

TECNOLOGÍA MECÁNICA

Raúl García Bercedo
Iñaki Irastorza Hernando
Amaia Castaños Urkullu
Esperanza Díaz Tajada

ARGITALPEN ZERBITZUA
SERVICIO EDITORIAL

www.ehu.es/argitalpenak
ISBN: 978-84-9860-802-1

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

© Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua

ISBN: 978-84-9860-802-1 / D.L.: BI-405-2013

www.ehu.es/argitalpenak

ÍNDICE

Pag.

TEMA I

LA MEDICIÓN EN EL TALLER MECÁNICO.

INSTRUMENTOS DE MEDIDA.

1.1	Introducción	3
1.2	Calibre o pie de rey	3
1.3	Tornillo micrométrico	7
1.4	Catetómetro	10

TEMA II

TRAZADO

2.1	Introducción al trazado	13
2.2	Trazado de piezas	14
2.3	Herramientas empleadas en el trazado	15
2.4	Ejemplos de trazado	30
2.5	Control trigonométrico de los ángulos	40

TEMA III

HERRAMIENTAS EMPLEADAS EN EL TALLER MECÁNICO

3.1	Limas	45
3.2	Rasquetas	50
3.3	Sierra de mano	50
3.4	Sierras mecánicas	53

	<i>Pag.</i>
3.5 Herramientas cortantes por medio de golpes	55
3.5.1 Cincel	56
3.5.2 Buril	58
3.5.3 Gubia	59
3.5.4 Sacabocados	59
3.6 Brocas	60
3.5.5 Helicoidal	61
3.5.6 De punta de lanza	64
3.5.7 De pezón	66
3.7 Máquinas de taladrar	67
3.7.1 Taladro radial	71
3.7.2 Máquinas de taladrar portátiles	73
3.7.3 Portabrocas	77
3.8 Herramientas neumáticas	81
3.9 Avellanadores	83
3.10 Escariadores	84
3.11 Machos	86
3.12 Terrajas	88
3.13 Bandeadores	90
3.14 Portaterrajas	91
3.15 Tornillo de banco	92
3.16 Entenalla	93
3.17 Alicates	94
3.18 Tenazas	95
3.19 Gatos	96
3.20 Sargentos	99
3.21 Tijeras	99
3.22 Llaves de apriete	101

	Pag.
3.23 Extractores	108

TEMA IV

TEORÍA DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE

4.1	Materiales para herramientas de corte	110
4.2	Tratamiento térmico de las herramientas de corte	121
4.3	Materiales usados para conformar por arranque de viruta	128
4.4	Características de la cuchilla elemental	129
4.5	Clases de cuchillas	141
4.6	Características básicas de las plaquitas	144
4.7	Desprendimiento de la viruta	149
4.8	Factores que definen el trabajo con el torno	150
4.9	Lubricante y refrigerante para el mecanizado de los metales	159
4.10	Estudios de Taylor	163
4.11	Método de Denis	166

TEMA V

FILETEADO

5.1	Introducción	173
5.2	Paso del tornillo	176
5.3	Tipos de roscas	178
5.3.1	Rosca métrica o internacional	178
5.3.2	Rosca Whitworth	180
5.3.3	Rosca gas	182
5.3.4	Rosca Trapecial	183

	<i>Pag.</i>
5.2.4.1 Rosca Acme	183
5.2.4.2 Rosca DIN	184
5.3.5 Rosca Sellers	185

TEMA VI

TORNO

6.1	Introducción	187
6.2	Partes principales	188
6.3	Cilindrado	192
6.4	Refrentado	194
6.5	Roscado	195
6.6	Construcción de roscas cuando no se dispone de la rueda de 127 dientes	199
6.7	Construcción de roscas con paso aproximado	199
6.8	Construcción cónica	205
6.9	Control del acabado superficial	210
6.9.1	Control del acabado superficial cuando se mecaniza con cuchillas de plaquita	212

TEMA VII

CONTROL NUMÉRICO

7.1	Clases de control numérico	217
7.2	Programación en códigos I.S.O.	220
7.2.1	Funciones preparatorias (función G)	221

	<i>Pag.</i>
7.2.2 Funciones auxiliares (función M)	232
7.2.3 Función del cabezal (función S)	234
7.2.4 Función herramienta (función T)	234
7.2.5 Funciones de avance (F)	235
7.2.6 Funciones para simplificar la programación	236
7.2.7 Ciclo fijo de roscado G76	238

TEMA VIII

MAQUINAS FRESADORA

8.1	Generalidades	241
8.2	Cinemática de la fresadora	242
8.3	Tipos de fresas y su montaje	246
8.4	Ángulos de la fresa	251
8.5	Afilado de las fresas	253
8.6	Velocidad de corte	255
8.7	Avance	256
8.8	Fuerza máxima y potencia absorbida por el fresado	257
8.9	Operaciones que se realizan con la fresadora	260
8.10	El aparato divisor	260
8.11	Método simple	264
8.12	Método compuesto	265
8.13	Método diferencial	269
8.14	Construcción helicoidal	273
8.15	Ruedas dentadas	278
8.16	Cálculo de la fatiga de los dientes de un engranaje en función de la potencia aportada	286
8.17	Engranajes helicoidales. Caracterización	289

	<i>Pag.</i>
8.18 Construcción de engranes por medio de máquinas dentadoras o talladoras	295

TEMA IX

LA LIMADORA

9.1 Descripción y cinemática	305
9.2 Velocidad del carnero	309
9.3 Herramientas de corte	311
9.4 Operaciones realizables	315
9.5 Partes de la limadora	317

TEMA X

SOLDADURA

10.1 Soldadura blanda	318
10.2 Soldadura dura	319
10.2.1 Soldadura eléctrica	320
10.2.2 Soldadura por resistencia	320
10.2.3 Soldadura por arco	323
10.2.4 Soldadura TIG	326
10.2.5 Soldadura MAG	329
10.2.6 Soldadura oxiacetilénica	330
10.3 Electrodo	335
10.3.1 Electrodo revestidos	337
10.3.2 Electrodo normalizados	338

	<i>Pag.</i>
TEMA XI	
ABRASIVOS	
11.1 Muelas abrasivas	341
11.1.1 Esmeril	341
11.1.2 Corindón	342
11.1.3 Diamante	342
11.1.4 Alundum	342
11.1.5 Carborundum	343
11.2 Aglutinantes	343
11.2.1 Cerámicos	344
11.2.2 Al silicato	344
11.2.3 Elástico	345
TEMA XII	
FORJA	
12.1 Introducción	347
12.2 Herramientas empleadas en la forja	349
TEMA XIII	
SEGURIDAD EN EL TALLER MECÁNICO	
13.1 Introducción	362
13.2 Seguridad en el torno	362
13.3 Seguridad en la fresadora	366
13.4 Seguridad en la limadora	368

	<i>Pag.</i>
13.5 Seguridad en las máquinas herramientas en general	371
13.6 La iluminación en los lugares de trabajo	372
13.7 Orden, limpieza y mantenimiento	376
13.8 Condiciones ambientales de los lugares de trabajo	377
13.9 El ruido	380
 <i>Bibliografía</i>	 394

TEMA 1

1.1 INTRODUCCIÓN

La unidad de medida en el taller mecánico es el milímetro (mm), que es la milésima parte del metro. Por tal motivo en los planos y croquis no es preciso especificar la medida ya que se sabe que se trata de mm.

Cuando se refiere a medidas grandes, entonces, en vez de escribir las cotas en mm, que serían muchos, se pueden poner en la medida deseada pero poniendo detrás del número la letra significativa de la medida.

Así, para expresar 20 mm, se escribe simplemente 20, mientras que cuando se trata de 20 metros, en vez de escribir 20.000 mm se escribe 20 m.

Los instrumentos de medida son variados, entre ellos existen los que toman las medidas directamente como es el caso del metro, regla graduada, calibre y tornillo micrométrico, y otros indirectamente, que para saber la medida hay que llevarlos a éstos, como es el caso de los compases ya estudiados.

1.2 CALIBRE O PIE DE REY

Está constituido por una regla metálica graduada A, que en un extremo lleva la escuadra B y el saliente C. Sobre esta regla se desliza a voluntad un cursor D que recibe el nombre de nonio en memoria de su

inventor (Nonius), lleva éste una graduación, el saliente E y la varilla rectangular F terminada en punta, la cual se traslada sobre una ranura longitudinal labrada en la regla. Con el fin de inmobilizar el nonio lleva el tornillo G.

El pie de rey es el aparato más empleado en los talleres mecánicos, para obtener pequeñas y medianas precisiones, ya que se mide con él errores inferiores a 0,1 mm y se determinan tres medidas simultáneamente; así se tiene que entre B y D se halla la medida exterior, entre C y E los interiores, y entre la punta de la varilla y el final de la regla las profundidades, fig. 1.1.

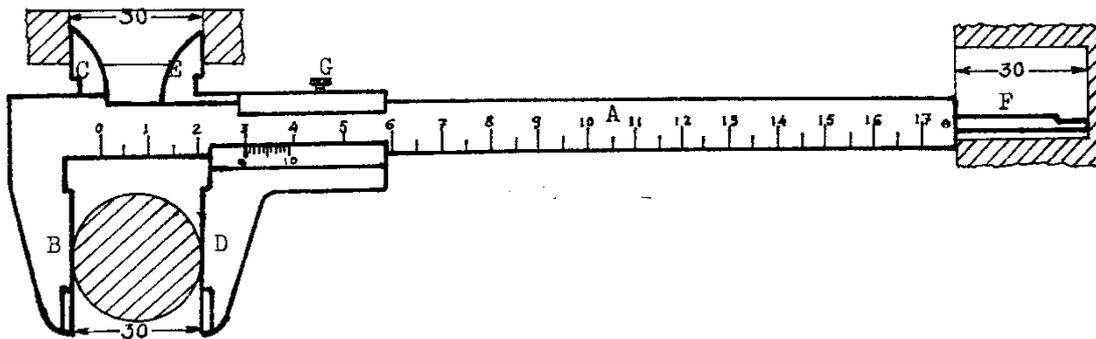


Fig. 1.1 Calibre o pie de rey

Como con el calibre se pueden obtener medidas de fracciones de mm, vamos a estudiar la manera de realizar las lecturas de éstas.

Si en 9 mm de la regla (fig.1.2) se hacen 10 divisiones en el nonio, el valor de cada división de éste será $9/10$ de mm, luego la diferencia de la división de la regla con la del nonio será $1 - 9/10 = 1/10$

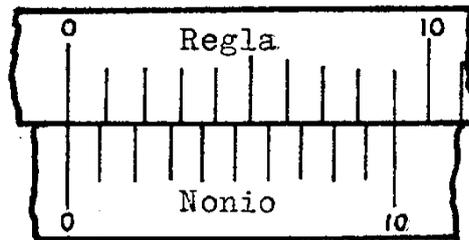


Fig. 1.2 Regla y nonio

La de dos divisiones será $2 - 2 \times 9/10 = 2/10$, la de tres divisiones de la regla con las tres del nonio $3 - 3 \times 9/10 = 3/10$ y así sucesivamente.

Luego si el nonio de la fig.1.2 en el que coincide el cero de la regla con el cero del nonio se traslada a éste $1/10$ de mm, coincidirá la primera división del nonio con la primera de la regla, si en vez de haber trasladado $1/10$ se hubiera trasladado $2/10$, entonces coincidirá la segunda división de la regla con la segunda el nonio, fig.1.3, y así sucesivamente.

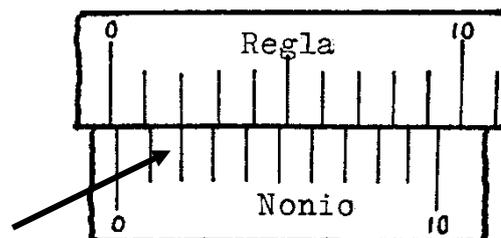


Fig. 1.3 Coincidencia de regla y nonio

Una vez sabido esto, vamos a realizar la lectura completa del calibre. Para ello diremos que el cero del nonio indica los mm enteros de la regla y la división del nonio, que coincida con la de la regla, será el número de décimas que tiene de más los milímetros, leídos por el cero del nonio. La fig.1.4 marca 20 mm con 4/10 del mm, ya que se ha desplazado el nonio desde su posición cero a 20 4/10 de mm.

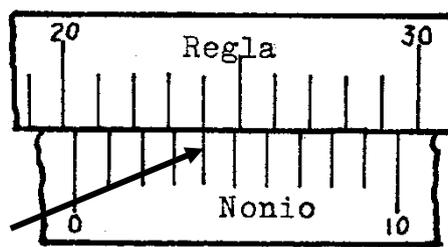


Fig. 1.4 Coincidencia en 4/10

Existen calibres de más precisión que el explicado, como son los que determinan medias décimas y dobles centésimas. En el primero en 19 divisiones de la regla se acoplan 20 del nonio, luego el valor de cada división del nonio será $19/20$ de mm, y la diferencia entre ambas divisiones será $1 - 19/20 = 1/20$ mm.

En el segundo, en 49 divisiones de la regla, se acoplan 50 divisiones del nonio, luego el valor de cada división de éste será $49/50$ y la diferencia entre divisiones de regla y nonio $1 - 49/50 = 1/50$ mm.

1.3 TORNILLO MICROMÉTRICO

También conocido por Palmer en memoria de su inventor, es un aparato de mayor precisión que el calibre.

Está constituido por un soporte en forma de herradura A, fig.1.5, que en uno de sus extremos lleva un tope o palpador fijo B, y en el otro, una tuerca con una regla numerada en mm, C. En esta tuerca rosca el tornillo D, que lleva el palpador móvil E y el tambor graduado F, cuya periferia está dividida por lo general en 50 partes. Al ser el paso del tornillo de 0,5 mm, resulta que cada división del tambor vale $0,5/50 = 0,01$ mm.

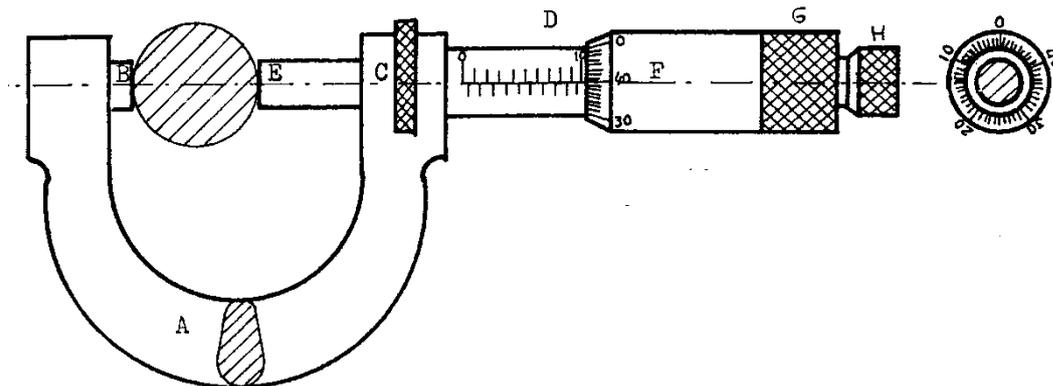


Fig. 1.5 Palmer o micrómetro

Las lecturas en el micrómetro se obtienen al tomar como referencia para los milímetros y medios milímetros el borde del tambor sobre la regla, de modo que si el borde pasa del entero y no llega al medio indica que las

centésimas son menos de 50, mientras que si pasa el borde del medio mm, las centésimas serán menos de 100 y más de 50.

Así, la fig.1.5, indica 10 mm con 40 centésimas, mientras que la fig.1.6 indica 12 mm con 82 centésimas.

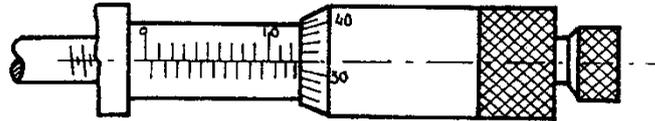


Fig. 1.6 Medida de 12 mm y 86 centésimas

Al ser el paso del tornillo pequeño, hace que la rosca del mismo sea débil, por lo que para evitar que se pueda forzar la rosca al ser accionada durante la medición por el grafilado G del tornillo, éste va unido a otro grafilado H, por medio de un muelle expansionado que lleva un diente de fricción, de modo que la aproximación de los palpadores a la pieza se realiza por medio del grafilado G, mientras que para tomar la medida definitiva se hace por medio del grafilado H, ya que éste da a los palpadores la presión precisa sin peligro de sobrecargar la rosca, lo cual alteraría la medición.

Los micrómetros están contruidos de modo que lo máximo que puedan abrir sea 25 mm, así se tiene que el n° 1 abre de 0 a 25, el n° 2 de 25 a 50, el n° 3 de 50 a 75, y así sucesivamente. También existen tipos de

palmer cuyo tambor lleva cien divisiones y otros que sus topes palpadores son en punta, como son los empleados en la medición de roscas, fig.1.7.

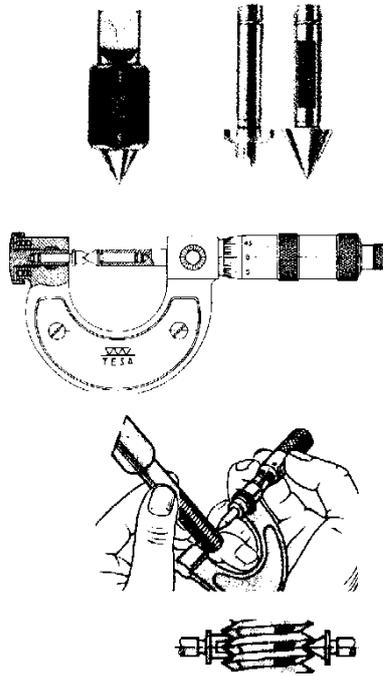


Fig. 1.7 Micrómetros para roscas

Entre los micrómetros especiales, se encuentran los destinados a realizar las mediciones interiores, fig.1.8. Se diferencia del anterior, en que en vez de llevar el soporte en forma de herradura, lo que lleva es una varilla A, en prolongación de la regla.

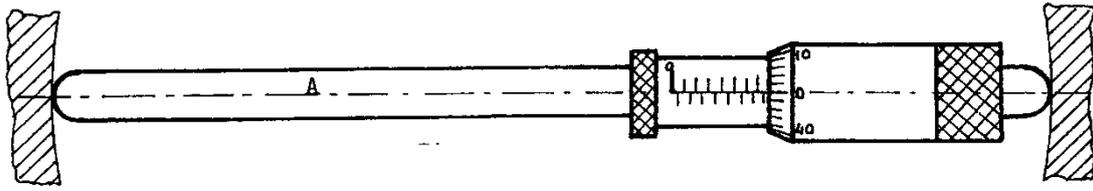


Fig. 1.8 Micrómetro de interiores

La varilla puede ser desmontable, en cuyo caso lleva un juego de ellas, de modo que de esta manera se puede realizar distintas mediciones, según la varilla acoplada al micrómetro.

Este tipo de micrómetro es muy empleado para hacer el calibrado de las camisas de los cilindros de los motores, ya que al estar expuestas a desgaste se hace necesario un control de las mismas para saber si están en buenas condiciones de servicio, o es necesario su rectificado o renovación según los casos.

1.4 CATETÓMETRO

Es el instrumento empleado para medir distancias verticales entre dos o más puntos situados en la misma o distintas piezas.

Está constituido por la columna graduada A, que descansa sobre un trípode B, cuyos pies van provistos de tornillos C, con los cuales se puede conseguir la verticalidad de la columna, fig.1.9.

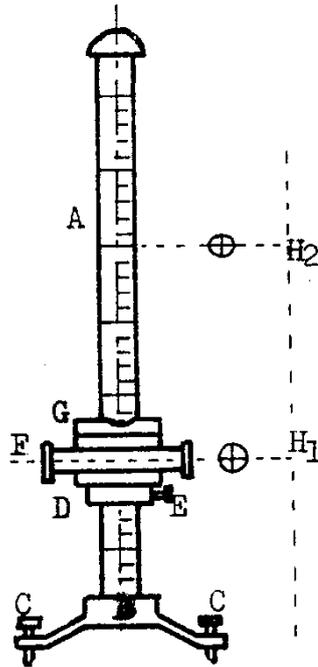


Fig. 1.9 Catetómetro

La columna lleva un soporte móvil, D, que se puede fijar en la posición que convenga a la medición por medio del tornillo E. Este soporte lleva un anteojo F y un nivel de aire G, que sirve, a la vez, para comprobar la verticalidad de la columna y la horizontalidad del anteojo.

Resulta, pues, que actuando convenientemente sobre los tornillos C, se consigue que la burbuja de aire del nivel quede exactamente situada en su posición central indicando que la columna se encuentra vertical.

Para realizar la medición de la distancia vertical existente entre dos puntos, se comienza por nivelar el catetómetro actuando para ello con los

tornillos C. Una vez conseguido esto se lleva el anteojo a la posición precisa, de modo que al dirigir la visual el retículo coincida con el punto deseado H_1 , momento en que se toma la lectura indicada por un índice no representado en la figura.

A continuación se lleva el anteojo hasta que coincida la visual, por él pasada, con el punto H_2 , se toma la nueva lectura, siendo la diferencia entre ambas lecturas la distancia vertical existente entre ambos puntos.

TEMA 2

2.1 INTRODUCCIÓN AL TRAZADO

Trazar es la operación que consiste en marcar sobre las superficies exteriores de piezas brutas unas líneas que determinen el límite hasta dónde se debe de mecanizar la pieza o que servirán de referencia para determinar ejes, agujeros, ranuras, etc., a fin de que el operario pueda llevar a cabo el maquinado de la pieza, dejándolas a las dimensiones exactas según estén asignadas en el plano.

Antes de realizar el trazado, el operario encargado del mismo debe proceder a:

- a) Relleno de los espacios huecos de las piezas. Esta operación consiste en colocar tacos ajustados de madera, plomo, u otro material apropiado en los espacios huecos, con la suficiente consistencia, que nos garantice que el trazado sobre la pieza pueda efectuarse con completa normalidad.
- b) Blanqueado de piezas. A fin de que resalte debidamente las rayas del trazado sobre la pieza, se recubren sus superficies con unas sustancias colorantes como puede ser: “agua de cal”, “albayalde diluido”, etc., de tal manera que cuando se pase la

punta de trazar (rayador) no sea necesario un excesivo apriete para que quede la marca indeleble.

2.2 TRAZADO DE PIEZAS

El trazado de piezas se divide en dos clases:

- a) Trazado plano: es cuando la operación de trazar se realiza sobre una superficie plana de la pieza, reproduciendo los contornos y detalles como en el caso de planchas de calderería, plantillas de chapa, etc. (fig. 2.1)
- b) Trazado al aire: cuando las operaciones de trazado se realizan sobre dos o tres dimensiones de la pieza. Es el más generalizado en los talleres de maquinaria. (fig. 2.2)

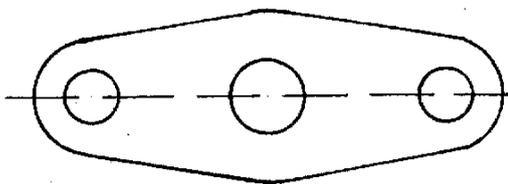


Fig. 2.1 Trazado plano

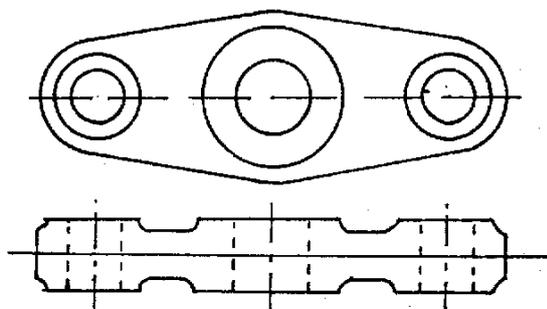


Fig. 2.2 Trazado al aire

2.3 HERRAMIENTAS EMPLEADAS EN EL TRAZADO

Puntas de trazar: es una varilla de acero duro templado afilada por un extremo o por los dos, pudiendo formar uno de ellos ángulo. (fig. 2.3)

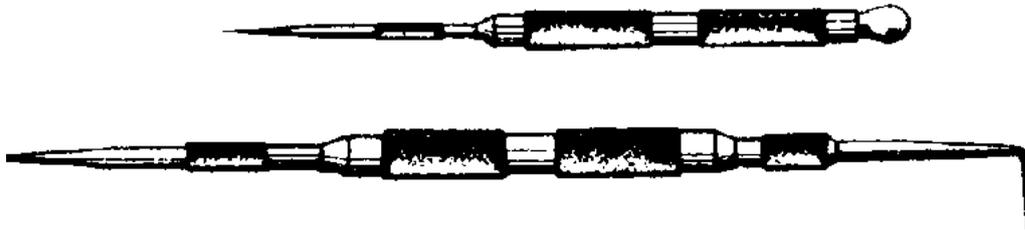


Fig. 2.3 Puntas de trazar

Granete: cilindro de acero duro templado, terminando uno de sus extremos en punta con un ángulo aproximado de 60°. El otro extremo es normal al cilindro y es el que recibe el golpe. (fig. 2.4)

Su empleo es para señalar, por medio de puntos, los trazos realizados con la punta de trazar. Asimismo, puede servir de guía al descanso del compás o broca.

También existen los granetes automáticos, en los cuales no es necesario el martillo para marcar, ya que éste es suplido por un muelle que lleva en su interior, de modo que su golpe es uniforme y se puede regular la intensidad.

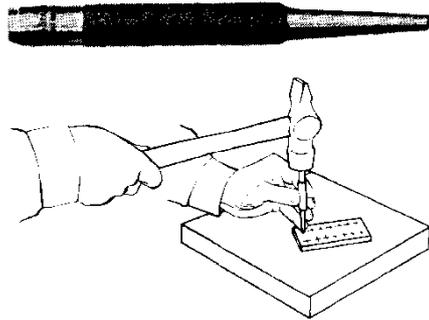


Fig. 2.4 Granete

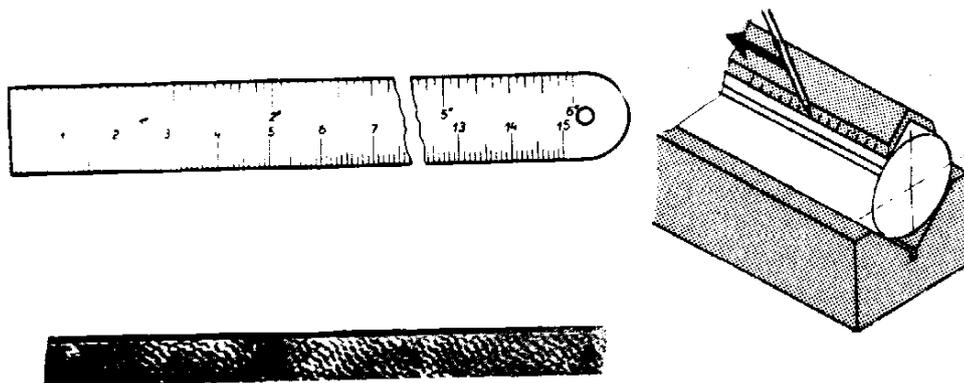
Reglas: en el trazado se pueden emplear reglas ordinarias, reglas graduadas y angulares.

1.- Regla ordinaria: es un listón de acero pulimentado, en forma de paralelepípedo recto. Sus dimensiones son variables, generalmente de unos 2 a 5mm de altura, de 30 a 40 mm de anchura y de 300 a 1.000mm de longitud. Las aristas son perfectamente rectas y sus caras planas. (fig. 2.5)

2.- Regla graduada: es análoga a la ordinaria, con la única diferencia de que uno de sus cantos lleva una ligera inclinación (bisel), para evitar el error de paralaje. Éste va graduado en milímetros, centímetros y metros, cuando se trata de graduación

métrica, o en pulgadas y fracciones de las mismas cuando se trata de graduación inglesa. (fig.2.6).

3.- Regla angular: es la unión de una regla ordinaria y otra graduada, formando un diedro recto. Sirve para trazar generatrices rectas en las piezas cilíndricas. (fig. 2.7).



Figs. 2.5, 2.6, 2.7 Reglas

Escuadras: son útiles empleados en el trazado para marcar o comprobar los ángulos que hayan de formar las caras de la pieza.

Existen distintos tipos de escuadras como son:

1.- Escuadra ordinaria en ángulo recto: es la más generalizada de todas, está formada por la unión de dos pequeñas reglas pertenecientes a una misma pieza y dispuestas en ángulo recto tanto sus aristas interiores como las exteriores. (fig. 2.8).

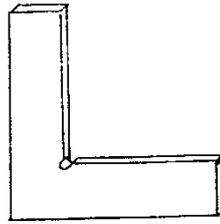


Fig. 2.8 Escuadra en ángulo recto

2.- Escuadra de base: constituida por una escuadra ordinaria, la cual lleva en una de sus reglas otra regla en posición horizontal formando una base, de modo que al descansar sobre ésta, adquiere la posición perpendicular a la zona donde descansa. (fig. 2.9).

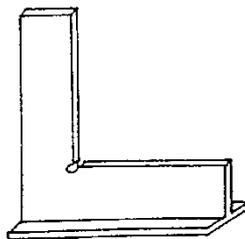


Fig. 2.9 Escuadra de base

3.- Escuadra en T: es una doble escuadra ordinaria, en la que una regla es común para formar el ángulo recto de las otras dos, constituyendo todas ellas una misma pieza (fig.2.10).

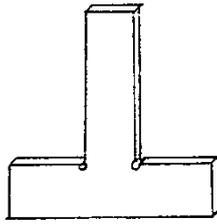


Fig. 2.10 Escuadra en T

4.- Escuadra de ángulo: formada por dos reglas en una sola pieza y en la que sus aristas forman el ángulo deseado. En la escuadra hexagonal tanto sus aristas interiores como exteriores forman un ángulo de 120° (fig. 2.11).

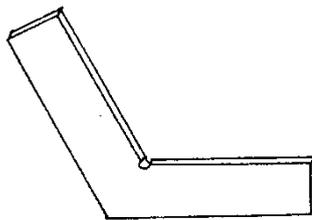


Fig. 2.11 Escuadra de ángulo

5.- Falsa escuadra: son aquellas en las que las reglillas no son fijas, sino que se pueden colocar en la posición deseada. Son empleadas especialmente para transportar ángulos. Existen falsas escuadras sencillas y dobles.

5.1.- Falsa escuadra sencilla: está constituida por dos reglillas unidas en un eje sobre el cual pueden girar hasta la posición deseada, en donde quedan fijas (fig.2.12).

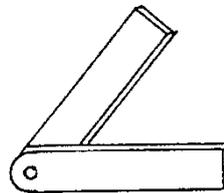


Fig. 2.12 Falsa escuadra sencilla

5.2.- Falsa escuadra doble: está constituida por tres reglillas, dos de las cuales tienen una ranura, estando unidas por medio de un eje. Un juego de dos reglas sólo tiene movimiento de giro, mientras que el otro juego, además del movimiento de giro tiene el de translación de una regla, ya que su eje se puede deslizar a lo largo de las ranuras de las reglas (fig. 2.13).

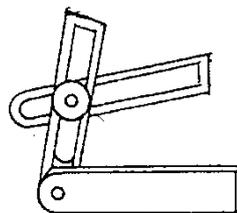


Fig. 2.13 Falsa escuadra doble

6.- Escuadra transportador: formada por una regla y un soporte. Uno de los cantos del soporte que también hace de regla, tiene un orificio circular en el cual gira un cilindro portador de una regla, de modo que al girar el cilindro la regla se coloca en la posición deseada. El ángulo formado entre la regla y el soporte queda reflejado en la graduación que lleva el cilindro con el índice del soporte (fig. 2.14).

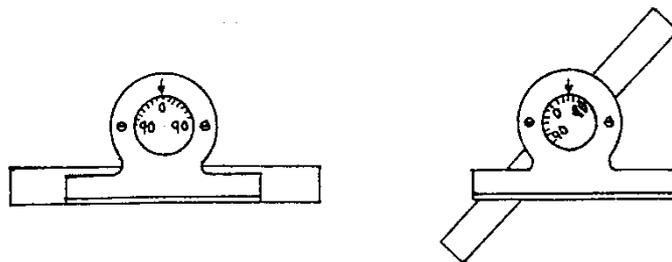


Fig. 2.14 Escuadra transportador

7.- Escuadra de centros: está formada por la escuadra ordinaria A-B cuyo ángulo puede ser recto o no, a la cual se fija la reglilla C, que una de sus aristas forma la bisectriz del ángulo de la escuadra A-B (fig. 2.15). Esta escuadra es empleada para trazar directamente los centros de aquellas piezas cilíndricas cuya base sea circular ya que para ello basta con colocar la escuadra A-B, que es circunscrita a la circunferencia del cilindro D, y trazar en ésta la bisectriz del ángulo que coincidirá, exactamente, con el diámetro de la circunferencia. Trazada ésta, se gira un ángulo cualquiera la

escuadra o el cilindro, y se vuelve a trazar la bisectriz del ángulo u otro diámetro de la circunferencia, siendo la intersección de los dos trazados el centro de la circunferencia.

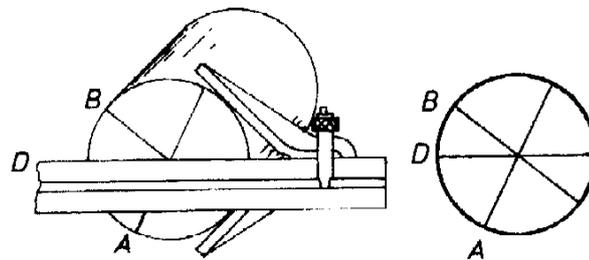


Fig. 2.15 Escuadra de centros

8.- Escuadra soporte: son empleadas para el trazado al aire, y están formadas por dos planchas de acero fundido en forma de ángulo recto. Sus superficies llevan una serie de ranuras y orificios que sirven para sujetar las piezas por medio de mordazas o tornillos, esto facilita el movimiento de las piezas cuando se trata de movimientos angulares rectos o trazar perpendiculares (fig. 2.16).

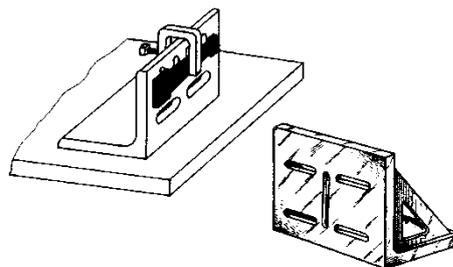


Fig. 2.16 Escuadra soporte

Compás: empleados para trazar circunferencias, comprobar paralelismos, etc. Entre ellos cabe destacar:

1.- Compás de puntas: está formado por dos láminas de acero unidas en un extremo por un eje o un resorte dependiendo del tipo de compás. El otro extremo termina en punta y es el que sirve para el trazado y también para transportar distancias, ya que la separación entre las puntas se puede regular a voluntad. (fig. 2.17).

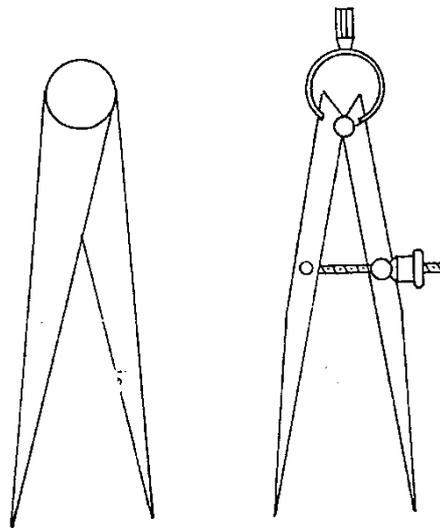


Fig. 2.17 Compás de puntas

2.- Compás de varas: lo forma una regla de sección rectangular o circular graduada, por la cual pueden desplazarse dos cursores A-B. Estos cursores son portadores de puntas de acero en un extremo, mientras que en el otro llevan un tornillo para fijarlos en la posición deseada de la regla. Una de las puntas sirve para hacer centro mientras que la otra sirve para trazar el arco o circunferencia deseada. La longitud del radio vendrá dada por la lectura realizada en la regla a través de la ventanilla que lleva el cursor con un índice (fig. 2.18).

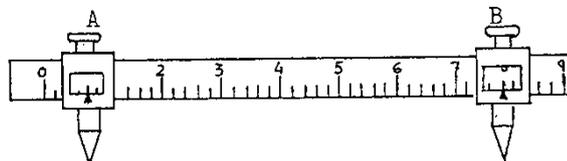


Fig. 2.18 *Compás de varas*

3.- Compás de espesores: se diferencia del de puntas en que sus láminas están curvadas hacia dentro. Esto le permite medir espesores de superficies paralelas o cilíndricas. En esta operación es de gran importancia la sensibilidad del tacto del operario, ya que la presión de las puntas sobre las piezas tiene que ser muy ligera para no tomar una dimensión errónea. (Fig.2.19).

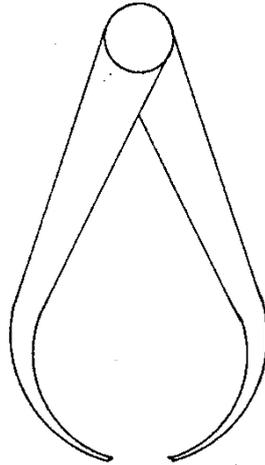


Fig. 2.19 Compás de espesores

4.- Compás de interiores: es muy semejante al de puntas, con la diferencia que éstas están curvadas ligeramente hacia el exterior. Sirve para medir el diámetro interior de los orificios, así como el paralelismo de las caras de los huecos, su empleo es semejante al anterior. (Fig. 2.20).

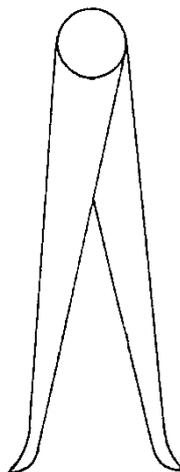


Fig. 2.20 Compás de interiores

Gramil: aparato empleado en las operaciones de trazado al aire, sirve para trazar y proyectar líneas en las distintas superficies o planos de una pieza. (Fig. 2.21).

