a temperatura ordinaria.

Podemos poner de manifiesto las características

esenciales de la deformación elástica utilizando una banda de goma la cual se puede estirar ocasionalmente si se deforma entonces decimos que la deformación es proporcional al esfuerzo aplicado, cuando suprimimos esta fuerza desaparece la deformación y la banda de goma vuelve a su longitud original.

Dentro de la región elástica la deformación es resultado de una ligera elongación de la celda unitaria en la dirección de tensión o de una ligera contracción en dirección de compresión. Cualquier elongación o compresión de la estructura cristalina es una dirección debida a una fuerza uniaxial, produce un cambio de las dimensiones perpendiculares a la fuerza.

En sustancias cristalinas la relación entre esfuerzo y deformación en la región es lineal, mientras que los materiales no cristalinos con moléculas de cadenas largas exhiben generalmente comportamiento elástico no lineal. como se muestra en la fig 1.1

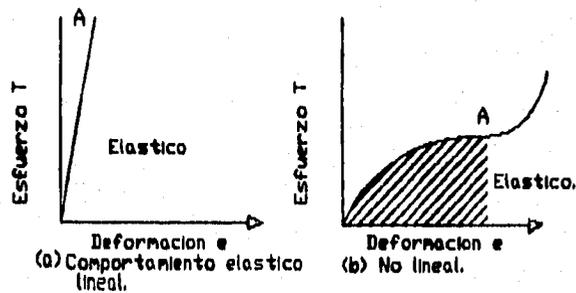


Fig 1.1

La elasticidad es un punto de partida conveniente para analizar la deformación puesto que se presenta en todos los materiales sólidos por lo menos en la etapa inicial de esforzamiento. Como la mayor parte de los materiales de ingeniería opera dentro de los límites de comportamiento elástico este tema es de gran importancia.

Aunque el esfuerzo y la deformación ocurren juntos los dos conceptos son completamente distintos, el esfuerzo es fuerza y la deformación es desplazamiento la deformación mide el desplazamiento de puntos de un cuerpo relativamente a puntos vecinos. Los desplazamientos totales de los puntos de un cuerpo se pueden descomponer en:

- a).- Movimientos de un cuerpo rígido
- b).- Desplazamientos que dan lugar a cambios de forma y tamaño.

Las deformaciones están relacionadas únicamente con estos últimos desplazamientos.

Esfuerzo: la causa de la deformación suele ser una carga o fuerza aplicada exteriormente P entonces el esfuerzo es:

$$\sigma = P/A \quad (\text{kg/cm}^2, \text{Lb/pul}^2)$$

No sólo se toma en cuenta el área correspondiente A de la probeta sino que los esfuerzos pueden representar adecuadamente el estado de fuerzas que existe en diversas localizaciones del material.

La deformación se calcula apartir de un desplazamiento

$$\epsilon = (L_f - L_o) / L_o$$

donde L_o longitud inicial (cm, plg)

L_f longitud final (cm, plg)

Cuando ocurre una deformación elástica ésta es casi proporcional al esfuerzo. La relación entre esfuerzos y deformación, es el módulo de elasticidad o módulo de

young ν es una característica del tipo de metal. Entre mayores sean las fuerzas de atracción entre los átomos en un metal, mayor es su módulo de elasticidad.

$E = \sigma / \epsilon$ E ; es el módulo de Young (lb/plg²)

Cualquier elongación o compresión de la estructura cristalina en una dirección debido a una fuerza uniaxial, produce un cambio en las dimensiones perpendiculares a la fuerza de tensión.

La razón negativa entre la deformación lateral ϵ_x y la deformación paralela al esfuerzo de tensión ϵ_y se llama la razón de Poisson.

$$\nu = |-\epsilon_x / \epsilon_y|$$

Los esfuerzos cortantes como se muestra en la fig 1.2 también aparecen en estructuras cristalinas, estas estructuras cristalinas, producen un desplazamiento de un plano de átomos con relación a otro adyacente esto es,

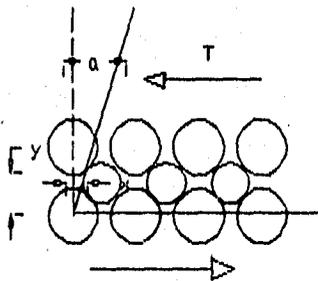


FIG. 1.2
La deformación elástica cortante se define como $\gamma = \tan \alpha$

El módulo de corte G es la razón del esfuerzo cortante τ y la deformación cortante.

$$G = \tau/\gamma$$

El módulo de corte está relacionado con el módulo de elasticidad por expresión siguiente:

$$E = 2G(1+\nu)$$

Como la relación de Poisson ν está entre 0.25 y 0.5, el valor de G es alrededor de 35% de E .

Los módulos de elasticidad no son isotrópicos dentro de los materiales esto es, varían con la orientación cristalográfica.

El esfuerzo es una función lineal de la deformación, tal y como lo expresa la teoría de elasticidad.

A pesar de que en materiales cristalinos la máxima deformación elástica es por lo general muy pequeña, el esfuerzo es necesario para producir esta deformación es generalmente grande. El comportamiento elástico de tales materiales sometidos a esfuerzos de compresión es igual al comportamiento en tensión.

1.2 Deformación Plástica.

Definición: Es el cambio de forma que sufre un cuerpo bajo una carga, el cual no se recupera cuando ésta se elimina.

Esta deformación ocurre cuando el material ha sido sujeto a esfuerzos mayores que su límite elástico.

El esfuerzo deja de ser proporcional a la deformación.

La deformación plástica de los materiales ocurre de diversas maneras, sin embargo, el resultado final es siempre un cambio de forma permanente.

Algunos materiales a temperatura ordinaria suelen mostrar deformación plástica despreciable. En el caso de los metales que experimentan un flujo plástico considerable deben considerarse dos valores de esfuerzo; la resistencia de fluencia, el esfuerzo en el que comienza una deformación plástica apreciable y el esfuerzo nominal máximo que una probeta puede soportar antes de la ruptura. La resistencia a la fluencia es especialmente significativa porque la mayor parte de las máquinas y estructuras deben de trabajar dentro del intervalo elástico, entonces el esfuerzo en el que comienza la deformación plástica es un factor básico de su diseño.

Todos los materiales utilizados, aún los más frágiles experimentan deformación plástica en alguna etapa de su fabricación y empleo.

La deformación plástica cambia la estructura interna de un metal así que se debe esperar que también cambie sus propiedades.

Cuando un material se tensa más allá de su límite elástico tiene lugar una deformación plástica o permanente y no regresa a su forma original por la sola aplicación de una fuerza. La posibilidad de que un metal sufra deformación plástica es una característica relevante en comparación con otros materiales. Todas las operaciones de formado, como son el troquelado, el prensado, el laminado o rolado, forjado, estirado y extrusión se relacionan con la deformación plástica de los metales.

El trabajo en frío es un método en el que se puede observar muy bien como el metal no regresa a su forma inicial después de que ha sido sometido. Se puede obtener mucha información respecto al mecanismo de deformación plástica al estudiar el comportamiento de monocristales sujetos a esfuerzos y aplicar más tarde este conocimiento a un material policristalino.

Cuanto más eficazmente se emplee una aleación determinada, tanto más se acercará su tensión de trabajo al límite del comportamiento elástico y por lo tanto mayor será el conocimiento de su comportamiento bajo tensiones más allá de la zona elástica.

Realmente, es difícil delimitar con exactitud los fenómenos de la plasticidad y de la ruptura, ya que pocas aleaciones importantes se rompen sin haber experimentado primero cierta deformación plástica.

Las dislocaciones existentes en la estructura cristalina de los metales permiten que se produzca la deformación, por el proceso de deslizamiento, bajo tensiones muy pequeñas, comparadas con los valores teóricos de una estructura cristalina.

1.3 Imperfecciones cristalinas.

Estructura cristalina; Prácticamente todos los metales, una fracción importante de los cerámicos y ciertos polímeros cristalizan cuando se solidifican, con ello queremos decir que los átomos se arreglan en un patrón tridimensional, ordenado y repetitivo.

Existen diversos tipos de imperfecciones estructurales de los cristales y una forma conveniente de clasificarlos es defecto de punto, defectos de línea y defectos de superficie.

Los defectos puntuales son ausencia de un átomo o conjunto de átomos que a causa de un empaquetamiento cristalino o vibraciones térmicas los átomos salen de sus posiciones de baja energía dejando espacios entre algunos átomos.

Los defectos de punto, más sencillos como se muestra en la figura 1.3a es la falta de un átomo, a éste defecto se llama vacancia. En la fig 1.3b existe un átomo en posición intersticial, la fig 1.3c muestra que el átomo faltante

causante de la vacancia puede encontrarse alojado en los alrededores como intersticial, a esta combinación se le llama defecto de Frenkel, en la fig. 1.3d un átomo de impureza destruye la perfección de la red.

Debido a las fuertes energías interatómicas que mantienen unidos a los átomos de una estructura cristalina es extraño que una ordenación perfecta y continua no sea en realidad tan perfecta.

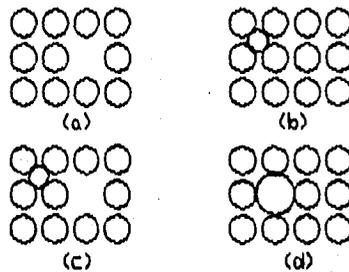


Fig 1.3 Principales defectos puntuales.

Existen muchas pruebas experimentales que indican que un número importante de posiciones de la red se encuentren vacantes.

Con saltos sucesivos de los átomos, una vacancia puede moverse en la estructura de la red y, por lo tanto, desempeñar un papel importante en la difusión de átomos a través de la red, los átomos que rodean a una vacancia tienden a estar más juntos, distorcionar los planos de la red.

Este tipo de imperfecciones ocurren sobre todo en estructuras reticulares que no son compactas y en aleaciones entre metales, esto trae como consecuencia que algunos átomos caigan en posiciones intersticiales.

Las vacancias no sólo están presentes como resultado de la solidificación, sino que pueden producirse al elevarse la temperatura o por irradiación de partículas nucleares de movimiento rápido.

Los átomos intersticiales pueden producirse por la severa distorsión local que se presenta durante la deformación plástica.

Las imperfecciones de Schottky están muy relacionadas a las vacantes, pero se presentan en compuestos que deben mantener un balance de carga, tales imperfecciones involucran vacantes de pares de iones de cargas opuestas.

Las vacantes tanto como los defectos de Schottky facilitan la difusión atómica.

1.3.1 Tipos de dislocación.

Definición: Es una imperfección que representa el límite entre zonas deslizadas y sin deslizar.

El tipo más común de defecto de línea dentro de un cristal es una dislocación. En un cristal que ha sufrido deslizamiento, los defectos de la red tienden a acumularse a lo largo de planos de deslizamiento. Estos defectos se denominan dislocaciones.

La presencia de dislocaciones puede evidenciarse de la siguiente manera. Los puntos donde éstas se intersectan a la superficie de la probeta, se pueden hacer visibles, con frecuencia atacando la superficie con una solución de ataque químico apropiada, entonces se pueden formar picaduras por el ataque en los defectos de la estructura del cristal.

Al moverse una dislocación simple a través de un cristal produce un escalón sobre la superficie cuya profundidad es de una distancia atómica, tal escalón no será visible a simple vista, para poder producir una línea de deslizamiento visible se deberán producir muchos cientos o miles de dislocaciones a través de un plano de deslizamiento.

Una dislocación puede describirse de diferentes formas, una de ellas es: que se hace en función al plano de deslizamiento, esto es el plano a lo largo del que se mueve la dislocación.

Al aplicar un esfuerzo cortante τ en un plano policristalino, se produce un desplazamiento atómico con respecto a las posiciones originales; si el desplazamiento es pequeño la deformación es elástica; al eliminar el esfuerzo los átomos retrocedan y ocupan sus posiciones originales, sin embargo si el desplazamiento es tan elevado que el traslado a un átomo a una posición intermedia entre átomos, pasa a formar una estructura estable.

El comportamiento plástico de materiales cristalinos depende en el movimiento e interacción de las dislocaciones.

Podemos considerar que una dislocación tiene dos componentes: una de borde y otra de tornillo, estas se consideran como dos clases de dislocaciones simples como se muestra en la figura 1.4

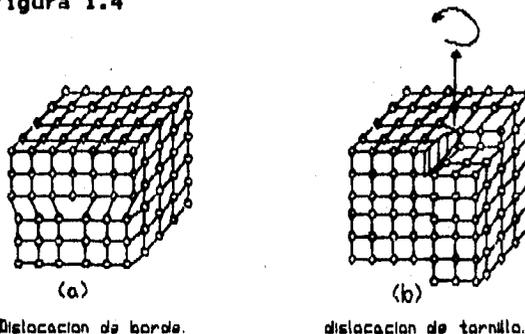


Fig. 1.4

Durante la cristalización se pueden originar dislocaciones de ambos tipos, las dislocaciones de borde aparecen cuando hay un ligero desequilibrio en la orientación de partes adyacentes del cristal que está creciendo, de tal manera que si se introduce o se elimina una hilera de átomos. Una dislocación de tornillos proporciona facilidades para el crecimiento del cristal porque se pueden añadir átomos y celdas unitarias al escalón del tornillo. Las dislocaciones se originan comúnmente durante la deformación.

El vector de Burgers, es una propiedad de la dislocación esta describe la magnitud y dirección del deslizamiento, la longitud del vector de Burgers es una distancia atómica.