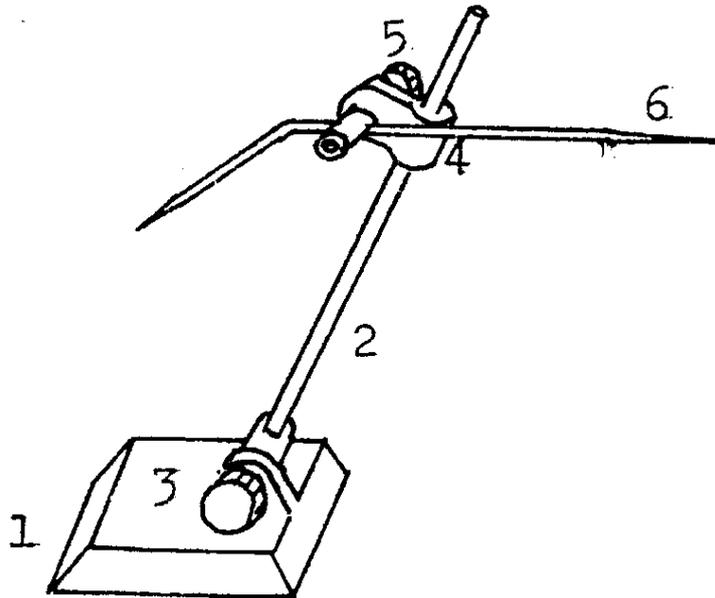
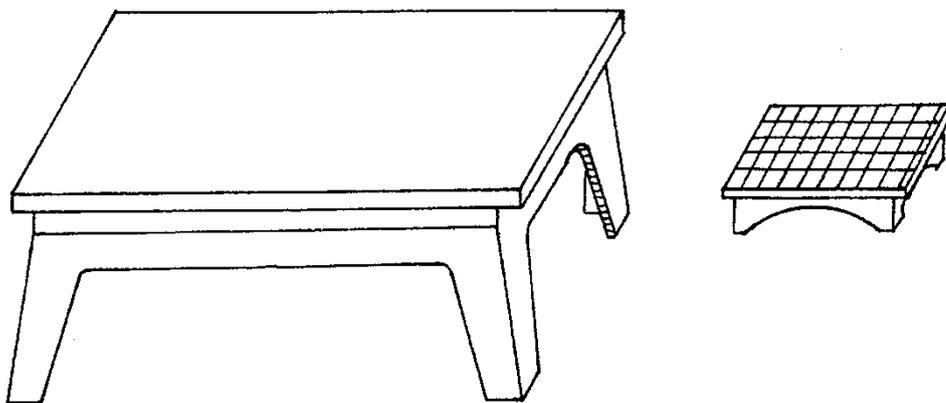


Fig. 2.21 Gramil

Consta de un soporte pesado para guardar el equilibrio del aparato, cuya base puede ser de forma plana o en “V” invertida, empleándose ésta cuando va a descansar sobre un eje en vez de en el mármol (1). Unido al soporte por medio de una articulación, se levanta un árbol (graduado o no) (2), cuya inclinación se puede variar a voluntad por medio de un tornillo de presión (3). Sobre el árbol se desliza una corredera portapuntas (4) que se puede fijar en la posición que se desee por medio del tornillo de presión (5). Finalmente, esta corredera lleva la punta de trazar (6) que es la

destinada a hacer la marcación deseada y que se inmoviliza con el mismo tornillo de la abrazadera. De esta forma, la punta de trazar puede ajustarse a la posición deseada.

Mármol: también conocido como mesa de trazar. Es la que sirve de sustentación para las piezas a trazar y de los útiles empleados para ello. Existen mármoles fijos y portátiles, diferenciándose entre ellos en su tamaño (Figs. 2.22 y 2.23).



Figs. 2.22, 2.23 Mármoles

Están, constituidos por una placa de fundición, generalmente de forma rectangular, cuya superficie superior es perfectamente plana y que sirve para la sustentación de las piezas a trazar, por lo cual, debe estar correctamente nivelada en posición horizontal. A fin de dar consistencia a

esta placa, su parte inferior lleva una serie de nervios los cuales le confieren una mayor rigidez.

Calzos: son prismas de fundición de forma variada. Tienen siempre uno o más rebajes en forma de V para poder colocar en ellos piezas cilíndricas en posición horizontal, también se les conoce por “aves del trazador”. (Fig. 2.24).

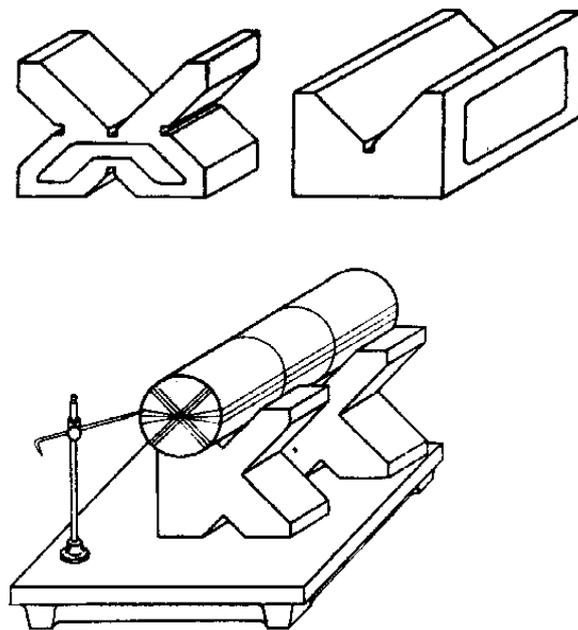


Fig. 2.24 Calzos

Gatos: Son los que sirven para sostener las piezas durante su trazado, en las cuales, debido a su configuración, quedan al aire y sin apoyo algunas

zonas. Está formado por una tuerca que hace de soporte y un tornillo cuya cabeza puede tomar la inclinación que convenga. (Fig. 2.25).

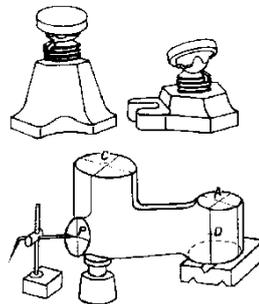


Fig. 2.25 Gatos de trazar

Cuñas: sirven para descansar y nivelar las piezas durante el trazado. Están formadas por dos trapecios rectangulares superpuestos, que pueden desplazarse uno sobre el otro por medio de guías y fijarlos por medio de un prisionero. (Fig. 2.26).

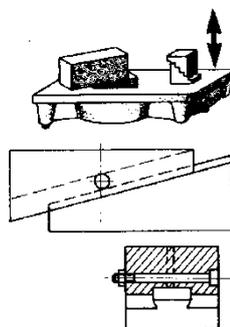


Fig. 2.26 Cuñas

Cubos o dados: tienen la misma función que la escuadra de soporte, su forma es la de un cubo o paralelepípedo rectangular sin dos de sus caras, llevando las demás una serie de orificios y ranuras cuya función es la de sujetar la pieza por medio de mordazas, (fig. 2.27). Este aparato mejora a la escuadra por tener mayores movimientos de posición de la pieza.

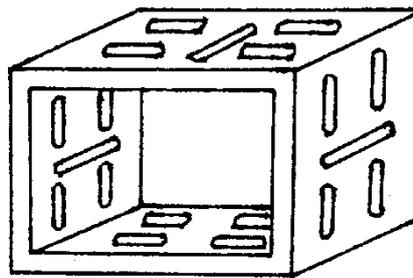


Fig. 2.27 Cubos o dados

2.4 EJEMPLOS DE TRAZADOS

Trazado de un cono conocidos su radio y altura. Fig 2.28:

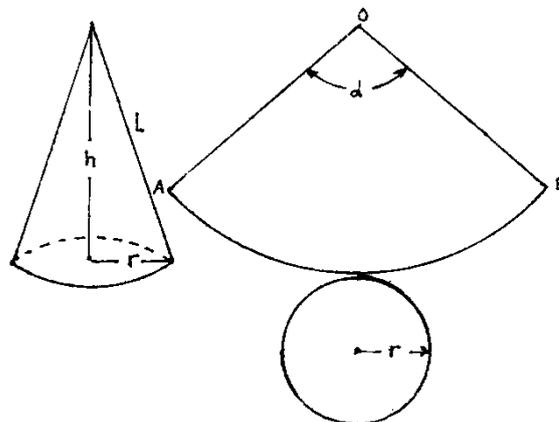


Fig. 2.28 Trazado de un cono

Para construirlo se calcula por Pitágoras el valor de la hipotenusa, ya que son conocidos sus dos catetos, luego se tiene que: $L = \sqrt{h^2 + r^2}$ que es la generatriz que sirve para realizar el sector circular OAB de la figura, cuyo ángulo central viene dado por la relación,

$$\frac{2\pi r}{2\pi L} = \frac{\alpha}{360}$$

despejando,

$$\alpha = \frac{360 \times r}{L}$$

Una vez trazada la plancha, el sector circular se corta por OAB y se curva por igual hasta hacer coincidir las aristas OA y OB, para pasar a realizar la soldadura. Si se quiere cerrar el cono, se coloca la base cuya superficie es la de πr^2 .

Trazado de un tronco de cono, conocidos los radios y la altura Fig. 2.29.

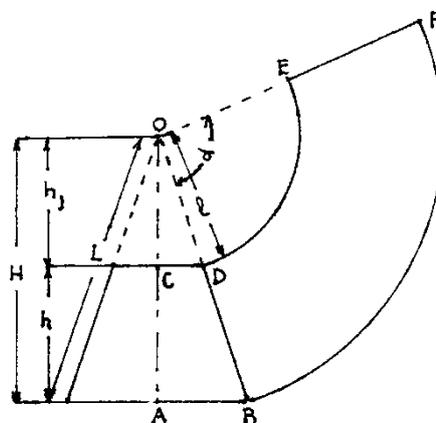


Fig. 2.29 Trazado tronco de cono

Se traza la figura del tronco de cono y por ello se hace la siguiente demostración.

El triángulo rectángulo OAB es semejante al OCD, ya que es el ángulo central común a los dos, así se tiene que $\frac{OA}{OC} = \frac{AB}{CD}$ sustituyendo por

sus valores conocidos, se tiene que $\frac{H}{h_1} = \frac{R}{r}$

Y por tanto $\frac{H-h_1}{h_1} = \frac{R-r}{r}$ o lo que es lo mismo $\frac{h}{h_1} = \frac{R-r}{r}$ y por consiguiente

$h_1 = \frac{h \times r}{R-r}$, conocida h_1 , se halla la hipotenusa l , del triángulo

OCD, que sirve de radio para trazar el arco DE.

$$l = \sqrt{h_1^2 + r^2}$$

Conocido l se haya el otro radio, L , ya que $H = h + h_1$

Una vez conocidos los radios l y L , sólo falta por determinar el ángulo.

Para ello tenemos:

$$\frac{\text{Arco DE}}{2\pi l} = \frac{\alpha}{360}; \quad \frac{2\pi r}{2\pi l} = \frac{r}{l} = \frac{\alpha}{360},$$

en la que despejando

$$\alpha = \frac{360 \times r}{l}$$

Conocidos los valores de l , L , α se traza la plancha según DEFB.

Construcción de dos tubos cilíndricos del mismo diámetro, unidos en ángulo recto, fig2.30.

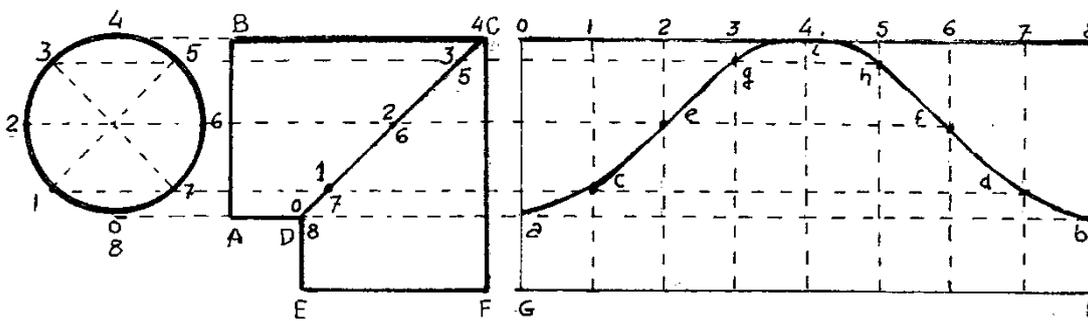


Fig. 2.30 Construcción de dos tubos cilíndricos del mismo diámetro, unidos en ángulo recto

Sean los tubos ABCD y EFCD los tubos que se quieren construir. Para ello operaremos como se indica a continuación, guardando el orden siguiente:

- 1) Se trazan los tubos que se quieren construir, o sea, el ABCD y el EFCD.
- 2) Se traza la circunferencia representativa del tubo ABCD.
- 3) Se traza la superficie rectificada del tubo EFCD, cuya longitud GH es igual a $2\pi r$, y la altura del tubo.

- 4) Se divide la longitud del tubo GH en un número de partes iguales, cuantas más mejor, en este caso 8 (0-1-2-3-4-5-6-7-8) levantando por los mismos ordenadas.
- 5) Se divide la circunferencia en el mismo número de partes iguales que el desarrollo del tubo.
- 6) Se proyectan estos puntos de la circunferencia hasta que corte la recta CD, representativa del injerto de los tubos.
- 7) Por los puntos de la recta CD, se trazan abscisas hacia el desarrollo del tubo, de modo que estas abscisas corten a las ordenadas, levantadas en el desarrollo del tubo de su misma numeración, de modo que los cortes de los números 0 y 8 nos dan los puntos a y b, indicativos de la sección de la unión, los puntos 1 y 7 los puntos c y d con lo cual se obtienen otros dos nuevos puntos de la sección de unión. De la misma manera se obtienen los restantes puntos e, f, g, h, i.
- 8) Uniendo todos estos puntos nos da la curva a-c-e-g-i-h-f-d-b, representativa de la sección de unión.
- 9) Cortando la plancha por G-a.....b-H-G, se obtiene la superficie del tubo, la cual doblándola nos dará que las aristas G-a y b-H coinciden, y al soldarlas quedará construido un tubo.

El otro tubo se construye de la misma forma, y al unir las dos secciones CD y ser soldadas queda construido el tubo deseado.

Construcción de cuatro tubos del mismo diámetro unidos en cruz, fig.2.31.

Sean los tubos A-B-C-D los tubos que se quieren construir. Con trazar uno de ellos es suficiente, ya que este trazado servirá de plantilla para los demás.

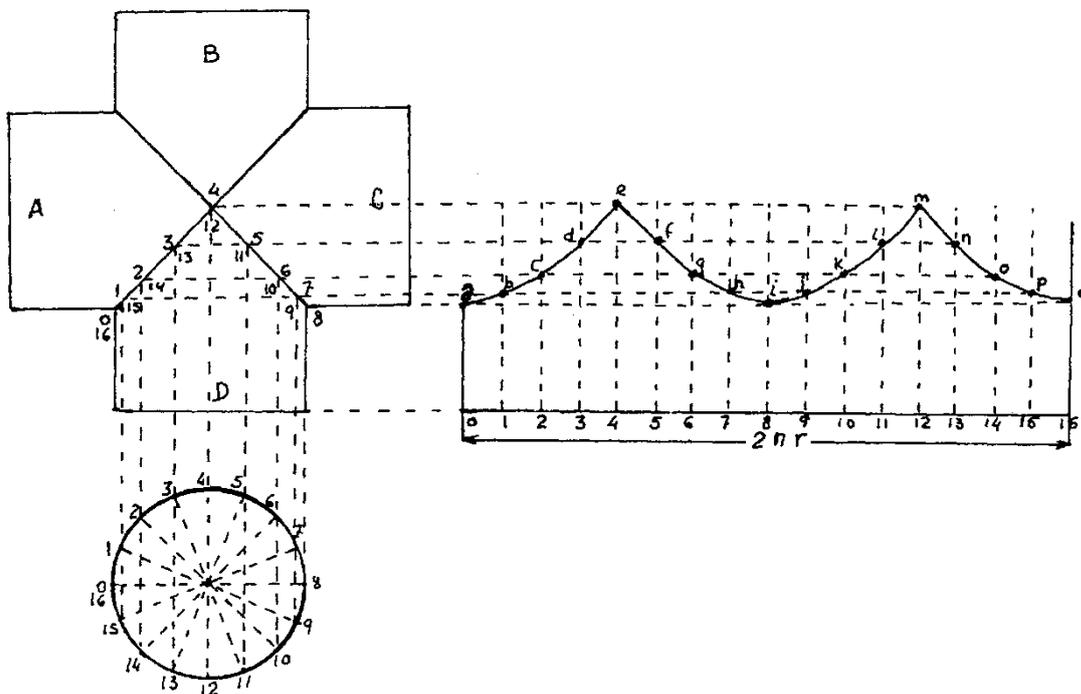


Fig. 2.31 Construcción de cuatro tubos del mismo diámetro unidos en cruz.

Se opera de la siguiente manera:

- 1) Se trazan los tubos A-B-C-D según figura, y si no solamente el D, teniendo en cuenta que la altura del injerto del tubo tiene que ser igual al radio del tubo y coincidir con su centro.

- 2) Se traza la circunferencia representativa del tubo.
- 3) Se divide la circunferencia en un número de partes iguales, cuantas más mejor, ya que es más exacto el trazado, en este caso 16.
- 4) Por estas divisiones se levantan las ordenadas correspondientes hasta que corten al injerto del tubo D, numerando estos cortes con los números 0-1-2-.....-16.
- 5) Se traza la superficie rectificada del tubo D y se la divide en el mismo número de partes en que se ha dividido la circunferencia.
- 6) Por cada una de estas divisiones se levantan las ordenadas correspondientes.
- 7) De los puntos 1-2-.....-8-.....-16, se trazan las abscisas correspondientes, hasta que corten a las ordenadas levantadas en la circunferencia rectificada en sus homólogos.
- 8) Uniendo todos estos puntos, nos dan las curvas a-b-c-.....-q representativas del injerto del tubo.
- 9) Cortando la chapa por estos puntos y doblándola adecuadamente queda construido el tubo D.

Construcción de dos tubos del mismo diámetro unidos en T. Fig. 2.32.

Sean los tubos A y B de la figura los que se desean construir. El tubo A se construye como en el caso de tubos del mismo diámetro unidos en cruz, por lo que en este caso trazaremos solamente el tubo B.

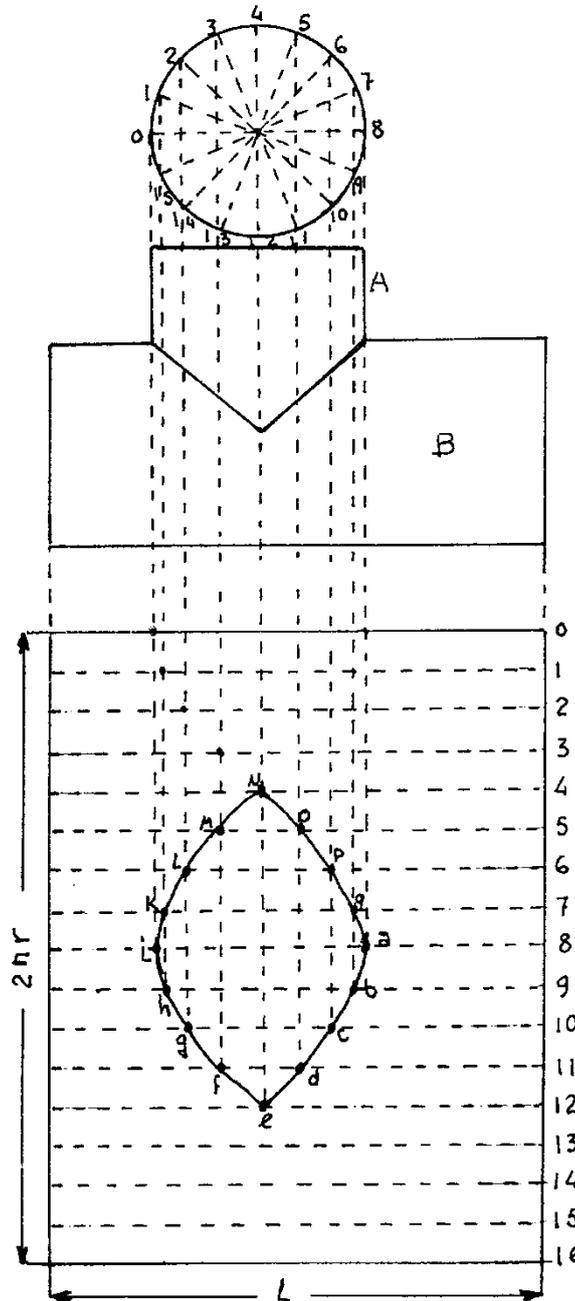


Fig.2.32 Construcción de dos tubos del mismo diámetro unidos en T.

Para ello se comienza por trazar los dos tubos para seguir en el orden siguiente:

- 1) Se traza una circunferencia del mismo diámetro que la del tubo A coincidiendo con éste.
- 2) Se divide esta circunferencia en un número de partes iguales, en este caso 16.
- 3) Se traza la superficie rectificada del tubo B, teniendo como base la longitud del tubo L, y como altura la longitud de la circunferencia $2\pi r$.
- 4) Se divide la longitud de la circunferencia rectificada en el mismo número de partes iguales en que se dividió la circunferencia.
- 5) Se proyectan las divisiones de la circunferencia a la superficie rectificada de ésta hasta que corten a las abscisas trazadas anteriormente por los puntos de división, dándonos los puntos a-b-c.....-q.
- 6) Se unen estos puntos y nos da la figura cerrada representativa del orificio correspondiente al tubo A.
- 7) Se corta la chapa por estos puntos y se la dobla convenientemente, quedando de esta manera construido el tubo B.
- 8) Se acopla el tubo A sobre el vaciado del tubo B cuyos injertos coincidirán y se sueldan, quedando así construido el tubo deseado.

Construcción de dos tubos de distinto diámetro unidos en T. Fig. 2.33.

Sea la tubería de la figura la que se desea construir. Para ello bastará trazar el tubo pequeño A ya que el mayor, B, se construye como tubo cilíndrico.

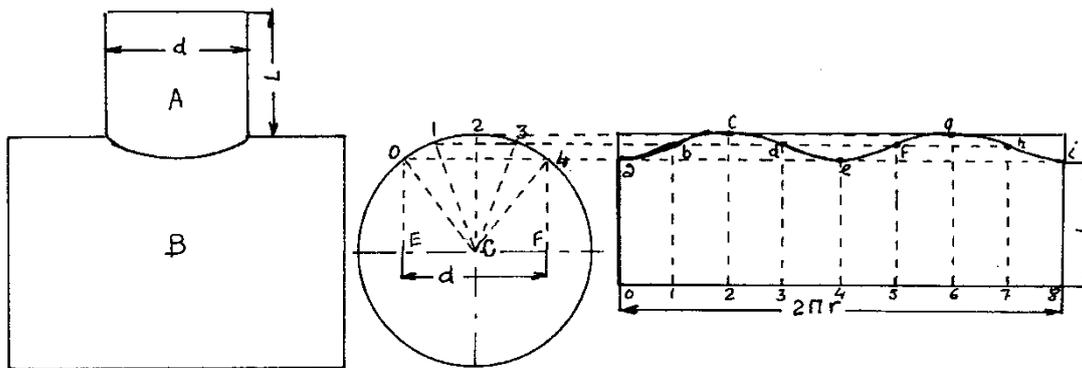


Fig. 2.33 Construcción de dos tubos de distinto diámetro unidos en T.

La operación puede resumirse de la siguiente manera:

- 1) Se traza una circunferencia C con diámetro igual a la del tubo grande B.
- 2) Se traza en esta circunferencia dos diámetros perpendiculares, uno horizontal y el otro vertical.
- 3) Sobre el diámetro horizontal se lleva el radio del tubo pequeño, A, hacia una y otra parte del diámetro vertical, dándonos los puntos E - F.
- 4) Por estos puntos E - F, se levantan ordenadas hasta cortar a la circunferencia en los puntos 0 - 4.

- 5) La cuerda formada por los puntos 0 - 4 se divide en un cierto número de partes iguales, en este caso 4.
- 6) Se traza la superficie rectificada del tubo pequeño A.
- 7) Se divide esta superficie rectificada en un número de partes iguales y que sean el doble que las que se dividió la cuerda 0-4, en este caso 8.
- 8) Por estos puntos 1-2-3-.....-8, se trazan las ordenadas correspondientes.
- 9) Por los puntos 0-1-2-3-4 de la cuerda, se trazan las abscisas correspondientes hasta que corten a las ordenadas 1-2-3-....-8 de la circunferencia rectificada, dándonos los puntos a-b-c-d-e-f-g-h-i.
- 10) Uniendo todos estos puntos, el a-b-c-....i, nos da la curva representativa del injerto de unión del tubo A.
- 11) Se corta la plancha por la curva a-b-c-d-e-f-g-h-i-8-0 y doblándola convenientemente se hace coincidir las aristas 0-a y i-8. Bastará luego soldarlas para construir el tubo A.
- 12) Se colocará el tubo A sobre el B marcándole a éste, se le cortará por la marca y una vez realizada la abertura correspondiente, se colocan los tubos y se sueldan.

2.5 CONTROL TRIGONOMÉTRICO DE LOS ÁNGULOS

En ciertos lugares no se pueden emplear escuadras transportadoras, en cuyo caso se recurre al control trigonométrico de los

ángulos, calculando los senos o tangentes de los mismos.

Uno de los elementos usados en el cálculo de los senos, es la llamada barra de senos que consiste en una regla que lleva dos cilindros en sus extremos a una distancia determinada L , siendo la paralela a la línea de centros la que sirve de verificación de los ángulos.

Para la verificación de los ángulos por medio del cálculo de tangentes, se recurre a los redondos.

Verificación de ángulos por el cálculo de los senos.

En este sistema, uno de los rodillos de la barra se apoya en el mármol y el otro sobre calas patrones apiladas, según la figura 2.34.

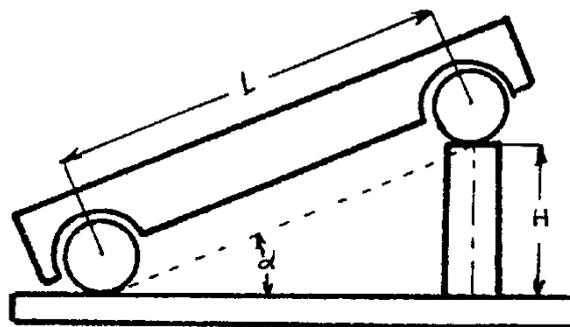


Fig. 2.34 Verificación de ángulos por el cálculo de los senos.

Ejemplo1

Verificación de un ángulo de 22° con una regla de senos de 100 mm de largo.

$$\text{Sen } \alpha = \frac{H}{L}$$

$$H = \text{sen} \alpha \times L = \text{sen } 22^\circ \times 100$$

$$H = 0,374 \times 100 = 37,4 \text{ mm.}$$

Esta altura H, se obtiene colocando calas de 0,4 mm, 2 mm, 10mm y 25 mm.

Verificación de ángulos por el cálculo de la tangente.

Esta operación se lleva a cabo con el empleo de cilindros y puede realizarse de dos formas:

- 1) Con el empleo de dos cilindros del mismo diámetro, uno de los cuales queda inscrito en el diedro y el otro, que se apoya sobre la cala patrón, toca a una cara del diedro, (fig. 2.35).

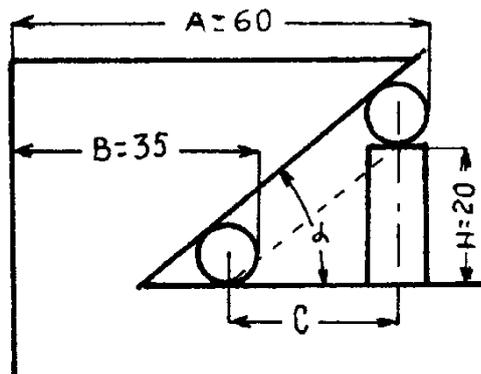


Fig. 2.35 Verificación de ángulos por el cálculo de la tangente

$$\operatorname{Tg}\alpha = \frac{H}{C} = \frac{H}{\left(A - \frac{d}{2}\right) - \left(B - \frac{d}{2}\right)} = \frac{H}{A - B}$$

Ejemplo 2

Dados los valores de las cotas de la figura, calcular el valor del ángulo α .

$$\operatorname{Tg}\alpha = \frac{H}{A - B} = \frac{20}{60 - 35} = \frac{20}{25} = 0,8$$

$$\alpha = \operatorname{arctg}0.8 = 38^{\circ}39'$$

- 2) Con el empleo de cilindros de distinto diámetro, fig. 2.36

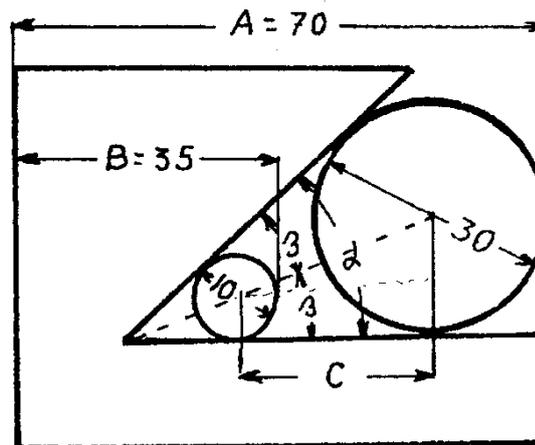


Fig. 2.36 Empleo de cilindros de distinto diámetro

$$\operatorname{Tg}\beta = \frac{H}{C} = \frac{\frac{D}{2} - \frac{d}{2}}{\left(A - \frac{D}{2}\right) - \left(B - \frac{d}{2}\right)} = \frac{D - d}{A - B - \left(\frac{D - d}{2}\right)}$$

Ejemplo 3

Dados los valores de las cotas de la figura 2.30 calcular el valor del ángulo α .

$$\operatorname{Tg}\beta = \frac{\frac{30-10}{2}}{70-35-\left(\frac{30-10}{2}\right)} = \frac{10}{35-10} = \frac{10}{25} = 0,4$$

$$\beta = \operatorname{arctg} 0,4 = 21^{\circ} 48'$$

$$\alpha = 2\beta = 2 \times 21^{\circ} 48' = 43^{\circ} 36'$$

TEMA 3

3.1 LIMAS

Son herramientas formadas por una barra de acero templado duro, de superficies estriadas, que tienen por misión arrancar el material de las piezas.

Las estrías están formadas por unas ranuras paralelas entalladas en las superficies de las limas, las cuales son cortadas por otras ranuras también paralelas. Las primeras son de mayor profundidad que las segundas y tienen un ángulo de inclinación, con respecto al eje de la lima, de 70° mientras que el de la segunda es de 45° .

El número de estrías que entran por centímetro cuadrado, en la superficie, viene a estar comprendido entre las 18 y 1.200, haciendo esto que las limas se dividan en:

Limas bastas: son aquellas en las que el tallado se realiza con paso grande por lo que sus aristas cortantes son amplias; son usadas en el desbaste de las piezas.

Limas entrefinas: son aquellas en las que el paso de las estrías y el

tamaño de las aristas cortantes tienen un valor medio; se emplean para aproximarse a las dimensiones finales de las piezas.

Limas finas: son aquellas en las que el paso de sus estrías y el tamaño de sus aristas cortantes es pequeño. Su superficie presenta un aspecto fino y tupido; son empleadas en el acabado del ajuste de la pieza.

Limas extrafinas: son aquellas cuya talladura es muy fina; se emplean en el acabado de zonas excesivamente ajustadas.

Las limas están formadas por las siguientes partes: 1) Espiga 2) Talón 3) Cuerpo 4) Punta y 5) Canto. Fig. 3.1:

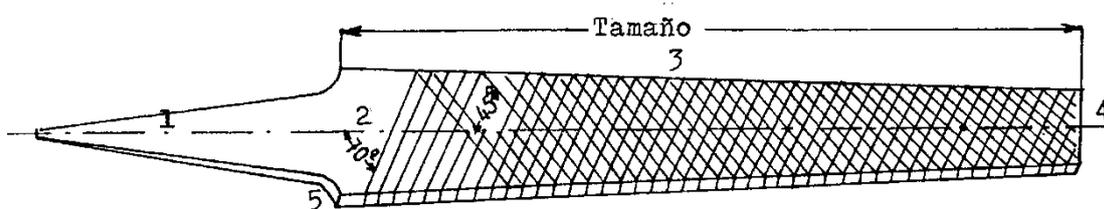


Fig. 3.1 Partes de una lima

Las formas de las limas son variadas, fig. 3.2, así se tiene que entre las consideradas de formas normales se encuentran:

Lima plana: Su sección transversal es de forma rectangular. Pueden ser de cuerpo completamente rectangular o puntiagudo. Por lo general están tallados sus dos cantos y es la más empleada en los talleres.

Lima cuadrada: son empleadas en la construcción de orificios cuadrados o superficies pequeñas en ángulo recto. Sus cuatro caras están

talladas.

Lima redonda: también conocida por limatón, es empleada en superficies cóncavas y orificios redondos.

Lima media caña: una de sus superficies es de forma convexa y la otra de forma plana, formando entre las dos un segmento circular; pueden ser empleadas en superficies cóncavas, planas y especialmente en los vértices de los ángulos.

Lima triangular: su sección es un triángulo equilátero, al igual que la de media caña se presta para construir vértices de ángulos. Se diferencian en que en la triangular los ángulos a limar tienen que ser superiores.

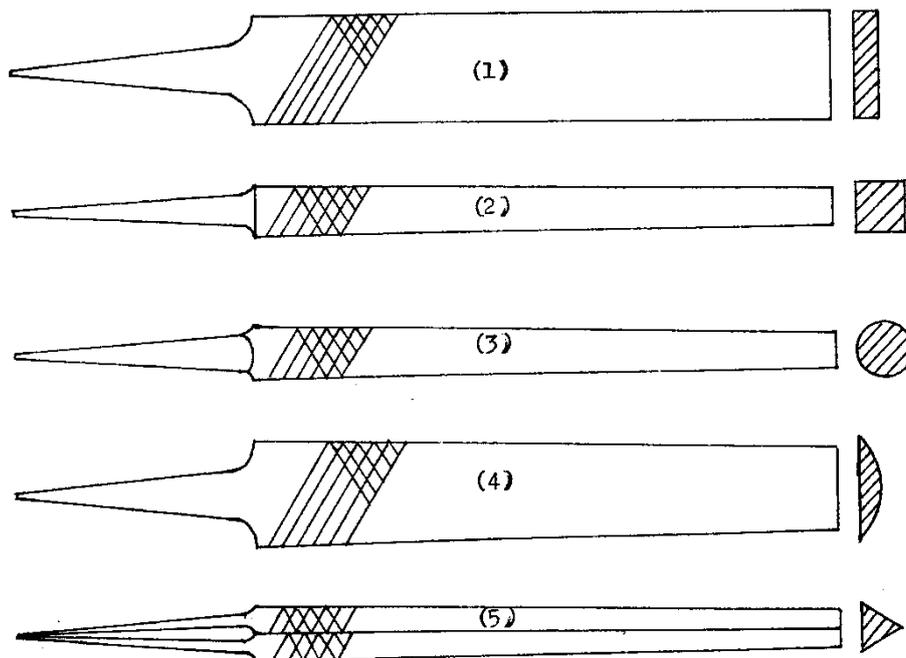


Fig.3.2 Formas de las limas

También existen otros tipos de limas que se consideran como de formas especiales ya que se adaptan principalmente a estos trabajos. Así, tenemos las de las figuras 3.3, que son: 1) Cuchillo. 2) Lengua de pájaro u Ovalada. 3) Rómbica.



Fig. 3.3 Formas especiales de las limas

Existen otros tipos de limas de tamaño pequeño que en vez de llevar la espiga clásica para el mango, lleva una espiga redonda que es por donde se la empuña, son conocidas por limas de relojero o de cola de ratón.

Tamaño: se conoce por tamaño de la lima a la longitud del cuerpo y se expresa en pulgadas inglesas, (1": 25,4 mm). Los tamaños más corrientes son 3", 4", 5", 6", 8", 10", 12" y 14", y deben ser de mayor longitud que la pieza a limar.

El perfil de los dientes o tallado de la lima debe de ser robusto, variando su forma con el material a trabajar. La figura 3.4 representa un perfil de diente para metales duros (acero, fundición etc.) mientras que la figura 3.5, representa el empleado para metales blandos (plomo, estaño, aluminio, etc.).

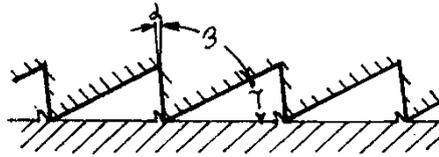


Fig. 3.4 Perfil para materiales duros

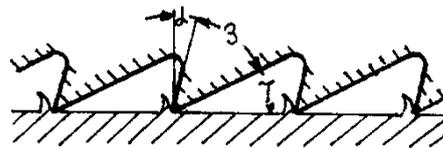


Fig. 3.5 Perfil para materiales blandos

Al trabajar las limas con metales blandos, las virutas de estos tienden a quedarse entre los dientes, (embotar), perdiendo la lima sus propiedades de arrancado. Cuando esto sucede, se la limpia por medio de la “carda”, que es un cepillo de alambre de acero dulce, figura 3.6, el cual se pasa por la superficie embotada, arrancando, las alambres, las virutas adheridas a los dientes.

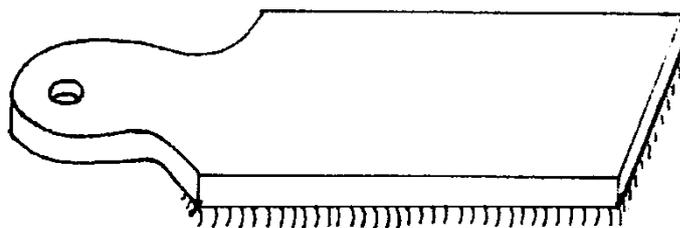


Fig. 3.6 Carda

3.2 RASQUETAS

Son herramientas formadas de barras de acero de la mejor calidad. Uno de sus extremos lleva los cantos perfectamente afilados para arrancar el material mientras que el otro extremo lleva el mango o empuñadura. Son empleadas principalmente para trabajar en materiales blandos como es en el ajuste de cojinetes.

Existen distintos tipos de rasquetas. La fig. 3.7 representa algunas de ellas, como son: (1) plana, empleada para arrancar el material en superficies planas, lleva afilada la punta; (2) triangular, lleva perfectamente afiladas sus tres aristas, y (3) curva, en la que están afilados sus dos cantos; estas dos últimas son empleadas en el ajuste de superficies cóncavas.

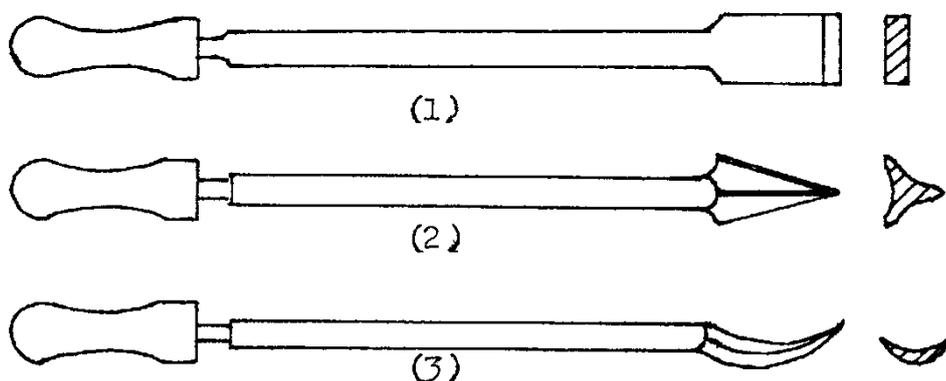


Fig. 3.7 Distintos tipos de rasquetas

3.3 SIERRA DE MANO

La sierra de mano está compuesta del armazón o arco y hoja. Sirve para cortar por desprendimiento de viruta.

Armazón: es la pieza a la cual se le acopla la hoja y sobre la que se aplica la fuerza cortante. Pueden ser fijos o extensibles, figs. 3.8, 3.9. Ambos llevan dos piezas, A-B, que sirven para afirmar la hoja por medio de un pivote o varilla el cual se ajusta entre el agujero de la pieza y la hoja.

La hoja de sierra puede colocarse en dos posiciones distintas, diferenciándose entre sí un ángulo de 90° pero siempre con las puntas de los dientes hacia la palomilla ya que el movimiento cortante es siempre hacia adelante.



Fig. 3.8 Armazón de sierra fijo



Fig. 3.9 Armazón de sierra extensible

Hoja de sierra: es la pieza cortante. Está compuesta de una lámina de

acero duro de unos 0,8 mm de espesor, teniendo en uno de sus lados los dientes triangulares.

Su longitud es la distancia existente entre los agujeros. Esta puede ser variable, aunque la más empleada es la de 12”.

Debido a su temple es bastante frágil cuando no se usa correctamente.

El paso es la distancia entre dos dientes consecutivos (0,8 a 2 mm) o el número de ellos que entran en una pulgada lineal (14 a 32), fig. 3.10. El paso variará según el material a serrar, así, para materiales blandos se elegirá un paso grande, mientras que para materiales duros se emplearán pasos pequeños.

A fin de evitar que las dos caras de la sierra rocen en la pieza, los dientes están doblados alternativamente a derecha e izquierda (triscado), o bien, el borde de la sierra donde están los dientes tienen una ligera ondulación, fig. 3.11.

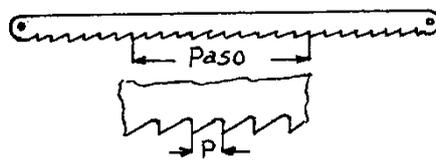


Fig. 3.10 Paso en una hoja de sierra

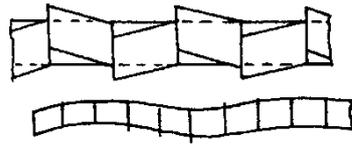


Fig. 3.11 Posición de los dientes de sierra

3.4 SIERRAS MECÁNICAS

Tres son los tipos de máquinas empleadas.

- Sierra alternativa
- Sierra circular
- Sierra de cinta

La más empleada en el taller mecánico es la primera, fig. 3.12.

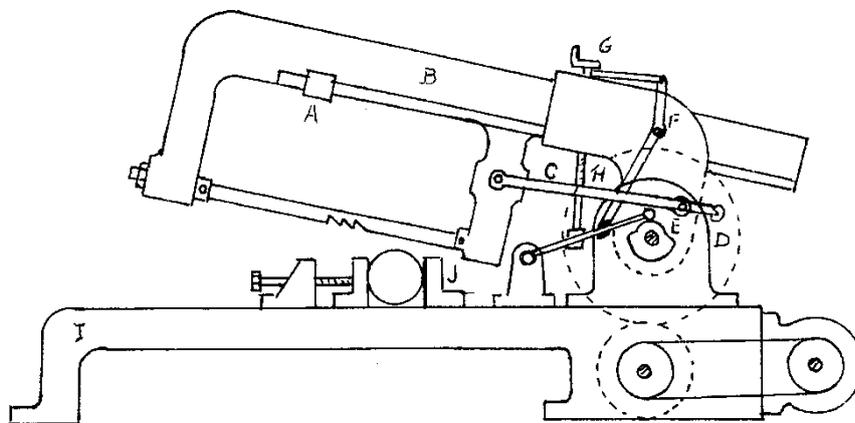


Fig. 3.12 Sierra alternativa

El funcionamiento es el siguiente:

La presión que ejerce la sierra sobre la pieza para realizar el cortado se regula por medio del peso A, el cual se puede colocar en distintos puntos del arco B.

El arco recibe el movimiento por medio de la biela C, que va acoplada a un bulón hecho firme en la rueda dentada D, lo cual produce un movimiento de excentricidad. La rueda puede recibir el movimiento por medio de un piñón acoplado al motor o bien por correas.

A diferencia de las sierras de mano, en estas máquinas, la carrera de trabajo es hacia atrás, y a fin de que los dientes no rocen con el material cuando no cortan, lleva el camón E que hace levantar el arco cuando éste va hacia adelante.

Estas máquinas están preparadas para trabajar automáticamente o en forma manual, ya que lleva el dispositivo F al cual se le puede conectar el volante G. Cuando ambos están acoplados, la máquina trabaja automáticamente puesto que el dispositivo F hace girar al volante G, el cual a su vez rosca en el husillo H.

La pieza a cortar descansa sobre la bancada I, la cual lleva las mordazas J que la sujetan.

El rendimiento de la máquina aumenta considerablemente cuando se utiliza taladrina.

3.5 HERRAMIENTAS CORTANTES POR MEDIO DE GOLPE

Entre estos útiles se encuentran el cincel el buril y la gubia los cuales están fundados en la teoría de la cuña mecánica cuya forma es la del triángulo isósceles de la fig. 3.13 en la que:

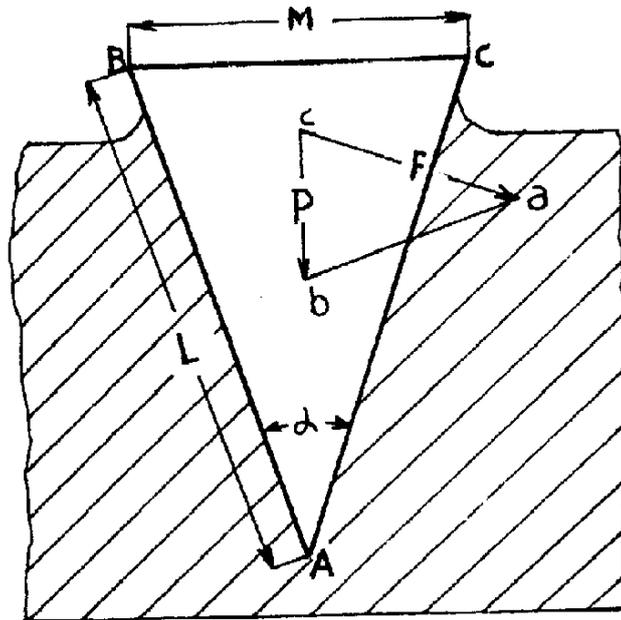


Fig. 3.13 Teoría de la cuña mecánica

$AB = L =$ longitud del lado de la cuña.

$BC = M =$ longitud de la cabeza de la cuña.

$ac = F =$ esfuerzo normal que ejerce la cuña sobre el material para practicar su incisión.

$bc = P =$ esfuerzo aplicado por el golpe en la cabeza de la cuña.

$\alpha =$ ángulo de corte de la cuña.

Los triángulos ABC y abc son semejantes por tener lados perpendiculares,

luego $\frac{ac}{bc} = \frac{AC}{BC}$, sustituyendo por sus valores

$$\frac{F}{P} = \frac{L}{M} \quad \text{por lo que}$$

$$F = P \frac{L}{M}$$

El valor de F también se puede expresar por el ángulo de corte α , así se tiene que:

$$F = P \frac{L}{M} = \frac{P}{\frac{M}{L}} = \frac{P/2}{\frac{M}{2L}} = \frac{P/2}{\frac{M/2}{L}} = \frac{P/2}{\text{sen } \alpha/2} = \frac{P}{2 \text{sen } \alpha/2}$$

lo que nos dice que el valor de F varía en razón inversa del ángulo de corte, o que el esfuerzo P necesario para seccionar un material, será tanto más pequeño cuanto menor sea su ángulo de corte α el cual queda limitado por la calidad del material de la cuña.

3.5.1 CINCEL

También conocido por cortafríos, es un útil cortante en forma de cuña y de acero especial de herramientas, particularmente tenaz, el cual se adquiere de barras preparadas especiales, generalmente de sección rectangular, con los lados menores curvados hacia fuera para una más cómoda sujeción con las manos. Estas barras se cortan en trozos de

longitud adecuada siendo la más generalizada la de 150 mm.

El cincel está compuesto de las siguientes partes: cabeza, cuerpo y filo, figura 3.14.

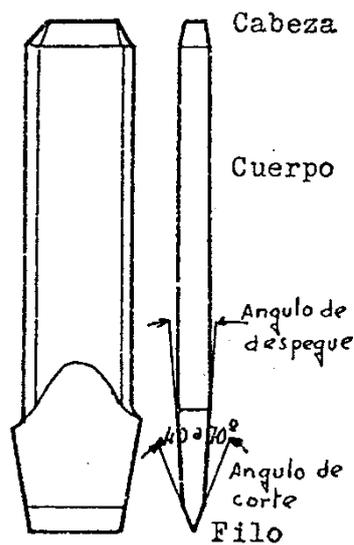


Fig. 3.14 Cincel

La cabeza es la parte donde se golpea, es de forma troncocónica y bombeada a fin de evitar que se formen rebabas con los golpes y puedan lastimar al operario.

El cuerpo es la parte por donde lo sujeta el operario, tiene una forma de manera que éste lo pueda dominar correctamente, (rectangular, hexagonal, octogonal)

El filo es la parte más importante del cincel, ya que es la destinada a realizar el corte del material, por lo que deberá estar perfectamente afilado y templado. Su ángulo de corte debe ser el apropiado al material que se trabaja, siendo mayor a medida de que éstos son más duros; oscila entre los 40 y 70°.

3.5.2 BURIL

Se diferencia del cincel en que la arista cortante es más estrecha que la del cincel ya que la tiene en la sección transversal del cuerpo. Es empleado principalmente para labrar canales y chaveteros. En éstos, las paredes deben ser perfectamente lisas, por lo que la parte inmediata al filo es algo más estrecha que éste a fin de que no afecte a la pared durante la construcción del chavetero, figura 3.15.

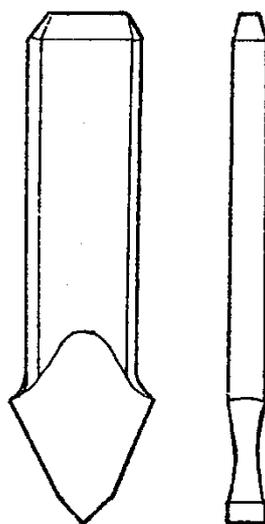


Fig. 3.15 Buril

3.5.3 GUBIA

Existen diferentes formas de gubias, dependiendo éstas del trabajo a que se las destine, pero generalizando, se puede decir que son herramientas muy semejantes a los buriles, ya que su corte es también transversal y que en vez de ser recto suele ser redondeado. Son empleadas principalmente en la construcción de los canales de engrase de los cojinetes conocidos por patas de araña, fig. 3.16

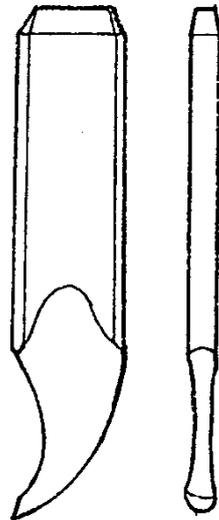


Fig. 3.16 Gubia

3.5.4 SACABOCADOS

Es la herramienta empleada para hacer agujeros en planchas metálicas delgadas o en otros materiales como es el del cartón de juntas. Por lo general, los orificios conseguidos con ellos son redondos, aunque existen de otras formas empleados en trabajos especiales. A fin de

conseguir orificios lisos, la boca del sacabocados debe de estar convenientemente afilada. En el cuerpo lleva grabado el tamaño del orificio que construye, y para poder sacar el material arrancado, su agujero interior lleva una ligera conicidad desde la boca hacia el cuerpo para dejar paso libre a las porciones de material cortado, el cual se extrae a través de un orificio transversal que une el interior con el exterior, figura 3.17.

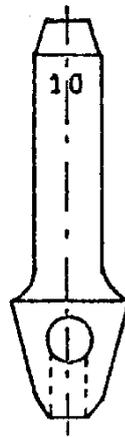


Fig. 3.17 Sacabocados

3.6 BROCCAS

Son las herramientas que al imprimirlas dos movimientos, uno de rotación y otro de traslación, arrancan el material de la pieza en forma de virutas, construyendo un agujero cilíndrico, fig. 3.18.

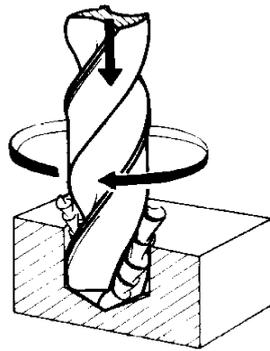


Fig. 3.18 Movimientos de la broca

Existen distintos tipos de brocas, siendo la más empleada la helicoidal.

3.6.1 BROCA HELICOIDAL:

Son barras de acero duro templado y se dividen en tres partes: mango, cuerpo y punta, figura 3.19.

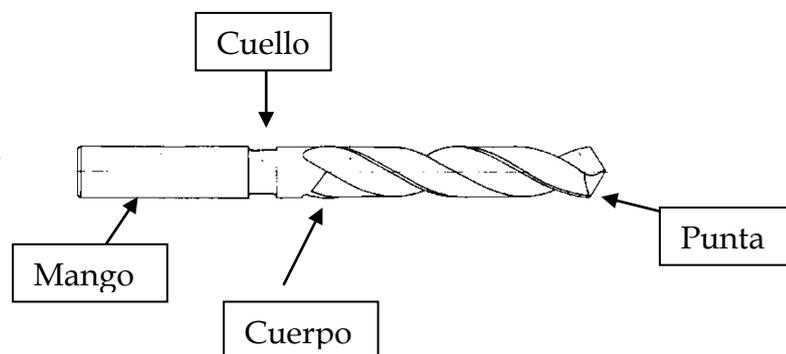


Fig. 3.19 Partes de una broca helicoidal

Mango: es la parte de la broca por la cual se fija a la máquina, su forma es cilíndrica en pequeños diámetros y cónicas en grandes, aunque también existen de otras formas pero son excepciones. Junto al mango, algunas suelen llevar un rebaje en el que se marca el diámetro de la broca y que se llama cuello. **Cuerpo:** está formado por dos, tres o cuatro estrías en forma espiral, las brocas más usadas llevan dos. **Punta:** es la parte cortante de la broca (fig. 3.20), su forma es cónica, dependiendo ésta del material en que va a trabajar, aumentando su conicidad con materiales blandos.

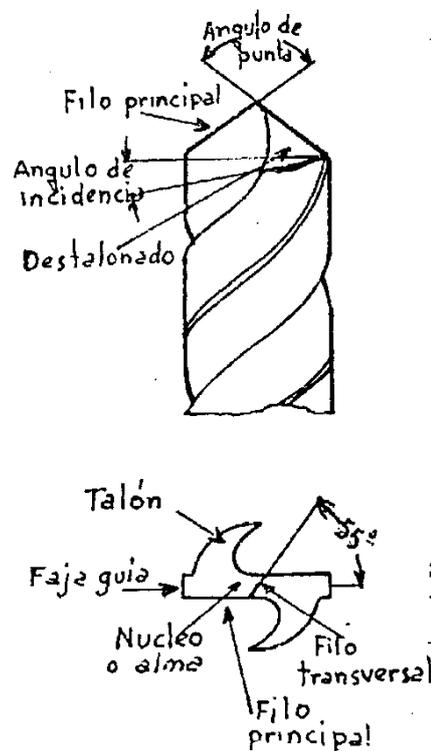


Fig. 3.20 Punta y ángulos de una broca

La punta es la parte más importante de la broca y en ella hay que distinguir los siguientes nombres: **núcleo o alma:** espesor que queda en el

fondo de las estrías, va aumentando desde la punta al mango a fin de dar más robustez a la broca. **Faja guía:** es la periferia de la broca, la cual produce el diámetro del agujero. **Talón:** rebaje que se hace a la estría a fin de que no roce con el material del agujero.

Filo transversal: es el vértice que une en el alma las dos aristas cortantes, el ángulo que forma con éstas es de 55° para trabajos normales. **Filo principal o labio:** es la arista cortante de la estría, une el filo transversal con la faja guía. **Destalonado del labio:** es la caída que se da a la superficie de la estría a fin de que sea el labio la única superficie de roce con el material. Del destalonado depende en gran parte el rendimiento de la broca.

Ángulo de punta: es el formado entre los dos filos principales, es tanto mayor cuanto más duro y tenaz es el material que se va a trabajar. Así se tiene que para materiales duros como aceros y fundiciones es de unos 140° . Para aceros dulces y materiales de dureza similar es de unos 118° , y para maderas, baquelita, fibras, etc., es de unos 100° . Los dos ángulos que lo forman, o sea el de los filos principales con el eje de la broca, tienen que ser iguales a fin de que el corte transversal quede centrado. **Ángulo de incidencia:** es el ángulo formado por el destalonado, el normal suele ser de 12° , pero para materiales duros se puede reducir hasta los 6° .

3.6.2 BROCAS DE PUNTA DE LANZA O DE CABEZA PLANA

Así como las brocas helicoidales son construidas en talleres especializados para ello, las brocas planas (fig. 3.21) pueden prepararse en el propio taller, ya que su construcción es menos esmerada.

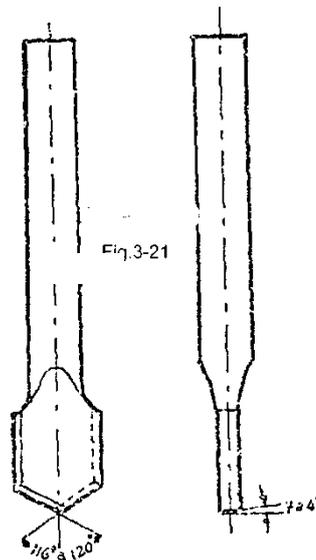


Fig. 3.21 Broca plana

Se construyen generalmente en la forja con acero al carbono o acero rápido, según el empleo a que se destinen. El vértice de ángulo de punta debe de quedar perfectamente concéntrico con el cuerpo y mango, de modo que los labios tengan la misma longitud; si esto no fuera así, la broca produciría un barreno defectuoso y mayor que su diámetro nominal. La lengüeta de corte se construye plana siendo su espesor variable según la dureza del material a barrenar, siendo mayor para los duros que para los blandos. El ángulo de punta para trabajos normales oscila de 116° a 120° ,

este ángulo puede disminuir o aumentar según se trabaje con materiales blandos o duros, oscilando de 90° a 130° . El ángulo de incidencia también varía con estos materiales entre 4° y 7° . Existen distintos tipos de estas brocas, así la figura 3.22 representa la broca empleada en desbaste, la figura 3.23 la broca para pulir y la de la figura 3.24 la broca de entalladura, empleada en el barrenado de materiales muy tenaces o de gran diámetro, para lo cual las entalladuras no deben coincidir en la posición de los labios.

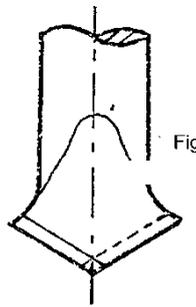


Fig. 3.22 Broca para desbaste

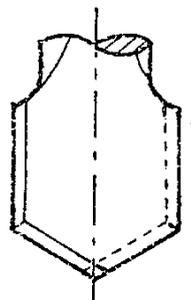


Fig. 3.23 Broca para pulir

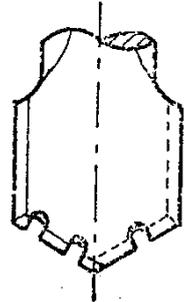


Fig. 3.24 Broca de entalladura

3.6.3 BROCAS DE PEZÓN. (Fig.3.25)

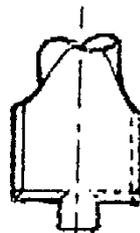


Fig. 3.25 Broca de pezón

Se diferencian de las brocas de punta de lanza, en que llevan en el centro de la lengüeta una mecha cilíndrica que sirve de guía a la broca durante su funcionamiento, para lo cual habrá sido abierto de antemano un barreno del mismo diámetro de la mecha. Son empleadas principalmente para abrir orificios de mucho diámetro y alojamientos de cabezas perdidas de tornillos.

3.7 MÁQUINAS DE TALADRAR

Las taladradoras son máquinas destinadas a hacer agujeros por medio de brocas que tienen el movimiento de corte y avance.

La taladradora puede clasificarse dentro de tres tipos generales: **de husillo vertical, de varios husillos y radiales.**

Las máquinas de taladrar verticales pueden ser de tres clases: **pesadas, corrientes y sensitivas.** Las taladradoras pesadas son máquinas de gran potencia usadas para trabajos duros, están diseñadas para realizar grandes agujeros, aunque pueden usarse para cualquier trabajo de taladrado. Generalmente tienen 12 velocidades de husillo desde 60 a 1.000 r.p.m. El husillo tiene el agujero según el cono morse nº 4.

Las taladradoras verticales corrientes son adecuadas para trabajos ligeros y son más adaptables que las taladradoras pesadas. El husillo puede moverse arriba y abajo de la columna y la mesa puede ajustarse a la altura deseada. Los husillos se disponen algunas veces en grupos de tres o más, llamándose entonces la máquina “taladradora múltiple”. Suelen girar entre 300 y 6.000 r.p.m.

Las taladradoras sensitivas son máquinas ligeras empleadas para practicar agujeros pequeños de diámetros no superiores a 10 mm, los cuales deben taladrarse a velocidad en piezas pequeñas. Estas máquinas no tienen mecanismo de avance, por lo que esta operación debe efectuarse a mano. La mesa y el husillo pueden ajustarse a la altura requerida sobre la

columna, su velocidad de giro está comprendida entre las 500 y 12.000 r.p.m.

Las máquinas de taladrar múltiples pueden tener un número cualquiera de husillos dispuestos en el travesaño de la máquina, los cuales van accionados por un mismo eje mediante juegos de engranaje con tornillos sin fin. Los tornillos son intercambiables sobre el soporte para adaptarlos a las diferentes clases de trabajos.

La taladradora radial es una máquina de precisión diseñada de forma que el mecanismo completo puede ajustarse para llevar el husillo a la posición requerida sobre la pieza, la cual se sujeta fuertemente a la base fija. Este tipo de máquinas de taladrar se emplea generalmente en piezas demasiado grandes o pesadas para ser colocadas sobre la mesa de una taladradora vertical y, en especial, para los trabajos en los que se requiere un alto grado de precisión.

Todas las taladradoras deben de tener:

- 1) Un soporte general o bancada, A
- 2) Un soporte o dispositivo para fijar la pieza que se ha de taladrar llamado plato, B.
- 3) Mecanismos para obtener distintos números de vueltas de la broca, según el material que se trata y el diámetro de la misma, C.

- 4) Mecanismos para obtener con facilidad el avance de la broca contra la pieza, D.
- 5) Dispositivos para la fácil y eficaz sujeción de la broca, E.

La figura 3.26, representa un taladro pesado vertical, que además de llevar lo anteriormente expuesto, lleva en la columna F la cremallera G, que con el sinfín acoplado en el soporte H del plato sirve para subir y bajar éste manualmente por medio de la palanca I.

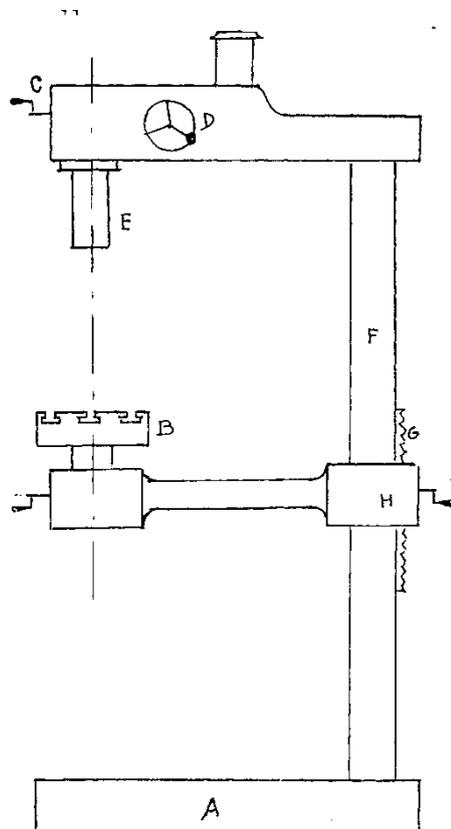


Fig. 3.26 Taladro pesado vertical

De estas máquinas existen diferentes tipos, las hay que efectúan el

avance de la broca automáticamente o a mano, siendo éstas las llamadas sensitivas como la representada en la figura 3.27.

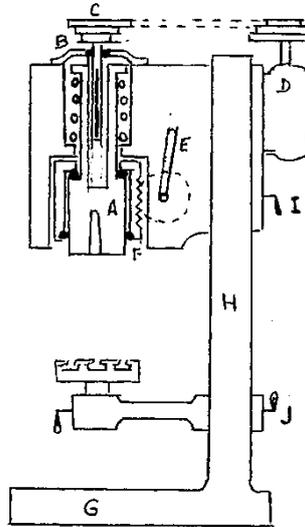


Fig. 3.27 Máquina de taladrar sensitiva

La broca va fija al eje principal A por medio de un portabrocas. Este eje recibe el movimiento de rotación de otro eje B, que lleva en un extremo un juego de conos C, por donde le trasmite el motor eléctrico D el movimiento a través de su correa, llevando en su otro extremo una chaveta que se desplaza en el chavetero del eje principal, de modo que cuando gira el eje B obliga a girar también al principal A.

Para conseguir el avance de la broca es necesario hacer uso de la palanca E, la cual lleva un engrane que actúa sobre la cremallera de la camisa F, de modo que al girar la palanca E da un movimiento rectilíneo a

la camisa E; como ésta va unida al eje A por medio de cojinetes de bolas, obliga a éste a trasladarse.

A fin de que el eje A vuelva a su posición inicial, cuando se deja de actuar sobre la palanca E, lleva un muelle extensible que le obliga a retroceder.

Además de estos mecanismos lleva la bancada G y ésta la columna H que es donde descansa el mecanismo de transmisión, el cual puede ser girado a la posición deseada aflojando la abrazadera I.

La columna, además, lleva una mesa móvil que puede girar y deslizarse hacia arriba o hacia abajo aflojando la abrazadera J. Esta mesa sirve de soporte de las piezas que se vayan a barrenar y pueden ser subidas o bajadas a mano.

3.7.1 TALADRO RADIAL

Es una máquina robusta (fig.3.28), que está constituida por una base A sobre la que va fija la columna B. Ésta soporta un brazo C en voladizo que puede girar sobre la columna y desplazarse con movimiento vertical, bien sea a mano o por medio del motor eléctrico.

El Brazo C, lleva el carro de taladrar E que puede desplazarse horizontalmente. En éste lleva el motor eléctrico F, que a través de una serie de engranes da movimiento al portabrocas G, de manera que por este sistema, la broca tiene una extensa gama de velocidades lo cual permite

taladrar agujeros grandes y pequeños con buenos rendimientos. El movimiento de penetración de la broca se realiza por medio de la palanca H.

Para descansar las piezas que van a ser mecanizadas lleva la mesa I.

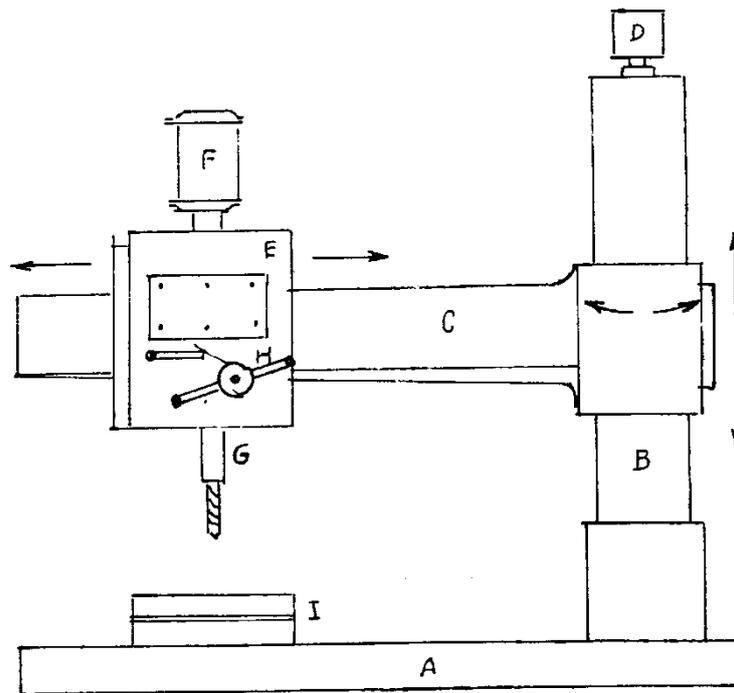


Fig. 3.28 Taladro radial

En virtud de las muchas posibilidades de movimiento que tiene el carro, se pueden realizar los taladros en los lugares más diversos sin tener que mover la pieza, por lo que hace que este tipo de máquinas sean muy empleadas cuando se trata de mecanizar piezas grandes.

3.7.2 MÁQUINAS DE TALADRAR PORTÁTILES.

Son las soportadas a mano y, a excepción del taladro eléctrico, el movimiento de la broca se realiza a mano, por lo que son empleadas en trabajos poco fatigosos o cuando es dificultoso llevar las piezas a mecanizar en las taladradoras fijas estudiadas anteriormente.

Entre las portátiles se encuentran el berbiquí de carpintero y el mecánico, la chicharra o carraca y el mencionado taladro eléctrico.

Berbiquí de carpintero:

Estos pueden ser de forma de media circunferencia o de trapecio isósceles sin su base mayor. En el extremo A, (fig.3.29), lleva un puño o tornillo cuya cabeza tiene forma abombada y que sirve para ejercer presión con la mano o con un soporte según los casos. En el extremo B lleva un orificio de forma apropiada que es donde se acopla la broca. Estos dos extremos están en línea y son los que forman el eje de la broca.

A fin de facilitar la operación de giro sin sufrir calentamiento en la mano, la base C lleva un casquillo loco sobre el que gira. Este berbiquí tiene el inconveniente de que la broca gira al mismo número de revoluciones que lo hace la mano, por lo que su movimiento es lento. Es empleado en materiales blandos como la madera.

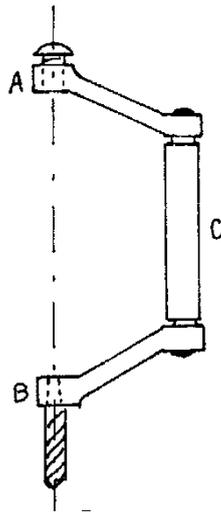


Fig. 3.29 Berbiquí de carpintero

Berbiquí mecánico

Es una máquina de taladrar a mano, fig.3.30. El sistema de movimiento de la broca es por medio de engranes cónicos. Existen de una o dos velocidades, siendo éste el representado en la figura. Como se observa, en un extremo del eje A va el portabrocas B, y el otro extremo está introducido en el hueco del eje C que le hace de soporte y lleva el piñón cónico D.

El extremo de la izquierda del eje C, lleva acoplado dos piñones cónicos de distintos números de dientes como es el E y F que engranan con el piñón D. El número de dientes de los piñones D y E es el mismo, de modo que si hacemos girar el piñón E por medio de la manivela G, la broca gira al mismo número de revoluciones que lo hace la mano, mientras que si

queremos aumentar éstas, pondremos la manivela G en el piñón F. Todos estos engranes van encerrados en una caja a la cual se la puede acoplar la manilla H en uno u otro costado y que sirve, con la placa I, para hacer la presión de corte de la broca.

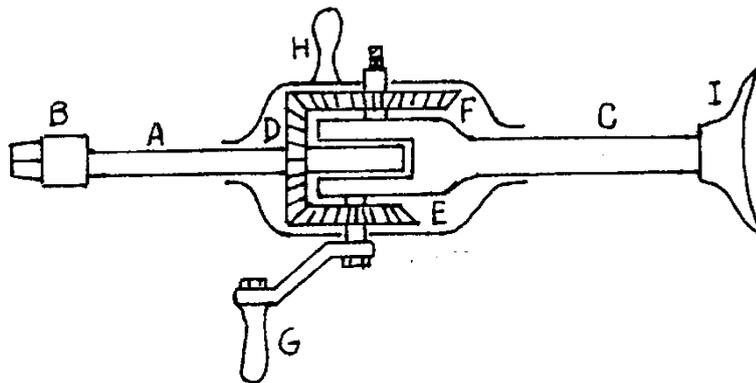


Fig.3.30 Berbiquí mecánico

Chicharra o carraca.

Son aparatos para barrenar a mano en lugares inaccesibles a las máquinas de taladrar (fig. 3.31). Consta de un tornillo A por medio del cual varía la distancia entre puntas de la chicharra al mismo tiempo que gradúa la presión ejercida por la broca.

En el extremo opuesto al tornillo lleva el portabrocas B, firme al cual lleva la rueda dentada E que recibe el movimiento de la lengüeta de acero C fija a la palanca D que es accionada por el operario hacia adelante y hacia atrás, con un ángulo de giro según convenga. Cuando se gira hacia adelante la lengüeta arrastra consigo a la rueda E por lo que esta gira y con

ella el portabrocas, cuando la palanca se vuelve a su punto de partida, la lengüeta se dobla y pasa los dientes correspondientes al ángulo de giro sin mover la rueda.

El sistema de sujeción del aparato es, por un extremo, con la broca en la pieza a taladrar y, por el otro, con una parte firme sobre la que actúa el tornillo A.

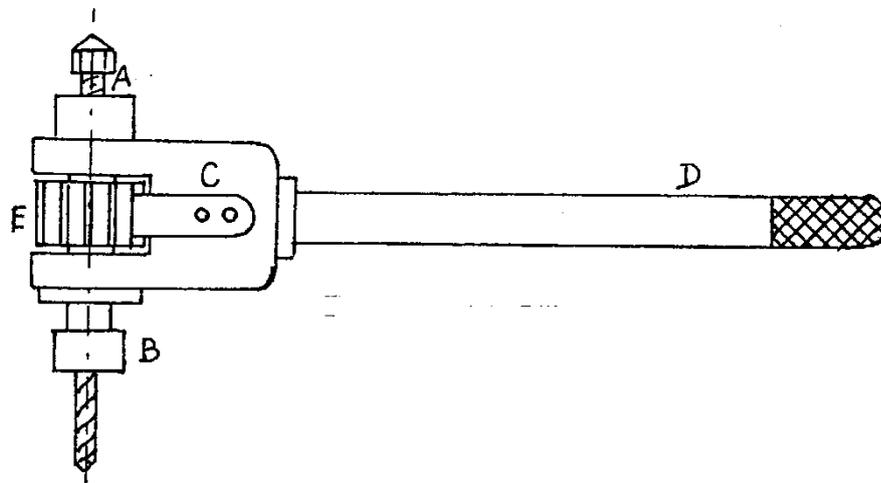


Fig. 3.31 Carraca

Taladro eléctrico.

Existen muy diversos sistemas de estos mecanismos, pero en líneas generales todos son análogos al de la figura 3.32.

En el interior de un cárter de plancha metálica va montado un motor eléctrico, cuyo eje acciona el portabrocas A y por lo tanto da movimiento a la broca. La presión de corte y el avance lo regula el mismo operario con la fuerza ejercida sobre el mango B, que es la misma que la broca transmite a

la pieza y donde se aloja el interruptor C.

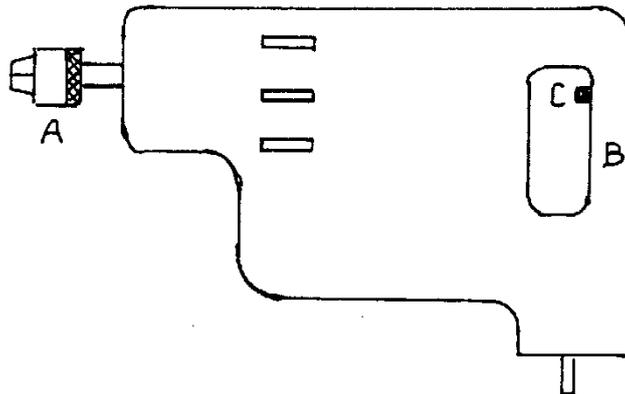


Fig. 3.32 Taladro eléctrico

3.7.3 PORTABROCAS

Son los aparatos que sirven para fijar, en las máquinas de taladrar, brocas cilíndricas que por lo general son menores de 13 mm de diámetro. Además de sujetar fuertemente la broca, también la centra según su eje de giro.

Existen distintos tipos de portabrocas. En algunos las mordazas son accionadas a mano a través de una tuerca o una llave pero todas ellas evitan aristas vivas que puedan dañar al operario.

La figura 3.33 representa un portabrocas de los actuados a mano, ya que al apretar la caperuza A sobre el casquillo B, el cono de la caperuza sube juntando las tres mordazas C hasta que se lo permite la broca, por lo que al estar ésta en contacto con las mordazas queda fuertemente asegurada.

Para aflojar la broca se desenrosca la caperuza bajando ésta y, como las mordazas llevan los muelles extensibles D, obligan a aquellas a separarse dejando libre la broca.

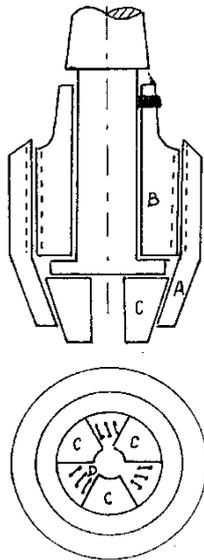


Fig. 3.33 Portabrocas manual

La figura 3.34 representa un portabrocas de los actuados con llave y que son empleados en máquinas mayores. Tiene dos mordazas A que se desplazan sobre unas cajas labradas en el cuerpo B por la acción que se realiza con una llave de espiga cuadrada sobre un husillo C de rosca derecha e izquierda y que actúa sobre las cremalleras labradas en las mordazas.

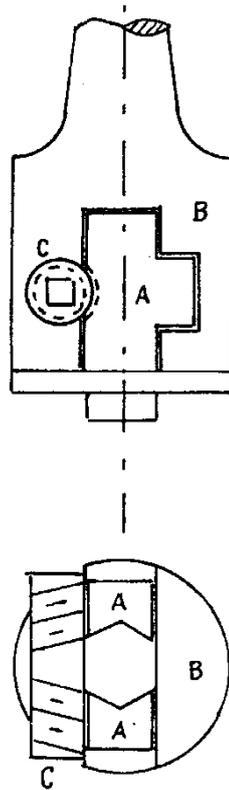
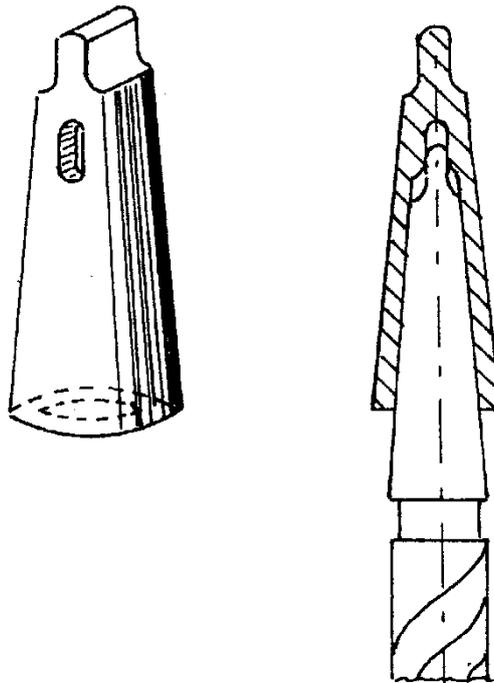


Fig. 3.34 Portabrocas de llave

Cuando se trata de fijar brocas cuyos mangos son cónicos, el portabrocas que se emplea es un casquillo de forma de tronco de cono, tanto interior como exterior, llevando una espiga en su parte externa y un hueco con la misma forma en su parte interna. Además, lleva un orificio rasgado transversal que coincide en el acoplamiento de las espigas, figs. 3.35 y 3.36.



Figs. 3.35, 3.36 Conos morse

Estos casquillos reciben el nombre de “conos morse” y lo forman por lo general un juego de seis, cuyo abanico de medidas permite trabajar con los siguientes diámetros de brocas:

C.M. nº1, sujeta las brocas que van de 0 mm a 9,04 mm

C.M. nº2, sujeta las brocas que van desde 9,04 mm a 14,12 mm.

C.M. nº3, sujeta las brocas que van desde 14,12 mm a 19,28 mm

C.M. nº4, sujeta las brocas que van desde 19,28 mm a 23,38 mm

C.M. nº5, sujeta las brocas que van desde 23,38mm a 36,73 mm

C.M. nº6, sujeta las brocas que van desde 36,73 mm a 52,76 mm.

Estos conos están dispuestos de forma que la medida exterior del nº1 sea igual que la interior del nº2. La exterior del nº2 será igual que la

interior del nº3, y así sucesivamente.