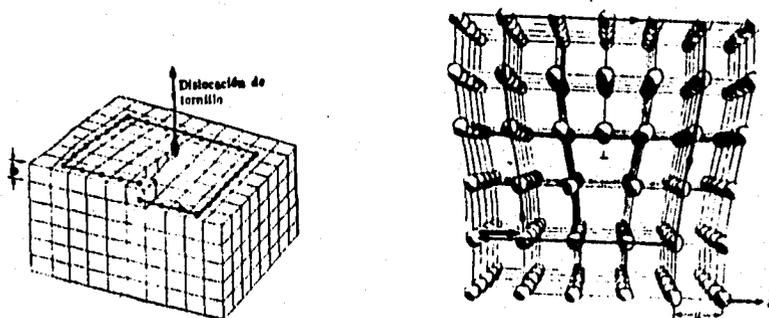


Fig 1.5

El vector de Burgers de una dislocación es una propiedad importante de esta, por que si se conoce el vector de Burgers y la orientación de la línea de dislocación, se describe completamente la dislocación.

Una relación que es útil recordar, es que el plano de deslizamiento contiene tanto el vector de Burgers como a la dislocación.

La presencia de una dislocación siempre aumenta la energía libre del cristal, sin embargo, es imposible que esta se pueda eliminar por completo de la red cristalina.

Quando una dislocación de borde se desliza a lo largo de su plano de deslizamiento, y encuentra a su paso un obstáculo que no puede cortar tan fácilmente, bajo ciertas circunstancias, es posible que las dislocaciones eviten los obstáculos cambiándose a otros planos de deslizamiento pero una dislocación de borde ó mixta esta por lo general restringida a moverse en un plano que contiene la línea de la dislocación y el vector de Burgers, sin embargo, si se puede eliminar la hilera inferior de átomos de la mitad del plano extra en una dislocación de borde, o si se agrega una hilera extra de átomos, la mitad del plano terminará entonces con un plano contiguo y la dislocación podrá moverse, este proceso se determina escalonamiento de dislocaciones

La energía de un cristal que contiene dislocaciones de borde. pueden disminuir si estas se ordenan una arriba de otra, formando paredes estables, estas paredes son en realidad un límite de grano de ángulo pequeño.

La intersección repetida de dislocaciones durante la deformación plástica, hace necesario un esfuerzo creciente para mantenerlos en movimientos, probablemente éste en un factor muy importante en el endurecimiento por deformación en cristales.

Los metales tienen una característica de gran importancia que es precisamente la capacidad de ser deformados permanentemente, gracias a ello nosotros podemos conformar de una forma determinada y de acuerdo a las necesidades desde piezas muy pequeñas hasta piezas muy grandes.

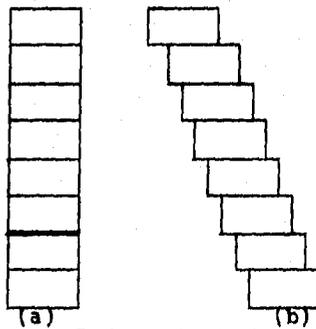
Son cuatro los mecanismos que hacen posible la deformación:

- 1.- Deslizamiento entre planos
- 2.- Macla
- 3.- Deslizamiento entre el límite de grano
- 4.- Termofluencia difusional

1.3.2 Deslizamiento entre planos.

Los metales con estructura cúbica y sus aleaciones no ordenadas se deforman predominantemente por corte plástico o deslizamiento.

La deformación cortante ocurre aún en el caso de que el esfuerzo aplicado sea de tensión o compresión, esto debido a que estos esfuerzos se pueden descomponer en esfuerzos cortantes. Cuando actúa una fuerza cortante en la dirección del vector de Burgers y se aplica a un cristal que tiene una dislocación, la dislocación se mueve rompiendo los enlaces entre átomos en un plano. El plano cortado o semiplano extra se desvía lentamente estableciendo uniones con el semiplano de átomos original, esto provoca que la dislocación se mueva lateralmente un espacio atómico como se muestra en la (fig 1.6 en la que se aplica una fuerza cortante a la dislocación en (a) los átomos se desplazan , (b) la dislocación se mueve en dirección del desplazamiento). Si se continua este proceso, la dislocación se mueve a través del cristal hasta que se produce un escalón en el exterior del cristal .



Deslizamiento de planos.

Fig. 1.6

Si las dislocaciones siguen introduciéndose por un lado del cristal y se mueve a través del mismo en la misma dirección el cristal podría partirse en dos.

El proceso por el cual se mueve una dislocación y causa que un metal se deforme se denomina deslizamiento.

La dirección en la cual se mueve la línea de dislocación, o sea, la dirección de deslizamiento, es la dirección del vector de Burgers para dislocaciones de borde. Durante el deslizamiento la dislocación de borde barre el plano formado por el vector de Burgers, a esto se le llama plano de deslizamiento.

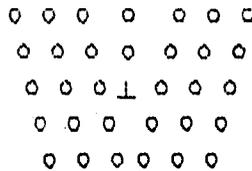
El deslizamiento se produce principalmente a lo largo de ciertas direcciones y planos cristalinos, el esfuerzo cortante requerido para iniciar el deslizamiento es el mencionado anteriormente esfuerzo crítico de corte τ_c .

Un sistema de deslizamiento incluye un plano de deslizamiento y una dirección de deslizamiento.

La dirección de deslizamiento de cada cristal metálico es la dirección con mayor densidad lineal de puntos equivalentes, o mínima distancia entre puntos equivalentes.

Si se deforma plásticamente un cristal, o sea, que se aumenta la fuerza de tensión hasta que se establece un cambio permanente de forma y luego se examina cuidadosamente la superficie bajo el microscopio, se observa una serie de líneas negras paralelas, estas líneas son pequeños escalones en la superficie del cristal llamadas líneas de deslizamiento ó escalones de deslizamiento. Al aumentar más la fuerza de tensión provocando mayor tensión plástica aumenta el número y altura de líneas de deslizamiento.

Es como si los bloques completos del cristal se deslizaran uno sobre el otro bajo la acción de esfuerzos cortantes descompuestos en la forma mostrada en la fig 1.7



Dislocacion en movimiento

Fig 1.7

Aunque el deslizamiento pueda ocurrir en algunos cerámicos y polímeros, el proceso de deslizamiento es particularmente útil para entender el comportamiento mecánico de los metales. Primero, el desplazamiento explica porque la resistencia de los materiales es mucho más baja que el valor calculado a partir de la unión metálica. Si tuvieramos que romper una barra de hierro, rompiendo todos los enlaces metálicos en la sección transversal, como se muestra en la fig 1.8 tendríamos que aplicar una fuerza de muchos millones de libras por pulgada cuadrada. En cambio podríamos deformar la barra ocasionando deslizamiento, con solo una fuerza de 10000 lb/pul^2 para deformar la barra de hierro por deslizamiento.

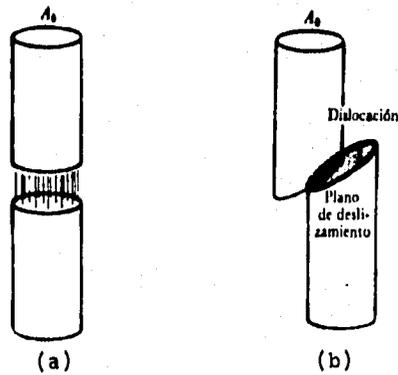


Fig 1.8

La fuerza requerida para producir deslizamiento no es sólo función del esfuerzo crítico de corte, sino que también depende de: el ángulo entre el plano de deslizamiento y la dirección de la fuerza aplicada, también del ángulo entre la dirección de deslizamiento y la dirección de la fuerza. Considera la fig. 1.9

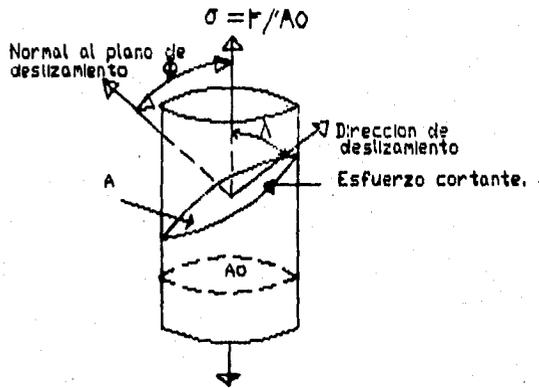


Fig. 1.9

donde A es el área de sección transversal perpendicular a la sección de la fuerza F, así que F/A es el esfuerzo axial.

La fuerza cortante F_r esta dada por $F_r = F \cos \lambda$ si dividimos la ec. entre el área del plano de deslizamiento $A = Ao / \cos \phi$, para obtener el esfuerzo obtenemos la ley de Schmid

$$\tau = \sigma \cos \phi \cos \lambda$$

donde $\tau = F_v/A$ esfuerzo cortante en dirección de deslizamiento.

$\sigma = F/Ao$ esfuerzo unidireccional aplicado al cilindro.

1.3.3 Macla.

La macla es un corte homogéneo que orienta la red cristalina deformada para producir una imagen respecto a un plano de la red original a través del plano de maclado.

El maclaje es un movimiento de planos de átomos en la red cristalina, paralelo a un plano específico de manera que la red se divide en dos partes simétricas diferentes orientadas particularmente en metales con celdas tipo h.c.p., el maclaje es uno de los principales medios de deformación.

La cantidad de movimiento de cada plano de átomos en una región maclada, es proporcional a su distancia del plano de maclaje.

Generalmente la región maclada comprende el movimiento de un gran número de átomos y suele parecer microscópicamente como una línea o banda ancha. Como se muestra en la fig 1.10.

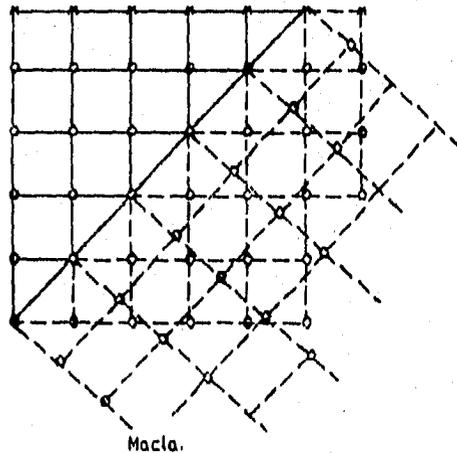


Fig. 1.10

El deslizamiento consiste en un desplazamiento cortante de un bloque entero de cristal, mientras que el maclado es una deformación cortante uniforme.

El esfuerzo realizado para producir maclado es por lo general más elevado que aquel para deslizamiento y a la vez este esfuerzo requerido para la propagación del maclado es mucho menor que el requerido para iniciarlo.

Generalmente el maclado mecánico se produce cuando el esfuerzo es elevado ya sea como resultado de endurecimiento o bajas temperaturas. El hierro cargado rápidamente a bajas temperaturas forma unas bandas delgadas llamadas bandas de Newman. El cobre, la plata y otros metales se deforman por maclado a bajas temperaturas, en materiales no-cúbicos, Bi, Sn y Sb el maclado es responsable de una gran parte de la deformación.

La cantidad de deformación que puede ocurrir antes de la fractura está determinada por los valores relativos de los esfuerzos necesarios para deslizamiento y maclaje.

Hay un valor crítico de la componente del esfuerzo cortante para que tenga lugar el maclaje, valor que depende de las deformaciones previas.

Si lo primero en alcanzarse es el esfuerzo crítico de corte resuelto necesario para iniciar el deslizamiento o maclaje, el cristal se deslizará o maclará y mostrará alguna ductilidad.

Cuando un cristal se deforma hay alguna distorsión de la estructura reticular, la deformación es mayor y aumenta a mayor deformación. Esto se manifiesta como un incremento en resistencia para una deformación posterior. El material sufre endurecimiento por deformación.

La deformación de corte total debida al maclaje es pequeña, de manera que el deslizamiento es el modo primario de deformación plástica más importante, el maclaje mecánico no se obtiene fácilmente en metales de simetría elevada (cúbico de cara centrada)

Las maclas son de importancia también en el fenómeno de la recristalización pues las intersecciones de las maclas son posiciones preferidas para la nucleación de

nuevos granos durante el recocido.

Una macla que ocurre dentro de otra macla se denomina macla de segundo orden, éstas son relativamente raras en los metales y sólo ocurren en cristales de baja simetría (uranio).

1.4 Trabajo en frío.

Todos los metales son cristalinos por naturaleza y están hechos de granos de forma irregular de varios tamaños. Cada grano está constituido por átomos en arreglo ordenado conocido como red, cuando el material se trabaja en frío (es la deformación plástica de un metal a una temperatura por debajo de su temperatura de recristalización) los cambios resultantes en la forma del material se debe a los cambios que sufren los granos. Los cambios estructurales que ocurren son fragmentación del grano, movimiento de átomos y distorsión de la red.

Algunos o todos los átomos se mueven de sus posiciones de equilibrio y el cristal se deforma, si los átomos no se mueven fuera de las regiones de influencia de los otros átomos estos pueden regresar a su posición original y solo habría deformación elástica, cuando ocurre el deslizamiento la orientación de los átomos no cambia.

Puesto que no puede haber recristalización de granos en el rango de trabajo en frío, no hay recuperación de la distorsión del grano o fragmentación, conforme la deformación del grano aumenta, se opone mayor resistencia a su acción, resultando un aumento de la resistencia del metal.

Como consecuencia de esto, hay una concentración de esfuerzos, estos hacen que el metal se vuelva frágil y poco dúctil, su tenacidad disminuye y su punto de cedencia es más alto.