La forma principal de trabajar los conos es por la resistencia al rozamiento que oponen al contacto, por lo que se comprende que deberán estar libres de deterioros y suciedades que impidan un buen acoplamiento.

El eje principal de la máquina de taladrar lleva también el orificio según el cono morse y su medida depende del tamaño de la misma.

Para soltar los casquillos se emplea la cuña de la figura 3.37, la cual se introduce en el orificio transversal y se la golpea por medio de un martillo, haciendo de esta manera de expulsor.

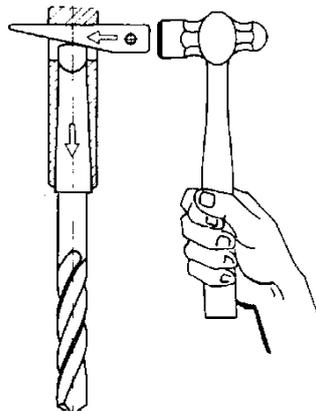


Fig. 3.37 Cuña para soltar el cono morse

3.8 HERRAMIENTAS NEUMÁTICAS

Son los aparatos que emplean aire comprimido, a una presión generalmente comprendida entre los 5 y 10 Kg/cm², para accionar un pistón que actúa sobre la herramienta deseada.

Entre estos aparatos se encuentra el martillo neumático de la figura

3.38, el cual está formado por la carcasa A en cuyo interior lleva la camisa B donde se desplaza el pistón C. Éste es de dos diámetros y lleva una serie de orificios D.

El funcionamiento es el siguiente: el aire viene por medio de la manguera del compresor y se conecta al martillo a través de un racor acoplado en E. Por medio de la mano se desplaza la válvula F hacia la izquierda permitiendo el paso del aire al conducto G, que a su vez va a descargar a la región anular H, y como están los orificios D libres, pasa a través de ellos a la región I, originándose aquí una fuerza hacia la derecha que hace que el pistón C se desplace en este sentido.

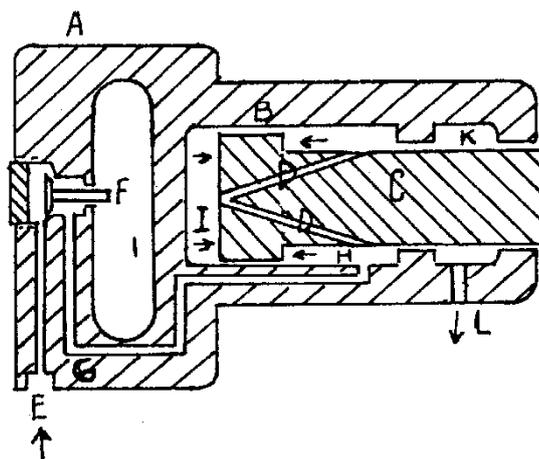


Fig. 3.38 Martillo neumático

Cuando los orificios D llegan a la región K, el aire que se encuentra en la región I escapa por ellos y por el de la carcasa L al exterior, desapareciendo la fuerza en I. Como en la región anular H existe aire

comprimido, que actúa sobre la corona del pistón, origina una fuerza hacia la izquierda que hace desplazarse al pistón en este sentido hasta la posición que ocupaba al comienzo del estudio repitiéndose éste, por lo que vemos que el pistón y la herramienta acoplada en él se está desplazando constantemente de derecha a izquierda mientras permanezca abierta la válvula F.

3.9 AVELLANADORES

Son las herramientas que tienen por misión la de agrandar la boca de los agujeros al objeto de alojar en la cavidad ensanchada del mismo la cabeza del tornillo o del remache, recibiendo en este caso el nombre de cabezas perdidas.

Como las cabezas de los tornillos y remaches descansan sobre los orificios avellanados, la forma de los avellanadores deben ser la de las cabezas de aquellos.

La fig.3.39 representa un avellanador de cabeza plana, la fig.3.40 de cabeza cónica y la fig.3.41 la troncocónica.



Fig. 3.39 Avellanador de cabeza plana

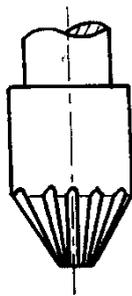


Fig. 3.40 Avellanador de cabeza cónica

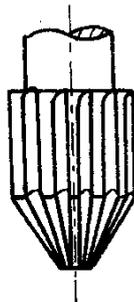


Fig. 3.41 Avellanador troncocónico

3.10 ESCARIADORES

Son los útiles empleados para el rectificado de los orificios practicados por las brocas ya que estas dejan los agujeros con una superficie áspera, sobre todo cuando han tenido excesivo avance.

Al girar el escariador en el orificio se consigue que arranque una pequeña porción de material de éste, verificando de esta manera el alisado y, por lo tanto, un trabajo exacto de alta precisión.

Los escariadores pueden ser cilíndricos y cónicos, y sus aristas cortantes rectas o helicoidales de gran paso. La fig.3.42 muestra estos escariadores, siendo el 1º el cilíndrico y el 2º el cónico. Así como el primero es empleado para el ajuste de orificios de ejes, el segundo se emplea generalmente para orificios de pasadores.

También existe el escariador extensible, en el cual sus aristas cortantes son postizas y se trasladan sobre unos canales que lleva el cuerpo con una ligera conicidad, de modo que a cada posición de las aristas le corresponde un diámetro determinado. Las aristas se pueden desplazar a voluntad por medio de la tuerca A que rosca en el cuerpo.

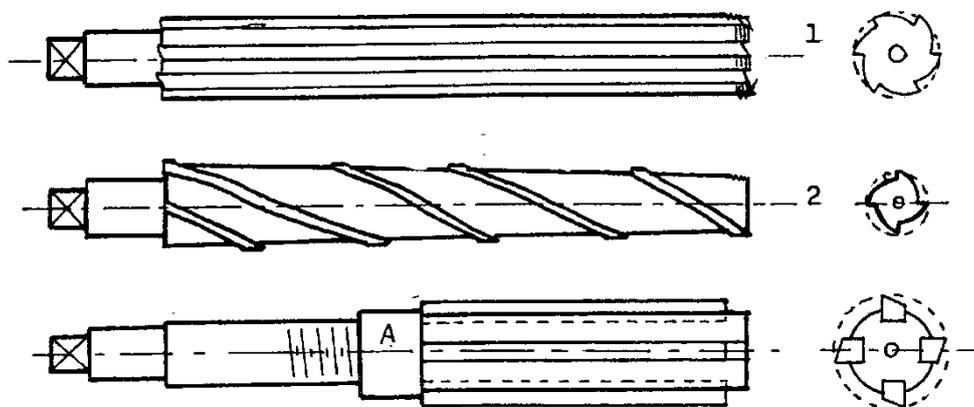


Fig. 3.42. Escariador cilíndrico, cónico y extensible.

En el escariador hay que distinguir tres partes que son: mango, cuerpo y punta.

Mango: es la parte por donde se toma el escariador para hacerle girar. Por lo general, en su extremo lleva una mecha cuadrada donde se acopla el bandeador.

Cuerpo: es donde van las aristas cortantes del escariador, o sea, el que hace el diámetro del agujero dejándolo alisado y a la medida precisa.

Punta: es la parte entrante del escariador. Para facilitar esto lleva una ligera conicidad con un estriado en forma de rosca. De ella depende el conseguir un buen rendimiento ya que la mayoría del material es cortado por sus aristas.

3.11 MACHOS

Son las herramientas empleadas en la construcción de tuercas u orificios roscados, fig.3.43.

Su forma es la de un tornillo con ranuras longitudinales cuya misión es la de dar los ángulos de corte apropiados y facilitar la salida del material arrancado durante la operación del roscado. Ésta operación se realiza haciendo girar al macho a derecha e izquierda por medio de un bandeador colocado en la mecha cuadrada del mango. El primer movimiento es para arrancar el material y el segundo para desprenderlo.

A fin de evitar el roce continuo de todo el perfil de la rosca sobre la tuerca a construir el perfil lleva un destalonado.

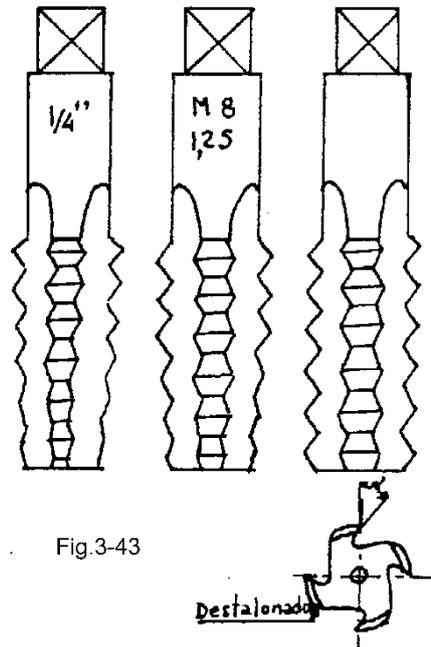


Fig. 3.43 Machos de roscar

En la operación de roscado se emplean los juegos de machos formados por dos o tres. Este último juego (3 machos) es el más generalizado, conociéndose a los mismos como primero, segundo y tercero, variando su figura generadora del filete de menos a más hasta adquirir su forma correcta.

El primer macho es cónico comenzando sin apenas perfil de fileteado. Va aumentando éste paulatinamente hasta terminar con una sección de filete muy aproximada a la normal. Este macho sirve para abrir paso a los demás.

El segundo macho es cónico hasta la mitad, comenzando su fileteado con un diámetro y una sección generatriz ligeramente inferior a la que termina el primer macho, y acaba con un diámetro y una sección de filete normal.

El tercer macho es cilíndrico en casi toda su longitud, siendo su fileteado completamente normal a lo largo de su zona roscada.

Los machos llevan en el mango marcadas las medidas nominales del mismo $\frac{1}{4}$ ", M8 x 1,25. Indicando el primero en medidas inglesas (6,35 mm) y el segundo en métricas con un paso de 1,25 mm.

3.12 TERRAJAS

Así como con los machos se roscan las tuercas y orificios, con las terrajas se realiza el roscado de los tornillos y espárragos.

La forma de las terrajas es la de tuercas de una o dos piezas con ranuras de desahogo en sus fileteados que son destalonados. El material al igual que el del macho, es de acero especial templado.

Las terrajas cilíndricas, fig.3.44, son de una sola pieza y extensibles ya que lleva un corte cuyas superficies se pueden juntar o separar por un tornillo, el cual hace disminuir o aumentar el diámetro de la rosca en muy poca dimensión; esto prácticamente construye el tornillo en una sola pasada haciendo el trabajo más rápido y económico pero fatigando más el material y exponiéndole a la rotura del fileteado.

En las terrajas de dos mitades, el tornillo se construye de varias pasadas, haciendo el trabajo más suave y fatigando menos el material. A fin de no equivocarse la posición de las dos mitades, estas son de la forma de la fig.3.45 o bien, sus guías tienen la forma de V en cuyo caso se colocan las dos mitades coincidiendo sus marcas del diámetro y paso.

Las terrajas se emplean con unas herramientas llamadas porta terrajas que durante la construcción del tornillo se mueven al estilo de los bandeadores de los machos.

Para la construcción de roscas de gas, se emplean las terrajas de peines postizos cuya posición se pueden regular para varios diámetros.

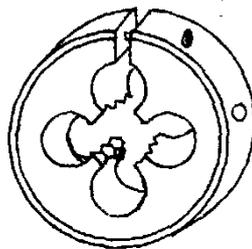


Fig. 3.44 Terraja cilíndrica

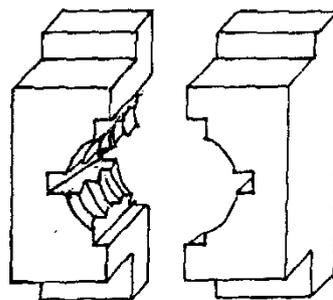


Fig. 3.45 Terraja en dos mitades

3.13 BANDEADORES

Son los útiles con los cuales se le da el movimiento de trabajo al macho. Los bandeadores fijos están constituidos por una palanca que, en su parte central, lleva labrados uno o más orificios cuadrangulares. Por lo general son tres de distintas medidas, fig. 3.46, en los cuales se introducen las mechas cuadradas de los machos, de modo que estos bandeadores sirven para diversas medidas de machos.

Más empleado que el bandeador fijo es el de agujero regulable para diversos tamaños, fig. 3.47. Está constituido por dos palancas, una de las cuales es fija a un bastidor y la otra se afirma a éste por medio de rosca. El interior del bastidor lleva un hueco rectangular con dos correderas guías. En un extremo está un dado fijo que tiene labrado un ángulo recto, y sobre las correderas se desplaza, a voluntad, por medio de la palanca roscada un dado postizo, que también lleva labrado un ángulo recto, de modo que cuando los dos dados se juntan, sus ángulos forman un agujero cuadrado, el cual va aumentando a medida que los dados se van separando. En este bandeador hay que tener la precaución de que al poderse emplear con machos pequeños, se corre el riesgo de rotura de éstos si no es empleado adecuadamente debido a su gran brazo de palanca.



Fig. 3.46 Bandeador fijo



Fig. 3.47 Bandeador regulable

3.14 PORTA-TERRAJAS

Se diferencian de los bandeadores en que su agujero es redondo para poder alojar la terraja cilíndrica, fig. 3.48, la cual se afirma por medio de un tornillo prisionero.

Para las terrajas de dos mitades, se emplea el porta terrajas de la fig. 3.49, compuesto de un bastidor cuyo agujero central es de forma rectangular con dos guías correderas en las cuales se introducen las dos almohadillas de la terraja, dejando fija una y desplazando la otra por medio de un tornillo de modo que la terraja se afirma al diámetro de la rosca deseado.

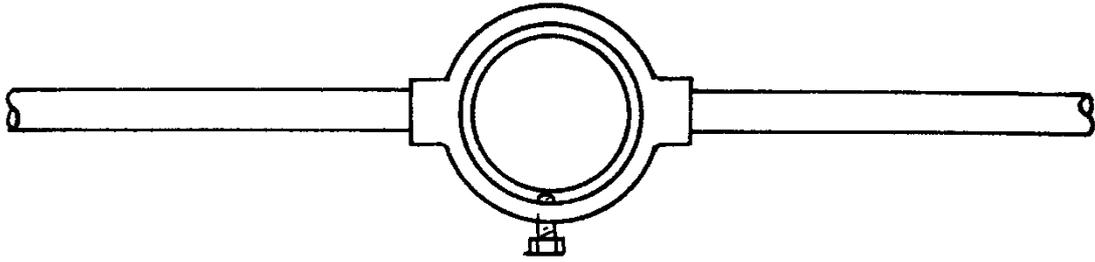


Fig. 3.48 Porta terrajas para terraja cilíndrica

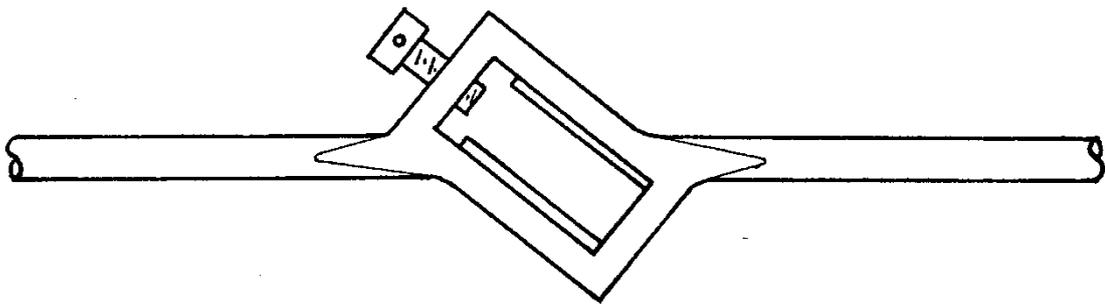


Fig. 3.49 Porta terrajas para terraja en mitades

3.15 TORNILLO DE BANCO

Es el aparato que sirve para sujetar las piezas que van a ser trabajadas a lima, sierra y cincel principalmente.

Va fijo a bancos o mesas por medio de tirafondos o tornillos. Existen distintos tipos como son: de guías rectas o redondas y de base fija o giratoria.

La fig.3.50 representa un tornillo de base fija y guías rectas compuesto por la base o cuerpo A, que es el que se fija al banco. Éste es hueco llevando dos correderas laterales y la tuerca central B, el cuerpo

móvil C hueco también y que lleva las guías D ajustadas a la corredera sobre la que se desplaza y que impiden su movimiento axial, el husillo E fijo axialmente al cuerpo C y que rosca en la tuerca B.

Cuando el husillo gira hacia la derecha por medio de la manilla G, el cuerpo móvil C se acerca al fijo A apretando la pieza, y cuando se gira hacia la izquierda se separa dejando libre la pieza.

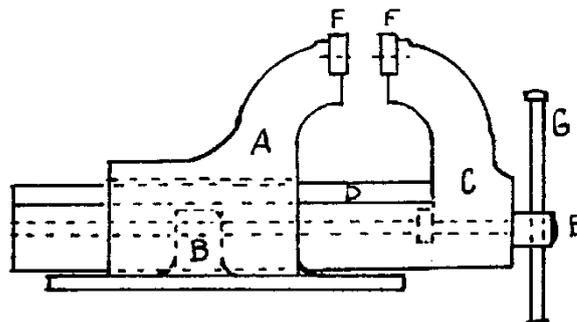


Fig. 3.50 Tornillo de base fija

Tanto el cuerpo fijo A como el móvil C llevan las mordazas postizas F que son de acero templado y que se hacen firmes por medio de tornillos de cabeza avellanada.

3.16 ENTENALLA O TORNILLO DE MANO

Aparato que sirve para sujetar piezas de pequeño tamaño, fig. 3.51. Está compuesto de dos cuerpos A y C unidos por el eje B. A fin de separar los cuerpos A y C lleva en un hueco de los mismos el muelle D.

La manera de operar con la entenalla es por medio de la palomilla que lleva el tornillo E, ya que apretándola junta las mordazas de los cuerpos A y C y por lo tanto sujeta la pieza interpuesta entre ellas, mientras que aflojándola la libera.

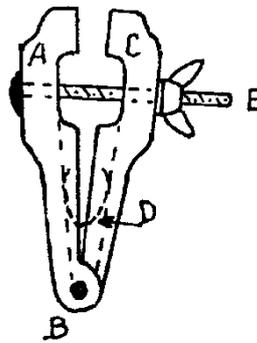


Fig. 3.51 Entenalla o tornillo de mano

3.17 ALICATES

Existen distintos tipos de estos elementos, ya que el mismo depende del trabajo que vaya a desarrollar. Así se tienen los de bocas planas y redondas, de puntas rectas y curvas, de posición fija y variable, etc.

La fig.3.52 representa un alicate universal, el cual es empleado para infinidad de trabajos como son de sujeción, de apriete, de corte, etc. Está constituido por dos cuerpos A y B unidos en el eje C. Cada uno de los cuerpos está formado por la mordaza D destinada a sujetar las piezas planas, la mordaza E que sirve para sujetar o apretar las piezas cilíndricas, la parte F es cortante ya que lleva los filos, los orificios G que también

actúan de cizalla para alambre, cortando ésta cuando se les cambia de posición actuando sobre los mangos H.

La fig.3.53 representa un alicate de puntas rectas y redondas empleado para abrir arandelas circlips exteriores.

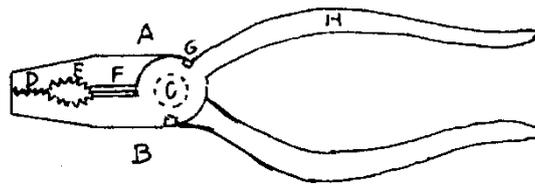


Fig. 3.52 Alicata universal

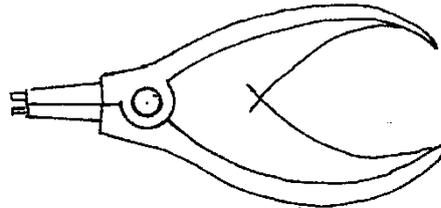


Fig. 3.53 Alicata de puntas

3.18 TENAZAS

Herramientas empleadas en diversos trabajos, existiendo un variado número de tipos, la fig.3.54 representa la tenaza de carpintero en la que su boca es cortante; es especial para arrancar clavos.

La fig.3.55 representa la tenaza de abertura múltiple de canales. Como su nombre indica, está diseñada para conseguir distintas aberturas de

boca, ya que uno de los cuerpos lleva unos canales circulares sobre los que ajusta un bulón que está acoplado en el otro cuerpo, de modo que según en el canal que se ponga tendrá la abertura que le corresponda, por lo que hace las funciones de llave ajustable, también conocida por llave inglesa. Este tipo de tenaza es muy empleada por los fontaneros.

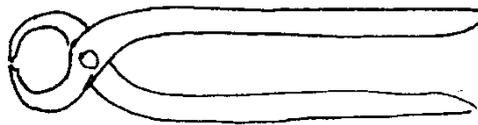


Fig. 3.54 Tenaza de carpintero



Fig. 3.55 Tenaza de abertura múltiple

3.19 GATOS

Elementos destinados a levantar pesos. Cuando éstos son pequeños se pueden emplear los gatos mecánicos, uno de los cuales está representado en la fig.3.56, el cual consta del soporte A que lleva los bulones B. En estos bulones van acoplados los brazos articulados C. Éstos por el otro extremo van acoplados a los bulones D. El de la izquierda hace de tuerca y se le

rosca el husillo E. De estos bulones D salen otros dos brazos F que a su vez van a los bulones del soporte G.

El funcionamiento es el siguiente: por medio de la barra H se hace girar el husillo E, de modo que si le giras en sentido de roscar acercas los bulones D, lo que origina que se distancien los soportes A-G, haciendo subir la pieza. Lo contrario sucederá si se desenrosca el husillo E.

El gato hidráulico es mucho más empleado que el mecánico, existiendo de distintos tamaños y adecuados para levantar desde pequeños pesos hasta varias toneladas. La fig.3.57 representa un gato hidráulico formado por el cuerpo A, el cual está mecanizado en su interior. Lleva el depósito de líquido B comunicado con la cámara V, en ésta se desplaza el émbolo D accionado por la palanca E. La cámara F que lleva el émbolo G se comunica con la C a través de la válvula de retención H. Para descomprimir la cámara F lleva la válvula de aguja I.

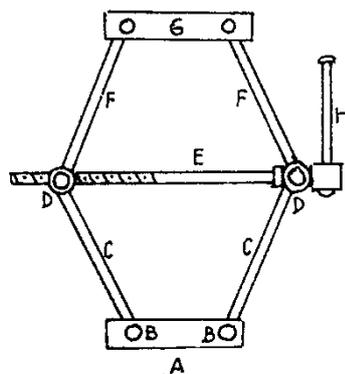


Fig. 3.56 Gato mecánico

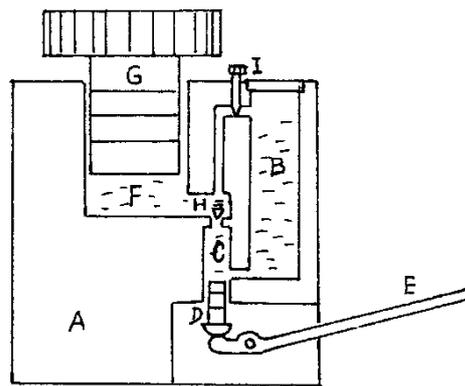


Fig. 3.57 Gato hidráulico

El funcionamiento es el siguiente: por medio de la palanca E se hace subir el émbolo D el cual desplaza el líquido que estaba en la cámara C a la cámara F. Como el coeficiente de compresión de los líquidos es casi nulo, éste hace que el líquido desplazado traslade al émbolo G hacia arriba subiendo la pieza que descansa en el mismo. Al bajar el émbolo D para dar la siguiente embolada, la válvula de retención H cierra el conducto, evitando que el líquido retorne a la cámara C. Repitiendo esta operación se consigue ir levantando paulatinamente el émbolo G hasta la posición deseada.

Para bajar el émbolo G, se hace necesario descomprimir la cámara F, lo cual se consigue abriendo la válvula I, retornando el líquido al depósito B.

3.20 SARGENTO

Útil empleado para sujetar piezas preferentemente de gran tamaño y muy usado por los carpinteros para encolar, fig.3.58. Se compone de mordaza A, fija a la pletina B sobre la cual se desplaza la mordaza móvil C. Ésta lleva el husillo de apretar D lo cual se hace con el mango E.

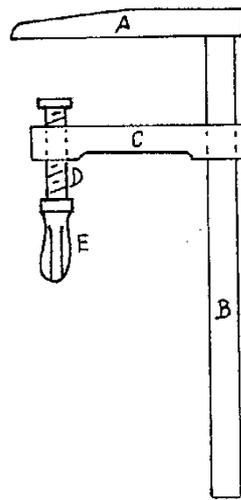


Fig. 3.58 Sargento

3.21 TIJERAS

Son los útiles empleados para cortar planchas metálicas de pequeño espesor, ya que son manejadas a mano.

La tijera de la fig.3.59, de corte recto, está constituida de dos cuchillas A que giran alrededor del eje B por la acción de la fuerza aplicada

en la palanca C, por lo que la tijera es considerada como palanca de primer género de modo que $P \times L = R \times l$.

Al comenzar a cortar la tijera, los filos ejercen presión sobre el material, penetrando en éste hasta que la deformación por desgarro provoca una tensión de tracción que produce finalmente la rotura. Esto hace que los materiales delgados den superficies de corte lisos, mientras que los gruesos los producen bastos.

Las cuchillas son ligeramente curvas a fin de que el filo toque solamente en el lugar de corte, con lo cual se consigue disminuir considerablemente el rozamiento. Los ángulos que se deben de dar a los filos dependen del material a cortar pero están comprendidos entre los siguientes valores, fig.3.60: ángulo de incidencia α de 1,5 a 3°, este hace disminuir el rozamiento de la cuchilla con la plancha; ángulo de filo β de 75° a 85° y ángulo de desprendimiento γ de unos 5°, con éste permite que el filo penetre con facilidad en la plancha.

La cizalla, al igual que la tijera, es un elemento de corte sin producción de viruta, es empleada para cortar chapas de gran espesor ya que dependen de la potencia de las mismas. Existen de distintos tipos y su corte depende del perfil de las cuchillas. La figura 3.61 representa una cizalla mecánica de corte recto.

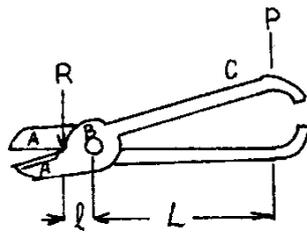


Fig. 3.59 Tijera de corte recto

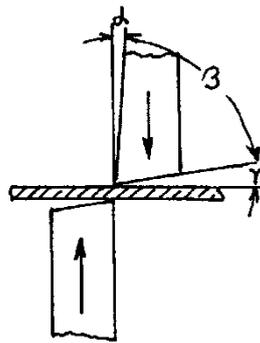


Fig. 3.60 Ángulos de una tijera

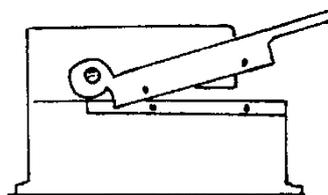


Fig. 3.61 Cizalla mecánica

3.22 LLAVES DE APRIETE

Son las herramientas empleadas para apretar o aflojar tuercas, tornillos, pernos, tubos, etc., son de acero forjado y templado.

La fig.3.62 representa una llave fija de una boca, la cual está compuesta por: el mango A que es donde se aplica la fuerza; la cabeza B que es la parte más ancha y gruesa ya que en ella va un vaciado, y la boca C que es la abertura donde se acopla la cabeza del tornillo o la tuerca. La dimensión de esta abertura tiene que ser la misma que la de las caras paralelas de la tuerca hexagonal y que suele venir grabada en el mango. Si existe gran holgura entre llave y tuerca, al realizar la fuerza de apriete, tiende a deformar las caras de la tuerca redondeando sus aristas, haciendo que la llave gire sobre la tuerca. por tal motivo a cada tuerca la corresponde su llave.

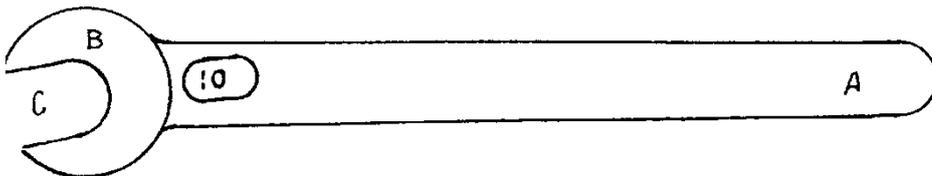


Fig. 3.62 Llave fija de una boca

Cuanto más abertura tenga la boca de la llave, tanto mayor será la longitud del mango, ya que tiene que estar acorde el brazo de palanca con el esfuerzo de apriete de la tuerca.

La boca forma un ángulo de 15° con el eje mango, lo cual facilita la maniobra de la llave cuando existe algún obstáculo que limite su giro de movimiento.

La fig.3.63 representa una llave fija plana, que se diferencia de la anterior en que lleva dos bocas en vez de una, que por ser de distinto tamaño las hacen ser más utilizadas.

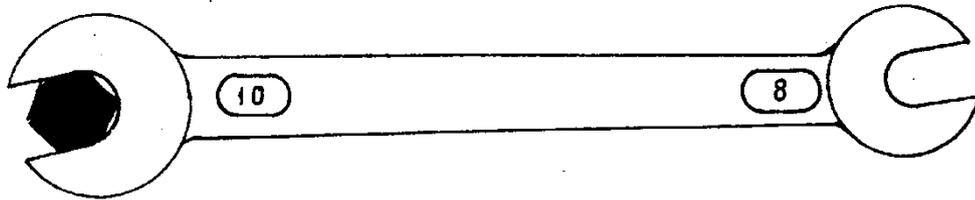


Fig. 3.63 Llave fija plana

La fig.3.64 es una llave fija de golpe de boca cerrada hexagonal. Es empleada en casos en los que se hace necesario realizar fuertes aprietes, lo cual se consigue aplicando golpes por medio de martillo o porra en el extremo del mango, para lo cual lleva aquí mayores dimensiones.

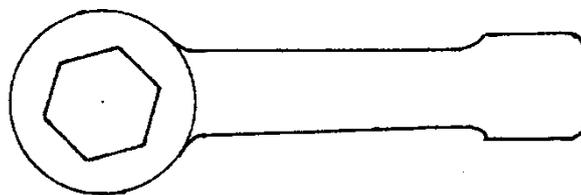


Fig. 3.64 Llave fija de golpe de boca cerrada hexagonal

La llave de estrella de golpe queda representada en la fig.3.65. Es parecida a la anterior, diferenciándose en la forma de la boca. Tiene la ventaja sobre

la hexagonal, que con ella se puede trabajar en lugares que limitan el ángulo de giro, teniendo en contrapartida el tener menor superficie de contacto con la tuerca.

La fig.3.66 es una llave de estrella de doble boca, siendo muy empleada para aprietes fuertes a mano. Al no ser plana la hace ser muy utilizada en aquellos lugares en que las tuercas se encuentran situadas en ligeras profundidades.



Fig. 3.65 Llave de golpe de estrella

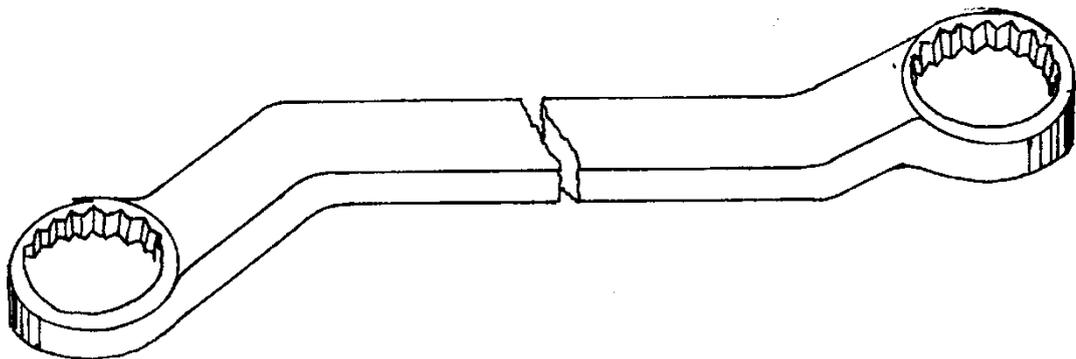


Fig. 3.66 Llave de estrella de doble boca

La llave de tubo de la fig.3.67 está formada por un tubo de forma especial en que el hueco interior de sus extremos es de forma hexagonal lo mismo que el centro exterior, además lleva dos orificios transversales para poder meter en ello una varilla y actuar en forma de palanca. También se puede emplear acoplando una llave en el centro. Este tipo de llave es propio de usarlas en espacios inaccesibles a las otras llaves.

La fig.3.68 representa a una llave de pipa, la cual en sus dos extremos lleva bocas hexagonales correspondientes a las tuercas y unidas por una palanca de forma acodada, lo cual las hace ser usadas en lugares en que las tuercas están empotradas.



Fig. 3.67 Llave de tubo

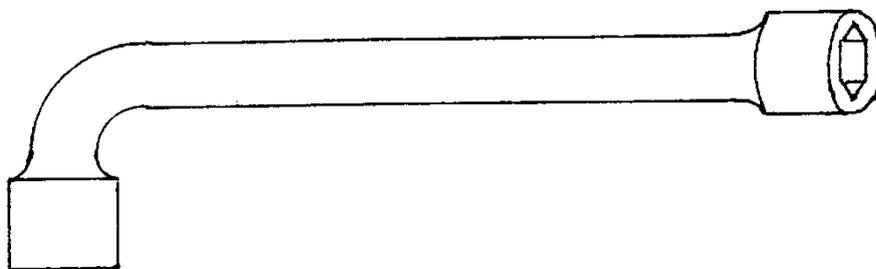


Fig. 3.68 Llave de pipa

La llave de vaso queda representada en la fig.3.69. Está formada por un tubo de pequeña longitud, en que una de las bocas lleva la forma hexagonal o de estrella que es donde se acopla la tuerca, mientras que la otra boca es de forma cuadrada, ya que en ella se aplica la espiga A del conductor de la palanca de la fig.3.70 el cual es corredizo.

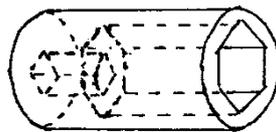


Fig. 3.69 Llave de vaso

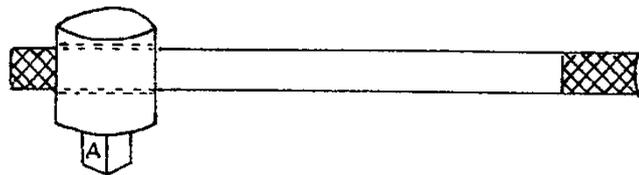


Fig. 3.70 Espiga A para llave de vaso

Existen también otros mangos de tipo de carraca reversible, los cuales tienen la ventaja de que no es necesario sacar la espiga del conductor para poder realizar la operación, ya que lleva una lengüeta que hace de trinquete la cual dobla cuando se desea girar para tomar otra posición y continuar con el apretado o aflojado del tornillo.

La llave Allen es empleada en tornillos especiales cuyas cabezas tienen un hueco hexagonal donde se la acopla. Estos tornillos, por lo general, suelen estar embutidos.

La llave allen está formada por una varilla acodada de forma hexagonal, según indica la fig.3.71

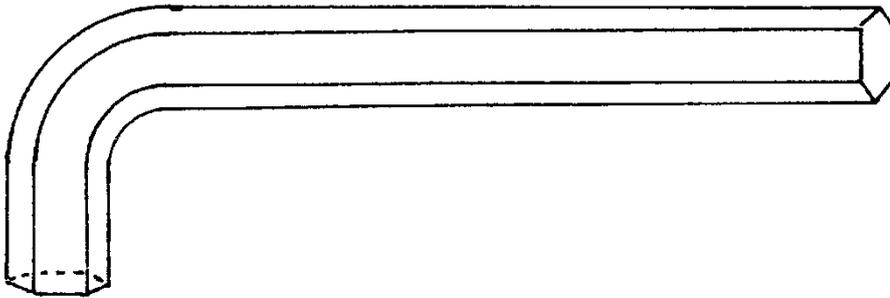


Fig. 3.71 Llave allen

Llave ajustable: estas llaves sustituyen con buen rendimiento a las de boca fija, pudiéndose con ellas ajustarse a diversas medidas. No están concebidas para ser empleadas en trabajos duros. La fig.3.72 representa una llave de estas características las cuales son conocidas vulgarmente como llaves inglesas, la abertura de boca se realiza por medio de un sinfín cremallera, estando ésta fija al labio A, mientras el B hace cuerpo con el mango C.

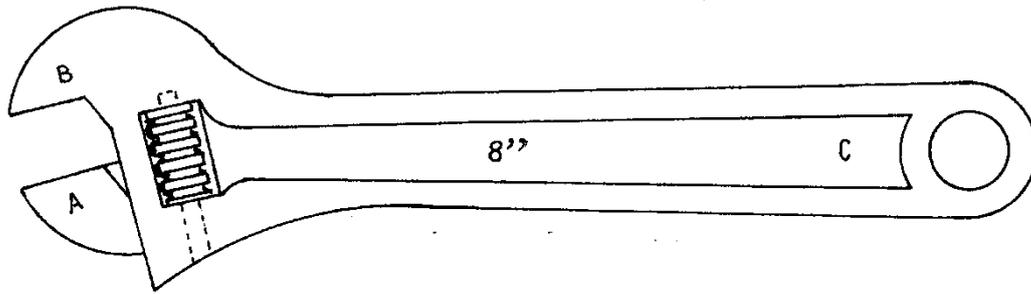


Fig. 3.72 Llave ajustable o inglesa

La fig.3.73 representa la llave ajustable para tubos o llave Stillson. La regulación se realiza por medio de tuerca con tornillo plano. Los labios son estriados y no paralelos, teniendo un pequeño giro sobre el bulón A, lo cual facilita el apriete de los labios, sobre el cuerpo cilíndrico, sujetándolo fuertemente.

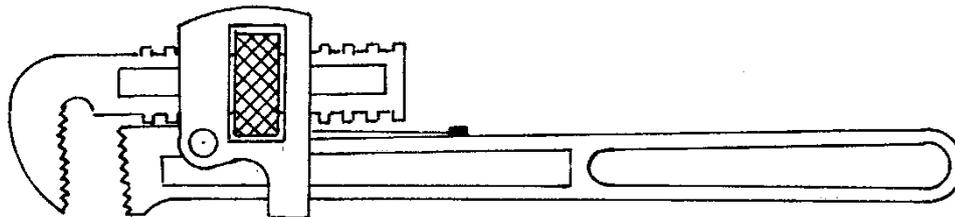


Fig. 3.73 Llave ajustable para tubos o Stillson

3.23 EXTRACTORES

Son aparatos empleados para sacar ruedas, poleas, mangones, engranes, etc., de los ejes. Existen distintos tipos, el de la fig.3.74 representa un extractor de dos patas, A, las cuales pueden trasladarse sobre el cuerpo B, de modo que de esta forma las patas se aproximan o alejan

según convenga. Así, le hace ser apto para ser usado en distintas medidas de ruedas. En el cuerpo B lleva el tornillo C que es el que ejerce la fuerza sobre el eje mientras que las uñas de las patas lo hacen sobre la rueda. Al acercarse el tornillo a las uñas obliga a desplazarse a la rueda sobre el eje de modo que lo saca del mismo.