Cuando el metal es deformado mediante trabajo en frío, quedan esfuerzos residuales, estos esfuerzos son

indeseables; para eliminarlos el metal debe recalentarse por debajo del rango de temperatura de recristalización

El trabajo en frío se utiliza principalmente para mantener tolerancias estrechas y producir buenos acabados de superficie debido a que no se forman óxidos.

Los metales que se utilizan frecuentemente para el trabajo en frío son aquellos que pueden soportar una deformación considerable entre su punto de cedencia y su punto de ruptura. Las desventajas del trabajo en frío son:

- Cantidad considerable de energía para deformar plásticamente el material.

- La cantidad de deformación es limitada.

1.5 Propiedades mecánicas de los materiales

1.5.1 Resistencia a la tensión

La resistencia a la tensión o a la tracción es el esfuerzo máximo de tensión que puede resistir un material antes de romperse.

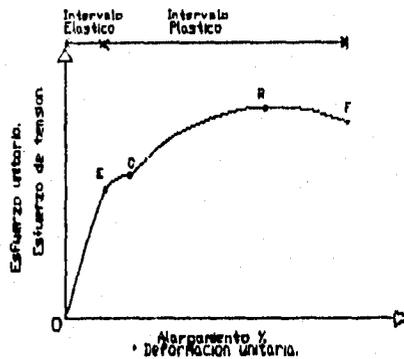
La prueba de tensión en la cual un material se somete a una carga de tensión que se incrementa gradualmente hasta que ocurre la falla en una máquina de ensayos es quizá la más útil de todas las pruebas empleadas para evaluar propiedades mecánicas.

Con los resultados de la tensión se puede graficar una curva de carga contra la elongación que se registra con valores de esfuerzo y deformación unitarios tal como se muestra en la figura 1.11

Primeramente la probeta sufre un alargamiento proporcional al esfuerzo aplicado. La línea OE es por tanto una recta.

Si se deja aplicar el esfuerzo el material recobrará rápidamente su forma, esto es que el material se deforma elásticamente.

Esta propiedad entre los esfuerzos y las deformaciones se conserva hasta que se llega a un determinado esfuerzo conocido como límite de elasticidad o límite elástico.



Gráfica esfuerzo deformación

Fig.1.11

El límite elástico es la mayor carga por unidad de sección que puede soportar un material sin mantener la deformación cuando se quita la carga.

Los esfuerzos que sufren los materiales deben estar siempre por debajo del límite elástico.

Conforme la carga en la pieza o probeta aumenta más allá del límite elástico los alargamientos dejan de ser proporcionales a los esfuerzos y al cesar éstos sólo una parte de la deformación total desaparece quedando la probeta con un alargamiento o deformación permanente.

El punto en el que el material cede al esfuerzo aplicado suele llamarse punto de cedencia o fluencia, puede determinarse más fácilmente que el del límite elástico y aunque es algo superior a éste para la mayor parte de las aplicaciones prácticas puede sustituirle el punto de cedencia el cual constituye un valor muy importante de considerar en el diseño de muchas partes para maquinaria.

El esfuerzo alcanza su máximo en el valor de resistencia máxima a la tensión, punto R. En este valor

del esfuerzo se forma en la probeta una constricción o cuello lo cual es una reducción localizada en el área de la sección transversal en la que se concentra todo el alargamiento posterior.

La carga de ruptura o esfuerzo máximo que soporta el material mide realmente la resistencia a la tensión.

Una vez formada la constricción el esfuerzo ingenieril disminuye al aumentar la deformación y continua disminuyendo hasta que la muestra se rompe.

La relación entre el esfuerzo y la deformación en la región elástica es lineal y la ecuación que la describe recibe el nombre de la ley de Hooke: $\sigma = E\epsilon$ donde E es una constante llamada módulo de elasticidad o módulo de Young.

El módulo de elasticidad indica la rigidez de un material se mide en libras por pulgada cuadrada o kg/cm².

El módulo de elasticidad es una propiedad muy útil de la Ingeniería y aparece su fórmula relacionada con el diseño de vigas y columnas en las que la rigidez es importante.

Para ciertos materiales no es posible detectar diferencia alguna entre el límite de fluencia y el límite elástico y en algunos casos no se presenta ninguno de este tipo. En estos casos se hace una comparación de las propiedades relativas con otros materiales semejantes.

Para todos los materiales, la relación esfuerzo-deformación depende de la composición química, el tratamiento térmico y el método de fabricación.

1.5.2 Resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión se define como el esfuerzo máximo de compresión que puede resistir un material antes de sufrir fractura.

Debido a la presencia de fisuras submicroscópicas los materiales frágiles son a menudo débiles a la tensión ya que éste ayuda al crecimiento de aquellas fisuras. Estos materiales muestran una baja resistencia a la tensión que varía de una muestra a otra. Estos mismos materiales pueden tener alta resistencia en compresión.

En los materiales muy dúctiles no suele efectuarse ensayos de resistencia a la compresión ya que el efecto de la prueba sería una disminución de la altura de la probeta y un aumento simultáneo de su sección transversal sin producirse fractura.

En las pruebas de compresión la constricción nunca se forma ya que el área aumenta en la sección transversal de la probeta.

Es por tal motivo que las pruebas de resistencia a la compresión sólo se llevan a cabo en la práctica con aleaciones frágiles como por ejemplo la fundición de hierro o hierro colado.

En la gran mayoría de los aceros y aleaciones y en algunos hierros las propiedades elásticas son sensiblemente las mismas de la compresión a la tensión.

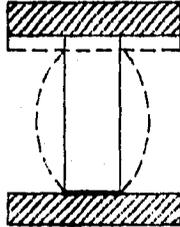
En este tipo de ensayos podemos determinar:

- a).- El esfuerzo máximo que soporta el material antes de la fractura.
- b).- Alargamiento después de la fractura. (%)
- c).- Límite elástico
- d).- Límite a la cedencia

Cuando se lleva a cabo un ensayo de compresión las bases de la probeta deben de estar siempre perpendiculares al eje de la máquina.

La forma de las probetas de ensayo es cilíndrica o prismática como se muestra en la fig. 1.12

Una ventaja de la prueba de compresión es que es posible obtener la curva esfuerzo-deformación hasta deformaciones mucho mayores que la prueba de tensión.



Prueba de compresión de un material dúctil.

Fig 1.12

1.5.3 Resistencia al corte

Esfuerzo cortante; los esfuerzos cortantes se producen en un cuerpo cuando las fuerzas que se le aplican tienden a hacer que una parte del cuerpo se corte o deslice con respecto a otra.

Se puede definir la resistencia al corte como el esfuerzo mínimo necesario para cortar un material referido a la unidad de sección.

Los esfuerzos de corte se presentan en numerosas piezas generalmente asociada a los de flexión, compresión, torsión, etc.

Cuando se efectúa un ensayo de resistencia al corte se trata de evitar que exista flexión ya que ésta también produce un esfuerzo cortante se sujeta firmemente los extremos de la probeta por medio de dos pares de bloques, intercambiándose entre dichos soportes un doble bloque cortante o una corredera que se desliza entre ellos con muy poca holgura y sobre el que se aplica la presión.

La resistencia al corte se mide por el cociente entre la fuerza que produce el corte y la sección total cortada, generalmente se corta la probeta simultáneamente en dos secciones transversales.

La resistencia al corte en los aceros y aleaciones más corrientes suele ser aproximadamente 0.75 de la resistencia a la tensión, el hierro muy dulce y hierro colado, ambas resistencias tienen casi el mismo valor.

Otros tipos de pruebas de resistencia al corte que se emplean para placas y láminas mide realmente la resistencia al taladro o al punzonado.

1.5.4. Resistencia a la flexión.

Para el caso de materiales frágiles son difíciles la preparación y el ensayo adecuado de probetas a tensión, por tal motivo se emplea el ensayo de flexión el cual es más simple aunque menos preciso.

Este tipo de pruebas se lleva a cabo con materiales que se preparan en la forma de un espécimen largo de sección transversal, circular o rectangular llamado viga de distancia entre apoyos generalmente 40 veces la raíz cuadrada de la sección.

Cuando una viga de sección transversal arbitraria se sujeta a la acción de las cargas transversales la viga se flexionará pero además ocurrirá torsión y pandeo. Un problema de este tipo puede llegar a ser bastante complicado, para poder investigar únicamente la flexión se deben hacer ciertas restricciones sobre la geometría de la viga y sobre el modo de carga. Se supone que la viga es recta, de sección transversal constante hecha de material homogéneo y se considera que la resultante de las cargas aplicadas está en este plano de simetría.

En los problemas de diseño estructural se recurre al método de tanteos en aquellos casos en que la forma y dimensiones de la viga no sean estándar.

El diseño estructural normal consiste en elegir la forma y dimensiones de la viga más económica a partir de estándares comerciales.

En los ensayos de flexión se apoya la probeta por sus extremos y se somete a una carga en el centro o cerca de los extremos.

Para cargas en tres puntos como muestra la fig. 1.13a el esfuerzo máximo de tensión se presenta sólo en las fibras inferiores. Justo abajo de la fuerza aplicada.

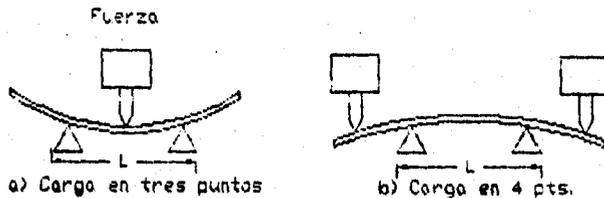


Fig 1.13 Pruebas de flexión.

En cargas de cuatro puntos fig.1.13b el esfuerzo máximo de tensión ocurre en las fibras superiores sobre toda la longitud entre los dos apoyos, las cargas a cuatro puntos ponen a prueba una área mayor y arrojan mejores resultados, más uniformes al valor del esfuerzo máximo al que ocurre la fractura se conoce como resistencia a la flexión o módulo de ruptura.

Cuando el metal o material de la viga es dúctil los esfuerzos de cálculo en tracción y compresión se suelen tomar iguales, cualquiera que sea la forma de la sección.

1.5.5 Ductilidad

La ductilidad es una propiedad que permite a un material ser doblado, estirado, ensanchado, formado o permanentemente distorsionado sin ruptura. Un material que tiene alta ductilidad no puede ser quebradizo o muy duro. La ductilidad se determina en una prueba de tensión mediante porcentaje de alargamiento y porcentaje de reducción de área; los índices más altos indican porcentajes más dúctiles.

Porcentaje de alargamiento o elongación; se obtiene midiendo las partes de la muestra después de la fractura y midiendo la distancia entre las marcas puestas en la muestra antes de la prueba.

$$\text{Elongación (porcentaje)} = ((L_f - L_o) / L_o) * 100$$

donde L_f = Longitud de la medida final (cm, plg)

L_o = Longitud de la medida original (cm, plg)

El porcentaje de alargamiento variará de acuerdo con la longitud original.

Reducción de área;

$$\text{Reducción de área (porcentaje)} = ((A_o - A_f) / A_o) * 100$$

donde A_o = Área transversal original (cm², plg²)

A_f = Área transversal final (cm², plg²)

La ductilidad es la propiedad contraria a la fragilidad. La presencia o ausencia de la ductilidad tiene un marcado efecto sobre la capacidad última de soportar carga de un miembro. Antes de la fractura un material frágil prácticamente no avisa, mientras que un material dúctil se deforma una gran cantidad antes de fallar.

Un material dúctil debido a su gran alargamiento después de la fluencia redistribuye esfuerzos en lugares de concentraciones de esfuerzos altos. Esto es de gran importancia en el diseño de conexiones y flechas con cuñas o con prisioneros donde ocurren altas concentraciones de esfuerzos.

La dureza conjuntamente con la ductilidad se emplean para saber que material conviene en particular.

La ductilidad es importante porque indica si un material puede o no deformarse y que tan fácilmente puede hacerlo o para doblar o embutir satisfactoriamente un material.

La ductilidad puede verificarse embutiendo una muestra normalizada con una herramienta normalizada.

1.6 Pruebas de dureza .

La prueba de dureza se usa como método rápido y económico para evaluar las propiedades mecánicas de un material. La dureza está definida como la resistencia de un material a la penetración de superficie y rayaduras.

La energía total por unidad de volumen es una medida de la dureza esto es, una medida de la capacidad para absorber energía sin alcanzar la falla, esta relación de energía-volumen hasta el punto de falla, está dada por el área completa bajo el diagrama de esfuerzo-deformación

Se determina la dureza de un material oprimiendo un muescador o ranurador contra la superficie y midiendo el tamaño de la impresión, a mayor impresión, mayor la suavidad del material. La forma más antigua de esta prueba usaba una bola esférica de 10mm de diámetro, elaborada de acero duro o carburo de tungsteno (conocido como prueba de dureza Brinell).

En la prueba Vickers se usa un diamante cortado en forma de pirámide cuadrada con ángulo de vértice de 136 grados y se define el número de dureza Vickers (NDV) como la carga/área superficial de impresión, se tiene que:

$$NDV = 1.854P/d^2 \text{ Kg/mm}^2$$

donde: P= carga aplicada (kgf)

d= distancia diagonal de la impresión (mm)

Como se muestra en la figura 1.14.



Piramide de diamante.

Fig 1.14

En la prueba Brinell se puede encontrar el número de dureza con la siguiente ecuación:

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ Kg/mm}^2$$

donde: D= diámetro de la bola (mm)

d= diámetro de la impresión (mm)

Para tener resultados consistentes el diámetro de la indentación debe estar entre 0.3D y 0.6D, en este rango los materiales relativamente suaves tienen los mismos números de dureza Brinell y Vickers.