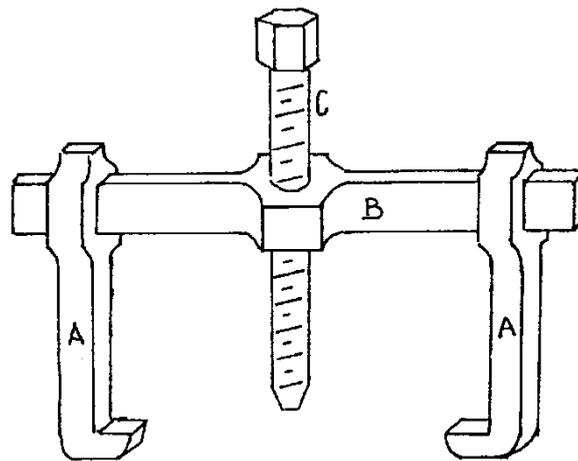


Fig. 3.74 Extractor de dos patas

En los extractores de tres patas, éstas son articuladas sobre ejes, de manera que las tres uñas actúan al mismo tiempo sobre la rueda, y por lo tanto tiene tres puntos de sujeción en vez de dos como el caso anterior.

TEMA 4

4.1 MATERIALES PARA HERRAMIENTAS DE CORTE

ACEROS AL CARBONO

El acero al carbono es una aleación de hierro y carbono por lo que son conocidos como aceros binarios, dependiendo sus propiedades del contenido de carbono que va del 0,1 al 1,7%, en ellos se prescinde de otros elementos que puedan alterar sus cualidades.

Según el porcentaje de carbono los aceros reciben el nombre de:

- a) Acero suave en carbono, tiene un contenido de éste hasta un 0,3%.
- b) Acero medio en carbono, comprendido entre el 0,3 y el 0,6% de carbono, contiene en el mismo a los aceros extra suaves y semiduros.
- c) Acero alto en carbono, el cual contiene de 0,6 a 1,7% de C., en este acero están comprendidos los aceros de herramientas de corte en los que con un contenido de 0,6 a 0,8% de C. son conocidos por aceros duros, entre el 0,8 y el 1,1% de C., por aceros muy duros y entre el 1,1 y 1,7% de C., por extra duros, siendo este acero el más empleado en herramientas que no vayan a trabajar con velocidades de corte elevadas ya que con temperaturas cercanas a los 250° C., pierden el filo. Se emplean siempre templados y revenidos adquiriendo una dureza de unos 472° Brinell.

Velocidad de corte máxima para un acero suave 5 m/min.

$$V_c = \frac{\pi x D x N}{1000}$$

donde:

D = diámetro en milímetros

N = r.p.m.

Tienen la ventaja estos aceros de ser más baratos que los aleados.

ACEROS RÁPIDOS

Son aceros especiales y su calificativo de rápidos se debe a que pueden soportar temperaturas de 600° C., sin perder el filo, con lo cual se consiguen velocidades de corte muy superiores a la de los aceros al carbono por lo que son muy empleados en herramientas de corte de arrancar viruta (cuchillas, fresas, etc.).

Los aceros aleados de estas herramientas llevan el wolframio y el cromo prevaleciendo sobre el molibdeno y el vanadio, y según sus porcentajes les hace variar su dureza y resistencia en el filo clasificándolos en semirrápidos, rápidos, y extrarrápidos, siendo la composición de los mismos la siguiente:

Acero semirrápido

$$12\% < W < 14\%$$

$$2\% < Cr < 3\%$$

$$C = 0,8\%$$

Aceros rápidos

$$W \cong 18\%$$

$$3\% < Cr < 6\%$$

$$0 < V < 1\%$$

$$C = 0,7\%$$

Acero extrarrápido

$$18\% < W < 19\%$$

$$4\% < Cr < 7\%$$

$$0\% < V < 1,8\%$$

$$C = 0,7\%$$

Acero extrarrápido con cobalto

$$17\% < W < 19\%$$

$$4\% < Co < 12\%$$

$$0,8\% < Mo < 1\%$$

$$0,75\% < C < 0,85\%$$

El wolframio es el principal elemento de los aceros rápidos empleados en las herramientas de corte, con él se aumenta la tenacidad (1),

la dureza (2) y la resistencia al calor produciendo al acero un grano fino que tiende a mantener afiladas las aristas de corte.

El cromo mejora la dureza y la resistencia y aumenta la estabilidad a elevadas temperaturas, además de favorecer la penetración del temple, éste se hace en estos aceros a unas temperaturas elevadas comprendidas entre los 1.200° y los 1350° C., y su revenido se realiza a unos 550° C.

Como ejemplo de las velocidades de corte alcanzadas por estos aceros, consideremos el torneado en seco de un acero suave con una cuchilla de acero al carbono, la velocidad máxima permisible alcanzar por esta herramienta es la de 5 m/min., mientras que en la del acero semirrápido sería de 10 m/min., en la del rápido llegaría a 15 m/min., y en extrarrápido subiría a los 40 m/min.

Estas velocidades pueden aumentarse hasta en un 40% empleando un refrigerante durante el torneado.

En general las características que podemos encontrar en las herramientas de acero rápido son:

1. Maquinabilidad. Es la facilidad de mecanizar. Esta propiedad es muy importante en la fabricación de las herramientas. El azufre facilita la maquinabilidad.

2. Dureza en caliente. Es la propiedad de resistir elevadas temperaturas en el filo. El cobalto mejora esta propiedad y le da a estos aceros mayor estabilidad térmica, de esta manera podremos trabajar con velocidades de corte mayores. Tiene el problema de que disminuye la tenacidad.

3. Tenacidad. Es el molibdeno el elemento que proporciona mayor tenacidad, como hemos dicho antes la mayor proporción de cobalto aumenta la fragilidad de la herramienta. Se usa el cobalto para las cuchillas de torno (puesto que su corte es continuo) y utilizaremos molibdeno para los aceros de brocas y fresas.

4. Resistencia a la abrasión. Es el vanadio el elemento que proporciona a los aceros la dureza y resistencia al desgaste, por esto todos los aceros rápidos tienen vanadio en mayor o menor cantidad.

5. Afilabilidad. El vanadio dificulta el afilado. El azufre mejora la afilabilidad.

ESTELITAS

Son aleaciones de cromo, cobalto y wolframio con porcentajes inferiores de hierro, carbono, silicio, manganeso, etc. Pertenecen a las

aleaciones que por lo general carecen de hierro, lo cual las hace inalterables a la corrosión, son muy duras y resistentes al desgaste, se emplean en herramientas que vayan a trabajar con velocidades de corte comprendidas entre los 50 y 60 m/min.

Se fabrican por fusión a más de 1.300° C y son insensibles a los tratamientos térmicos. Pueden soportar temperaturas de hasta 700° C sin perder el filo.

Presentan composiciones muy diversas correspondiendo una de ellas a la siguiente:

$$40\% < \text{Co} < 60\%$$

$$12\% < \text{W} < 25\%$$

$$14\% < \text{Cr} < 25\%$$

$$0 < \text{Mo} < 3\%$$

$$1\% < \text{Si} > 5\%$$

$$1\% < \text{C} > 4\%$$

A raíz de la aparición de los carburos metálicos han desaparecido casi completamente de los talleres

CARBUROS METÁLICOS

Fueron descubiertos por el Dr. Fry de la Krupp en 1927 y patentados bajo la denominación WIDIA (WI = como y DI = diamante). Se fabrican por sinterizado.

Para la obtención de los metales duros, se recurre a reducir a polvo al W, Mo y Ti, al igual que otros cuerpos que pueden actuar de aglutinantes y que puede ser el cromo, níquel y cobalto. A la mezcla pulverizada con la dosis adecuada, se la somete a una elevada presión con lo que se consigue un cuerpo sólido de bastante resistencia al que se le aplica una temperatura de unos 1.800° C., obteniéndose el metal duro deseado.

Entre los metales duros más conocidos y obtenidos por este sistema se encuentra la “Widia”, que es un conglomerado en el que su elemento principal es el wolframio y en menor porcentaje el carburo de molibdeno, a veces lleva también el titanio.

Con la widia, que tiene una dureza de unos 1.800° Brinell, se consigue tornear aceros suaves a velocidades de corte de 100 m/min. Los carburos metálicos sinterizados tienen 9,7 de dureza en la escala de Mohs (10 = diamante) que equivale a unos 2.000 Brinell o 90 HRC y su densidad es de unos 14.

Los metales duros empleados en las cuchillas de arrancar viruta son usados en forma de plaquitas que van soldadas al cuerpo de la herramienta. Debido a su gran dureza son muy frágiles a los golpes (sobre todo si contienen titanio) y se emplean en altas velocidades de corte ya que pueden alcanzar temperaturas de 900° C., sin pérdida de filo.

Hoy en día las plaquitas de metal duro se fabrican con recubrimiento y sin recubrimiento. Las plaquitas sin recubrimiento presentan las propiedades de tenacidad, resistencia al desgaste y a la deformación plástica en el carburo. En las plaquitas con recubrimiento, es éste el que nos da la resistencia al desgaste y la base del carburo nos da la tenacidad y resistencia al calor.

Los recubrimientos más utilizados son:

1. Al_2O_3 (óxido de aluminio). Permite mayores velocidades de corte gracias a su gran resistencia al desgaste.
2. TiN (nitruro de titanio). Dificulta la craterización que es un desgaste producido por altas temperaturas en el ángulo de desprendimiento. También reduce la fricción entre las virutas y el ángulo de desprendimiento.
3. TiC (carburo de titanio). Da altas resistencias al desgaste a bajas velocidades de corte y bajas temperaturas del filo de corte.

Se presentan en forma de PLAQUITAS que se sujetan a los mangos por soldadura o por procedimientos mecánicos.

Las normas ISO los han normalizado en tres grupos y se caracterizan por los siguientes colores y notaciones, tabla 4.1:

Azul :	P 01	P 10	P 20	P 30	P 40	P 50
Amarillo:	M 10	M 20	M 30	M 40		
Rojo:	K 01	K 10	K 20	K 30	K 40	

Si los leemos de derecha a izquierda presentan velocidad de corte creciente o aumento de la resistencia al desgaste. Si los leemos de izquierda a derecha presentan avances crecientes o son materiales de mayor tenacidad (resistencia del filo).

Los azules se utilizan para el mecanizado de materiales que dan virutas largas, los amarillos para materiales que dan virutas largas y cortas, y los rojos para materiales de viruta corta.

Gama de materiales	Operaciones de mecanizado		Requisitos de calidad
<p>P Acero, Acero fundido, Acero inoxidable, Fundición maleable de viruta larga.</p>	<p>01 05 10 15 20 25 30 35 40 45 50</p>	<p>Extremas exigencias de acabado superficial.</p> <p>Acabado a alta velocidad de corte.</p> <p>Operaciones de torneado de copia.</p> <p>Mecanizado en desbaste o con bajas velocidades de corte.</p> <p>Desbaste pesado y mecanizado discontinuo.</p>	<p>↑</p> <p>Resistencia al desgaste</p> <p>Tenacidad, resistencia del filo</p> <p>↓</p>
<p>M Acero, acero fundido, acero al manganeso, fundición aleada acero austenítico, fundiciones de acero, Fundición maleable, acero de fácil mecanización.</p>	<p>10 20 30 40</p>	<p>Acabado con altos datos de corte.</p> <p>Acabado con bajos datos de corte.</p> <p>Desbaste pesado y mecanizado discontinuo</p>	<p>↑</p> <p>Resistencia al desgaste</p> <p>Tenacidad, resistencia del filo</p> <p>↓</p>
<p>K Fundición, fundición en coquilla, fundición maleable de viruta corta, acero endurecido, metales no férreos, plásticos, madera.</p>	<p>01 05 10 15 20 25 30</p>	<p>Acabado, con alto acabado superficial.</p> <p>Semiacabado a desbaste ligero</p> <p>Desbaste pesado y mecanizado discontinuo.</p> <p>Mecanizado con bajos datos de corte.</p>	<p>↑</p> <p>Resistencia al desgaste</p> <p>Tenacidad, resistencia del filo</p> <p>↓</p>

Tabla 4.1 Normas ISO caracterización de plaquitas

DIAMANTES

Se emplean en forma de pequeñas plaquitas que se fijan al mango de la cuchilla. Generalmente su uso es en el mecanizado de materiales no férricos (materiales muy abrasivos, aluminio, baquelita, cobre, bronce, etc.). Su gran dureza les hace frágiles y no resisten los choques ni las vibraciones, por lo que se trabajan con grandes velocidades y suaves pasadas en mecanizado continuo, obteniéndose excelentes acabados del orden de 0,2 μm .

Las plaquitas de diamante no acaban en punta viva sino redondeada para disminuir el riesgo de rotura.

El diamante no admite ningún tipo de vibración, por ello, tanto los montajes de las plaquitas como las máquinas, deberán ser muy rígidos y robustos.

HERRAMIENTAS DE CERÁMICA

Están formadas por alúmina (óxido de aluminio) sintetizada con una pureza del 98% como mínimo, o bien, con otros elementos que pueden reducir la proporción de alúmina al 90%.

Su uso ha empezado a generalizarse en el año 1960.

Son materiales porosos que tienen una dureza superior a la de los carburos metálicos, con el inconveniente de que son muy frágiles. Esta

fragilidad hace que solo puedan ser utilizados para mecanizado continuo de materiales homogéneos y en máquinas muy potentes y rígidas.

Pueden trabajar a velocidades superiores a las de los carburos metálicos, del orden de 1,5 a 4 veces superiores, pues resisten temperaturas de 1.500° C sin desafilarse (a altas temperaturas apenas sufre variaciones en sus propiedades mecánicas).

Se presentan en forma de PLAQUITAS.

4.2 TRATAMIENTO TÉRMICO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE

Los tratamientos térmicos de los aceros son los procesos que se realizan en ellos para mejorar ciertas características por medio del calor.

En general el tratamiento térmico consiste en:

1) Calentar el acero hasta una cierta temperatura durante un tiempo determinado más o menos largo.

2) Mantener el acero en dicha temperatura durante un cierto tiempo.

3) Enfriar el acero según el modo conveniente al tratamiento a seguir.

Tres son las operaciones principales de los tratamientos térmicos de los aceros: temple, revenido y recocido, siendo las dos primeras las más empleadas en la preparación de las herramientas de corte.

TEMPLE

Es el tratamiento térmico con el cual se persigue el endurecimiento de los aceros aumentando al mismo tiempo su resistencia. Su proceso se realiza en tres fases que son:

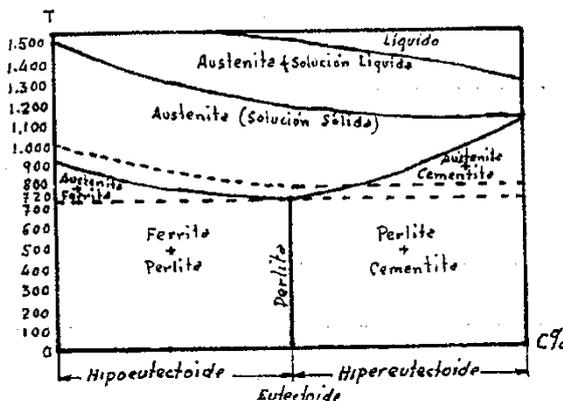


Fig. 4.1 Aceros hipereutectoides

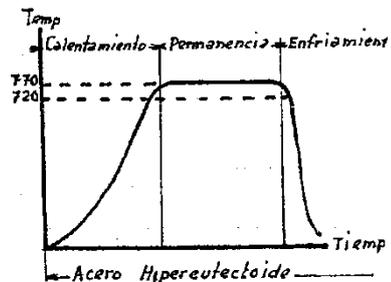


Fig. 4.2 Aceros hipereutectoides

1- Calentamiento hasta una temperatura ligeramente superior, en unos 50° C. a la crítica, que es de 720° C, para los aceros “Hipereutectoides”, los cuales son empleados en las herramientas de corte (figuras 4.1 y 4.2). Este calentamiento ha de procurarse que sea lo más uniforme posible y debe de llegar hasta el corazón de la pieza, para lo cual debe realizarse lentamente a fin de que

exista la menor diferencia de temperaturas entre el exterior y la periferia, ya que en caso contrario se puede crear fuertes tensiones internas que pueden dar lugar a grietas y roturas. Para evitar que las tensiones sean peligrosas, conviene que en la sección transversal o sea, en el espesor de la pieza, la diferencia de temperaturas entre un milímetro no sea superior a 1° C. Para conseguirlo, la duración del calentamiento desde la temperatura ambiente hasta los 770° C., debe de ser de un minuto por milímetro de diámetro y mejor aun de 2 minutos por mm.

El estado de las superficies del material tiene también gran influencia en la duración del calentamiento, existiendo por esta circunstancia diferencias notables. Así se tiene que, cuando se trata de superficies brillantes, la duración del calentamiento es unas dos o tres veces mayor que cuando se trata de superficies rugosas o oxidadas. Como el mayor crecimiento de los granos de la austenita tiene lugar entre los 850° C. y los 1000° C., se procurará no pasar de los 850° C., ya que tiende a producir un acero de bajas características.

2- Duración del calentamiento: para conseguir que toda la masa del acero esté formada por cristales de austenita hace falta que el

acero permanezca a la temperatura de tratamiento un cierto tiempo.

La duración del calentamiento depende la masa de la pieza, de la velocidad de calentamiento, de la clase de acero y del estado inicial y final del material.

El tiempo de mantenimiento del acero, a la temperatura de tratamiento, comienza cuando toda la pieza, incluyendo las zonas del interior ha alcanzado la temperatura de los 770° C. Aunque al rebasar el acero esta temperatura todo el carbono forma solución con la austenita, unas regiones de austenita pueden tener más carbono que otras. Entonces el porcentaje de carbono tiende a igualarse en toda la masa. Como la difusión del carbono es mucho más rápida a altas temperaturas, para reducirse el tiempo de calentamiento, podría efectuarse el tratamiento a temperaturas superiores a la crítica, pero como estos calentamientos dan lugar a un gran crecimiento de los cristales, generalmente se prefiere prolongar un poco su duración y efectuarlo a temperaturas relativamente bajas.

Si el calentamiento ha sido bastante rápido, el tiempo de permanencia deberá ser grande, en cambio, si la primera fase de calentamiento hasta alcanzar la temperatura conveniente ha sido larga, el

tiempo de permanencia será menor, ya que la penetración del calor habrá sido mejor y la última fase del calentamiento puede considerarse casi como parte de permanencia de la temperatura.

En general, para este tratamiento, el tiempo de permanencia oscila entre 1 y 2 minutos por milímetros de espesor. Para procesos de calentamiento, cuya duración es de 2 minutos por mm suelen utilizarse permanencias medias de 1 minutos por mm, y para procesos cuya duración es de 1 minuto por mm permanencias de 2 minutos por mm.

3- Enfriamiento: en los aceros hipereutectoides, el temple, se suele realizar con calentamientos de austenización incompleta, ya que la práctica ha demostrado que de esta forma se obtiene, en general, los mejores resultados. Cuando se calientan estos aceros, en la masa, hay austenita, una cantidad de cementita (figura 4.1) y carburos aleados y complejos sin disolver que, en el enfriamiento, dan martensita (de la austenita transformada), carburos y cementita (más dura que la martensita).

Si se deja enfriar el acero muy lentamente desde una temperatura superior a la crítica (770°C) la zona de transformación de la austenita, en

otros constituyentes, aparece a una temperatura próxima a los 723° C., y el acero queda blando.

Si se aumenta progresivamente la velocidad de enfriamiento, la temperatura 723° C., que señala la transformación de la austenita, aparece cada vez a temperatura más baja. Al aumentar la velocidad, también vemos que la estructura microscópica resultante va cambiando progresivamente. Cuando la velocidad es muy pequeña aparece perlita, cuando la velocidad de enfriamiento es mayor, aparece un nuevo constituyente denominado sorbita; al aumentar la velocidad aparece otro también duro llamado troostita, y se aumenta la velocidad entre los 0° y los 350° C., aparece la martensita que es la estructura típica de los aceros bien templados y que corresponde a un gran aumento de dureza.

La velocidad de enfriamiento de los aceros muy carburados y en los aleados es sensiblemente menor que en los aceros con bajo contenido de carbono. La velocidad de enfriamiento del acero con un contenido de C. del 0,9% llega a unos 100° C/seg., o sea, que el enfriamiento desde los 770 hasta los 200° C., debe durar unos 5 seg. Según cada clase de aceros debe elegirse el agente de enfriamiento, antiguamente el temple de los aceros se efectuaba siempre por enfriamiento rápido en agua; entonces se empleaban exclusivamente los aceros al carbono, con el inconveniente de que cuando

las piezas eran complicadas aparecían con frecuencia deformaciones y grietas, para evitar esto se recurrió al empleo de los aceites, aire a presión y petróleos ya que de ellos depende la velocidad de enfriamiento, por lo que es de suma importancia la elección del medio de enfriamiento. En general se templen en agua los aceros de bajo contenido en carbono y los de alto en aceites, ya que la acción más poderosa de enfriamiento la posee el agua de lluvia a 18 o 20° C., que se refuerza con adición de sal común.

El enfriamiento es la fase de los tratamientos térmicos que se le da más importancia, pudiéndose decir que la velocidad de enfriamiento es lo que caracteriza y diferencia los tratamientos térmicos de temple, revenido y recocido.

TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS ACEROS RÁPIDOS

Los tratamientos térmicos de estos aceros constan al igual que los ordinarios de tres operaciones como son: Calentamiento, mantenimiento a la temperatura y enfriamiento.

Tratándose del temple, el calentamiento debe ser lento al principio hasta sobrepasar unos 50° C. la temperatura de máxima fragilidad que en estos aceros viene a ser de 825°C., a fin de evitar diferencia de temperaturas entre la misma masa, el tiempo que se da es de 4 minutos por

1 m/m de espesor ya que son de mala conductibilidad calorífica, una vez sobrepasada la temperatura de fragilidad, se calentará rápidamente hasta unos 1.225 a 1.300° C. que es la temperatura del temple.

Los elementos de aleación hacen en general disminuir la velocidad crítica del temple, pudiendo algunos aceros aleados templarse al aire, a velocidades inferiores a 50° C/seg. Algunos aceros se enfrían en baño a temperaturas de 500 a 580° C., continuándose después de adquirida la temperatura del baño, el enfriamiento al aire. La ventaja principal del temple con baño caliente, es el desprendimiento uniforme del calor, que disminuye las tensiones de temperatura y evita las deformaciones y las grietas del temple.

4.3 MATERIALES USADOS PARA CONFORMAR POR ARRANQUE DE VIRUTA

La mayoría de los metales y de sus aleaciones son susceptibles de conformarse por arranque de viruta. A la conformación por arranque de viruta se la denomina mecanización. No todos los materiales presentan la misma facilidad para mecanizarse, por lo tanto tendremos materiales que se

mecanicen más fácilmente que otros. A la facilidad para mecanizar se le llama maquinabilidad.

La maquinabilidad se mide por medios experimentales valorándose las características siguientes:

- 1.- Duración del filo de la cuchilla.
- 2.- Velocidad de corte para determinado tiempo de duración del filo.
- 3.- Fuerza de corte.
- 4.- Características del trabajo de mecanizado.
- 5.- Temperatura que se alcanza en el mecanizado.
- 6.- Cantidad, forma y demás características de la viruta.

4.4 CARACTERÍSTICAS DE LA CUCHILLA ELEMENTAL. INFLUENCIA DE LA FORMA DE LA CUCHILLA ELEMENTAL EN SUS CONDICIONES DE TRABAJO

Antiguamente las cuchillas eran construidas por medio de forja, en la actualidad, son hechas de barras de forma cuadrada o rectangular en que en uno de sus extremos se le da la forma adecuada por medio de máquinas rectificadoras. Este extremo recibe el nombre de punta o cabeza de cuchilla mientras el resto es el mango, que sirve para sujetarlo al porta cuchillas de la máquina.

Esta clase de cuchillas son de tipo monocortante, teniendo la cabeza uno o dos filos, siendo el filo principal el que corta la viruta a favor del avance mientras que el otro, si lo lleva, recibe el nombre de filo secundario.

Una cuchilla elemental está representada en las figuras 4.3, 4.4 y 4.5, en la que hay que distinguir los siguientes ángulos:

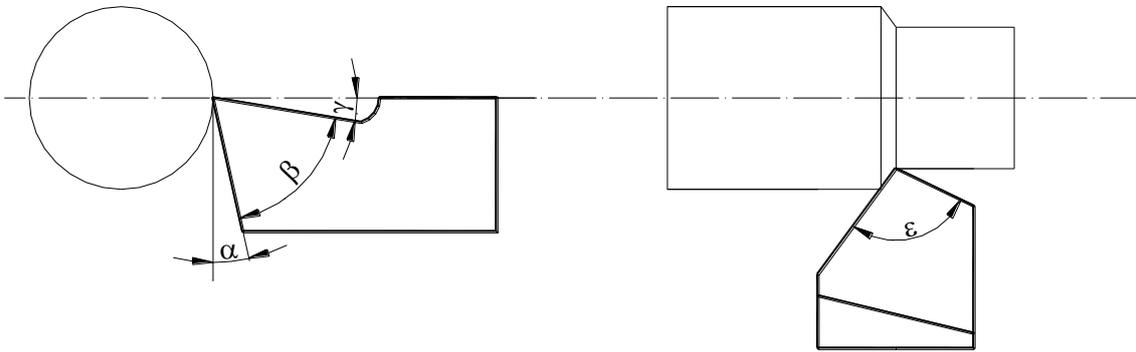


Fig. 4.3 Cuchilla elemental

Fig. 4.4 Ángulo de punta

α = Ángulo de incidencia: Es el formado por la superficie de incidencia con la superficie trabajada, o con la tangente si ésta fuera curva. Tiene por objeto el que la herramienta no roce con la pieza y facilitar la penetración de la cuchilla, depende algo del diámetro de la pieza. Si se afilase la herramienta a escuadra, sin ángulo de incidencia no cortaría, ya que el material torneado rozaría sobre la herramienta precisamente debajo del corte. Si el ángulo de

incidencia es demasiado grande el filo de la cuchilla, al no tener suficiente material para soportar las fuerzas de corte, quedará muy frágil. El ángulo de incidencia es necesario para eliminar esta interferencia y debe ser menor para diámetros pequeños que para grandes.

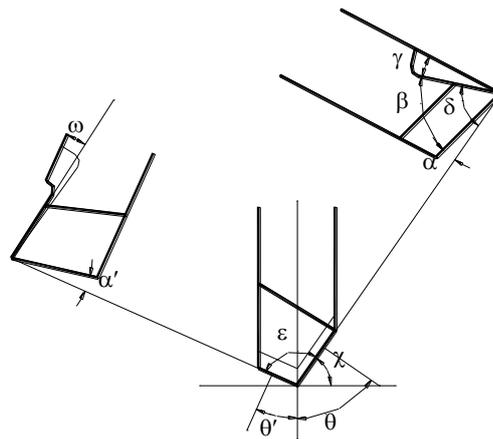


Fig. 4.5 Vistas de ángulos de cuchilla

β = Ángulo de filo de corte o del útil: Es el ángulo formado por la superficie de incidencia con la de desprendimiento. Tiene que ser lo suficientemente dimensionado para soportar los esfuerzos de corte que se producen durante la mecanización y, por tanto, será mayor cuanto más duro sea el material.

γ = Ángulo de ataque, desprendimiento: Se le llama al ángulo que forma la superficie de desprendimiento con el plano horizontal que pasa por el filo de corte. Su valor será pequeño cuando se mecaniza un material duro y agrio, mientras que para materiales blandos y tenaces será grande.

El ángulo de desprendimiento depende de:

a.- La resistencia del material de la herramienta.

Las fuerzas de reacción del material que se está mecanizando actúan en una zona que depende del ángulo de desprendimiento. A valores más pequeños de γ las fuerzas de reacción actuarán más lejos del filo de la cuchilla, por lo tanto cuanto más lejos del filo esté esta zona, mayor será la sección de la herramienta que resiste a estas fuerzas. Cuanto menos resistente sea el material de la cuchilla menor tendrá que ser el ángulo de desprendimiento.

b.- El material a mecanizar.

Cuanto más duro sea el material a mecanizar mayor será la fuerza de corte, por ello la sección de la cuchilla tendrá que ser mayor a fin de resistir los esfuerzos. Tendremos por tanto que disminuir el ángulo de desprendimiento.

Tenemos dos excepciones:

- 1- Cuando se mecaniza bronce se utiliza ángulo de desprendimiento que es casi 0 para impedir que las cuchillas se claven en el material.
- 2- Cuando mecanizamos fundición de hierro, acero inoxidable, aceros rápidos recocidos y aceros aleados con mucha resistencia deberemos usar ángulos de desprendimiento más pequeños de los que teóricamente tendríamos que usar. El motivo es que la zona en la cual la viruta hace la presión está más cerca del filo en todos estos materiales, por lo tanto tendremos que usar ángulos de desprendimiento más pequeños con el fin de alejar del filo estos esfuerzos.

c.- El avance de trabajo.

Cuanto mayor sea el avance menor tendrá que ser el ángulo de desprendimiento para hacer frente a las fuerzas de corte, que serán mayores cuanto mayor sea el avance.

Cuando se probaron las herramientas de carburos metálicos no dieron los rendimientos que de ellas se esperaban ya que eran demasiado frágiles y rompían su filo cuando se las hacía trabajar con grandes avances. Este problema se solucionó poniendo ángulos de desprendimiento negativos, pues de esta manera las fuerzas actúan solamente a compresión sobre la herramienta.

La suma de estos ángulos vale: $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$

α_1 = Ángulo de incidencia secundario, si la cuchilla es de plaquita tendremos que afilar el portacuchillas con un ángulo α_1 que suele ser unos 2° más que α .

δ = Ángulo de corte es el ángulo formado por la superficie de desprendimiento y el plano perpendicular al plano que pasa por el filo de la cuchilla

$$\delta = \alpha + \beta$$

α' = Ángulo de incidencia del contrafilo. Si la cuchilla acaba en punta tendremos dos aristas una será la arista de corte o corte principal y la otra la llamaremos contrafilo o corte secundario. El ángulo de incidencia del contrafilo será pues el que forma la superficie de incidencia secundaria y el plano perpendicular al plano que pasa por el contrafilo.

θ = Ángulo de oblicuidad del plano principal. Está formado por la perpendicular al filo principal y la prolongación del eje de la cuchilla que pasa por el filo de la herramienta.

Este ángulo depende de:

a.- La iniciación del trabajo. Este ángulo depende de la posición de la cuchilla, por lo tanto según inclinemos esta el ángulo variará. Este ángulo variará ente 0° (cuchilla de refrentar) y 90° (cuchilla de cilindrar pura), cuando iniciamos un trabajo nos podremos encontrar con que la capa exterior del material a mecanizar tiene calamina y óxidos que son más duros que las capas interiores de la pieza a mecanizar, por lo tanto inclinaremos la cuchilla para que este ángulo se encuentre entre 0° y 90°. De tal manera que la sección más resistente de la cuchilla se encuentre con el material más duro y la punta de la cuchilla arrancará la parte interior del material que es más blando, dejándolo además con u mejor acabado.

b.- El espesor y la anchura de la viruta.

Si nosotros cambiamos el ángulo de oblicuidad conseguiremos que con el mismo avance varíe la sección de la viruta, esta variará según la siguiente fórmula:

$$\text{Espesor de viruta} = \text{Avance} \times \text{sen } \theta$$

Obviamente también variamos la anchura de la viruta:

$$\text{Anchura de viruta} = \frac{\text{Profundidad}(p)}{\text{sen } \theta}$$

Una cuestión muy importante es la siguiente, sabemos que cuanto mayor es el avance mayor es la fuerza de corte y por lo tanto la reacción del material mecanizado sobre la herramienta.

$$F = q_s \cdot S = q_s \cdot a \cdot p \quad (2)$$

Donde F es la fuerza de corte

q_s es la fuerza específica de corte

S es la sección de la viruta

a es el avance

p es la profundidad de pasada

Si tenemos que mecanizar materiales muy duros tendremos que usar avances muy pequeños, pero así el material mecanizado será muy poco ya que la sección de la viruta será pequeña. Lo que se hace es aumentar la anchura de la viruta utilizando cuchillas con filo de oblicuidad muy pequeño (figura 4.6) o variando la inclinación de las cuchillas de manera que este filo sea pequeño.

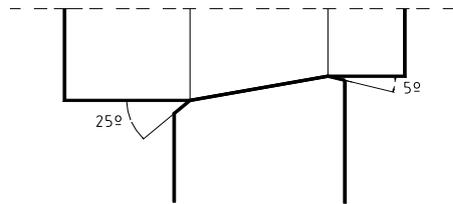


Fig. 4.6 Cuchilla de oblicuidad de filo pequeño

θ' = Ángulo de oblicuidad del contrafilo (figura 4.7). Está formado por la perpendicular al contrafilo y la prolongación del eje de la cuchilla que pasa por el filo de la herramienta.

El ángulo de oblicuidad del contrafilo debe ser de unos 5° así aseguramos la duración de la cuchilla

ε = Ángulo de la punta. Es el ángulo formado por el filo y el contrafilo, figura 4.4.

λ = Ángulo de inclinación longitudinal. Es el ángulo que forman la superficie de desprendimiento y el plano paralelo al que pasa por la base de la herramienta.

Este ángulo tiene influencia en:

a.- La dirección de salida de la viruta.

Si el ángulo es positivo la viruta saldrá en dirección contraria a la pieza, si es negativo esta saldrá hacia la pieza y si es nulo saldrá paralela al eje de la pieza.

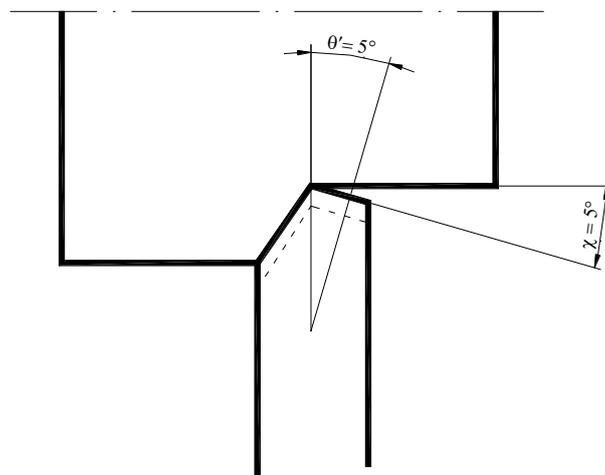


Fig. 4.7 Ángulo de oblicuidad del contrafilo

b.- La consecución de las medidas deseadas.

Si el ángulo es positivo la punta de la cuchilla tiende a clavarse en la pieza, acercando la pieza hacia sí. Si estamos trabajando sobre un eje largo y flexible y sin luneta, el diámetro del torneado será menor en el extremo.

Si el ángulo es negativo ocurrirá lo contrario.

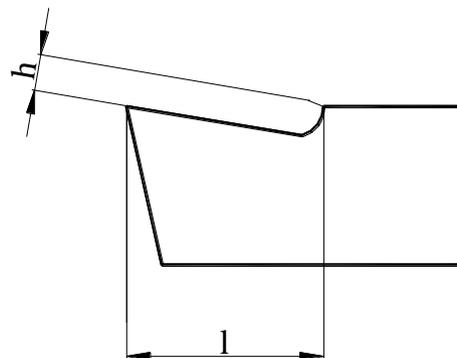
c.- Los esfuerzos sobre la punta de la cuchilla.

Si el ángulo es negativo estas fuerzas serán de compresión hacia el filo, si por el contrario este es positivo la punta trabajará por flexión

ω = Ángulo de inclinación del filo es el ángulo que forman el filo principal y el plano de la base de la herramienta.

χ = Ángulo de posición o de ataque del filo principal. Está formado por el filo principal y la superficie que estamos mecanizando o con el eje de rotación en el caso de ser esta cilíndrica.

Otra parte importante de las cuchillas es el rompevirutas, este consiste en hacer en la cuchilla un resalte para obligar a la viruta enrollarse a medida que se produce haciendo que esta se parta.



Profundidad de corte en mm.	Altura h. En mm.	Longitud l en mm. para avances de				
		0,30	0,45	0,60	0,70	0,80
0,40 a 1,20	0,5	1,6	2	2,4	2,8	3,2
1,60 a 6	0,5	2,4	3,2	4	2,4	4,8
8 a 13	0,5	3,2	4	4,8	5,2	5,6
14 a 19	0,5	4	4,8	5,6	6	6,3

Fig. 4.8 Dimensiones orientativas de los rompevirutas

Como hemos descrito antes, los valores de los ángulos de la cuchilla dependen de:

- 1) De la calidad de la herramienta.
- 2) De la calidad de la pieza.
- 3) Del trabajo a realizar.
- 4) Del medio en el que se realiza el trabajo (sí utilizamos algún método refrigerante).

La tabla 4.2 indica los valores de estos ángulos para las siguientes herramientas y piezas a mecanizar.

Cuchilla de acero rápido			Material	Cuchilla de metal duro		
α	β	γ		α	β	γ
			Agrio, muy duro; acero templado hasta resistencia de 180 kg/mm ² .	4°	86°	-4°
6°	84°	0°	Fundición dura, latón y bronce.	5°	85°	0°
8°	74°	8°	Acero al carbono y acero fundido con resistencia 70 kg/mm ² , fundición gris, azófares(bronces de zinc, etc.).	5°	80°	5°
8°	68°	14°	Acero al carbono y acero fundido con resistencia de 50 a 70 kg/mm ² , fundición corriente.	5°	75°	10°
8°	62°	20°	Acero al carbono y acero fundido con resistencia de 34 a 50 kg/mm ² , fundición corriente.	5°	70°	15°
8°	55°	27°	Acero blando tenaz, bronce blando.	5°	65°	20°
10°	40°	40°	Metales blandos, aluminio puro.	6°	50°	34°

Tabla 4.2 Valores de ángulos de cuchilla

4.5 CLASES DE CUCHILLAS

Para distinguir las cuchillas entre sí, se les da diversas denominaciones que dependen.

- 1) De la forma de la punta: La cual puede ser de uña, de corte, de pasada, etc.

- 2) De la forma del mango: El cual puede ser recto, de cuello, acodado, etc.
- 3) De la posición del filo de corte respecto al eje del mango: El filo cortante se puede encontrar a la derecha, izquierda, o en simetría, teniendo presente de considerar la herramienta por la punta. La regla para distinguir la dirección de corte de la cuchilla, consiste en colocar el útil de la punta hacia uno mismo, horizontal y con la cara hacia arriba, se dice que la cuchilla es a derecha si el corte principal cae del lado derecho, mientras si el corte principal cae a la izquierda la cuchilla se denominara izquierda o cuchilla izquierda.
- 4) Del grado de trabajo de la superficie que la herramienta debe realizar, la cual puede ser desbastada o acabada.

En la figura 4.9 se representan algunas de las cuchillas utilizadas en las operaciones de torno y que sirven para realizar los siguientes trabajos.

- 1) Cuchilla desbaste recta de corte izquierdo.
- 2) Cuchilla desbaste recta de corte derecho.
- 3) Cuchilla desbaste interiores para agujeros pasantes.
- 4) Cuchilla desbaste interiores para agujeros ciegos.
- 5) Cuchilla de afinar.
- 6) Cuchilla para rosca triangular.

7) Cuchilla para rosca trapezoidal.

8) Cuchilla de tronzar; esta cuchilla de la cual tiene tres vista, corta mejor si la cara de salida o superficie de desprendimiento se rectifica con una concavidad detrás del filo, así la viruta va rizándose a medida que sale de la pieza. Para evitar que la cuchilla roce con la pieza, aquella se estrecha en su cabeza de delante hacia atrás y de arriba abajo.

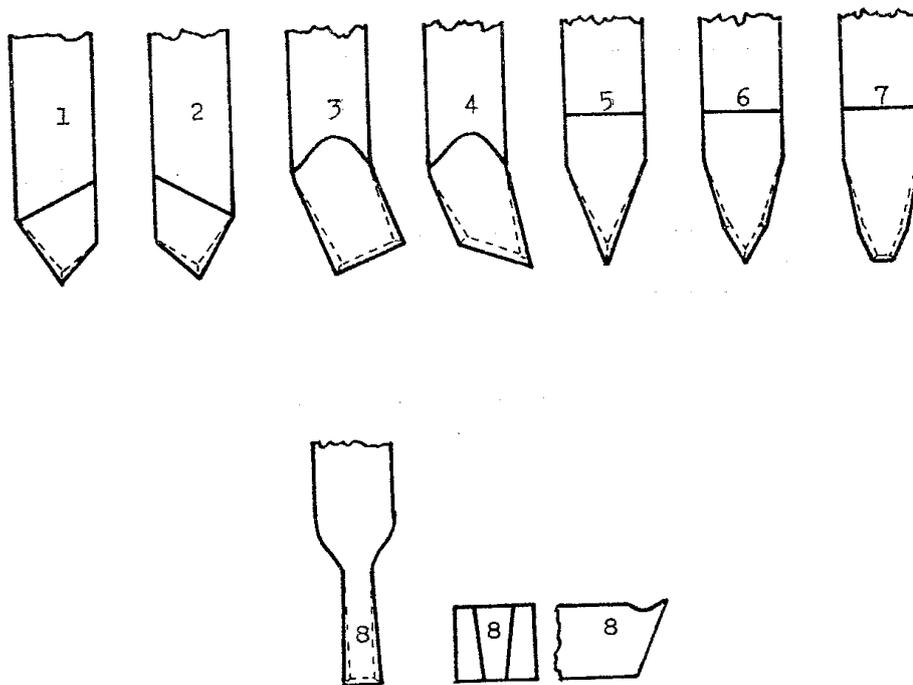


Fig.4.9Cuchillas utilizadas en el torno

En trabajos de grandes producciones, se emplean cuchillas de carburos metálicos (widia, carburo de tungsteno) con las cuales se obtienen grandes velocidades de corte. Están formadas por una plaquita de estos

metales y que son los que forman la cabeza, van soldadas al cuerpo con cobre o latón y otras veces amordazadas por medio de tornillos (figura 4.10).



Fig. 4.10 Cuchilla de carburo metálico

4.6 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS PLAQUITAS

ÁNGULOS DE LAS PLAQUITAS (fig.4.11)

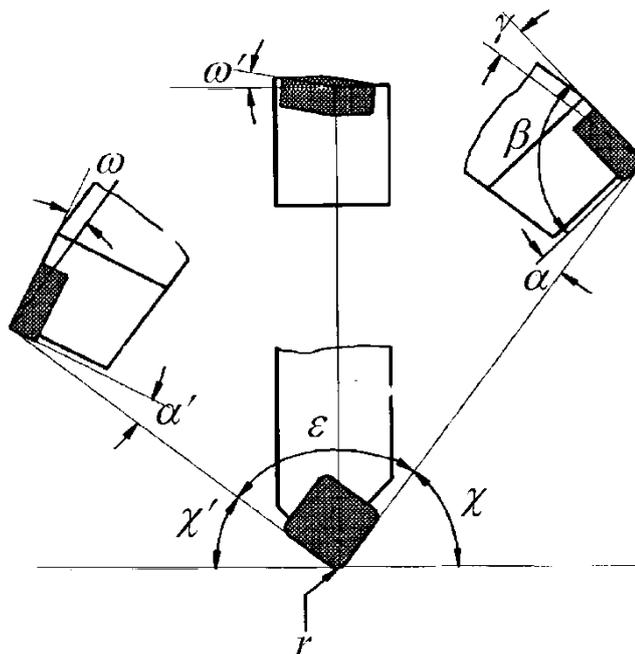


Fig.4.11 Ángulos de las plaquitas

α = Ángulo de incidencia

β = Ángulo de filo

γ = Ángulo de desprendimiento

ω = Ángulo de inclinación del filo

ω' = Ángulo de inclinación del filo lateral

ε = Ángulo de la punta.

χ = Ángulo de posición o de ataque del filo principal.

r = Radio de la punta de la plaquita. Se debe elegir siempre el mayor radio de la punta posible, permitiéndonos esto un mayor avance y el filo de corte será más resistente. Si aparecen vibraciones elegiremos un radio menor.

SISTEMAS DE SUJECCIÓN DE LAS PLAQUITAS

El código I.S.O. acredita cuatro sistemas de fijación de las plaquetas, aunque nos podemos encontrar más sistemas desarrollados por los fabricantes de herramientas.

Sistema P (fig4.12)

Se trata de una fijación por pasador.

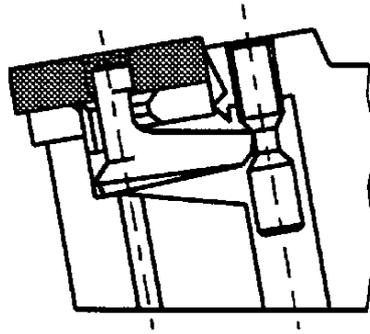


Fig. 4.12 Sistema P

La plaquita se sujeta por medio de una palanca que al apretar el tornillo bascula. El tornillo al bascular presiona a la plaquita desde su agujero hacia los dos lados del portaplaquetas.

Ventajas:

- Gran estabilidad.
- Exactitud de posición.
- No interfiere en la salida de la viruta.
- Cambio de plaquita rápido y fácil.
- Podemos poner las plaquetas siempre en el mismo lugar y posición.

Aplicaciones:

- Cualquier tipo de mecanizados.

Sistema M (fig4.13)

Se trata de una fijación mediante una brida en la zona superior y una palanca.

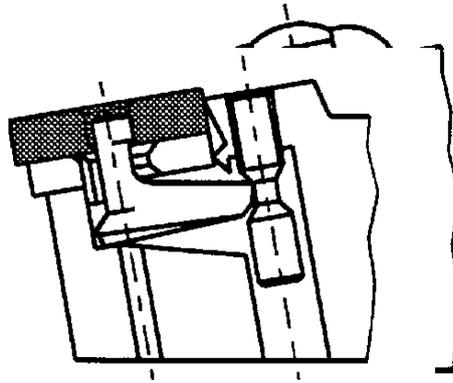


Fig. 4.13 Sistema M

La brida que se encuentra en la parte superior, empuja hacia abajo a la plaquita y a la vez la presiona contra el pasador que es fijo.

Ventajas:

- Mayor estabilidad en los seguimientos de perfil.

Aplicaciones:

- Como en el sistema P.

Sistema C (fig.4.14)

Se trata de un sistema de fijación mediante una brida en la zona superior.

Ventajas:

- Se pueden conseguir mecanizados de gran precisión.

Aplicaciones:

- Operaciones de acabado.

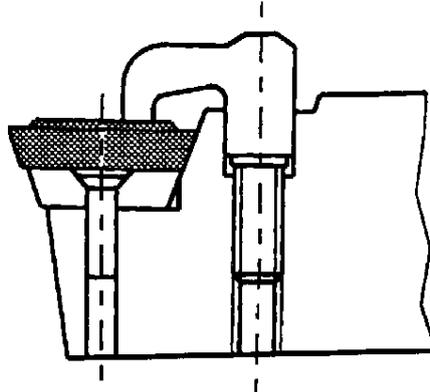


Fig. 4.14 Sistema C

Sistema S (fig4.15)

Se trata de un sistema de fijación mediante un tornillo.

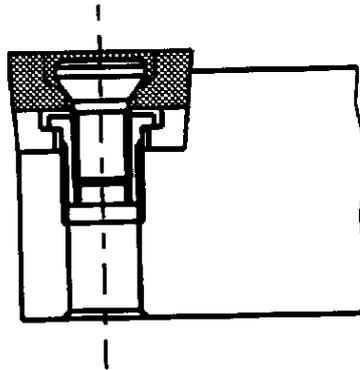


Fig. 4.15 Sistema S

La plaquita se sujeta mediante un tornillo que pasa por el agujero que esta tiene en el centro.

Ventajas:

- La fijación es segura.

- La viruta sale sin problemas.
- Ocupa poco espacio.
- Podemos poner las plaquitas siempre en el mismo lugar y posición.

Aplicaciones:

- Mecanizados interiores de pequeños diámetros.
- Mecanizado de piezas pequeñas.

4.7 DESPRENDIMIENTO DE LA VIRUTA

Las etapas en la formación de la viruta son las siguientes:

- 1- **Recalcado**(3) del material ante el filo del útil.
- 2- **Nacimiento de una ligera grieta** (siempre que la velocidad de corte no sea excesiva).
- 3- **Cizallamiento** de una viruta elemental.
- 4- **Resbalamiento**, hacia arriba de la viruta elemental, sobre la superficie de ataque.
- 5- **Deslizamiento** del conjunto de la viruta.

De acuerdo con lo anterior se pueden establecer tres clases de viruta:

Viruta continua o plástica. Propia de materiales tenaces, de gran plasticidad, y con grandes velocidades de corte. Se opera con un ángulo de ataque, grande ($\gamma \approx 30^\circ$) y de filo, β , pequeño.

Viruta cortada. Propia de materiales plásticos, con poca resistencia al corte, y operando con velocidades de corte pequeñas. El ángulo β es mayor y γ es menor que en el caso anterior.

Viruta arrancada. Propia de materiales frágiles (bronce, fundición, etc.). El valor del ángulo γ es muy pequeño (0° a 10°) y el β es mayor que en los casos anteriores.

El aumento de temperatura para cada tipo de viruta es el siguiente:

Viruta continua: unos 20°C .

Viruta cortada: unos 60°C .

Viruta arrancada: unos 140°C .

4.8 FACTORES QUE DEFINEN EL TRABAJO CON EL TORNO

VELOCIDAD DE CORTE DEL TORNO (V_c)

Es el número de metros de material que es cortado por la cuchilla en la unidad de tiempo.

La velocidad de corte se expresa en metros por minuto y se determina por la siguiente fórmula: siendo D el diámetro en mm y N el número de revoluciones por minuto.

$$(1) \quad V_c = \frac{\pi DN}{1000}$$

VELOCIDAD DE AVANCE (a)

Es la velocidad en mm, según la cual la cuchilla se traslada respecto a la pieza arrancando una nueva porción de material de ésta, se expresa en milímetros vuelta de pieza.

PROFUNDIDAD DE PASADA (p)

Es el desplazamiento perpendicular de la cuchilla con respecto al eje de giro del torno, se expresa en milímetros vuelta de la pieza.

SECCIÓN DE VIRUTA (S)

Se determina por el producto del avance por la profundidad y se expresa en mm²

$$S = a \cdot p$$

FUERZA DE CORTE

Es la fuerza que pone la cuchilla para arrancar el material mecanizado. En ella intervienen varios factores y su cálculo es aproximado

pero necesario para determinar la potencia de la máquina, las dimensiones de las cuchillas, portacuchillas y elementos que accionan éstas.

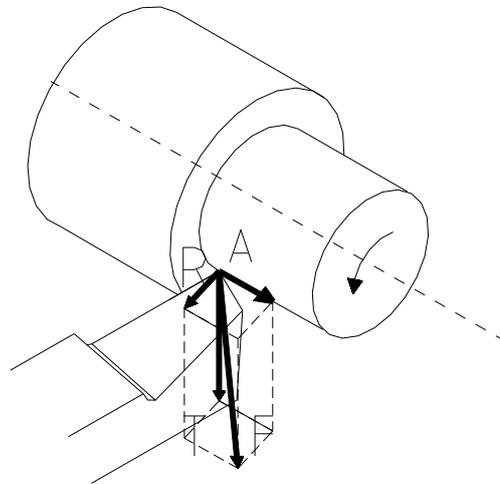


Fig. 4.16 Fuerzas de corte

La fuerza de corte es ligeramente superior y de sentido contrario a la de reacción del material sobre la cuchilla, esta fuerza de reacción se considera a la resultante de tres componentes, que son las que se oponen a que penetre la cuchilla sobre la pieza y que lo hacen en tres direcciones.

En la figura 4.16 están representadas estas fuerzas, siendo la F la resultante de todas ellas y es la que se conoce como la fuerza de corte.

La componente R es la radial, o sea, la que se opone a que la cuchilla penetre en profundidad, su conocimiento interesa principalmente para el cálculo de la herramienta, pues apenas intervienen para el de la potencia.

La componente A, es la de dirección axial, o sea, la reacción del material al avance de la cuchilla, absorbe poca potencia ya que su velocidad es pequeña si se la compara con la de la pieza.

La componente T, es la de dirección tangencial y representativa de la resistencia que opone el material a ser cortado cuando gira la pieza, esta fuerza es la que absorbe más potencia.

La determinación de estas componentes se realiza experimentalmente con aparatos de medidas especiales acoplados en las cuchillas, los cuales calculan los valores correspondientes, siendo el de fuerza T el más importante. Estos datos han servido para valorar la fuerza total de corte, la cual queda expresada de la siguiente forma:

$$F = q_s \cdot S = q_s \cdot a \cdot p \quad (2)$$

Conociéndose la q_s como un coeficiente al que se ha denominado “FUERZA ESPECÍFICA DE CORTE” o “ESFUERZO UNITARIO DE DESGARRO”, que puede considerarse como la fuerza de corte por unidad de sección de viruta cortada.

Esta fuerza específica de corte depende de los siguientes factores:

- 1) Del material cortado, en el acero viene a estar comprendido entre los $2,5q_r \leq q_s \leq 3,5q_r$. (q_r = resistencia a la tracción, caga de rotura por Tr)

- 2) De la sección de viruta cortada, en general disminuye cuando la sección aumenta.
- 3) Del ángulo de corte de la herramienta, cuanto menor es el ángulo de desprendimiento mayor es la fuerza de corte.

La velocidad de corte también influye algo en la fuerza específica de corte pero no en gran valor.

El esfuerzo T de las componentes es complejo y se forma:

- 1) Un esfuerzo de cizalla para separarla viruta de la pieza de que procede.
- 2) Un esfuerzo de flexión necesario para doblar la viruta haciéndola adaptarse a la herramienta.
- 3) Un esfuerzo de rozamiento necesario para hacer deslizarse la viruta respecto a la herramienta.

La carga unitaria de arrancamiento q_s , puede obtenerse en función de la rotura por tracción y varía con la cantidad de material disminuyendo al crecer la sección de viruta. Estos valores vienen dados en tablas y como orientación puede servir los siguientes valores:

Fundición	$4q_r \leq q_s \leq 6q_r$
-----------	---------------------------

Acero	$2,5q_r \leq q_s \leq 3,5q_r$
-------	-------------------------------

Si se da directamente q_s , es:

Fundición	$50 \leq q_s \leq 100 \text{ kg/mm}^2$
Acero dulce	$120 \leq q_s \leq 200 \text{ kg/mm}^2$
Acero duro	$170 \leq q_s \leq 290 \text{ kg/mm}^2$
Bronce	$80 \leq q_s \leq 30 \text{ kg/mm}^2$
Aluminio	$55 \leq q_s \leq 45 \text{ kg/mm}^2$

Se aconseja elegir q_s , tanto mayor cuanto menor es la sección S de la viruta, y, a igualdad de ésta, cuanto mayor es la profundidad de corte respecto al avance.

POTENCIA ÚTIL DEL TORNO

Es la potencia teórica necesaria para arrancar la viruta. Sean:

P_u = Potencia útil en CV.

q_s = Fuerza específica de corte.

F = Fuerza de corte.

Vc = Velocidad de corte en m/min.

$$\frac{F \times Vc}{60 \times 75} = \frac{S \times q_s \times Vc}{4500} = \frac{a \times p \times q_s \times Vc}{4500} \quad (3)$$

POTENCIA EFECTIVA DEL TORNO

Es la potencia total que absorbe la máquina para arrancar la viruta teniendo en cuenta los rozamientos de los órganos, sea:

η = Rendimiento del torno

$$P_e = \frac{P_u}{\eta} = \frac{a \times p \times q_s \times V_c}{4500 \times \eta} \quad (4)$$

En la fórmula (3) se ha expresado el avance (a) y la profundidad (p) en mm; la q_s en kg/mm^2 y la V_c en m/min. Si al avance (a) se le expresa en decímetros y se le representa por (a') se tendrá que:

$$a = a' \cdot 100$$

Análogamente sería:

$$p = p' \cdot 100$$

Al expresar la velocidad de corte V_c en decímetros por hora y representarla por V' se tendría:

$$V_c = \frac{V'}{10 \times 60}$$

Introduciendo estas tres equivalencias en la ecuación (3) resulta ser:

$$P_u = \frac{a' \times 100 \times p' \times 100 \times q_s \times V'}{4500 \times 10 \times 60}$$

$$Pu = \frac{q_s \times a' \times p' \times V'c}{270}$$

Pero el producto $a' \times p' \times V'c$ es el volumen de viruta arrancada, contada sobre la pieza y expresado en dm^3/h ; representando este volumen por v , la fórmula anterior se reduce a:

$$Pu = \frac{q_s \times v}{270}$$

Sobre la velocidad de corte influye también la sección y, mejor aún, las dimensiones de la viruta; para tener en cuenta esta influencia, Taylor creó tablas y también monogramas; de estas tablas damos a modo ejemplo, la que sigue (tabla 4.3) y que está sometida a las condiciones que se numeran:

- 1º) El utensilio de sección cuadrada mide 22,2 mm de lado y es de acero rápido.
- 2º) El tiempo de duración del utensilio es de 90 minutos.
- 3º) El método de refrigeración es el aire atmosférico en reposo.
- 4º) Las velocidades V_c vienen dadas en m/min . , y la profundidad (p) y el avance (a), en mm .

VIRUTA		VELOCIDAD DE CORTE					
		ACERO			FUNDICIÓN		
Profundidad	Avance	Dulce	Semiduro	Duro	Dulce	Semidura	Duro
2,38	0,4	145,2	72,6	32,9	67,1	33,6	19,6
	0,8	99,1	49,4	22,5	55,5	25,8	15
	1,59	67,7	33,9	15,4	37,2	18,7	10,9
	2,38	54	27	12,3	30,4	15,2	8,9
	3,17				26,3	13,2	7,7
	4,16				21,4	10,7	6,2
3,17	0,4	128,1	64	29,1	61,6	30,8	18
	0,8	87,2	43,6	19,8	47,6	23,7	13,8
	1,59	59,5	29,8	13,5	34,2	17,1	10
	2,38	47,6	23,8	18	28	14	8,2
	3,17	40,6	20,5	9,2	24,2	12,1	7,1
	4,16				19,6	9,2	5,7
4,76	0,4	107,4	53,7	24,4	54,3	27,1	15,9
	0,8	73,2	36,6	16,6	41,8	20,9	12,2
	1,59	50	25	11,4	30,3	15,1	8,8
	2,38	40	20	9,1	24,7	12,4	7,2
	3,17	34,2	17,1	7,8	21,4	10,7	6,3
	4,16				17,3	8,7	5,1
12,7	0,4	72,3	36	16,4	41,2	20,6	12
	0,8	49,4	24,6	11,2	31,7	15,9	9,3
	1,59				22,9	11,5	6,7
	2,38				18,7	9,4	5,4
	3,17				13,1	6,6	3,8
	4,16						

Tabla 4.3 Velocidad de corte

4.9 LUBRICANTE Y REFRIGERANTE PARA EL MECANIZADO DE LOS METALES

Según sea el proceso de trabajo, tendrá preferencia la acción lubricante o refrigerante. La limpieza y pulcritud en el acabado de las superficies de las piezas requiere un alto efecto lubricante mientras que en los trabajos de desbaste y rectificado en los que se originan elevadas fuerzas y velocidades de corte, se requiere un gran efecto refrigerante a fin de evitar la elevación de temperatura en la cuchilla para proteger su filo.

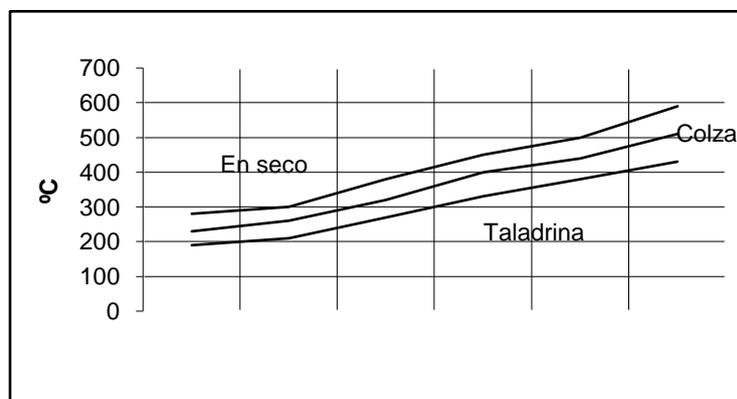
Un buen refrigerante aunque de escasos efectos lubricantes, es el agua, y las soluciones de sosa y de jabón, así como las emulsiones de taladrina (emulsión de aceite refrigerante) con diluciones diversas. Por el peligro de oxidación de las piezas de las máquinas, no se emplea el agua. En algunos casos, se agrega un producto antióxido a las emulsiones diluidas de taladrina.

Los aceites minerales puros son buenos lubricantes, pero mucho menos refrigerantes. Los aceites especiales para herramientas, que se fabrican a base de aceite mineral poseen mejor efecto en ambos sentidos. Son, en parte, aceites engrasados (adición de aceites grasos) y, en parte azufrados.

Los aceites animales o vegetales puros (colza, manteca de cerdo)

poseen un alto valor lubricante y reducido efecto refrigerante. Además enrancian (resinificación, espesamiento, polimerización), defecto que no presentan las taladrinas a base de aceite vegetal.

La gráfica 4.1 muestra el poder refrigerante de varios líquidos comparados con el corte en seco que, en igualdad de condiciones (acero de 48 kg/mm², profundidad de corte 6 m/m, avance 0,51 mm/rev.) es el que da la máxima temperatura.



Gráfica 4.1 Poder refrigerante

Si se desea conseguir largos tiempos de permanencia del filo o altas velocidades de corte con herramientas simples y de fácil afilado (desbaste), se emplearán líquidos de gran poder refrigerante (emulsiones). Si se desea una conservación prolongada del perfil del filo de la herramienta, como sucede con la talla de roscas, en trabajos con el torno automático, en el torneado con cuchillas perfiladas o en la labra de engranajes con rueda-cuchilla, se emplearán siempre líquidos lubricantes, es decir, aceites.

La tabla 4.4 indica unos valores orientativos con respecto a la velocidad de corte, avance, profundidad y refrigeración en el torneado, siendo:

H= Acero de herramienta.

R= Acero rápido.

C= Carburo (metal duro).

V_c= Velocidad de corte en m/min.

A= Avance en mm/rev.

P= Profundidad de pasada en mm.

Además de tablas, existen fórmulas y monogramas indicativos del avance, profundidad, sección de viruta y potencia, a partir de la calidad del material de la pieza y herramienta, con lo cual se obtiene rápidamente el cálculo de la velocidad óptima de corte conocida por “velocidad económica de corte” en la que el filo de la cuchilla permanece con el máximo rendimiento.

MATERIAL		HERRAMIENTA			REFRIGERANTE Y ENGRASE
		H	R	C	
Acero con resistencia hasta 50 Kg./ mm ²	V	14	22	150	TALADRINA
	A	0,5	1	2,5	
	p	4	10	15	
50 a 70 kg/mm ²	V	10	20	120	TALADRINA
	A	0,5	1	2,5	
	p	4	10	15	
70 a 85 kg/mm ²	V	8	15	80	TALADRINA
	A	0,5	1	2	
	p	4	10	15	
Acero de herramientas	V	6	12	30	TALADRINA
	A	0,5	1	0,06	
	p	3	8	5	
Fundición gris	V	5	12	50	EN SECO
	A	0,5	1	1,5	
	p	4	10	10	
Latón duro	V	20	30	250	TALADRINA O AIRE
	A	0,5	0,05	1,5	
	p	3	5	10	
Bronces duros	V	15	18	150	TALADRINA O AIRE
	A	0,5	0,5	1	
	p	3	5	10	
Aluminio	V	100	300	1000	TALADRINA
	A		1,5	1	
	p		3	10	
Ebonita y baquelita	V		30	100	EN SECO
	A		0,2	0,3	
	p		1	5	

Tabla 4.4 Valores orientativos de V, A, P.

4.10 ESTUDIOS DE TAYLOR

En la exposición de París del año 1900 este investigador americano presentó sus aceros rápidos, de aleación con tungsteno y cromo, llamados aceros cuaternarios por los cuatro elementos que los componen (Fe, C, Tu y Cr) y que permitían trabajar a velocidades 6 veces superiores a las presentadas en aquella época. Taylor presentó además normas generales para el corte de los metales y para la organización racional del trabajo, y todo ello después de 30 años de labor, durante los cuales había realizado y registrado 65 000 experimentos con rigor científico.

Las teorías de Taylor se refieren en un principio al torno y su objeto primordial es la velocidad de corte, cuyas variables dependen de:

La herramienta con todas sus características, la sección de viruta arrancada, el método de enfriamiento de la zona de contacto entre herramienta y pieza y también, y con influencia notable, el tiempo de duración de la herramienta, que de antemano se fija arbitrariamente dentro de ciertos límites.

Se entiende por duración de una herramienta el tiempo en minutos que transcurre desde que, recién afilada, empieza a trabajar en las condiciones convenidas, hasta que el filo se gasta, se embota y ha de ser renovado.

Taylor toma este tiempo $t = 90$ min., da poca importancia a los ángulos de la herramienta y aconseja que la punta cortante no termine en vértice sino en forma redondeada.

La fórmula $V_c \times t^n = \text{constante}$ (5)

Enlaza la velocidad de corte V_c , el tiempo t de duración de la herramienta y un parámetro n cuyo valor depende de la naturaleza del material que se trabaja; así, para el acero es $n=1/8$, y para la fundición $n=1/2$.

El valor de la constante se obtiene experimentalmente para un material y herramienta dados, y entonces la fórmula (5) permite calcular las velocidades correspondientes a los tiempos de duración de la herramienta que quieran fijarse; por ejemplo, si con una herramienta de acero cuaternario y para $t=60$ min. hemos obtenido $V_c=30$ m/min, trabajando un acero para el que es $n=1/8$ tendremos que:

$$\begin{aligned} V_c \times t^{1/8} &= 30 \times 60^{1/8} \\ V_c \times t^{1/8} &= 50,048 \end{aligned} \quad (6)$$

Si en tal caso deseamos conocer cuál podrá ser la velocidad de corte para una duración de la herramienta de 90 min. , la fórmula (5) nos dará:

$$V_c \times 90^{1/8} = 50,048$$

$$V_c = \underline{50,048}$$

$$90^{1/8}$$

$$V_x = 28,517 \text{ m/min.}$$

Se observa, pues, que al aumentar la duración de la herramienta, es preciso disminuir la velocidad de corte.

Manteniendo constante el avance y la profundidad de pasada, o sea, mecanizando el mismo volumen de viruta, esta ecuación permite calcular la velocidad con una duración del tiempo, ya que:

$$V_{c1} \times t_1^n = V_{c2} \times t_2^n$$

$$V_{c2} = \frac{V_{c1} \times t_1^n}{t_2^n}$$

También determinó que un aumento de la profundidad de pasada debe ir acompañada de una reducción de velocidad de corte para que la duración del afilado se mantenga constante, no guardando proporcionalidad entre ellas, ya que el aumento del 50% de profundidad de corte le corresponde un 10% de reducción de velocidad.

Así como que un aumento del avance, debe de ir acompañado de una reducción de velocidad de corte para no alterar la duración del afilado, no

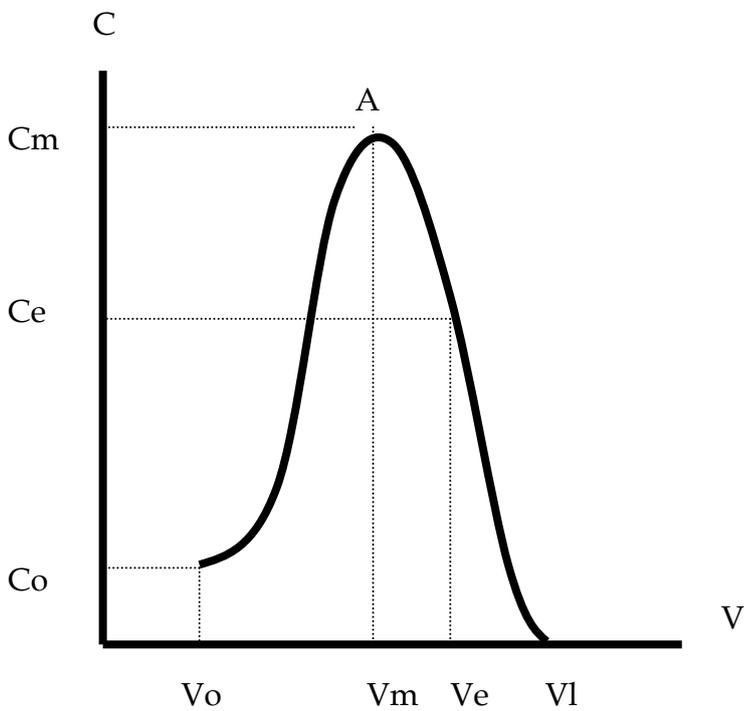
siendo esta reducción de velocidad proporcional, ya que un aumento del 50% del avance corresponde a una reducción de velocidad del 18%.

4.11 MÉTODO DE DENIS

Otro investigador del rendimiento de las cuchillas, fue el comandante francés Denis, éste utilizó el volumen arrancado por las cuchillas entre dos afilados para determinar la velocidad de corte adecuada a los trabajos, manteniendo constante el avance y profundidad de pasada que en el caso del torno tomó en un experimento como avance $a=0,5\text{mm}$ y profundidad $p=5\text{mm}$. A este volumen de arrancado expresado en litros es lo que se le llamó “CAPACIDAD DE LA HERRAMIENTA”.

Estos experimentos los expuso en tablas y gráficos como el representado en el gráfico siguiente, en que la ordenada representa las capacidades de la herramienta y la abscisa las velocidades. Para su determinación partió de velocidades pequeñas, así se entiende que la V_0 obtuvo una capacidad pequeña y que le corresponde a la C_0 , a medida que aumenta la velocidad aumenta también la duración del filo de la cuchilla hasta alcanzar un punto A, en el que la capacidad es máxima y que corresponde a una velocidad que se puede llamar máxima, y que corresponde a que el desgaste de herramienta por unidad de volumen arrancado ha sido mínimo. Al rebasar esta velocidad máxima, la duración

del afilado disminuye rápidamente por elevarse la temperatura de la herramienta hasta llegar a tal velocidad que, al tocar la pieza con la herramienta, ésta queda reblandecida haciendo desaparecer el filo. A esta velocidad se la conoce como “velocidad límite”.



Gráfica 4.2 con un máximo

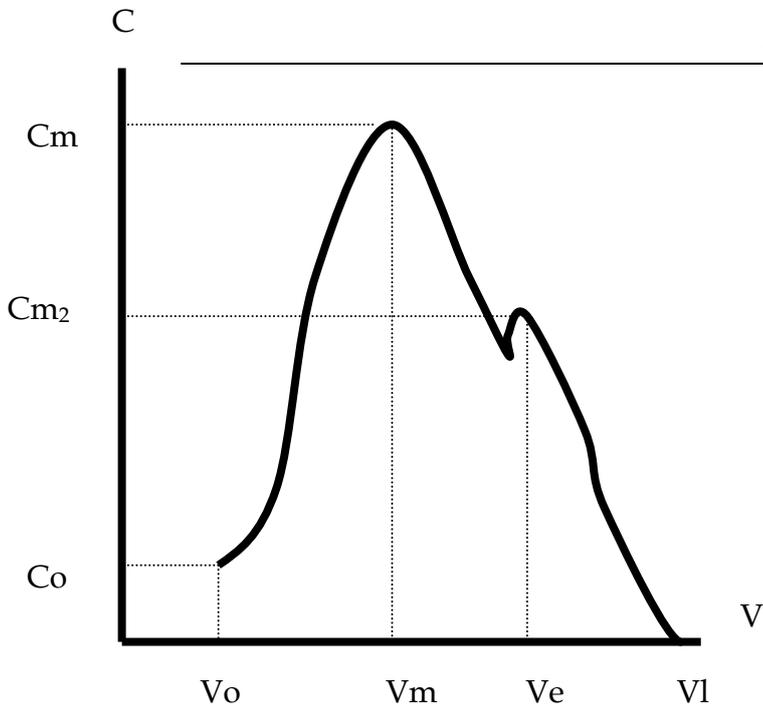
Por lo expuesto la velocidad máxima es la velocidad de máxima producción de viruta entre dos afilados de la herramienta, pero no resulta conveniente trabajar con esta velocidad ya que al ser una velocidad relativamente baja, el material laborado por unidad de tiempo es relativamente bajo, o si se quiere la construcción de la pieza es de un tiempo relativamente alto, ya que a su construcción hay que sumar al tiempo de elaboración el tiempo empleado en el afilado.

Entre la velocidad máxima V_m y la velocidad límite V_l , existe una velocidad económica V_e en la cual el tiempo de elaboración es mínimo, de lo que se deduce que las velocidades económicas de corte no son las de máxima producción de viruta entre dosafilados, sino algo mayores, porque la disminución de producción de viruta queda compensada con una menor duración del trabajo.

A partir de la máxima velocidad, la capacidad de la cuchilla varía según la relación siguiente:

Velocidad máxima	1	1'20	1'25	1'275	1'30	1'33
Capacidad máxima	1	0'9	0'8	0'7	0'6	0'5
Velocidad máxima		1'375	1'44	1'50	1'60	1'67
Capacidad máxima		0'4	0'3	0'2	0'1	0

Las velocidades y las capacidades máximas varían con la naturaleza de la herramienta, así se tiene que los aceros rápidos dan curvas de producción de dos máximos como la de la gráfica 4.3.



Gráfica 4.3 de dos máximos

A distintos valores de velocidad le corresponde una máxima producción de viruta, siempre y cuando también se modifiquen la profundidad de pasada y el avance, con ello se obtienen nuevas curvas semejantes a las de la gráfica 4.2, ya que existe una ecuación que las liga y que es la siguiente:

$$P \cdot a^2 \cdot v^3 = k$$

A esta relación se la denomina ley del rendimiento constante.

El valor de la velocidad límite en todas curvas de un solo máximo, es

$$Vl = Vm + 2/3 Vm$$

Y para curvas de dos máximos

$$Vl = 2Vm$$

Para las curvas de un máximo, el valor de la velocidad económica es

$$V_e = V_m + 1/3 V_m$$

Y la producción de viruta es

$$C_e = 1/2 C_m$$

Y para las curvas de dos máximas

$$V_e = V_m + 1/2 V_m$$

Y la producción de viruta

$$C_e = 1/3 C_m$$

Para simplificar lo expuesto, Denis establece una serie de curvas, tablas e incluso una regla de cálculo circular que facilita la determinación de las velocidades en igual capacidad de la herramienta, cuando se hace necesario variar la sección de viruta, o sea su profundidad y avance.

Las velocidades de máxima y las capacidades varían con la naturaleza de la herramienta y del material que se trabaja, en la tabla siguiente queda expuesta la velocidad máxima en metros por minutos y la capacidad de la herramienta en litros correspondiente a una viruta del torno en seco y de distintos materiales (tabla 4.5).

Materiales	Velocidad Máxima y Capacidad Máxima					
	Acero al C		Acero Rápido		Acero Super Rápido	
	Vm	Cm	Vm	Cm	Vm	Cm
Latón	22	22	52	38	62	40
Bronce	19	28	45	34	54	38
Bronce duro	15	8,5	34	10	41	11
Fundición dulce	13	10,5	30	12,5	36	13,5
Acero 50 Kg/mm ² q _r	9	15	22	17	26	19
Acero 70 Kg/mm ² q _r	6	9,5	15	11	18	12
Acero 80 Kg/mm ² q _r	4,5	7	12	8	14	9
Fundición acerada	1,5	7,5	5	9	6,5	10
Acero aleado 110Kg/mm ² q _r	1	0,21	4	0,65	5	0,75

Tabla 4.5 Velocidad y capacidad máxima

Estos valores se pueden aumentar en un 40% utilizando refrigeración abundante y en un 50% si además hay lubricación a presión.

El investigador Kestra ha establecido para una determinada herramienta de acero rápido con un 16% de tungsteno, sin enfriamiento líquido y con una duración de corte de 60 minutos, dos fórmulas, en ambas relaciona la velocidad de corte V expresada en m/min., la fatiga a la rotura por tracción q_r en Kg/mm² y la sección de la viruta S expresada en mm², siendo para los metales plásticos

$$V = \frac{1200}{qr^4\sqrt{(s)}}$$

y para los metales frágiles

$$V = \frac{286}{qr^4\sqrt{(s)}}$$

(1)Tenacidad: Energía que absorbe un material en su deformación y rotura.

(2)Dureza: Resistencia que opone un material a dejarse penetrar por otro.

(3)Recalcado: Acumulación de material (condensación) en una zona limitada de un producto acabado.

TEMA 5

5.1 INTRODUCCIÓN

El fileteado es la operación que tiene por objeto realizar un surco helicoidal sobre la superficie de un cilindro. Todo fileteado es engendrado por el movimiento de una figura geométrica plana y arbitraria que se mueve respecto a una curva hélice, sujeta a ciertas condiciones.

En todo fileteado se considera un cilindro interior, un cilindro exterior, un cilindro medio, una hélice en cualquiera de ellos y una figura generatriz fig.5.1.

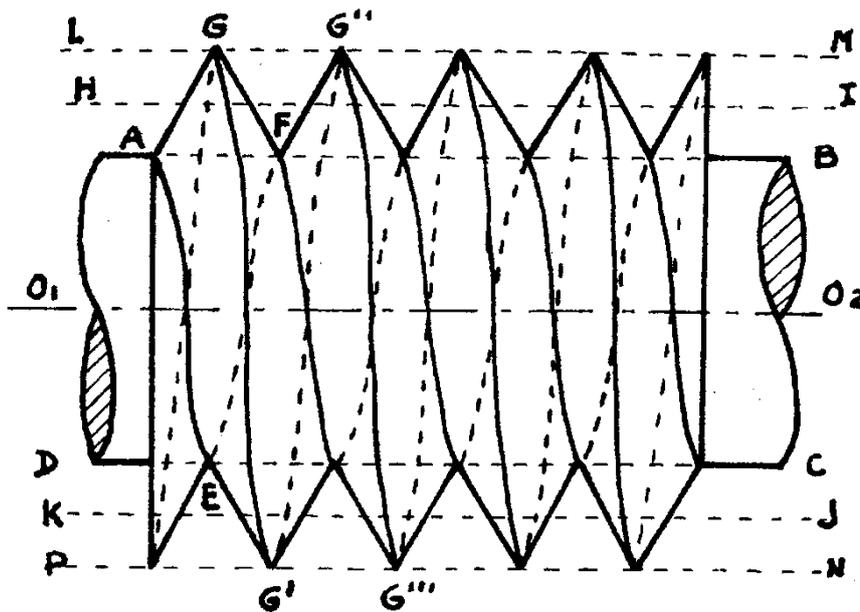


Fig. 5.1 Conformación de una rosca

Si consideramos el cilindro ABCD, de eje O_1 y O_2 , y sobre él la hélice AEF; si sobre la superficie de este cilindro colocamos un triángulo AFG, por ejemplo, cuyo plano contenga al eje O_1 y O_2 y cuya base AF, sea igual al paso de la hélice, y sus dos extremos coincidan siempre con ella, si finalmente damos a este triángulo un movimiento de rotación de manera que se verifiquen en todo instante las condiciones anteriores y que por consiguiente el vértice G vaya pasando por las posiciones G' - G'' - G''' , etc., queda engendrado un tornillo que se representa por las líneas llenas y por las de puntos curvas. El eje de este tornillo es el O_1 y O_2 ; su cilindro interior el ABCD, su cilindro medio el HIJK, y su cilindro exterior el LMNP.