La prueba de la dureza requiere indentar un material por un proceso de deformación plástica que es aproximadamente el 8% de deformación del material. Por lo tanto, la dureza es una función del esfuerzo de cedencia y la razón de endurecimiento del metal.

La dureza de un material puede modificarse de acuerdo a las necesidades del ingeniero, en el diseño mecánico mediante varios procesos de manufactura tales como el templado, revenido, trabajo en frío, etc.

1.7 Pruebas de impacto.

Se sabe que los materiales pueden fallar en forma frágil o dúctil. La prueba más común para determinar la tenacidad de un material es la prueba de impacto (Charpy), para esta prueba se debe tener una probeta con una muesca estandar que sufre golpe bajo condiciones de impacto por por medio de un peso que forma el extremo de un péndulo.

La muesca sirve para introducir esfuerzos de tensión triaxiales en la muestra, lo que aumenta la posibilidad de fractura frágil. La probeta debe tener las sig. dimensiones: tiene 55mm de longitud sección transversal de 10 * 10mm y una muesca en V de 2mm de profundidad y 45 grados de ángulo con radio de raíz de 0.25mm. La barra se sujeta a la máquina de impacto y se libera el peso desde una altura conocida para que golpee la muestra por el lado opuesto a la muesca, para que introduzca esfuerzos de tensión sobre ella. Después de romperla, el péndulo sigue oscilando y se mide la altura de elevación, de esta manera se puede obtener la energía absorbida para romper la barra, que si es baja indica que la pieza es frágil.

1.8 Fractura de los materiales.

Fractura; es la separación de un cuerpo en dos o más partes provocada por el esfuerzo, y puede tener características dúctiles o frágiles.

La experiencia y el estudio de las causas de la ruptura han enseñado a evitar este hecho, por ejemplo la ruptura de un eje puede causar un accidente de automóvil y la fractura del árbol o eje de una turbina puede dejar a una población sin electricidad.

El tipo de fractura lo determina la naturaleza del material, el estado de esfuerzo, la temperatura la rapidez de deformación y el ambiente.

La fractura frágil ocurre por una propagación rápida de una fisura después de poca o ninguna deformación plástica. En materiales cristalinos esta se propaga a lo largo de ciertos planos cristalográficos característicos denominados clivaje o en los límites de grano llamados fractura intergranular.

La fractura dúctil se produce después de una deformación plástica extensa, y se caracteriza por una

propagación lenta de la fisura por medio de un proceso de formación de huecos, cualquier cosa que produzca imperfecciones superficiales tales como fisuras o muescas pequeñas debilitan a los materiales.

La ruptura es un tipo de falla frecuente e importante, pero no toda falla es una ruptura, la falla ocurre cuando en un miembro estructural o una estructura cesa de ejecutar la función para la cual fue diseñado, algunas fallas pueden ocurrir aun antes de la deformación permanente de un elemento.

1.9 Tipos de fractura.

1.9.1 Fractura frágil.

El comportamiento frágil de un material casi siempre significa ruptura sin deformación plástica previa.

Los defectos de la superficie y lo que la rodea puede tener un efecto potente sobre el comportamiento frágil, las grietas pequeñas o muescas agudas normales a la dirección del esfuerzo máximo de tensión son particularmente dañinas.

La razón de esto es que si el esfuerzo último se alcanza en unas cuantas fibras gradualmente cargadas, esas fibras se romperán, aunque la intensidad del esfuerzo promedio quede abajo del esfuerzo último. Las fibras rotas forman una grieta diminuta que reduce aún más el área neta de la sección, esta reducción de área hace que más fibras se sobrecarguen hasta fallar. Una grieta progresiva se desarrolla rápidamente haciendo que se fracture toda la pieza.

La fragilidad reduce enormemente la capacidad para absorber la energía esto explica porque un plato de cerámica se fractura cuando se deja caer sobre una superficie dura.

Griffith propuso la primera explicación para la diferencia entre la resistencia teórica y real de los materiales totalmente frágiles, el supuso que existen numerosas fisuras microscópicas de forma elíptica y que en el extremo de éstas existe una concentración elevada de esfuerzos. Cuando una fisura empieza a propagarse en el cristal, se libera energía elástica. Sin embargo también adquiere energía, en este caso superficial debido a la formación de una nueva área de superficie en la fisura.

Este análisis se aplica al caso de una grieta en una placa delgada sometida a un sistema de fuerzas en un plano.

La resistencia máxima de un material completamente frágil esta determinada por la longitud de la fisura más larga presente antes de aplicar la carga.

Se han propuesto varias modificaciones, pero el cálculo analítico del comportamiento de estructuras reales, hechas de materiales relativamente frágiles no se encuentran todavía en un estado satisfactorio bajo el punto de vista de los ingenieros por eso son necesarios los ensayos reales.

La energía de la superficie y lo que rodea a la superficie puede tener un efecto importante sobre el comportamiento frágil, las grietas pequeñas o muestras muy finas normales a la dirección del esfuerzo máximo de tensión son particularmente dañinas.

1.9.2 Fractura dúctil.

La fractura dúctil se produce después que el material ha sufrido una deformación plástica apreciable. La fractura dúctil de materiales utilizados en ingeniería sometidos a esfuerzos de tensión, tiene tres etapas diferentes, primero: la muestra comienza a formar un cuello y se inicia la formación de cavidades, en esta región en que se encuentra la deformación plástica.

Segundo: los huecos se unen para formar una fisura en el centro de la muestra en dirección perpendicular al esfuerzo aplicado, la formación de las cavidades está asociada con la deformación plástica y al movimiento de dislocaciones. Tercero: la fisura se extiende hasta la superficie de la muestra en dirección de 45 grados con el eje de tensión.

Cuando un metal sometido a deformación plástica corta a través de una inclusión no deformable, se produce un apilamiento de dislocaciones a la región cercana a la superficie de contacto entre la partícula y el metal, estos apilamientos pueden conducir a un corte de la inclusión o a la creación de un hueco.

Una dislocación inmóvil puede también servir para la nucleación de una fisura, otro mecanismo de deformación de grietas microscópicas está relacionado con la intersección sucesiva de maclas de deformación.

1.9.3 Fractura por fatiga.

Materiales dúctiles sometidos a esfuerzos cíclicos mucho menores que a su nivel de resistencia estática a la fractura, pueden fallar por fatiga, las observaciones experimentales indican que una fisura de fatiga se produce en el material y crece por medio de un proceso de deformación plástica.

El nivel de esfuerzo máximo anterior a la fractura por fatiga, se denomina límite de fatiga, es más o menos proporcional a la resistencia máxima a la tensión del metal y se define como un esfuerzo cíclico por debajo del cual no se producirá una fractura para un número infinito de ciclos.

Las fallas de fatiga frecuentemente ocurren en forma catastrófica sin que una deformación mayor preceda el colapso.

La grieta se inicia por que la deformación plástica no es completamente reversible durante la carga cíclica.

Si la superficie de un metal es más blanda que su interior, las fallas por fatiga se producen mucho más rápidamente que si se tuviera la situación inversa, por lo tanto una manera de aumentar la vida a la fatiga de un material es endurecerlo superficialmente.

1.10 Procesos de conformado.

En la comercialización de las piezas y accesorios para la industria o cualquier otro uso, algunos de los materiales que se utilizan deben tener forma, dimensión y exactitud. Esto se logra mediante el conformado y tratado de placas, tochos, láminas etc... A continuación se enumeran algunos procesos para obtener la forma deseada.

1.10.1 Forja.

Una de tantas técnicas generalmente empleadas en la industria para provocar deformación permanente en los materiales es la forja.

La forja consiste en deformar un determinado material de partida (un taco), entre dos partes (denominadas troqueles, matrices ó estampas) sujetos respectivamente a la mesa y a la masa de la máquina.

El proceso de forja puede trabajar metal, comprimiendo su sección transversal y haciéndolo más largo ó apretándolo en sentido longitudinal y aumentando su sección transversal ó apretándolo en la parte interna y haciéndolo que se conforme a la forma de una cavidad.

La forja puede hacerse en dados abiertos ó cerrados. Las forjas en dado abierto se comprimen entre dos superficies planas, ó en práctica los dados tienen forma en V, semiredondos ó semiovalados. La forja manual, como la hecha por un herrero, es la forma más antigua de forjado.

La naturaleza del proceso es tal que no se obtienen tolerancias cerradas, ni pueden hacerse formas complicadas.

La forja en dado cerrado se forma en cavidades de dado, se obtiene producción más rápida y tolerancias más estrechas. Los dados abiertos son, por su puesto mucho menos costosos que los dados cerrados. En la mayoría de los martillos y prensas pueden hacerse forjas con dados ya sea abiertos o cerrados.

Un avance en el desarrollo del proceso de forja fue el martinete, y más tarde la prensa de forja. Cuando las matrices sustituyen los yunques planos de los martinetes, es posible forjar rápido y económicamente piezas complicadas tales como cigüeñales, etc.

1.10.2 Forja en martinete.

Un herrero realiza una forma simple de forja con martillo en dado abierto cuando golpea una pieza de trabajo en un yunque, en la actualidad este trabajo se hace principalmente por máquinas, los golpes deben ser pesados para penetrar y amasar profundamente el metal de manera uniforme y por completo, los golpes ligeros afectan únicamente el metal cercano a la superficie.

Los martillos de forja más comunes se operan con vapor ó aire, la capacidad de un martillo para deformar el metal depende de la energía que es capaz de suministrar en el impacto.

La cantidad de energía y fuerza necesaria para un trabajo en particular es un asunto de economía, un martinete grande es costoso pero puede concentrar la energía para trabajar el metal con profundidad y rapidez. Un martinete pequeño puede hacer la tarea pero trabaja ligeramente y toma mucho tiempo para muchos golpes.

Los productos de forja en martinete se hacen de aceros de aleación y al carbono, aleaciones de aluminio, cobre, magnesio, níquel y otros.

Generalmente, una forja terminada no puede formarse en un solo golpe debido a que las direcciones y la extensión a las cuales el metal puede forzarse, en una sola vez son limitadas, por lo tanto, la mayoría de los dados tienen varias impresiones, cada una es un paso hacia la forma final. La matriz o dado establece la eficiencia de una operación y su diseño requiere un alto grado de habilidad. Algunos dados son colocados, pero la mayoría están hechos con bloques pesados de acero y aleación forjado y sometido a tratamiento térmico a menos de la dureza máxima pero a una tenacidad que resiste el impacto, el dado está provisto de salidas y conicidad para liberar la pieza de trabajo con facilidad.

Entre otros procedimientos de forja se encuentra el forjado en prensa, en la cual la fuerza para deformar el metal caliente se aplica lentamente mediante presión hidráulica en lugar de aplicarse por una serie de golpes.

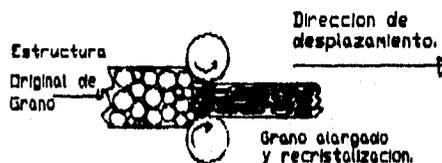
La principal característica de la forja en prensa es que el metal adquiere su forma última en la mayoría de los casos en dos o tres compresiones. El preformado de la pieza se hace en otras operaciones, como colado, métodos de la metalurgia de polvos, rolado y recalado, las tolerancias más estrechas se mantienen en la forja en prensas. Una clase de trabajo llamado forja de precisión se hace en prensa, produciéndose productos como engranes que casi no necesitan maquinado, la mayoría de las forjas en prensa se hacen en prensas hidráulicas verticales.

El forjado cilíndrico con estampa puede considerarse como el proceso especialmente utilizado para la forja de barras cilíndricas de diámetros menores de 25 a 50mm. Las aleaciones difíciles de conformar por otros procedimientos

sin que se agrieten, pueden frecuentemente, trabajarse con éxito con este procedimiento.

1.10.3. Laminación.

Cuando se lamina un material se oprime éste entre rodillos giratorios como se indica en la figura 1.15



Laminación fig.1.15

Los cristales se alargan en dirección del laminado y el material sale a mayor velocidad que a la entrada. En el laminado en caliente principian a reordenarse los cristales después de la zona de aplicación de esfuerzos pero en el rolado en frío retienen éstos la forma que les confirió la acción de los rodillos. Al oprimirse el metal entre los rodillos se alarga en virtud de que se trata de un material no compresible, para efectuar este trabajo tienen los rodillos que aplicar presiones de tracciones, o presiones como friccionantes.

Las barras de todas formas, varillas, hojas y bandas se terminan, comunmente, en todos los metales ordinarios, en trabajo en frío. Se emplea este procedimiento para hacer laminillas finas de metales más blandos.

Las hojas y bandas laminadas en frío constituyen una parte importante de la producción de acero total y son materias primas muy importantes para usarse en algunas industrias de bienes de consumo.

Das razones importantes para el laminado en frío de los metales son la necesidad de obtener un buen acabado superficial, así como propiedades físicas mejoradas, como la acción del muelleo en hojas.

El laminado en frío permite obtener tolerancias estrechas en el tamaño de las barras, se mejora la maquinabilidad del acero por el laminado en frío, es recomendable de hecho indispensable desoxidar el acero antes del laminado en frío para limpiar la superficie y eliminar la escama de herrumbre.

Al disminuir el espesor por la acción del laminado en frío se vuelve el metal más duro y menos dúctil existiendo la posibilidad de tener que recocer.

Un tren de laminado se designa de acuerdo con el número y la distribución de los rodillos, estos trenes laminadores son máquinas gigantes para reducir planchas gruesas a tiras, los laminadores funcionan por el principio de comprimir en forma continua la plancha y tener secciones cada vez más delgadas cada laminadora se diseña y opera para producir un escala limitada de productos, esto es, las pequeñas piezas pueden laminarse con los mismos buenos resultados usando una laminadora menos potente que cuesta solo una fracción del valor de una grande, también debe recordarse que el cambio de rodillos es una operación costosa.

Otro método de doblado de placas metálicas y tiras en formas cilíndricas es por medio de una máquina dobladora de rodillos la cual está formada por tres rodillos del mismo diámetro, dos de ellos se mantienen en una posición fija y el otro es ajustable, el diámetro final de la placa se determina por la posición del rodillo ajustable.

Cuando se considera el volumen de producción la laminación en caliente es el proceso más importante, los productos más comunes son placas, barras, varillas, perfiles estructurales y otros. Los productos que tienen

superficies lisas, dimensiones precisas y altas resistencias como láminas, barras y varillas se laminan en frío. La laminación en caliente produce superficies ligeramente rugosas y tolerancias en el intervalo de dos a cinco por ciento, la laminación en frío produce superficies muy lisas y tolerancias en el intervalo de 0.5 a 1%.

1.10.4 Embutido.

El embutido es un proceso para materiales como alambre tubería, sin costura que no pueden hacerse con equipo normal de rolado el material que va a ser embutido tiene una preparación previa con un extremo abierto y otro cerrado y se coloca en el banco de estirado en caliente que consiste de algunos dados que decrecen sucesivamente en diámetro montados en un bastidor, el punzón operado hidráulicamente fuerza al material caliente a través de la longitud completa del banco de estirado.

La presión ejercida por el estirado contra un dado fig 2.16 debe exceder la resistencia a la cedencia del material de trabajo y comunmente es de 0.7 o más de 2 Gpa. (De 100000 a 300000psi para el acero). El acero puede deslizarse a

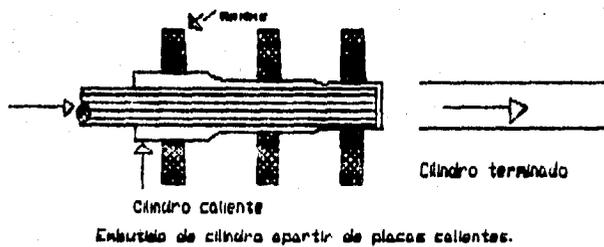


Fig 1.16

través de un dado solo si está cubierto por un lubricante

que soporta presiones muy altas por lo general, se aplica jabón con bisulfuro de molibdeno que se fija a la superficie del material previamente tratado superficialmente con carga. Un delgado revestimiento electrolítico de cobre, estaño también proporciona una buena superficie de soporte en el acero.

Los dados deben ser duros y resistentes al desgaste lo mismo que fuertes, se hacen de hierro, acero aleado, carburo cementado y diamantes.

Algunos métodos de embutido y forjado usan ya sea un punzón o un dado pero no los dos. Las orillas del punzón y del dado deben redondearse para evitar cortar o desgarrar el metal, el espacio entre el punzón y el material de lado es un poco más grande que el espesor del material, debido a que se establecen esfuerzos de compresión alrededor de la matriz conforme se embute en círculos más y más pequeños.

La fuerza para jalar o empujar un alambre o barra a través de un dado se transmite por esfuerzo de tensión en el material que acaba de salir del dado. El incremento de este esfuerzo es mayor al proporcional con respecto a la cantidad de área del alambre que se endurece por el jabón.

El esfuerzo de cedencia se aproxima con una reducción de área del 50% en la práctica se ha determinado que es deseable una reducción de área de menos del 40% para cada paso. Si el alambre debe reducirse más, se pasa a través de varios dados, y si es necesario aplicar tratamiento térmico para obtener reducciones mayores.

Para cilindros largos o tubos de pared delgada, pueden requerirse calentamientos y embutidos repetitivos, si el producto final es un tubo, el extremo cerrado es cortado y el resto es enviado a rodillos para terminado y calibrado.

El alambre burdo de acero de bajo carbono para hacer cercas, pernos, etc., puede estirarse solo una vez, el alambre brillante duro se produce por varios estiramientos después del recocido.

La cantidad de estirado depende de la composición y tamaño de la barra y el grado en que se desee cambiar la propiedad del material estampado.

1.10.5 Estampado.

El estampado difiere de la forja con martillo en que se usa una prensa cerrada y en la forja se produce por presión o impacto, lo cual obliga al metal caliente y flexible a llenar la forma de los dados como se muestra en la figura 1.17



fig. 1.17

En esta operación hay un flujo drástico del metal en los dados causado por los golpes repetidos sobre el metal, para asegurar el flujo propio del metal durante los golpes.

La operación de estampado se divide en varios pasos, cada paso cambia la forma gradual, controlando el flujo del metal hasta llegar a la forma final el número de pasos requerido varía de acuerdo al tamaño y forma de la pieza.

Los dos tipos de martillo de estampado son el martinete de vapor y el martinete de caída libre. En el primero el apisonador y el martillo son levantados por vapor y la fuerza del golpe es controlada por estrangulamiento del vapor, con estos martinetes se pueden obtener hasta 300 golpes por minuto.

El martinete de caída libre: la forma de impacto es desarrollada por la fuerza de caída del apisonador, este tipo de martinete permite la preselección de una serie de golpes de carrera corta o larga. Los martinetes de este tipo pueden servir para apisonar masas de 252Kg hasta masas de 4500Kg.

Los martinetes de caída libre encuentran un uso extenso en la industria para artículos tales como herramientas, tijeras, cubiertos, y piezas de aviación.

Las ventajas del estampado incluyen una fina estructura cristalina del metal, e insuperables propiedades físicas. El estampado es mejor con aceros aleados y al carbono, hierro dulce, cobre, aleaciones de aluminio y aleaciones de magnesio. Sus desventajas abarcan las inclusiones de escamas y alto costo de los dados que lo hacen muy caro en lotes pequeños.

Las estampas de forja tienen un gran número de ventajas sobre los dados abiertos de forja, incluyen una mejor utilización del material, mejores propiedades físicas, tolerancias más cerradas, grandes lotes de producción y requieren menos habilidad de producción.

1.10.6 Extrusión.

La extrusión es un proceso en el cual se hace pasar material a presión a través de un dado extrusor de forma determinada. Cuando el material pasa por el dado, adopta la conformación de la abertura. La extrusión se hace en caliente y en frío. La extrusión en caliente posibilita que el metal pueda soportarse con facilidad, manipularse y liberarse del equipo. La mayoría de la extrusión en caliente se hace en prensas hidráulicas horizontales construidas especialmente para el trabajo en caliente.

La extrusión en frío se hace con rapidez, genera calor que eleva la temperatura varios cientos de grados y necesita menos fuerza que si se hace con lentitud. Con la extrusión a temperaturas medias o formación a temperaturas medias se intenta tener mejor flujo de metal sin los cambios de microestructura y daño en la superficie de altas temperaturas de forja. Las ventajas de la extrusión en frío es que su rapidez puede mejorar las propiedades físicas y ahorrar el tratamiento térmico, es posible hacer partes con radios pequeños sin conicidad pueden producir tolerancias y ahorrar maquinado.

La ventaja primaria de la extrusión es la gran variedad de formas que se pueden lograr, con una gama casi ilimitada de secciones transversales.

La extrusión produce exactitud dimensional, acabado de superficie, deformación de granos, resistencia en el trabajo y tenacidad muy buena.

Hay dos variantes en el proceso de extrusión. En el proceso de extrusión directa, se utiliza el principio de una fuerza de impulso detrás del material, que está confinado en una cavidad del dado. Cuando se aplica la fuerza contra el material que está en el espacio confinado, sale a presión por la abertura conformada. En la extrusión inversa, el material está confinado en la cavidad cerrada.

Extrusión sólida: Esta extrusión se suele hacer con materiales en caliente, para conformar piezas grandes como lingotes, a partir de los cuales se harán otros objetos.

Extrusión hueca: la extrusión se lleva a cabo en caliente, para piezas pequeñas, de material blando.

Extrusión por impacto: Tiene uso principal con materiales blandos en frío para formar recipientes cilíndricos y otras formas. Es un proceso de un solo impacto para producir objetos pequeños, como recipientes para alimentos encendedores y otros. El proceso se utiliza también para fabricar tubos para pasta dentífrica y cojinetes.

El material utilizado para la extrusión por impacto se debe medir con todo cuidado para asegurar la fluidez y formación correcta y evitar daños a las matrices.

C A P I T U L O I I

II.-

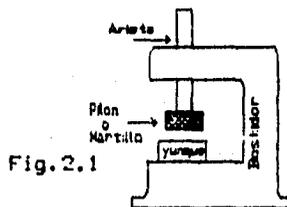
PRENSAS

Las distintas formas de obtención aspectos y caracteres tecnológicos, han inducido a la construcción de numerosos tipos de máquinas, según la forma de la pieza a producir, deriva un determinado ciclo de estampado que permite elegir la máquina adecuada para desarrollar las distintas operaciones.

La prensa es la respuesta de la era de las máquinas como sucesoras de las herramientas de mano, además se obtienen fuerzas muy elevadas y se ejecutan operaciones más complejas. Las prensas son máquinas que realizan operaciones para el conformado de metales y se utiliza para la mayoría de operaciones de trabajo en frío.

Cualquier producto que debe fabricarse de metal delgado y no requiera demasiada precisión en las tolerancias dimensionales, se pueden hacer en las prensas. Toda prensa está constituida (fig 2.1) por el bastidor, la bancada un ariete o deslizadera, la impulsión para el ariete y la fuente de potencia así como la transmisión, cada unidad puede construirse en un número de formas y cada forma posee ciertas ventajas, se construyen gran diversidad de prensas para satisfacer muchos propósitos.

Una prensa puede equiparse con el herramental adecuado diseñada para realizar operaciones específicas. Esta versatilidad hace posible usar la misma prensa para una gran variedad de trabajos y operaciones diferentes; las prensas tiene la capacidad para la producción rápida y tiene una adaptabilidad especial para los métodos de producción en masa y los costos de producción se mantienen muy bajos.



2.1 Clasificación de las prensas.

Es complicado hacer una clasificación de las prensas, ya que la mayoría de ellas son capaces de desarrollar diferentes tipos de trabajo, por tal motivo la clasificación más sencilla está en relación a la fuente de energía ya sea operada en forma manual o con potencia, muchas de las máquinas operadas manualmente se utilizan para trabajos en lámina delgada de metal, pero la mayor parte de maquinaria para producción se opera con potencia, otra forma de clasificar las prensas es de acuerdo al diseño general del bastidor o de acuerdo a la transmisión de energía.

La prensa más común en uso industrial es la prensa de bastidor tipo C inclinable, este tipo de bastidor permite el acceso libre a tres lados al espacio ocupado por la matriz, esta característica acelera la producción.

La prensa de tipo de abertura o separación, tiene frecuentemente bancadas y pilones más anchos.

La prensa de bancada ajustable o prensa de rodilla, puede ajustarse para recibir matrices y pzas. de trabajo de diferentes tamaños pero pierde rigidez.

La prensa de pilar ó bastidor abierto es por lo general una prensa hidráulica. Para seleccionar el tipo de prensa se consideran varios factores, entre ellos están el tipo de operación a desarrollar, tamaño de la pza, potencia requerida y velocidad de operación.

Existen 2 clases de prensas que se diferencian en el tipo de potencia suministrada ya sea mecánica o hidráulica.

2.2 Prensas mecánicas.

Los diferentes tipos de prensas mecánicas están dotadas de partes funcionales, como los motores, volantes, embragues y frenos, emplean los motores de corriente

alterna. Las prensas mecánicas de simple efecto, son aquellas que funcionan con un sencillo carro accionado por un eje excéntrico, generalmente se emplean para todas las operaciones de corte, algunas de doblado y embutido sencillo.

Las prensas mecánicas utilizan la energía acumulada por el volante que gira según el número constante de vueltas, el movimiento del carro se consigue por un árbol normal de excéntrica que puede acoplarse y desacoplarse intermitentemente con el volante a través de un embrague.

2.3 Prensas mecánicas de doble efecto.

La acción de sujetar la pza seguida de un embutido teniendo presente que la primera fase de sujeción puede estar también precedida por una fase de corte, para tales exigencias se han construido prensas llamadas prensas de doble acción, estas tienen la característica de estar provistas de correderas, una de las cuales actúa dentro de la otra. Este tipo de prensas por lo regular se emplea para el estampado en serie de de pzas. para carrocerías de automoviles.

2.4 Prensas hidráulicas.

Las prensas hidráulicas no tienen eje ni cigueñal, embrague, ni volante, pero emplean pistones accionados por bombas. Como se muestra en la fig 2.2

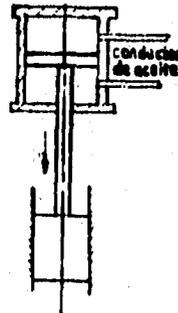


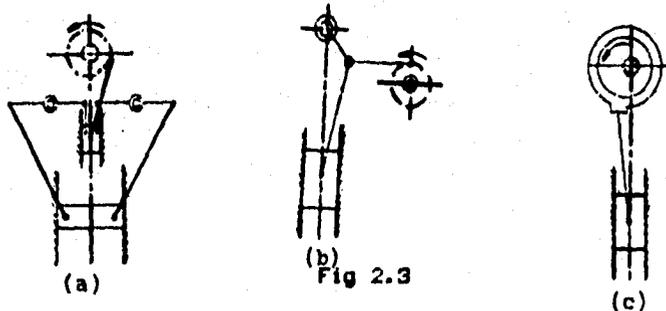
Fig. 2.2

Una prensa hidráulica es más segura en su funcionamiento por que se define a un ajuste de presión determinado. Las prensas hidráulicas pueden ser: de simple efecto, de doble efecto y de triple efecto. Se prefieren en el caso en el que se tengan que efectuar embutidos más complicados con forma o contra estampado. El principio del funcionamiento es el mismo para ambos tipos de prensas.