De acuerdo con la geometría, todo segmento del triángulo generatriz del filete o rosca engendra un helicoides, y todo punto, una hélice, ambos del mismo paso de la hélice AEF. Este paso común es el paso del tornillo, y en la figura 5.1 vale $AF=GG''=G'G'''$.

Cuando en vez de un triángulo generador se dispone de un cuadrado, un trapecio, una semicircunferencia, etc., se obtienen las roscas cuadradas, trapeciales, redondas, etc., representadas en la fig. 5.2.

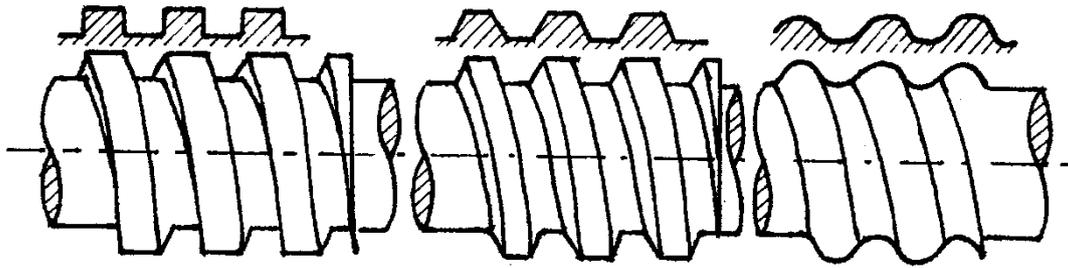


Fig. 5.2 Perfiles de roscas

La tuerca, que es el órgano complementario del tornillo, se genera de manera análoga al tornillo, y la figura generatriz y el cilindro medio son los mismos; sin embargo, y salvo las holguras correspondientes, el cilindro interior de la tuerca coincide con el exterior del tornillo, y el interior del tornillo con el exterior con el exterior de la tuerca.

La intersección del cilindro medio con el filete del tornillo y con el de la tuerca determina hélices sobre las cuales se considera concentrada o reducida la acción del tornillo sobre la tuerca y la de la tuerca sobre el tornillo, a ciertos efectos geométricos y mecánicos.

La forma y dimensiones de la figura generatriz, la de los cilindros interior y exterior, y por consiguiente del cilindro medio, y el paso de la hélice fundamental son arbitrarios pero dentro de unas normas fundamentales establecidas debidamente ya que se comprende que si la rosca es muy profunda, es decir, si el cilindro interior es de pequeño

diámetro, el cuerpo del tornillo es débil y la gran resistencia relativa de la rosca resulta inútil.

El cilindro interior donde se apoyan los prismas se llama base, las caras laterales flancos, coincidiendo el cilindro medio con el punto medio del flanco, y llamándose al cilindro exterior cresta o vértice. Se llama vano al espacio vacío que queda entre dos filetes, y fondo la superficie inferior que une los flancos de los filetes consecutivos.

5.2 PASO DE UN TORNILLO

El paso es la distancia del centro de un filete al centro del filete contiguo. El paso se puede hallar por varios procedimientos:

- a) El más rápido y sencillo es hacer uso de las plantillas de peines que se ven en la fig.5.3. Para los casos corrientes hay que disponer por lo menos de dos juegos, uno para la rosca métrica y otro para la rosca whitworth. Como el paso de una rosca está generalmente ejecutado con precisión, será preciso que la plantilla coincida con la rosca. Una pequeña inexactitud nos debe hacer sospechar, no de un defecto de construcción de la rosca, sino de falsedad de la comprobación. En este caso debemos probar otro peine del mismo o de distinto sistema.
- b) En el caso de no tener a mano los peines se puede medir el paso de un tornillo utilizando un calibrador o una regla. En este caso

no debemos medir nunca un solo hilo sino varios, para conseguir una cierta exactitud.

Si se trata de rosca whitworth, tomaremos en el calibrador o en la regla una longitud de 1" y contaremos el número de hilos contenido en ella.

Si se trata de rosca métrica, tomaremos un número determinado de hilos, por ejemplo 10, y mediremos la longitud que ocupan; después dividiremos la medida obtenida por el número de hilos y ése será el paso.

Es muy importante, en cualquier caso, hacer la medición de cresta a cresta, contando el número de vanos, de lo contrario llegaremos a un resultado falso.

- c) Cuando dispongamos del tornillo y la tuerca, podemos medir el paso dando un número de vueltas al tornillo y midiendo con el calibrador lo que ha avanzado. Después dividiremos la longitud por el número de vueltas y tendremos el avance por cada una de ellas.

Una vez hallado el paso, debemos hallar el diámetro nominal. Para ello mediremos con el calibre el diámetro exterior del tornillo que coincidirá aproximadamente con dicho diámetro nominal, exceptuando el caso de rosca gas.

El sentido de paso de las roscas puede ser a derecha o izquierda. La primera es cuando avanza al estar girando en el sentido de las agujas del reloj, mientras que la segunda lo hace en sentido contrario a las agujas del reloj.

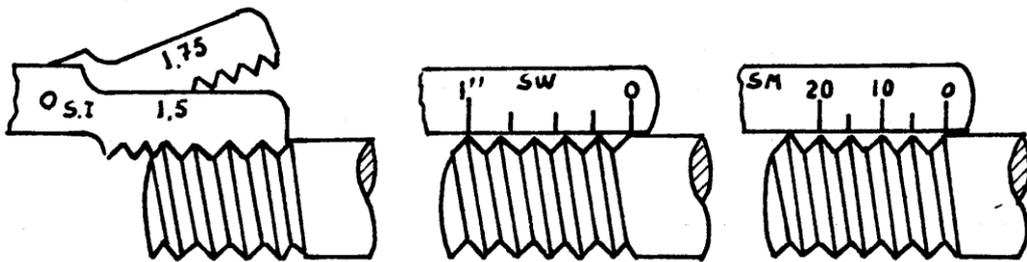


Fig.5.3 Paso de roscas

5.3 TIPOS DE ROSCAS

5.3.1 ROSCA MÉTRICA O INTERNACIONAL

En este sistema todas las dimensiones se dan y manejan en unidades del sistema métrico decimal. La rosca es de filete triangular, es decir, la figura generatriz, es un triángulo equilátero en el cual el vértice exterior ha sido aplanado, mientras que el fondo de la rosca es redondo.

Que la arista interior esté redondeada presentará la ventaja de ser resistente a la formación de grietas y su labrado es muy fácil, pues basta para ello la mencionada redondez de la herramienta, y que la arista exterior

este aplanada tiene la ventaja de su fácil mecanización; además según se aprecia en la figura 5.4, tuerca y tornillo dejan en los fondos de rosca respectivos una cavidad que tiene las ventajas siguientes:

- 1) Disminuir las posibilidades y la fuerza de agarrotamiento entre tuerca y tornillo.
- 2) Es un depósito de lubricante.
- 3) Aloja partículas desprendidas permitiendo que sean eliminadas de entre las superficies rozantes.

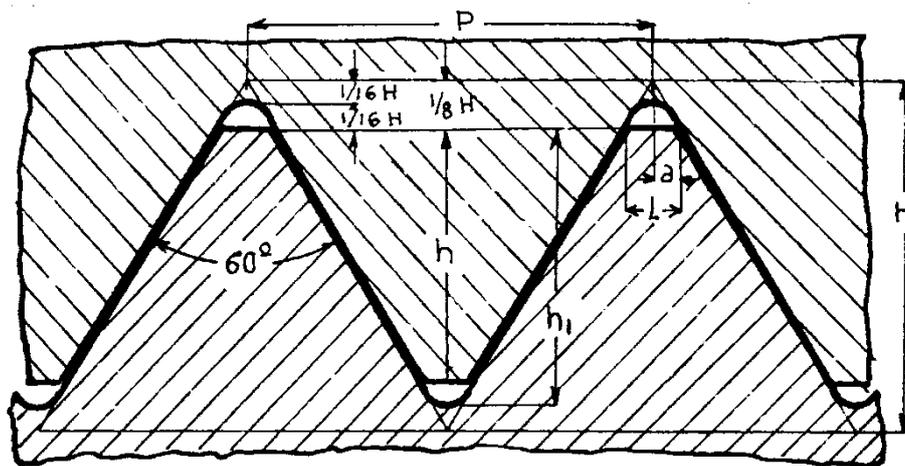


Fig. 5.4 Perfil de rosca métrica

Las dimensiones del fileteado son las siguientes:

$$H = \text{Altura teórica del triángulo: } H^2 = P^2 - \left(\frac{P}{2}\right)^2 = \frac{3P^2}{4} = \frac{P}{2}\sqrt{3} = 0,866P$$

$$h = \text{Altura de contacto: } h = \frac{3}{4}H = \frac{3}{4} \times 0,866P = 0,6495P$$

$$h_1 = \text{Altura del filete: } h_1 = h + \frac{1}{16}H = \frac{3}{4}H + \frac{1}{16}H = \frac{13}{16}H = 0,7035P$$

$$L = \text{Aplanado exterior: } L = 2a = 2 \times \frac{H}{8} \tan 30^\circ = 2 \times \frac{0,866P}{8} \times 0,5774 = 0,125P$$

$$r = \text{Radio del fondo: } r = 0,633P$$

$$d = \text{Diámetro interior: } d = D - 2h_1 = D - 2 \times 0,7035P = D - 1,407P$$

Para cada uno de los tornillos que forman el sistema se dan el diámetro nominal del tornillo, o sea el diámetro exterior del mismo y el paso, nombrándose los tornillos por el diámetro exterior D

Las roscas métricas finas, tienen menos paso y menos profundidad que la rosca métrica corriente y se utilizan cuando ésta no puede ser aplicada debido a su excesiva profundidad de filete, como en paredes de tubos y husillos huecos.

5.3.2 ROSCA WHITWORTH

En este sistema todas las dimensiones se dan y manejan en unidades inglesas. La rosca es de filete triangular, es decir, la figura generatriz es un

triángulo isósceles cuyos vértices han sido redondeados a fin de que la rosca tome la forma representada en la figura 5.5.

Que la arista interior esté redondeada es según sabemos, una ventaja, en cambio, el redondeado de la arista exterior complica el trabajo y no sirve para nada.

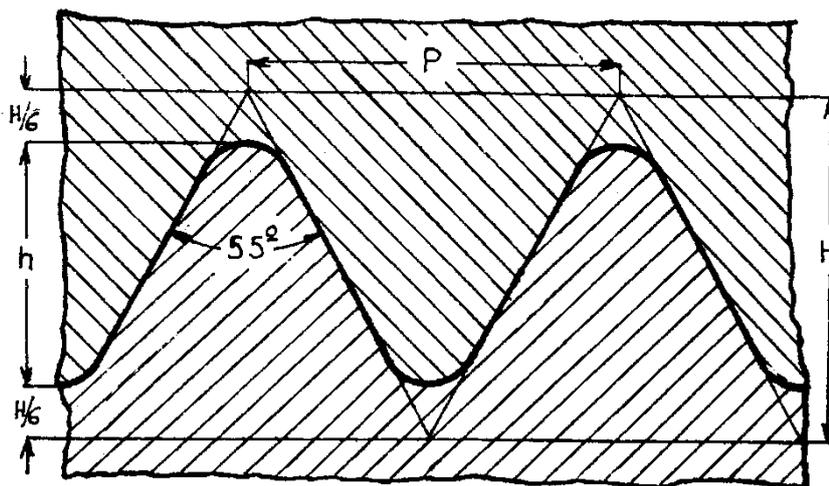


Fig. 5.5 Perfil rosca Whitworth

Las dimensiones del fileteado son las siguientes:

$$H = \text{Altura teórica del triángulo: } H = \frac{P}{2} \tan 62,5^\circ = \frac{P}{2} \times 1,9210 = 0,9605 P$$

$$h = \text{Altura de contacto: } h = \frac{2}{3} H = \frac{2}{3} \times 0,9605 P = 0,6403 P$$

$$r = \text{radio del redondeado: } r = 0,1373 P$$

$$d = \text{Diámetro del interior: } d = D - 2h = D - 2 \times 0,6403 P = D - 1,28066 P$$

Para cada uno de los tornillos que forman el sistema se dan el diámetro exterior del tornillo, y el número de hilos por pulgada. Por consiguiente si n es el número de hilos por pulgada, el paso P , valdrá

$$P = \frac{25,4}{n} \text{ mm.}$$

Los tornillos se nombran por el diámetro exterior D , y el diámetro nominal en pulgadas es a la vez el diámetro de la rosca en la tuerca, mientras que el diámetro exterior del tornillo resulta algo menor como consecuencia del juego.

En las roscas finas whitworth, el diámetro nominal corresponde al de la tuerca medida en m/m; el paso se da en filetes por pulgada.

5.3.3 ROSCA GAS

La rosca de gas tiene la forma del filete igual que la whitworth, pero tiene un paso mucho más fino que la rosca normal y nunca lleva juego en los vértices.

El diámetro nominal no es el diámetro exterior del tornillo, sino el diámetro interior del tubo a que corresponde. Para la rosca de 1", por ejemplo, el diámetro de la rosca es de 32,908 mm. Esta rosca está normalizada para los diámetros de 1/8" a 18".

Es empleada en tubos cuando necesitan un cierre estanco sin necesidad de materiales auxiliares.

5.3.4 ROSCA TRAPEZIAL

Es empleada principalmente en la transmisión y transformación de movimientos, como es el caso del husillo de un torno que transforma el movimiento circular en rectilíneo. Los principales sistemas de roscas trapeciales son dos: la rosca Acme y la rosca Din.

5.3.4.1 ROSCA ACME

Es sistema inglés y tiene un ángulo de 29° con juego en la cresta, los diámetros se miden en pulgadas y el paso se expresa en hilos por pulgada, fig.5.6.

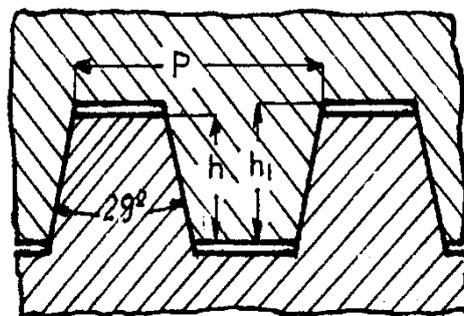


Fig. 5.6 Rosca Acme

Las dimensiones principales del fileteado son:

$h =$ Altura de contacto: $h = 0,5P$

$h_1 =$ Altura del filete: $h_1 = 0,5P + 0,25mm$

5.3.4.2 ROSCA TRAPEZIAL DIN

Tiene un ángulo de 30° con juego en la cresta, los diámetros y pasos se expresan en m/m; las esquinas del fondo suelen estar ligeramente redondeadas, fig.5.7.

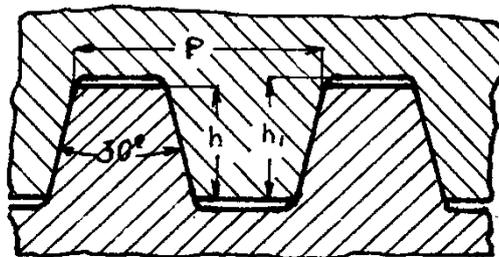


Fig. 5.7 Rosca trapecial DIN

Las dimensiones principales del fileteado son:

$h =$ Altura de contacto: $h = 0,5P$

$h_1 =$ Altura del filete: $h_1 = 0,5P + 0,25m/m$

5.3.5 ROSCA SELLERS

La rosca del sistema Sellers también conocida por americana, es muy semejante al sistema internacional por tener al triángulo fundamental el equilátero, siendo los datos los mismos con alguna variación, ya que el Sistema Sellers no lleva juego y el sistema internacional sí lo lleva, como se ha visto anteriormente.

En el sistema Sellers el lado es igual al paso y su ángulo es de 60° , el vértice y el fondo están aplanados según lo muestra la fig.5.8 no existiendo holgura entre tornillo y tuerca.

El diámetro se expresa en pulgadas y el paso en hilos por pulgada.

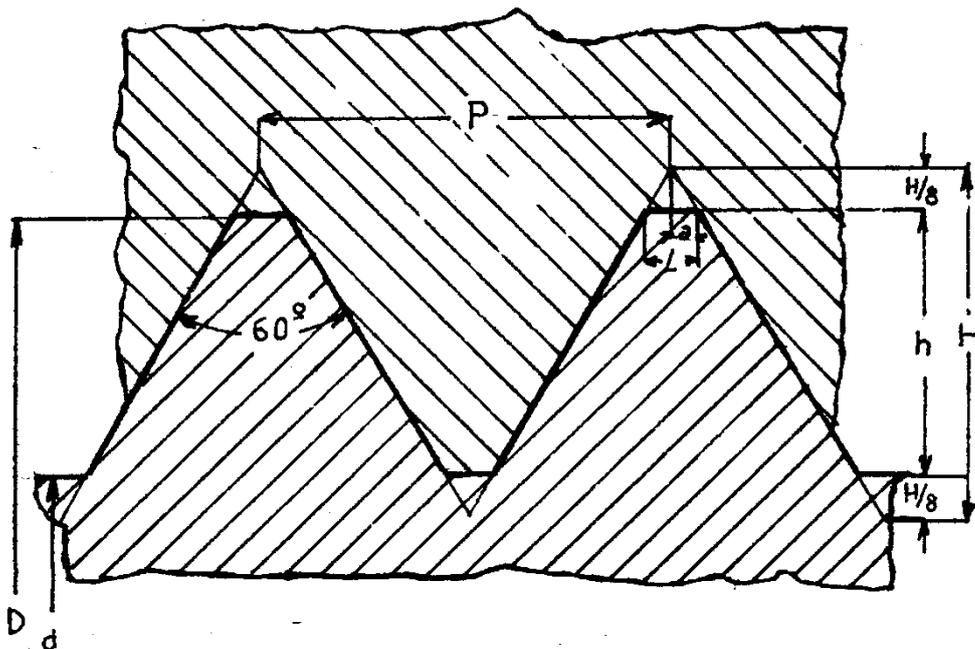


Fig. 5.8 Perfil Rosca Sellers

Las dimensiones principales son:

$$H = \text{Altura teórica del triángulo: } H^2 = P^2 - \left(\frac{P}{2}\right)^2 = \frac{3P^2}{4} = \frac{P}{2}\sqrt{3} = 0,866P$$

$$h = \text{Altura del filete de contacto: } h = \frac{3}{4}H = \frac{3}{4} \times 0,866P = 0,6495P$$

L= Aplanado del vértice y fondo:

$$L = 2a = 2 \times \frac{H}{8} \tan 30^\circ = 2 \times \frac{0,866P}{8} \times 0,5774 = 0,125P$$

$$d = \text{Diámetro interior: } d = D - 2h = D - 1,289P$$

TEMA 6

6.1 INTRODUCCIÓN

El torno es la máquina herramienta del taller más antigua e importante, en él la pieza tiene el movimiento de corte mientras que la herramienta tiene el movimiento de avance.

En esta máquina el arranque de viruta se produce al acercar la herramienta a la pieza que rota sobre el eje del torno.

Los trabajos principales del torno son de tres clases: de superficie plana, de superficie de revolución circular y de superficie de revolución helicoidal.

Pertenece a la primera clase la operación llamada refrentado, por lo cual la pieza gira sobre el eje del torno y la herramienta va penetrando a la pieza y acercándose al mencionado eje; de esta manera se obtiene una sección recta que, si la pieza es cilíndrica, corresponde a su base.

Pertenece a la segunda clase la operación llamada cilindrado, en la cual la pieza gira sobre el eje del torno y la herramienta va corriendo paralelamente al eje, de manera que labra un cilindro cuyo radio vale la distancia desde la punta de la herramienta al eje del torno; si el movimiento de la herramienta no es paralelo al eje del torno o de la pieza, la superficie obtenida es cónica.

Pertenece a la tercera clase la operación llamada roscado, por la cual la pieza gira sobre el eje del torno y la herramienta va corriendo paralelamente a dicho eje con movimiento axial más rápido que el del caso anterior, de tal manera que no arranca todo el material que correspondería por su distancia al eje, sino que sólo abre un surco helicoidal de la forma y dimensiones previstas y transforma la pieza, a esta acción sometida, en un tornillo o en una tuerca.

Existen otros trabajos, no tan frecuentes como los anteriores, siendo uno de ellos el mandrilado. Éste consiste en sujetar la pieza sobre el carro de manera que su eje coincida con el del torno; por dentro de esta pieza, que ha de ser hueca, se pasa una barra o mandril que, llevando atravesada una herramienta, gira arrastrada por el torno; la pieza se mueve axial y lentamente, y como consecuencia de los movimientos dichos, la punta de la herramienta labra un cilindro interior a la pieza.

6.2 PARTES PRINCIPALES DE UN TORNO

Las partes principales de un torno cilíndrico se observan en la fig.

6.1

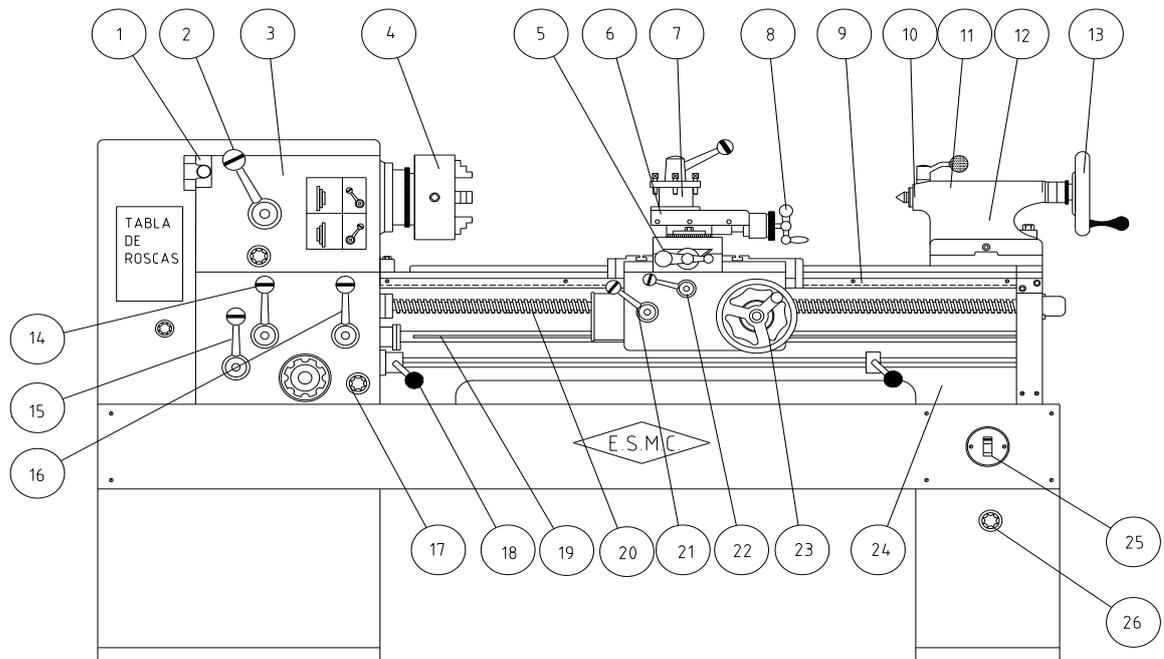


Fig. 6.1 Partes del torno

1. Inversor de giro
2. Mando para cambio de velocidad
3. Cabezal
4. Plato universal
5. Manivela carro transversal
6. Charriot o carro auxiliar
7. Torreta porta cuchillas
8. Manivela charriot
9. Cremallera

10. Punto
11. Freno del punto
12. Contrapunto
13. Volante del contrapunto
14. Mando cambio métrica/whitworth
15. Mando cambio velocidad de avance
16. Mando cambio husillo roscar/husillo cilindrar
17. Visor aceite
18. Mando puesta en marcha
19. Husillo cilindrar
20. Husillo roscar
21. Mando engrane con husillo roscar
22. Mando puesta en automático (cilindrar/refrentar)
23. Volante carro principal
24. Bancada
25. Interruptor taladrina
26. Visor taladrina

La figura 6.2 representa otra vista de los carros y bancada. Así, se tiene que en el carro principal J va empernada la faldilla S que contiene los mecanismos del movimiento y la brida T que proporciona una sujeción de

seguridad con libertad de deslizamiento a lo largo de la bancada P; el carro transversal K que puede desplazarse manualmente por medio de la manivela X y finalmente el portaherramientas M que puede girar y situarse en la posición deseada.

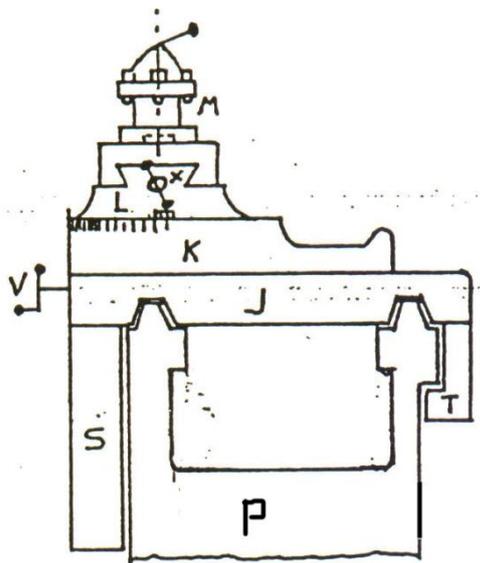


Fig.6.2 Carros y bancada

Otro de los útiles empleados en los tornos es la luneta, la cual sirve de apoyo para las piezas, cuyo fin es evitar la flexión de las mismas mientras se mecanizan. La figura 6.3 representa la luneta fija empleada para torneear ejes largos de pequeño diámetro y para mandrinar y roscar husillos. Estas piezas necesitan apoyo para evitar las irregularidades que produciría la flexión de las mismas.

Para operaciones que requieren mayores velocidades, se recomiendan

las lunetas con rodillos en sus mordazas.

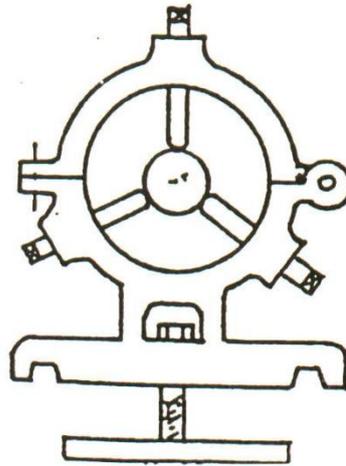


Fig. 6.3 Luneta fija

También existen las lunetas móviles que se fijan al carro del torno cuando hay que mecanizar piezas de pequeño diámetro que se doblarían por el empuje de la cuchilla si no tuviese apoyo. Las guías ajustables de este soporte establecen contacto directo con el diámetro acabado de la pieza a continuación del filo de la cuchilla y el lado opuesto de la pieza. Mientras la herramienta avanza a lo largo de la pieza, el soporte guía, que está sujeto al carro, se desplaza con éste.

6.3 CILINDRADO

Este trabajo que se puede hacer automáticamente o manualmente se realiza de la siguiente forma:

Automáticamente: Se pone en movimiento el torno por medio del motor no representado en la figura 6.4 el cual le transmite el movimiento al cono de poleas C, éste a la rueda dentada B la cual se lo comunica a la lira (inversor de marcha del tren automático) que se lo transmite a la caja Norton E y por lo tanto al conmutador F que trasladando la rueda f_1 hacia la izquierda la pone en comunicación con la f_3 , arrastrando ésta la barra de cilindrar H y sin fin Y, el cual le da movimiento a la rueda dentada Z_1 , ésta a la Z_2 la que a su vez se lo da a la Z_3 en cuyo eje lleva la Z_4 .

Como se puede apreciar en la figura 6.4, todo este sistema de engranajes estaría funcionando pero sin producir el traslado del carro, pero si por medio de la manivela O_1 trasladamos al eje de las ruedas Z_3 y Z_4 a la posición 1, la rueda Z_4 se pondrá en comunicación con la Z_5 y ésta con la cremallera I, produciendo de esta manera un movimiento de avance automático al carro y realizando por lo tanto el cilindrado.

Si el cilindrado quisiéramos hacerlo **manualmente**, solamente moveríamos a mano la rueda Z_5 por medio de la palanca O_2 sin haber puesto en movimiento todo el tren automático, o simplemente habiendo dejado la rueda Z_4 en su posición de cero.

6.4 REFRENTADO

Operación que al igual que la anterior se puede hacer automáticamente o manualmente, fig. 6.4.

Automáticamente: Una vez puesto el tren automático funcionando (explicado en el caso anterior), a la manilla O_1 se la desplaza hacia la izquierda poniendo en comunicación la rueda Z_4 con la Z_6 , ésta con la Z_7 la que a su vez ya lo estaba con la Z_8 que va acoplada al husillo del carro transversal, haciendo que se traslade éste perpendicularmente al eje de giro.

Si la operación se hubiese deseado realizar **manualmente**, solamente teníamos que haber actuado sobre la manilla V , sin haber puesto el tren automático o habiendo dejado la palanca O_1 en la posición de cero.

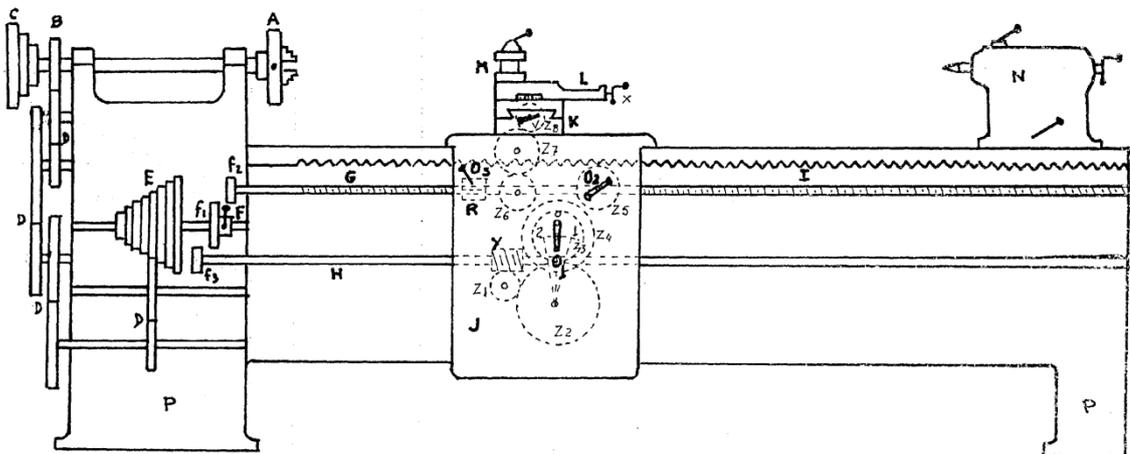


Fig. 6.4 Esquema para cilindrado y refrentado

6.5 ROSCADO

Puesto el tren automático funcionando, con el conmutador F se desplaza la rueda engranada f_1 hacia la derecha poniéndola en comunicación con la f_2 la cual arrastra el husillo de roscar G.

Por medio de la palanca O_3 se cierran las dos medias tuercas R hasta conseguir acoplarlas al husillo, como estas medias tuercas van firmes al carro y el husillo está dando vueltas, lo que harán al roscar en el husillo es desplazar al carro paralelamente al eje de giro del torno produciendo de esta manera la rosca deseada.

Para suspender el desplazamiento del carro, sólo hay que separar las dos medias tuercas por medio de la palanca O_3 haciendo de esta manera que gire el husillo loco en las mismas.

El trabajo de roscado en el torno presupone el cálculo del tren de engranajes que, enlazando el eje del cabezal con el husillo de roscar, hace que por cada vuelta de la pieza que se rosca, el carro, y por lo tanto la herramienta, avance una cantidad igual al paso que se desea obtener. A este fin representamos por P_c el paso del cabezal, o sea el de la rosca, que se va a labrar, por P_h el paso del husillo, y por N_1, N_2, N_3, \dots los números de dientes de las ruedas que van a componer el tren contadas a partir del eje del cabezal.

Bajo estas condiciones consideremos la figura 6.5; la cota L indica la distancia que en 1 minuto ha recorrido el carro, mientras el husillo ha dado n_h vueltas y el cabezal n_c .

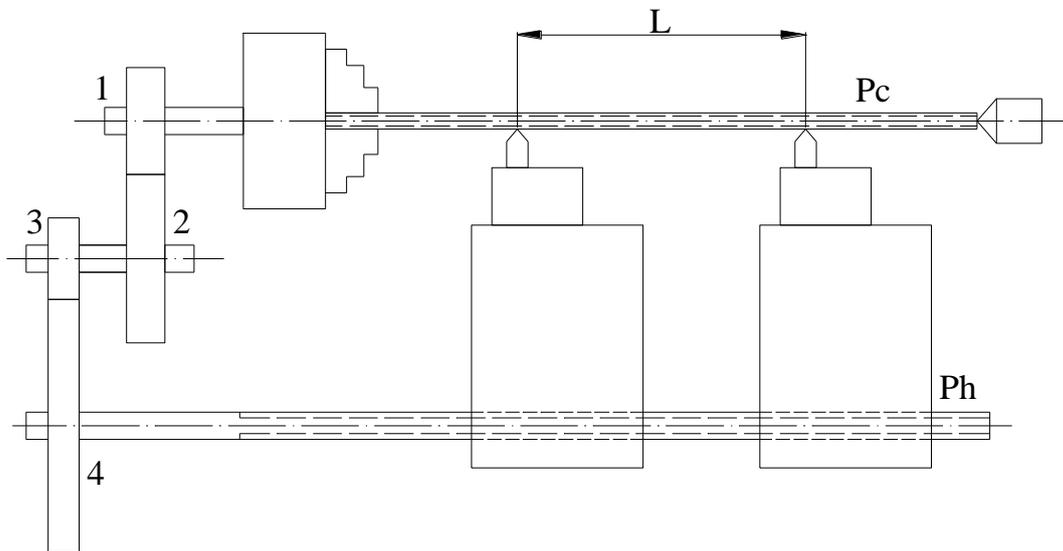


Fig. 6.5 Roscado en el torno

Contando sobre el husillo se tendrá: $L = Ph \times n_h$

Contando sobre el cabezal se tendrá: $L = Pc \times n_c$

De estas dos igualdades deducimos que: $Pc \times n_c = Ph \times n_h$ de donde

$$\frac{Pc}{Ph} = \frac{n_h}{n_c} \quad (1)$$

Pero como en un par de ruedas dentadas, los números de vueltas son inversamente proporcionales a los números de dientes, se tendrá que:

$$\frac{N_1 \times N_3}{N_2 \times N_4} = \frac{nh}{nc}$$

Sustituyendo en la fórmula (1) se tendrá que:

$$\frac{N_1 \times N_3}{N_2 \times N_4} = \frac{Pc}{Ph}$$

Esta expresión nos dice que el paso en el cabezal es al paso de husillo, como el producto de los números de dientes de las ruedas impares es al producto de los números de dientes de las ruedas pares.

Y en caso de un tren de engranajes simple: $\frac{Pc}{Ph} = \frac{N_1}{N_2}$

Lo que nos dice:

$$\frac{\text{Paso que se desea construir}}{\text{Paso husillo patrón}} = \frac{\text{Nº dientes rueda conductora(cabezal)}}{\text{Nº dientes rueda conducida(husillo)}}$$

Esta fórmula es empleada, cuando el paso a construir y el paso del husillo patrón están expresados en la misma medida, bien sean en hilos por pulgada o paso en milímetros.

A los efectos de la operación de roscado y de los cálculos correspondientes, los tornos se clasifican en tornos métricos y en tornos ingleses.

Se dice que un torno es métrico cuando el paso de su husillo se expresa en unidades métricas mediante un número sencillo y exacto.

Se dice que un torno es inglés cuando el paso de su husillo se expresa en unidades inglesas mediante un número sencillo y exacto.

El roscado al torno presenta, en consecuencia, dos casos:

- 1) Labrar rosca métrica con torno métrico o rosca inglesa con torno inglés.
- 2) Labrar rosca métrica con torno inglés o rosca inglesa con torno métrico.

En el segundo caso, y debido al hecho de que 1 pulgada = 25,4 mm, aparece el factor primo mitad de 254, o sea el 127.

Cuando se desea hallar un paso en mm en un torno inglés cuyo husillo está en hilos por pulgada, se emplea la fórmula:

$$\frac{\text{Paso a hallar en mm} \times \text{N}^\circ \text{ hilos del husillo/pulgada}}{25,4} = \frac{\text{N}^\circ \text{ dientes rueda conductora}}{\text{N}^\circ \text{ dientes rueda conducida}}$$

Cuando se desea construir una rosca cuyo paso esté dado en hilos por pulgada, y el torno sea métrico, o sea que el husillo patrón tenga su paso en milímetros, se empleará la fórmula

$$\frac{25,4}{\text{Paso a hallar en mm} \times \text{N}^\circ \text{ hilos del husillo/pulgada}} = \frac{\text{N}^\circ \text{ dientes rueda conductora}}{\text{N}^\circ \text{ dientes rueda conducida}}$$

El juego de ruedas está formado por engranajes cuyos números de dientes son múltiplos de 5 y que varían de 20 a 125, necesitando añadir a estas ruedas la de 127 dientes cuando se trata de construir roscas inglesas en tornos métricos o a la inversa.

6.6 CONSTRUCCIÓN DE ROSCAS CUANDO NO SE DISPONE DE LA RUEDA DE 127 DIENTES

Cuando no tenemos la rueda de 127 dientes, podemos realizar roscas inglesas en torno métrico y roscas métricas en torno inglés sustituyendo el valor de la pulgada (25,4) por su aproximado $1600/63$.

$1600/63$ es igual a 25,3968 y como $25,4 - 25,3968$ es igual a 0,0032 tenemos un error despreciable en casi todos los casos.

6.7 CONSTRUCCIÓN DE ROSCAS CON PASO APROXIMADO

Cuando no podemos solucionar las fracciones planteadas para determinar los engranajes a fin de construir una rosca en el torno, caso de que la fracción que nos resulte sea irreductible, solucionaremos este problema sustituyendo esta fracción irreductible por otra aproximada.

Utilizaremos el método matemático de las fracciones continuas para realizar esta sustitución. Este sistema consiste en obtener fracciones

dividiendo el numerador por el denominador; el denominador por el resto, éste por el que resulte y así sucesivamente.

Ejemplo:

Tenemos que construir una rosca métrica de 8 mm con un error menor o igual a 0,001 mm en un torno que tiene de paso 4 hilos/pulgada. (No disponemos de la rueda de 127 dientes).

$$\frac{p_c}{Ph} = \frac{N_1 \times N_3}{N_2 \times N_4} = \frac{8}{\frac{25,4}{4}} = \frac{8 \times 4}{25,4} = \frac{8 \times 40}{254} = \frac{8 \times 20}{127} = \frac{160}{127}$$

Transformaremos esta fracción en otra aproximada, reduciéndola a fracciones continuas.

Cociente		1	3	1	5	1	1	2
Num/den	160	127	33	28	5	3	2	1
Resto	33	28	5	3	2	1	0	

Si el numerador hubiera sido inferior al denominador se hubiese hecho la operación con la fracción invertida.

La fracción inicial se ha descompuesto de esta forma:

$$\frac{160}{127} = 1 + \frac{1}{3 + \frac{1}{1 + \frac{1}{5 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2}}}}}}$$

Las reducidas se calcularán reduciendo a fracciones impropias las fracciones mixtas.