Las prensas hidráulicas se adaptan principalmente a operaciones de embutido profundo debido al movimiento lento y uniforme y las grandes fuerzas que desarrollan. Una desventaja de la prensa hidráulica estriba en el alto costo que representa el hacerlos tan veloces como las prensas mecánicas y en su costo de mantenimiento mayor que las presas mecánicas.

2.5 Implesión de prensas.

Es el medio utilizado para aplicar la fuerza al ariete, se emplean sistemas mecánicos o hidráulicos, los dispositivos mecánicos que se usan ahora son la manivela excéntrica, leva, palanca acodillada (a), junta articulada (b), piñon y cremallera (c). Como se muestra en la fig 2.3



El mecanismo más común para transmitir potencia a la corredera es el de manivela simple. La transmisión

excentrica da un movimiento como el de la manivela y se usa frecuentemente donde se requiere una carrera mas corta; las prensas de cremallera y engrane se usan solamente donde se necesita una corredera muy larga. La transmision hidraulica se adapta especialmente a presiones grandes y bajas velocidades en las operaciones de formado, prensado y embutido.

2.6 Partes de las prensas.

Bastidor y bancada: la parte inferior del bastidor de una prensa sobre el que se coloca el dado o matriz se conoce como bancada o lecho, una placa de refuerzo gruesa situada encima de la bancada proporciona un apoyo completo a la matriz que esta atornillada a dicha placa. Las dimensiones importantes de la bancada son la distancias disponibles para contener una matriz.

2.6.1 Ariete de prensa.

El ariete de una prensa impulsa el punzón durante la operación

2.6.2 Matrices y punzones.

Las herramientas utilizadas en las prensas se denominan punzones y matrices; el punzón esta unido al ariete mediante un porta punzones, tiene la figura total o parcial de la pieza que se quiere obtener, y se impulsa hacia la cavidad de la matriz con un movimiento estrictamente perpendicular a está. La matriz es generalmente estacionaria y descansa sobre la bancada de la prensa(porta matriz), y tiene una abertura para recibir a el punzón. La siguiente fig 2.1 muestra las partes fundamentales de la prensa.

2.6.3 Martinete de caída libre.

La característica del martinete de caída libre son similares a la de la prensa, el impacto crea fuerzas elevadas. Los martinetes de caída libre que todavía utilizan la caída por gravedad se clasifican de acuerdo en la forma que se eleva el pilón para lo cual se pueden utilizar cables, bandas, cadenas y engranes. La desventaja principal es la limitación de la fuerza aplicada debido al tamaño y fuerza del pilón.

2.7 Seguridad.

La seguridad es una consideración fundamental en las operaciones con prensa, se debe alimentar el material a la prensa o al martinete por medios que eliminen cualquier posibilidad de que el operador tenga sus manos cerca de la matriz.

CAPITULO III

3.1 Consideraciones generales para el diseño.

El problema del diseño estriba en dar forma a una estructura que cumpla una determinada función con un grado de seguridad razonable y en condiciones de servicio tener un comportamiento adecuado, se debe mantener el costo dentro de los límites económicos y satisfacer determinadas exigencias estéticas.

Cada herramienta que es diseñada debe realizar una función específica, debe cumplir ciertas normas de calidad, y requisitos auxiliares (tales como seguridad, adaptabilidad y duración aceptable.)

Para llevar acabo un diseño constructivo se debe iniciar por expresar de manera clara los datos que satisfagan las condiciones y garanticen los resultados previstos, así como la solución adecuada desde el punto de vista económico y funcional.

Al plantear el problema de la necesidad de construir una prensa y la falta de recursos económicos se han tomado en cuenta los sig. puntos:

- 1.-El proyecto funcionará electromecánicamente.
- 2.-Debe ser de fácil manejo para el operador.
- 3.-No debe ser muy grande ni complicada.
- 4.-Debe ser segura.
- 5.-Debe mejorar las pruebas de laboratorio.
- 6.-Costo de construcción mínimo (dentro de lo posible)

En la construcción de este proyecto nos basaremos en el principio del funcionamiento de un martinete de caída por gravedad.

La máquina contará con las sig. partes:

- 1.-Bastidor (formado con dos placas de acero)

- 2.-Bancada y sufridera.
- 3.-Porta matriz y matriz.
- 4.-El pilón (porta punzón) con punzón y barras guía.
- 5.-Cable de acero.
- 6.-Motor de c.a. con polea.
- 7.-Tipo de transmisión por medio de un cluch magnético.

La fig. 3.1 muestra en términos generales como quedará constituida la prensa.

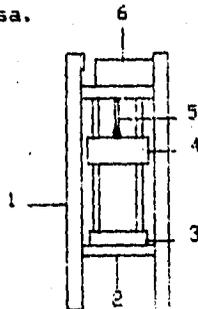


Fig. 3.1

3.2 Condiciones generales de la máquina.

La máquina a contruir funcionará con un motor de C.a. monofásico el cual transmitirá potencia a 2 poleas interconectadas por medio de una banda conectada de motor a polea de eje, embragara por medio de un embrague magnético accionado con un voltaje de c.d. y un micro switch (si el cluch magnético no es accionado la polea y el motor giraran libres sin que haya la necesidad de apagar el motor).

Una vez embragado, el eje girará y por medio de un cable y una polea jalara al porta punzón.

Si desactivamos el embrague el porta punzón caera sobre la matriz que se encuentra sobre la sufridera.

Como medida de seguridad adaptaremos un trinquete al eje principal para poder colocar la pieza que será sometida a prueba sin que el operario corra algun riesgo de un posible machucón con la caída del pilón.

3.3 Selección de materiales.

Los materiales deben seleccionarse después de un estudio de las propiedades físicas y mecánicas presedidas de cálculos de esfuerzo y deformación.

En la mayor parte de las aplicaciones más de un tipo de material será satisfactorio y la elección final estará regida por la disponibilidad del material y su costo. (Las propiedades físicas y mecánicas se estudiaron en el capítulo II)

Después de considerar las propiedades físicas y mecánicas del acero y analizando el proceso de trabajo de la máquina, se han seleccionado los sig. materiales para las distintas piezas que conformaran la máquina:

Para el diseño del bastidor, base de motor, barras guía, porta punzón, porta matriz y sufridera, se ha seleccionado un acero laminado en frío (cold Rolled) AISI 1020, este material tiene propiedades mecánicas buenas y es muy económico.

Las propiedades del acero AISI 1020 son las sig:

- Resistencia a la fluencia (S_y)=35 Kg/mm² 49ksi
- Resistencia a la tensión (S_u)=45 Kg/mm² 64ksi
- Dureza Brinell=131 BHN.

Propiedades del acero 4140 (Matriz y punzón)

- Resistencia a la fluencia (S_y)=42 Kg/mm² 60ksi
- Resistencia a la tensión (S_u)=66 Kg/mm² 95ksi

3.4 Cálculos de diseño.

Los martinetes de gravedad se especifican según el peso del mazo de golpeo.

Para aceros al carbono 1020 (probeta a prueba) se seleccionan sobre una base de 60 Lb/pul² (4.2 Kg/cm²) del peso del mazo por pulgada cuadrada de área proyectada de la pieza forjada.

Para calcular la presión de forjado se multiplica el área proyectada de la pieza forjada por 1/3 de la resistencia a la compresión de trabajo en frío.

La energía disponible para el trabajo es el producto del peso del mazo y la longitud de caída.

Sea W = trabajo por golpe Lb x pie

H = peso del martillo y dado Lb

g = aceleración de la gravedad 32.2 Lb/pie²

h = carrera real del martillo pies

v = velocidad terminal del martillo pies/seg.

$$W = H h = 0.015 H v^2$$

La pieza a forjar será de 2 pul. de largo por 1/4 de pul. de espesor. Entonces el área proyectada es (2)(1/4)

$$A = 0.5 \text{ plg}^2$$

$$\text{peso} = H = 60 \text{ Lb/pul}^2 (0.5 \text{ pul}^2) = 30 \text{ Lb} = 13.608 \text{ Kg}$$

$$W = (H/g) v^2 / 2 = (30 \text{ lb} / 32.2 \text{ pie/s}^2) (12 \text{ pie/s}^2)^2 / 2$$

$$W = 67.8 \text{ Lb pie}$$

$$h = W/H = 67.88 / 30 = 2.236 \text{ pies} = 0.681 \text{ mts}$$

3.5 Energía de deformación.

Se define como energía absorbida por la barra durante el proceso de carga denotada por U que es igual al trabajo efectuado por la carga cuando no se agrega ni se pierde energía en forma de calor.

3.6 Cálculo del eje principal.

El cálculo del eje principal se hará en base a la teoría del esfuerzo cortante máximo cuya ecuación es la siguiente.

$$\tau = \sigma_f / 2F.S. = (16/\pi D^3)(M^2 + Mt^2)^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

Asumiendo que el diámetro ya ha sido establecido por otros puntos procedemos a calcular el factor de seguridad con el que va a trabajar el eje.

Despejando el factor de seguridad de la ecuación anterior se tiene la siguiente ecuación:

$$F.S. = (\sigma_f \pi D^3) / (2(16)(M^2 + Mt^2)^{1/2}) \dots \dots (2)$$

$$\sigma_f = 338.67 \text{ MPa (Para acero 1020)}$$

$$D = 1.9 \text{ cm}$$

$$Mt = 156.96 * \text{Diámetro de la polea}$$

$$Mt = 156.96 * 0.032 / 2 = 2.5113 \text{ Nm}$$

donde σ_f = esfuerzo de fluencia.

D = Diámetro del árbol (m)

Mt = Momento torsionante (Nm)

M = Momento flexionante (Nm)

Sustituyendo valores en la ecuación (2) tenemos que el factor de seguridad es el siguiente:

$$F.S. = ((338.670)(\pi)(0.019)^3) / ((2)(16)[(14.52)^2 + (2.5113)^2]^{.5})$$

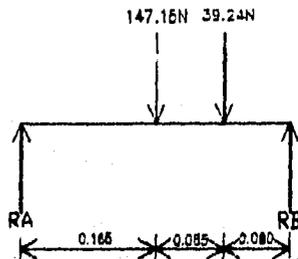
$$F.S. = 15.47$$

Por lo que el factor de seguridad es adecuado para el proyecto.

El siguiente esquema muestra el diagrama de flexión para el eje de acero 1020 sometido a cargas: una es la de embrague y la otra del pilón.

DIAGRAMA DE FLEXION DEL EJE

El sig. esquema muestra el diagrama de flexion para el eje de acero 1020 sometido a dos cargas una es la carga de embrague y la otra el peso del pilon



$$\Sigma MA =$$

$$(147.16 \text{ N} \cdot 0.165) + (39.24 \text{ N} \cdot 0.25) - RB(0.33)$$

$$RB = 108.20 \text{ N}$$

$$\Sigma Fy =$$

$$RA = 147.16 + 39.24 - 108.20 = 82 \text{ N}$$

$$M_{\text{max}} = 14.52 \text{ Nm}$$

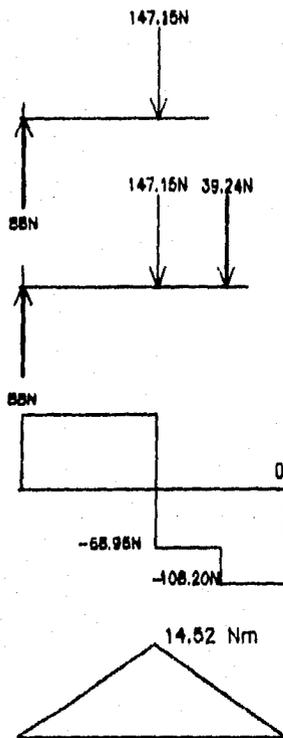
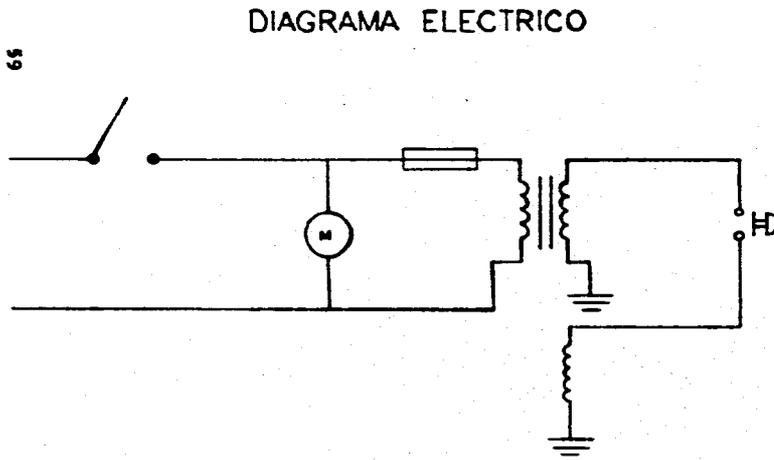


Diagrama que muestra conexiones y dispositivos utilizados para el funcionamiento eléctrico de la prensa.



SIMBOLOGIA

-  MOTOR
-  FUSIBLE
-  DISPOSITIVO MAGNETICO
-  BOTON PULSADOR
-  TRANSFORMADOR

C A P I T U L O I V

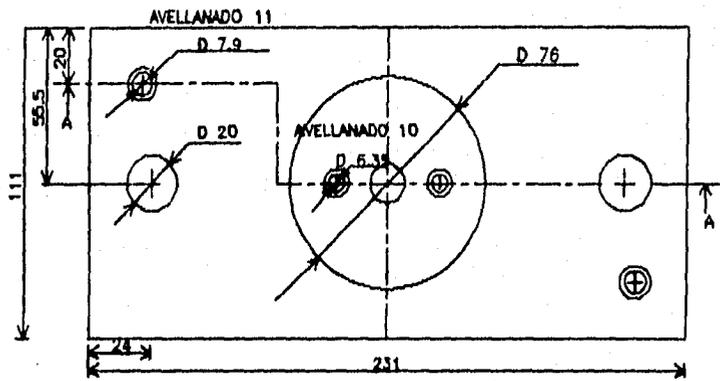
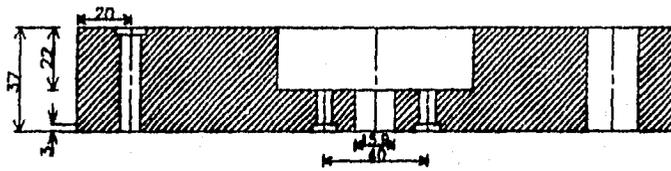
IV. DESPIECE Y ENSAMBLE.

La gran mayoría de las piezas que conforman la prensa fueron maquinadas en el laboratorio de manufactura (LINE II) exepctuando: el motor, embrague, cable, polea e interruptores.

Las piezas que fueron diseñadas y conformadas se adaptaron de acuerdo a nuestro diseño y posibilidades económicas.

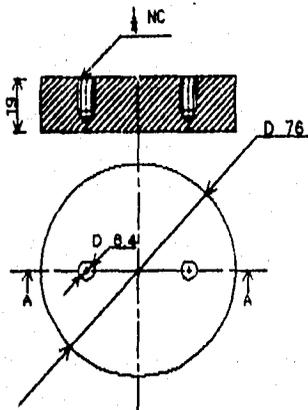
Las piezas conformadas y el dibujo en conjunto son mostrados en este capítulo IV.

VISTA A-A



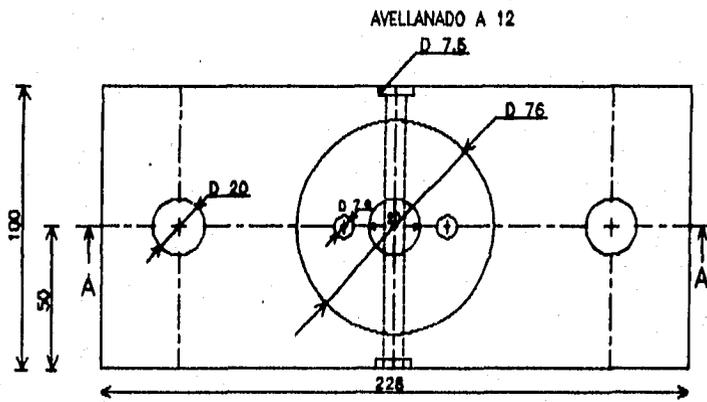
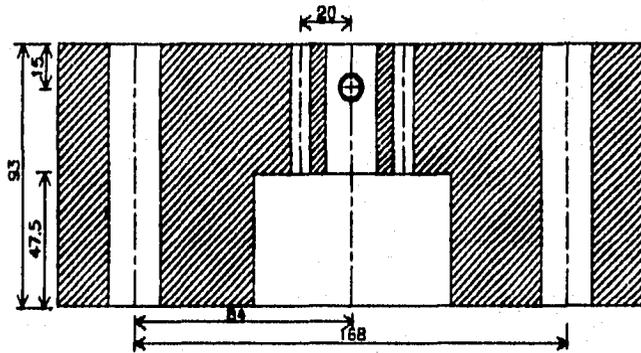
ESC: 2:1	F.E.S.-CUAUTITLAN	11/09/09	DIB: GONZALEZ
ACOT: mm	PORTA MATRIZ		REV: VELAZQUEZ
	ACERO COLD ROLLED		NO. FIG 1

VISTA A-A



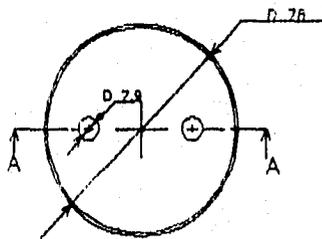
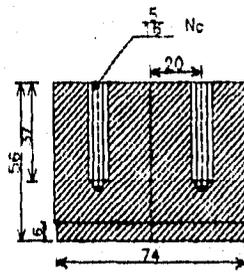
ESC: 2:1	F.E.S.-CUAUTILAN	11/09/00	DIB: GONZA
			REV: FELPE
ACOT:mm	MATRIZ		REV: DAZ
	ACERO 4140		NO.FIG 2

VISTA A-A



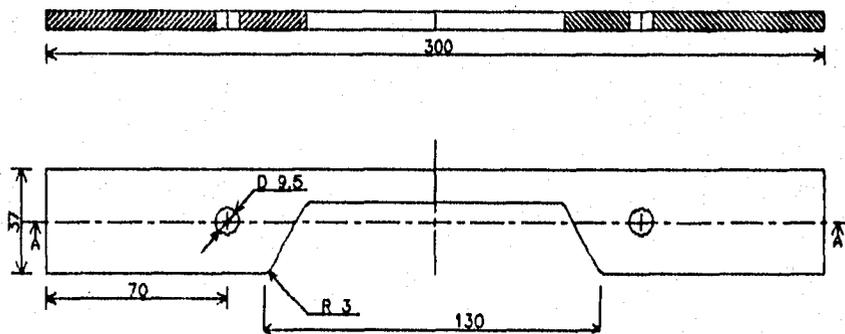
ESC: 2:1	F.E.S.-CUAUTITLAN	11/09/00	DIB: CORONA
			DIB: REYES
ACOT:mm	PORTA FUNZON		REV: FELIPE
	ACERO COLD ROLLED		REV: DAN
			NO.FIC 9

VISTA A-A

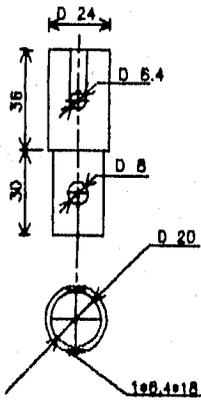


ESC: 2:1	F.E.S.-CUAUTITLAN	11/05/88	DIB: GORONA
	PUNZON		REV: DAZ
ACOT: mm	ACERO 4140		NO.FIG 4

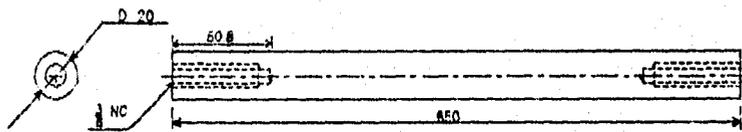
VISTA A-A



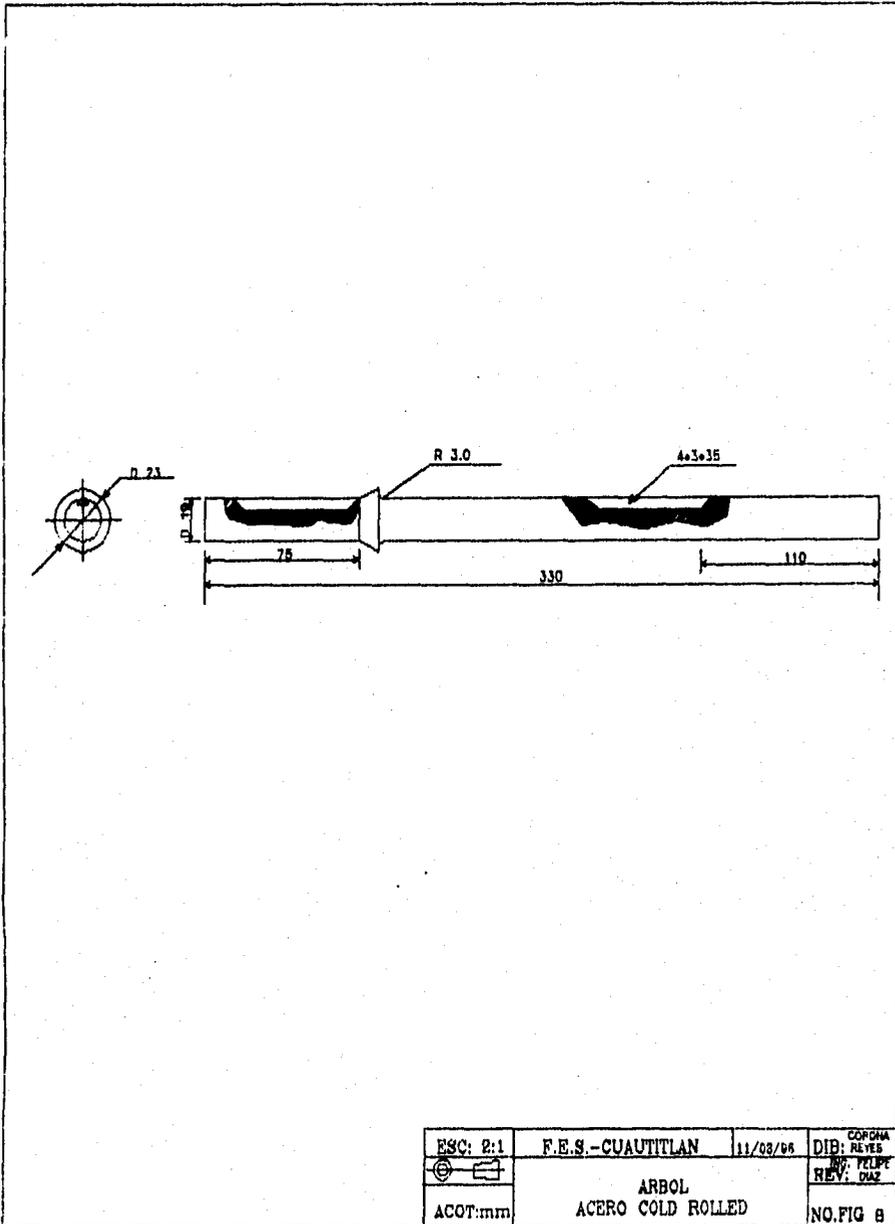
ESC: 2:1	F.E.S.-CUAUTILAN	11/03/00	DIB: ^{GERONA} REYES
	SOPORTE DE GUIAS ACERO COLD ROLLED		REV: FELPE
ACOT: mm			REV: GAZ
			NO. FIG 5



ESC: 2:1	F.E.S.-CUAUTLAN	11/09/09	DIR: GONDA REVIS: PELLE REV: DAX
ACOT:mm	BUJE ACERO COLD ROLLED		NO.FIG 6

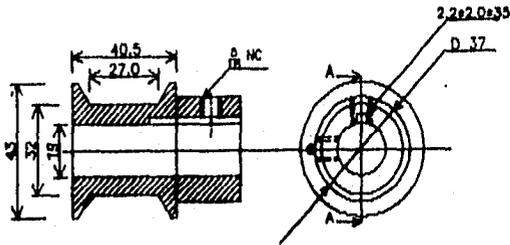


ESC: 2:1	F.E.S.-CUAUTITLAN	11/03/99	DIB: CONCHA REV: REYES
	GUIAS DE PORTA PUNZON ACERO COLD ROLLED		DIB: FELICE REV: PAZ
ACOT: mm			NO. FIG 7

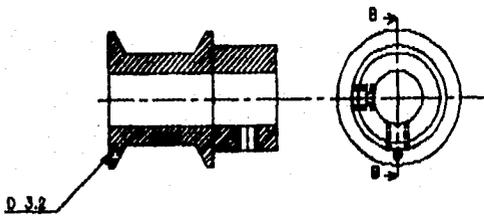


ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

VISTA A-A



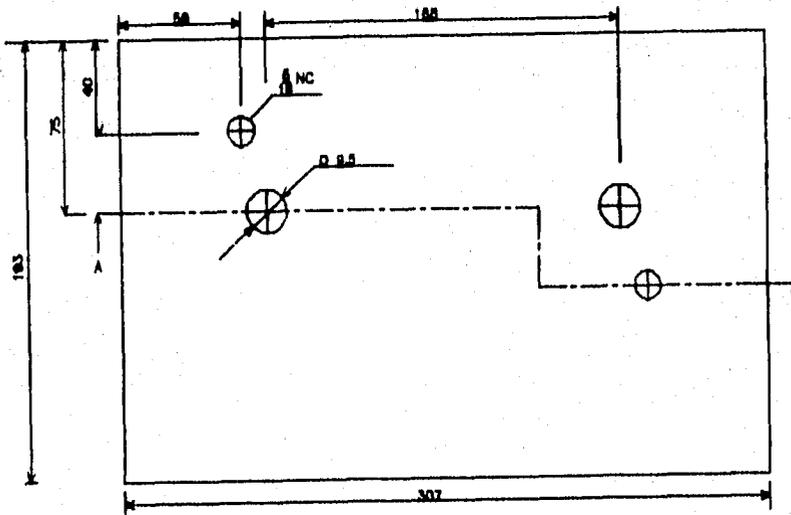
VISTA B-B



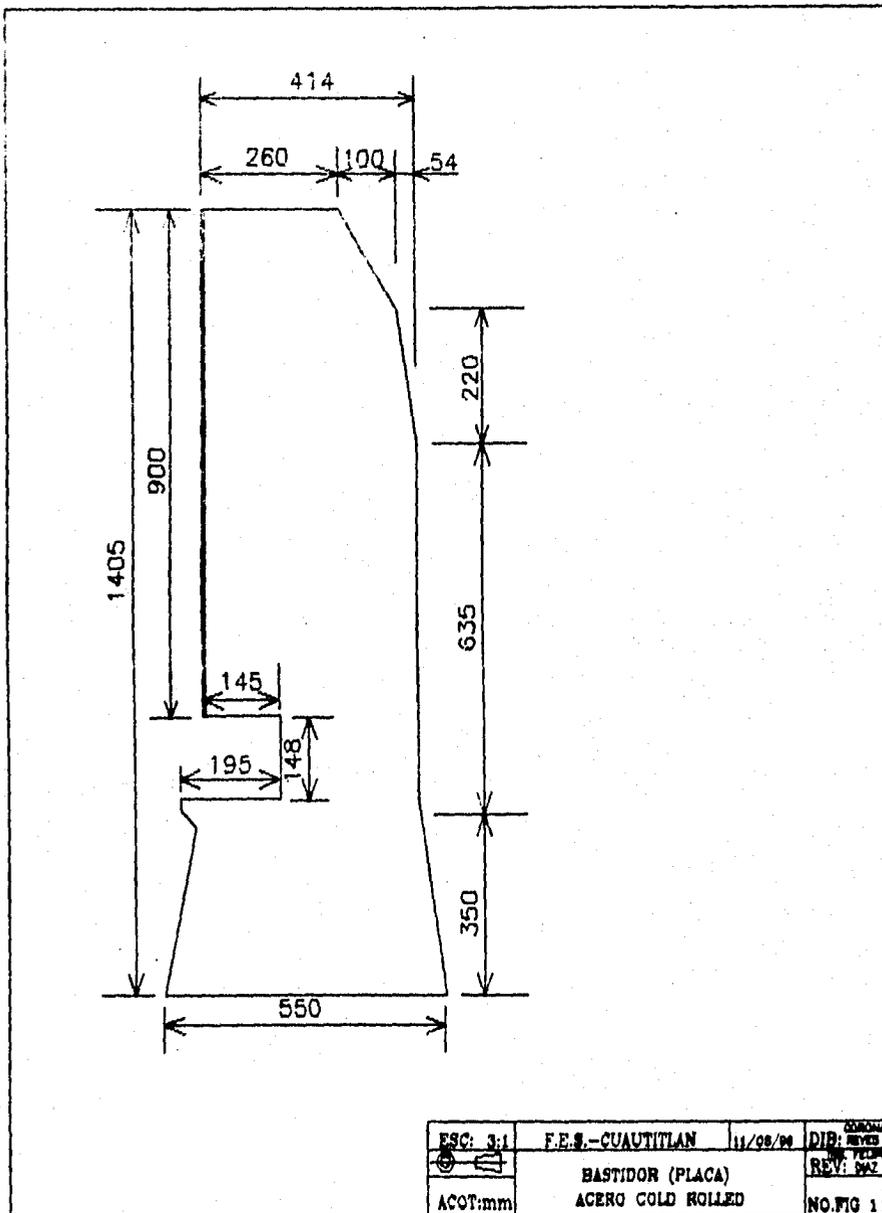
ESC: 2:1	F.E.S.-CUAUTILAN	11/09/09	DIB: CARRERA
ACOT:mm	POLEA PARA CABLE		REV: PULPE
	ACERO COLD ROLLED		REV: CAY
			NO.FIG 9

ESTA TESIS DE DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

VISTA A-A

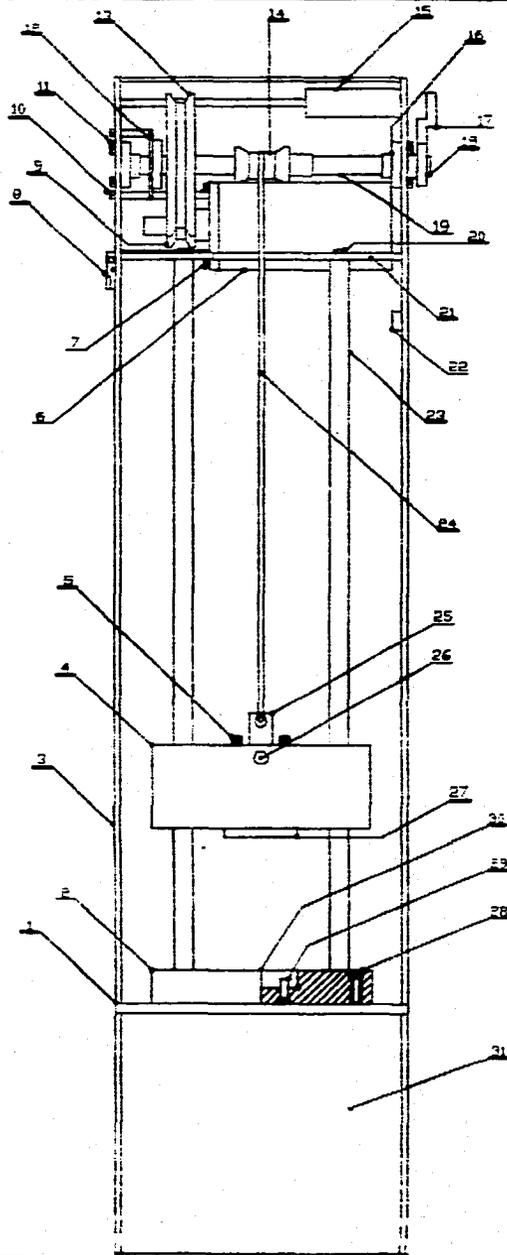


ESC: 2:1	F.E.S.-CUAUTILAN	11/08/69	DIB: CORONA
			REV: PEPY
ACOT:mm	SUFRIDERA		REV: DIAZ
	ACERO COLD ROLLED		NO.FIG 10



1	Placa soporte 1/2"	Cold Rolled	
1	Matriz	Acero 4140	Templado
2	Tornillos Allen 1/4 20 Nc		Alta Resist.
2	Tornillo Allen 5/16 2" 18 Nc		Alta Resist.
1	Punzon	Acero 4140	Templado
1	Tornillo 5/16 4" 18 Nc		Alta Resist.
1	Buje porta cable	Cold Rolled	
1	Cable 1/8	Acero	
2	Barras Guía	Cold Rolled	Pulido
1	Transformador		12v-5A
1	Soporte de Guías	Cold Rolled	
4	Tornillo 3/8 1" 16 Nc		
1	Arbol	Cold Rolled	
1	Trinquete	Cold Rolled	
1	Palanca de seguridad	Cold Rolled	
2	Chumaceras		3/4 Diam.
1	Capacitor (Motor)		
1	Polea	Cold Rolled	
1	Polea	Aluminio	
1	Embrague Magnetico		12v cd
8	Tornillo 3/8 11" 16 Nc		
4	Tornillo Allen 1/4 2" 20 Nc		Alta Resist.
1	Polea de Motor	Cold Rolled	
2	Switch		120V
4	Tornillo 1/4 1" 20 Nc		Alta Resist.
1	Motor Elevador		1Hp Mon.
2	Tornillo Allen 5/16 3" 18 Nc		Alta Resist.
1	Porta punzon	Cold Rolled	
2	Bastidor	Cold Rolled	Placa
1	Porta Matriz	Cold Rolled	
1	Sufridera	Cold Rolled	

Ct.	Descripcion	Material	Observ.
0:1	F.E.S.-CUAUTITLAN	11/03/98	CORONA Div. REYES
	PRENSA		ING. FELIPE REV. DIAZ
mm			No.FIG.12

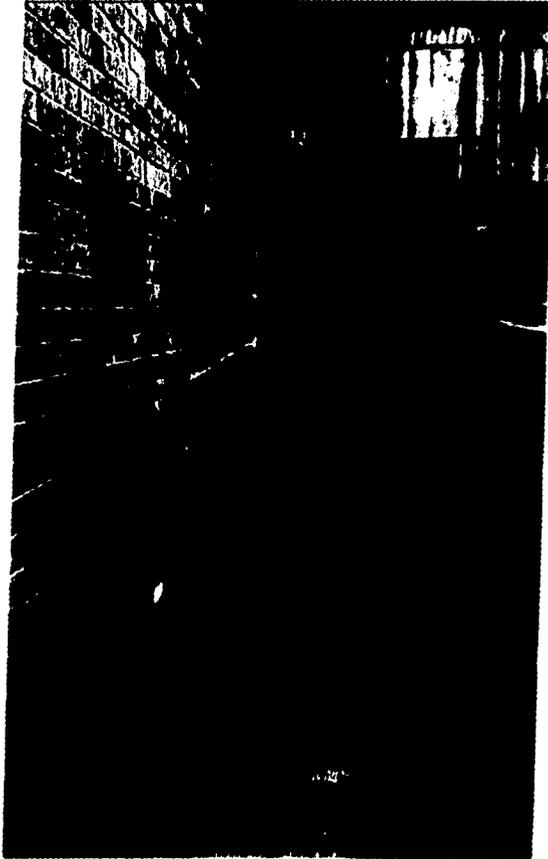


31	1	Placa soporte 1/2"	Cold Rolled	
30	1	Matriz	Acero 4140	Templado
29	2	Tornillos Allen 1/4 20 Nc		Alta Resist.
28	2	Tornillo Allen 5/16 2" 18 Nc		Alta Resist.
27	1	Punzon	Acero 4140	Templado
26	1	Tornillo 5/16 4" 18 Nc		Alta Resist.
25	1	Buje porta cable	Cold Rolled	
24	1	Cable 1/8	Acero	
23	2	Barras Guía	Cold Rolled	Pulido
22	1	Transformador		12v-5A
21	1	Soporte de Guías	Cold Rolled	
20	4	Tornillo 3/8 1" 16 Nc		
19	1	Arbol	Cold Rolled	
18	1	Trinquete	Cold Rolled	
17	1	Palanca de seguridad	Cold Rolled	
16	2	Chumaceras		3/4 Diam.
15	1	Capacitor (Motor)		
14	1	Polea	Cold Rolled	
13	1	Polea	Aluminio	
12	1	Embrague Magnetico		12v cd
11	8	Tornillo 3/8 1" 16 Nc		
10	4	Tornillo Allen 1/4 2" 20 Nc		Alta Resist.
9	1	Polea de Motor	Cold Rolled	
8	2	Switch		120V
7	4	Tornillo 1/4 1" 20 Nc		Alta Resist.
6	1	Motor Elevador		1Hp Mon.
5	2	Tornillo Allen 5/16 3" 18 Nc		Alta Resist.
4	1	Porta punzon	Cold Rolled	
3	2	Bastidor	Cold Rolled	Placa
2	1	Porta Matriz	Cold Rolled	
1	1	Sufridera	Cold Rolled	
No.	Ct.	Descripcion	Material	Observ.
ESC. 10:1		F.E.S.-CUAUTITLAN	11/03/88	CORONA Div. REYES
		PRENSA		ING. FELIPE REV. DIAZ
ACOT. mm				No. FIG. 12

7 Vista frontal de la prensa ya armada y en funcionamiento



Vista lateral de la prensa ya armada y en funcionamiento



CONCLUSIONES

El objetivo del diseño y construcción de una prensa para operaciones de trabajo en frío de probetas pequeñas se cumplió satisfactoriamente.

Con esta tesis se concluye después de la construcción y pruebas funcionales a las que se ha sometido la prensa, que puede ser utilizada reduciendo los posibles accidentes y mejorando las pruebas de laboratorio, debido a que al utilizar la prensa las probetas se deforman uniformemente teniendo mejores resultados.

Todos y cada uno de los factores para el diseño fueron tomados en cuenta, desde la forma estática de la prensa hasta cada una de las piezas.

Durante las pruebas que se efectuaron con la prensa en las cuales se utilizaron una probeta de aluminio y otra de latón de 1/4 por una pulgada se observó como sufrieron una deformación plástica uniforme de 1/4 de su tamaño original aplicando cinco golpes del punzón a una altura media de la carrera.

Se logró construir la prensa a un bajo costo debido a la selección de materiales que se hizo para adaptar insertos tanto en el mazo de golpe como en la matriz tomando en cuenta un posible cambio a futuro para otro tipo de operación.

Bibliografía.

Deformación plástica de los materiales
Jesús del Río
Edit. Gustavo Gili S.A.
Barcelona 1980

Materiales y procesos de Mnofactura para Ingenieros
Laurence E. Doyle
James L. Leach
George F. Schader
Morse B. Singer
Edit. Prentice Hall

Procesos de Manufactura
Bolt. Amstead
Phillip F. Ostwald
Myron L. Begeman
Cía. Editorial Continental S.A de C.V.

Introducción a la Metalurgia Física
Sydney H. Auner
Segunda Edición
Edit. Mac Graw Hill

Metalurgia Física para Ingenieros
Alberto G. Guy
Edit. Fondo Educativo Interamericano, S.A.

Principios Fundamentales para el diseño de Herramientas
Frank W. Wilson
Cía. Editorial Continental S.A de C.V.
México

Materiales de Ingeniería y sus aplicaciones
Richard A. Flinn
Paul K. Trojan
Tercera Edición
Editorial Mc. Graw Hill

Estampado en Frío de la chapa
Ingeniero Mario Rossi
Novena Edición Reimpresión 1979
Edit. Dossat S.A.
Madrid

Dibujo y Diseño de Ingeniería
C.H. Jensen
Edit. Mac Graw Hill

Materiales para Ingeniería
Lawrence H. Van Vlanck
Cía. Editorial Continental S.A. de C.V.
México