1) 11

2) $1 + \frac{1}{3} = \frac{4}{3}$

3) $1 + \frac{1}{3 + \frac{1}{1}} = 54$

4) $1 + \frac{1}{3 + \frac{1}{1 + \frac{1}{5}}} = \frac{29}{23}$

y así sucesivamente.

Existe un sistema para obtener las fracciones reducidas de forma más fácil y es el siguiente:

Consideramos las primeras reducidas:

$\frac{0}{1} \frac{1}{0}$ (si el numerador es mayor que el denominador)

$\frac{1}{0} \frac{0}{1}$ (si el denominador es mayor que el numerador)

A partir de éstas obtenemos las demás reducidas, multiplicando el numerador y denominador de la última por el cociente siguiente y sumando a ambos términos (numerador y denominador resultantes) los mismos términos (numerador y denominador) de la reducida anterior.

Cociente		1	3	1	5	1	1	2
Num/den	160	127	33	28	5	3	2	1
Resto	33	28	5	3	2	1	0	

Reducidas $\frac{0}{1} \frac{1}{0}$

$$1. \frac{1x1+0}{0x1+1} = \frac{1}{1}$$

$$2. \frac{1x3+1}{1x3+0} = \frac{4}{3}$$

$$3. \frac{4x1+1}{3x1+1} = \frac{5}{4}$$

$$4. \frac{5x5+4}{4x5+3} = \frac{29}{23}$$

$$5. \frac{29x1+5}{23x1+4} = \frac{34}{27}$$

$$6. \frac{34x1+29}{27x1+123} = \frac{63}{50}$$

$$7. \frac{63x2+34}{50x2+27} = \frac{160}{127}$$

Reducidas: $\frac{0}{1} ; \frac{1}{0} ; \frac{1}{1} ; \frac{4}{3} ; \frac{5}{4} ; \frac{29}{23} ; \frac{34}{27} ; \frac{63}{50} ; \frac{160}{127}$.

La última reducida es la fracción de la cual hemos partido.

Ahora iremos examinando las reducidas desde la última (la más exacta) y elegiremos una con la cual podamos construir la rosca con el menor error posible.

En este caso la reducida elegida será $\frac{63}{50}$

$$\frac{P_c}{P_h} = \frac{63}{50} = \frac{7 \times 9}{50} = \frac{45 \times 35}{50 \times 25} = \frac{N_1 \times N_3}{N_2 \times N_4}$$

Tiene que cumplir las condiciones de montaje:

$$N_2 < N_3 + N_4$$

$$N_3 < N_1 + N_2$$

El paso de la rosca que hemos construido será:

$$P_c' = P_h \times \frac{63}{50} = \frac{25,4 \times 63}{4 \times 50} = 8,001 \text{ mm.}$$

El error por paso será:

$$E = 8,001 - 8 = 0,001 \text{ mm.}$$

El error relativo:

$$E_{\text{rel}} = 0,001/8 = 0,000125$$

El error por metro:

$$E_m = 0,000125 \times 1000 = 0,125 \text{ mm}$$

El error admisible en tornillos cortos de fijación es de hasta 0,5 ‰ (por metro) y en los husillos de roscar, tornillos de aparatos de medida y otros similares no debe ser superior a 0,2 ‰.

La herramienta de roscar en el torno ha de tener, claro está, la forma de la rosca; si se trata del caso frecuente de ser filete triangular de 60° , por ejemplo, la herramienta será, en principio simétrica; pero a fin de obtener roscas bien talladas, lo cual no deja de ser difícil, aparte de utilizar piezas que no sean agrias y lubricar continuamente, se dispone la herramienta como se indica en la figura 6.6, con lo que el borde cortante es el AB; esta clase de herramienta no se hace penetrar de frente, sino oblicuamente, según la flecha C y según un ángulo que debiera valer 30° y que se reduce a 29° ; entonces a medida que la herramienta avanza, la cuña DAC va engrosando y la arista AD produce un rascado sobre el flanco derecho que pule la rosca, mientras que el filo AB, agudo y asentado, deja, por su parte, un tallado brillante.

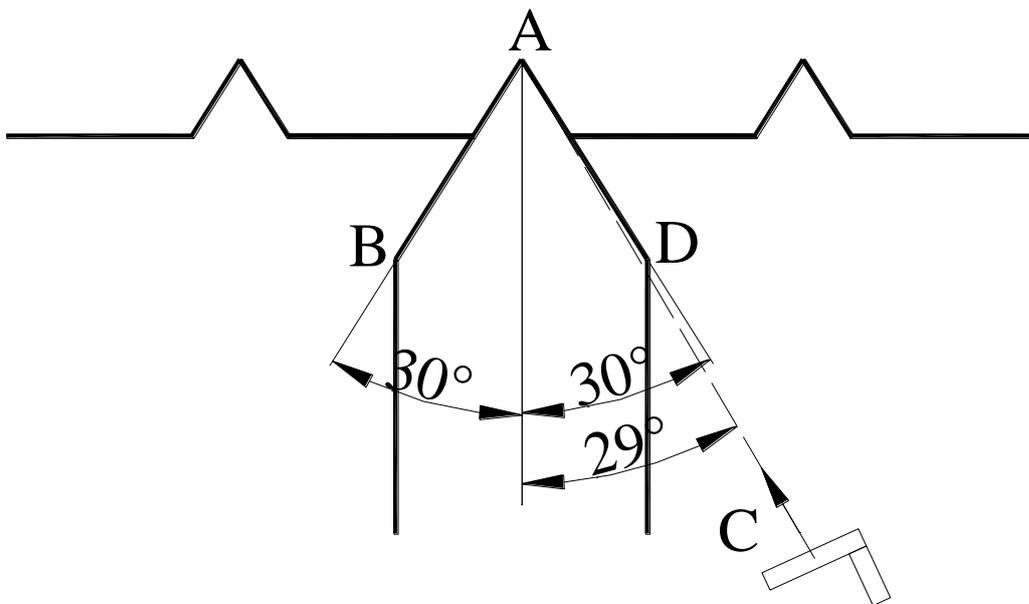


Fig. 6.6 Posicionado de la cuchilla para el roscado

6.8 CONSTRUCCIÓN CÓNICA

Para la obtención de conos cortos se hace girar el carro L de la figura 6.4 y se desplaza la herramienta por medio de la manilla X. Para conos largos, se hace mejor el trabajo entre puntos. En tal caso, la operación se dispone según se indica en la figura 6.7, desplazando el punto N, perteneciente al contracabezal.

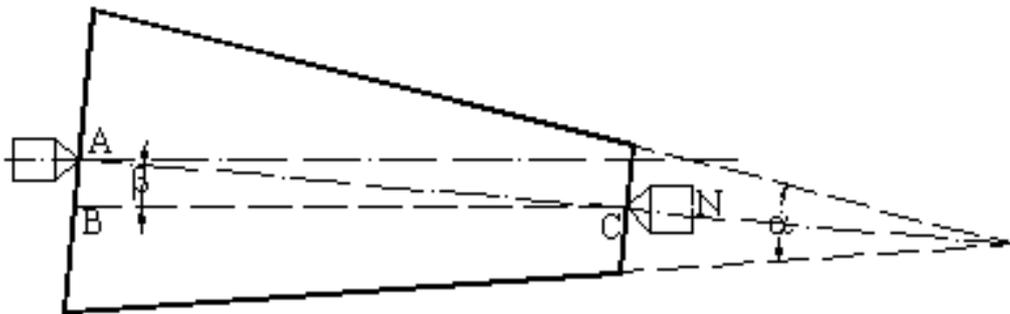


Fig. 6.7 Construcción cónica por desplazamiento del contrapunto

Se observa que el ángulo ABC (β) es igual al semiángulo α del cono, que AC es igual a L y que AB es igual a la diferencia de los radios de las bases; se tiene, pues, que:

$$AB = L \operatorname{tang} \beta$$

Esta ecuación permite construir el cono en el caso corriente de ser α y L los datos.

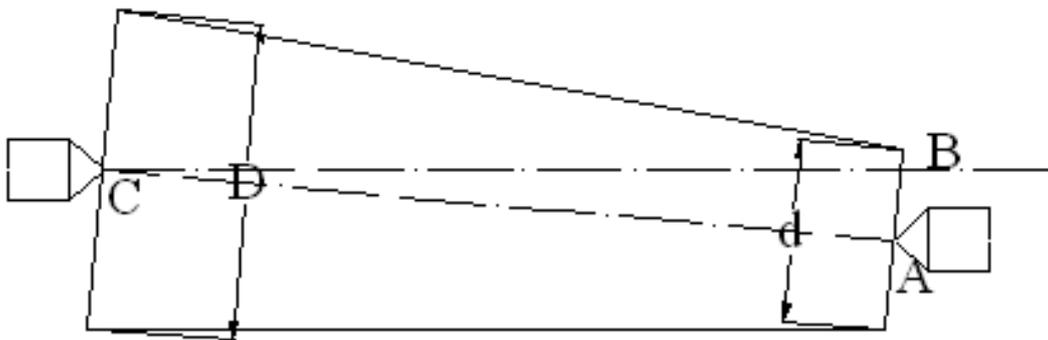


Fig. 6.8 Construcción cónica por desplazamiento del contrapunto

Cuando en la construcción del cono se conoce su longitud y diámetros se emplean las siguientes fórmulas para determinar el desplazamiento del contrapunto.

- 1) Para una pieza como la de la figura 6.8, estando representado por AB el desplazamiento, D el diámetro mayor y d el diámetro menor.

$$AB = \frac{D - d}{2}$$

- 2) Para una pieza como la de la figura 6.9, siendo AB el desplazamiento, D el diámetro mayor, d diámetro menor, Lt la longitud total de la pieza y Lc la longitud del cono.

$$AB = \frac{(D-d)Lt}{2Lc} = \frac{(R-r)Lt}{Lc}$$

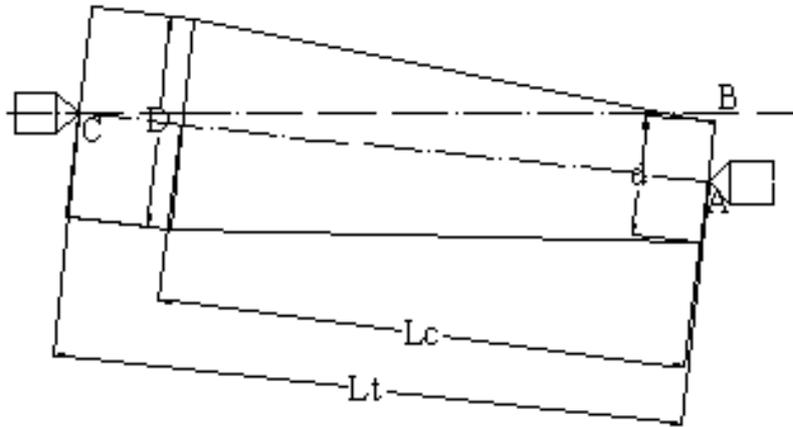


Fig. 6.9 Construcción cónica por desplazamiento del contrapunto

CONICIDAD

Es la variación de diámetro que experimenta un cono por unidad de longitud, fig.6.10.

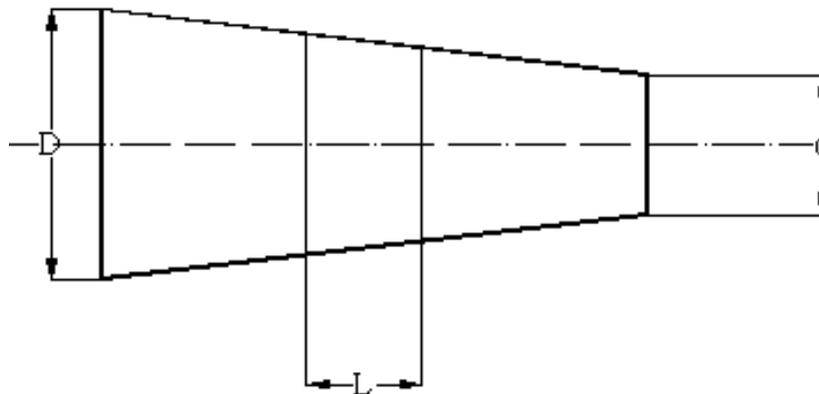


Fig. 6.10 Conicidad

Se representa por c: $c = \frac{D-d}{L}$

INCLINACIÓN

Es la variación de radio que experimenta un cono por unidad de longitud.

Se representa por i:

$$i = \frac{R-r}{L} = \frac{\frac{D}{2} - \frac{d}{2}}{L} = \frac{D-d}{2L} = \frac{\frac{D-d}{L}}{2} = \frac{c}{2}$$

ÁNGULO DE INCLINACIÓN

También denominado ángulo de ajuste y ángulo de posición, es el formado por el eje del tronco de cono y una generatriz, se representa por α , fig. 6.11.

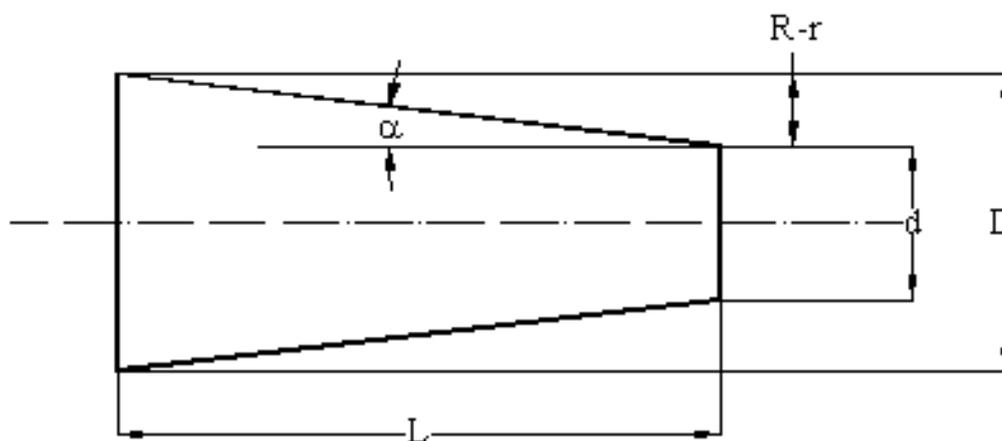


Fig. 6.11 Ángulo de inclinación

Por la figura se deduce que:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R-r}{L}$$

Y según hemos visto en el apartado anterior $\mathbf{i} = \frac{c}{2} = \frac{R-r}{L}$, resulta que:

$$\mathbf{tg} \alpha = \mathbf{i} = \frac{c}{2}$$

La tangente del ángulo de inclinación es igual a la inclinación e igual a la mitad de la conicidad.

ÁNGULO DE CONICIDAD O EN EL VÉRTICE

Es el formado por dos generatrices opuestas, o el doble del ángulo de inclinación, fig. 6.12.

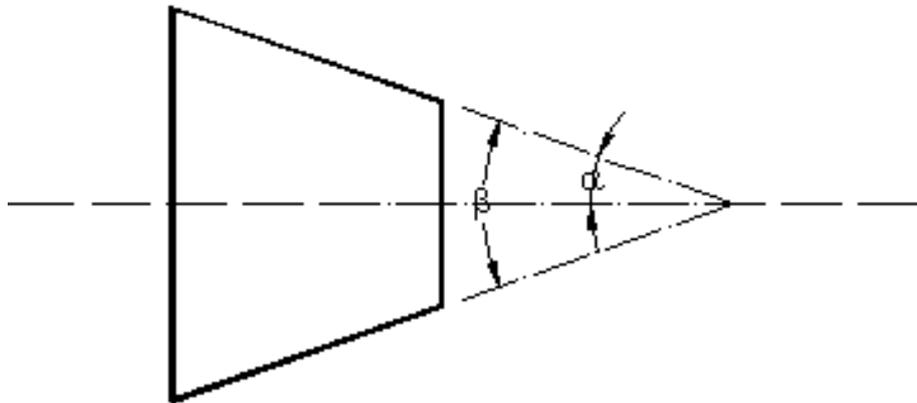


Fig. 6.12 Ángulo de conicidad

6.9 CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL

Para que la pieza que tenemos que mecanizar en el torno o en otra máquina del taller mecánico pueda realizar su función correctamente no sólo es necesario que ésta tenga las dimensiones adecuadas y que su forma sea la indicada, también es necesario que su superficie tenga el acabado deseado, esto es, que tenga la rugosidad adecuada.

Antiguamente la única manera de establecer la calidad de las superficies consistía en el empleo de clasificaciones tales como basto, fino, alisado, pulido, especular, etc. Estas palabras por sí solas no pueden definir el grado de rugosidad, dado que son subjetivas.

Para entender mejor el concepto de rugosidad vamos a definir una serie de términos¹:

Superficie real: es el límite que separa a un cuerpo del resto del espacio en que se encuentra.

Superficie geométrica ideal: corresponde al cuerpo ideal proyectado.

Superficie nominal: es la prescrita técnicamente y dada en el dibujo con sus medidas normalizadas.

Superficie efectiva: es la superficie que obtendremos en la práctica.

Longitud de ensayo L_e : es la proyección A'B' del perfil real AB sobre el perfil geométrico ideal.

Longitud de referencia L_r : es la parte de L_e usada para la valoración.

¹ Coca Rebollero y Rosique Jiménez

Perfil medio P_m : es el que se obtiene desplazando el perfil de fondo perpendicularmente al perfil ideal, de manera que las superficies que quedan por encima sean equivalentes a las que quedan por debajo.

Línea de máximos L_h : es la línea promedio de los puntos más altos del perfil real.

Línea de fondo L_f : es la paralela a L_h trazada desde el punto más profundo del perfil.

Línea media L_m : es la paralela a las anteriores con la condición establecida para el perfil medio ya definido.

Profundidad de Rugosidad R o R_a : es la distancia entre la línea media de los máximos, y la del fondo; se mide en micras.

Profundidad de rugosidad media R_m : es la distancia medida entre la línea media y la del fondo.

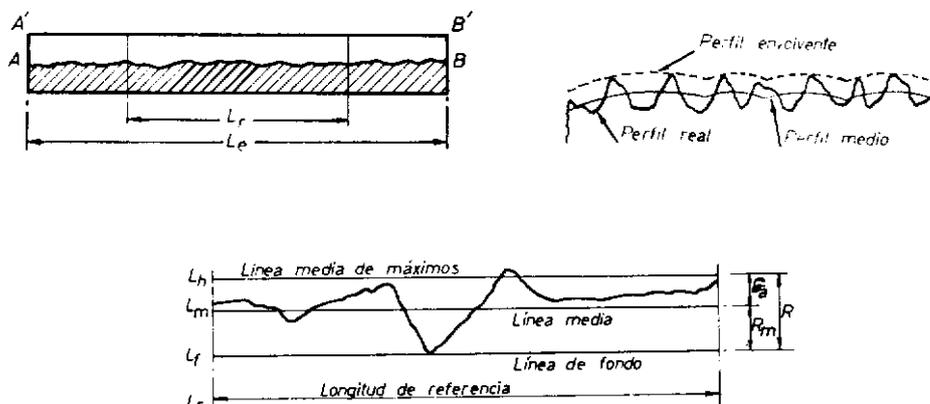
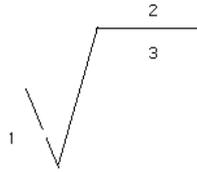


Fig. 6.13 Rugosidad

Para denominar los estados superficiales se usan los triángulos (ver tablas adjuntas), ya en desuso. También se denotan de la siguiente forma:



Siendo:

- 1 Criterio de estado de superficie con valor requerido ($Ra_{6,3} - 3,2$)
- 2 Procesos de elaboración requeridos ($Frr =$ fresado rodante, $To =$ torneado, etc.)
- 3 Función de la superficie ($FG =$ fricción por deslizamiento)

6.9.1 CONTROL DEL ACABADO SUPERFICIAL CUANDO SE MECANIZA CON CUCHILLAS DE PLAQUITA.

Como hemos visto en el apartado anterior, el control del acabado superficial se hace con unos instrumentos que miden el grado de rugosidad de la superficie. Estos instrumentos se llaman rugosímetro y miden la rugosidad. Por lo tanto si queremos saber qué rugosidad tiene una determinada pieza tendremos que medirla con este aparato o con microscopios.

Si mecanizamos las piezas con herramientas de plaquitas podemos calcular la rugosidad (de una forma aproximada) que tendrá la superficie de la pieza una vez finalizada.

Es obvio que el avance y el radio de la plaquita influyen en el acabado superficial. Por ello se aconseja aplicar grandes velocidades de corte y ángulos de desprendimiento positivos para alcanzar un buen acabado. Si nos encontramos con vibraciones tendremos que optar por radios de plaquita más pequeños.

Para calcular de forma aproximada la rugosidad de una determinada pieza aplicaremos la fórmula siguiente:

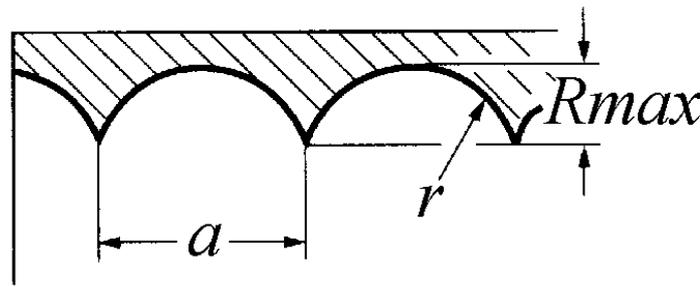


Fig. 6.14 Cálculo de la rugosidad

$$R_{\max} = \frac{a^2}{8r} \times 1000$$

Siendo:

R_{\max} = Profundidad del perfil en μm

a = Avance en mm/rev.

r = Radio de la plaquita en mm.

Como la profundidad del perfil es aproximadamente:

$$R_a = \frac{1}{4} R_{\max}$$

Nos queda:

$$Ra = \frac{a^2}{32r} \times 1000$$

R	Ra	Rugosidad en μm
mm		

Donde:

Ra = Rugosidad en μm .

a = Avance en mm/rev.

r = Radio de la plaquita en mm.

Despejando el avance, obtendremos la siguiente expresión.

$$a = \sqrt{\frac{R_{max} \times 32r}{1000}}$$

Con ella calcularemos qué avance tendremos que aplicar para obtener una rugosidad determinada.

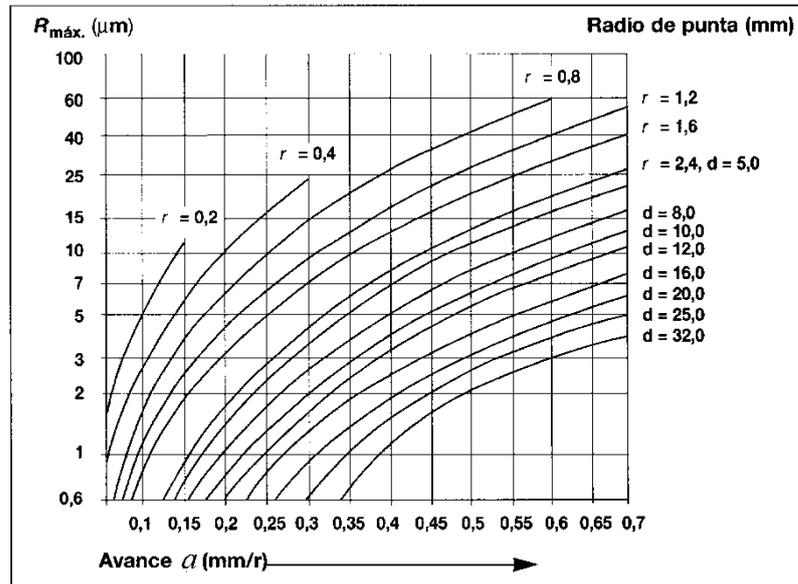
Los valores de Ra que calculamos con esta fórmula son teóricos. Los valores reales son mayores a causa de la desalineación de los ejes, de las guías de los carros y de las variaciones de las fuerzas de corte causadas por el material.

En la tabla 6.1 vemos los resultados obtenidos con diferentes radios de plaquitas y diferentes avances.

0,4	0.2	0.4	0.8	1.8	3.2	5	7.2	-	-	-	-	-	-
0,8	0.1	0.2	0.4	0.9	1.6	2.5	3.6	4.9	6.3	10	-	-	-
1,2	0.06	0.13	0.3	0.6	1.1	1.7	2.4	3.3	4.3	6.7	11	20	-
1,6	0.05	0.1	0.2	0.45	0.8	1.2	1.8	2.5	3.2	5	8.3	14.8	23
2,4	-	0.07	0.15	0.35	0.6	0.9	1.4	2	2.6	4	5.5	9.8	15.4
	0,05	0,07	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,8	1
	a Avance en mm/rev.												

Tabla 6.1 Rugosidad según el radio de la plaquita y el avance

Con la gráfica 6.1, y partiendo de la rugosidad que queremos conseguir (R_a), obtenemos la $R_{m\acute{a}x}$. Una vez calculada la profundidad del perfil ($R_{m\acute{a}x}$) entramos en el diagrama y buscamos la combinación de radio de plaquita y avance que nos convenga.



$R_{m\acute{a}x}$ µm	$R_a = CLA = AA$		RMS		Grado de rugosidad	Símbolo triangular
	µm	µinch	µm	µinch		
1,6	0,30	11,8	0,33	13,1	N5	▽
1,8	0,35	13,8	0,39	15,3		
2,0	0,40	15,7	0,44	17,4		
2,2	0,44	17,5	0,49	19,4		
2,4	0,49	19,2	0,54	21,3		
2,6	0,53	20,8	0,59	23,1		
2,8	0,58	22,7	0,64	25,2		
3,0	0,63	24,6	0,70	27,3		
3,5	0,71	27,8	0,79	30,9		
4,0	0,80	31,4	0,89	34,8		
4,5	0,90	35,2	1,0	39,1	N7	▽
5,0	0,99	38,8	1,1	43,1		
6,0	1,2	47,2	1,3	52,4		
7,0	1,4	55,1	1,5	61,2	N8	▽
8,0	1,6	63,0	1,8	70,0		
9,0	1,8	71	2,0	78,8	N9	▽
10,0	2,0	79	2,2	87,7		
15,0	3,2	126	3,10	140		
20,0	4,4	173	4,9	192		
25,0	5,8	238	6,4	264	N10	▽
27,0	6,3	247	7,0	274		
30,0	7,4	292	8,2	324	N10	▽
35,0	8,8	346	9,8	384		
40,0	10,7	422	11,9	468		
45,0	12,5	485	13,9	538	N10	▽
50,0	14,0	552	15,5	613		

Gráfica 6.1 Rugosidad según el radio de la plaquita y el avance

Símbolos Empleados en los Estados Superficiales						
Sin demasía para mecanizado sin arranque de viruta	Clase de rugosidad	Valor de la rugosidad		Estado Superficial	Procedimiento de Fabricación	Aplicaciones
		μ	$m\mu$			
				Basto e irregular (sin supresión de rebabas)	Forja Fundición Corte a soplete	Bastidores de fundición. Chapas soldadas bajo tierra
	N12	50	2000	Basto, liso pero regular (sin rebabas)	Las anteriores realizadas con mayor esmero	Piezas corrientes de manipulación Material agrícola
	N11	25	1000			
Con demasía para mecanizado con arranque de viruta	N10	12,5	500	Desbastado marcas apreciables al tacto y perfectamente visibles	Lima Torno Fresadora Con gran avance de la herramienta	Agujeros, avellanados. Superficies de apoyo Ajustes fijos
	N9	6,3	250			
	N8	3,2	125			
	N7	1,6	63	Marcas visibles a simple vista y perceptibles ligeramente al tacto	Las anteriores con herramientas en fase de acabado	Ajustes duros. Caras de referencia o de apoyo
	N6	0,8	32	Muy fino. Marcas no visibles ni perceptibles al tacto	Las anteriores con más fases de acabado. Escariado, Rasqueteado	Ajustes deslizantes. Correderas. Aparatos de medida y control
	N5	0,4	16			
	N4	0,2	8	Super fino Marcas en ningún modo visibles	Lapeado Bruñido Rectificado muy cuidadoso.	Calibres especiales
	N3	0,1	4			
	N2	0,05	2			
	N1	0,025	1			

Tabla 6.2 Símbolos Empleados en los Estados Superficiales

Sistema de notación por triángulos (antigua)

Superficies en bruto ($R = 100... 200 \mu\text{m}$): no se usa símbolo.

Superficies lisas de fundición en bruto, que no se mecanizan

($R = 160... 1000 \mu\text{m}$): ~

Superficies a desbastar ($R = 25... 160 \mu\text{m}$): ∇

Superficies a alisar ($R = 4... 25 \mu\text{m}$): $\nabla\nabla$

Superficies de acabado fino ($R = 1... 4 \mu\text{m}$): $\nabla\nabla\nabla$

Superficies de bruñido ($R = 0,04... 1 \mu\text{m}$): $\nabla\nabla\nabla\nabla$

TEMA 7

Podemos definir el control numérico como un sistema de fabricación capaz de controlar todas las acciones de la máquina a través de informaciones numéricas introducidas manualmente (funcionamiento semiautomático) o por programa (funcionamiento automático). (Ismael Asensio París).

7.1 CLASES DE CONTROL NUMÉRICO

Atendiendo a las trayectorias que pueden realizar en sus desplazamientos, nos encontramos con tres clases:

- a) Control numérico punto por punto o punto a punto.

Este control genera trayectorias lineales para pasar de un punto a otro. El camino seguido no tiene importancia; sólo nos importa la posición final de la herramienta. Sólo hay mecanizado cuando la herramienta está posicionada, en el transcurso de los movimientos no hay mecanizado. Como ejemplos podemos citar taladros, punteadoras, etc.

- b) Control numérico de desplazamiento paraxial.

Este control sólo ejecuta trayectorias paralelas a cada uno de los ejes de desplazamiento X, Z e Y. Mecaniza mientras se está

desplazando pero este mecanizado sólo es posible sobre un eje cada vez. Ejemplos fresadora, etc.

c) Control numérico continuo.

Se controlan dos o más ejes a la vez, sincronizando el movimiento de los ejes y verificando la pertenencia del punto a la ecuación de la recta, o del círculo, del desplazamiento deseado. Por lo tanto hay interpolaciones lineales y circulares. Ejemplos tornos, centros de mecanizado, etc.

7.2 PROGRAMACIÓN EN CÓDIGOS I.S.O.

Programa. Conjunto de bloques que se ejecuta secuencialmente.

O ⇒ El número del programa (máximo 4 dígitos) O1234.

Bloque. Unidad de información. Puede contener movimientos de la herramienta o información del proceso.

Cada bloque debe de llevar un número correlativo. Detrás vienen palabras (instrucciones, funciones) y números.

N ⇒ El número del bloque (máx. 4 dígitos) N1200

Palabras:

- G Función preparatoria
- X,Z Coordenadas de los ejes

- U,W Valores incrementales de los ejes X y Z
- I,K Distancias que hay del comienzo del radio al centro del mismo (X y Z)
- R Matar aristas (radios)
- C Matar aristas (chaflanes)
- A Ángulos
- F Avances
- S Velocidad de giro del cabezal
- T Número de posición de la torreta
- M Funciones auxiliares
- P Designación de un subprograma
- Otras: P.U.X., P.Q., L, etc.

7.2.1 FUNCIONES PREPARATORIAS (FUNCIÓN G)

Se programan mediante la letra G seguida de dos cifras (G00), siempre al comienzo del bloque y sirven para determinar la geometría y condiciones de trabajo. Aunque existe una estandarización (Norma I.S.O. 1056) pueden ser modificadas por los fabricantes y muchas de ellas no están determinadas.

Las funciones o códigos G son modales (automantenidas) o simples (secuenciales). Las que actúan modalmente son aquellas que siguen activas

mientras no sean reemplazadas por una nueva función G del mismo grupo.

Las que actúan secuencialmente son aquellas que son activas sólo en la secuencia en la que se encuentren.

Ejemplo	Modal	G00 y G01
	Secuencial	G04 (Parada temporizada)

Función G00 “*Posicionamiento rápido*” (*avance sin trabajo*)

El trayecto de la herramienta en un bloque con G00 se realiza a la máxima velocidad posible para el control (el avance rápido G00 se fija para cada eje independientemente por parte del constructor de la máquina herramienta, en consecuencia la velocidad de avance rápido no puede especificarse en la dirección F)

El desplazamiento rápido se programa mediante la información de desplazamiento G00 y mediante la indicación del punto de destino. Este punto es alcanzado introduciendo cotas absolutas (G90) o cotas incrementales (G91).

Al programar G00, el valor del avance programado bajo la dirección F, permanece en la memoria y vuelve a ser activo, por ejemplo, con G01.

Posicionamiento sin interpolación lineal

El posicionamiento se realiza con cada eje independientemente. Por regla general, la trayectoria de herramienta no describe una línea recta.

La función G00 es modal e incompatible con G01, G02 y G03. Si programamos alguna de ellas se anula G00.

Formato.

G00 Posición del punto final

G00 X Z (absolutas)

G00 U W (incrementales)

Función G01 *Interpolación Lineal (avance de trabajo)*

La trayectoria del desplazamiento resultante, será **una recta**, pudiendo ser ésta paralela a uno de los ejes o con la inclinación que nosotros hayamos programado.

La velocidad de avance (F) será la que nosotros programemos.

La velocidad de avance (F) se mide a la largo de la trayectoria de la herramienta. Si no se ha programado, se considera que tiene un valor de 0.

La velocidad de avance en el sentido de cada eje es la siguiente (en el caso de avance por minuto)

G01 Ua Wb Ff (incrementales)

Eje X; $F_x = a/L \times f$

Eje Y; $F_y = b/L \times f$

$$L = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Formato:

G01 Posición del punto final. F(velocidad de avance)

G01 X Z F (absolutas)

G01 U W F (incrementales)

Función G02 *Interpolación circular horaria (arco). Fig. 7.1*

Desplazamiento de la herramienta según un arco de circunferencia en sentido horario.

Función G03 *Interpolación circular antihoraria (arco). Fig. 7.1*

Desplazamiento de la herramienta según un arco de circunferencia en sentido antihorario.

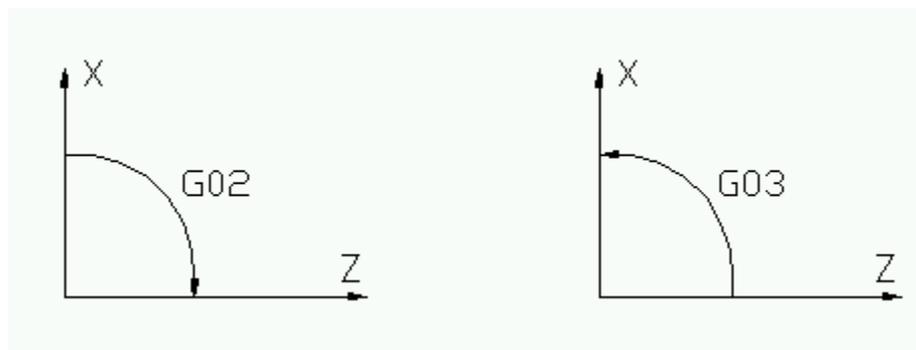


Fig. 7. 1 Interpolaciones circulares

Formato (figura 7.2).

G02 Posición Punto final. Distancia desde el punto inicial hasta el centro.

Velocidad de avance a lo largo del arco F.

Posición Punto final \Rightarrow Absolutas X, Z (posición del punto final en el sistema de coordenadas de la pieza).

\Rightarrow Incrementales U, W (Distancia desde el punto inicial hasta el punto final).

Distancia desde el punto inicial hasta el centro.

I, K Distancia con sentido desde el punto de partida hasta el centro del arco (Siempre el valor del radio y el valor incremental).

R Radio del arco

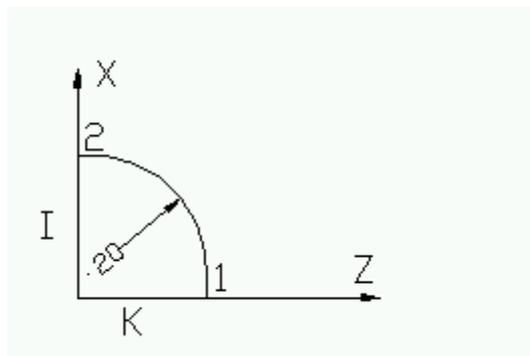


Fig. 7.2 Interpolación circular. Notación

G03 X2 Z2 I0 K -20 (Arco de 1 a 2)

ó también

G03 X2 Z2 R20 (Arco de 1 a 2)

G02 X1 Z1 I-20 K0 (Arco de 2 a 1)

ó también

G02 X1 Z1 R20 (Arco de 2 a 1)

Función G04 *Temporización*

Formato

G04 X(t)

G04 U(t)

G04 P(t)

2,5 segundos

G04 X2,5

G04 U2,5

G04 P2500

Después de ejecutar las ordenas del bloque precedente, se para el programa hasta transcurrido un tiempo t en segundos que continuará el programa con el bloque siguiente.

Función G20 *Entrada de datos en pulgadas*

G20 X1,5 Z1,38

G20 U0,01 W0,35

Función G21 *Entrada de datos en milímetros (por defecto)*

Función G40 *Anulación compensación de radios de la plaquita
de herramienta*

Función G41 *Compensación radio de la plaquita a izquierdas*

Función G42 *Compensación radio de la plaquita a derechas*

Cuando se programan trayectorias no paralelas a los ejes, el radio de la punta de la plaquita de la cuchilla hace que el perfil real de la pieza no coincida con el teórico. Para corregir esto tendremos que calcular mediante fórmulas la posición de la punta de la plaquita en cada punto o utilizar las funciones de compensación de que dispone el torno CNC.

Por norma para definir si la compensación de la plaquita es a izquierdas o a derechas se hace lo siguiente:

Si la herramienta queda a la derecha de la pieza, según el sentido de mecanizado, compensaremos la plaquita a derechas (**G42**), si por el

contrario la herramienta queda a la izquierda de la pieza, según el sentido de mecanizado, compensaremos la plaquita a izquierdas (**G41**) (Figura 7.3).

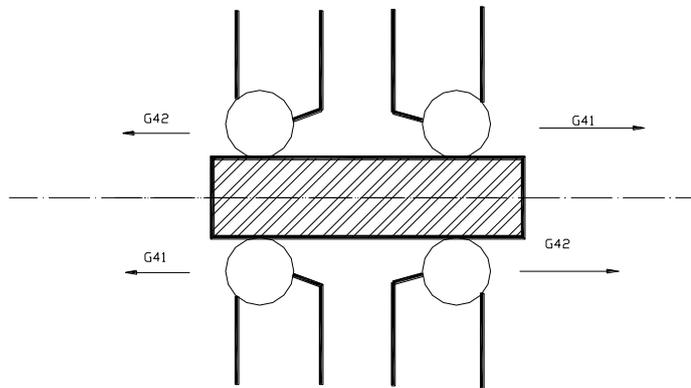


Fig. 7.3 Compensación de la plaquita

Antes de ello tendremos que introducir el valor del radio de compensación de la plaquita en la tabla de herramientas del torno.

Función G50 *Fijación Sistema Coordenadas (y limitación*

R.P.M. en Velocidad de Corte Constante V.C.C.

Formato G50 S.....(r.p.m.)

El valor que aparece a continuación de G50 S especifica la velocidad máxima del husillo de control de V.C.C. en r.p.m.

Cuando la velocidad del husillo en control de velocidad de corte constante alcanza el valor especificado en la orden anterior, la velocidad queda limitada a dicho valor máximo.

Función G96 *Con S control de V.C.C. (Velocidad de Corte Constante)*

Si definimos la velocidad de corte (velocidad relativa entre la herramienta y la pieza) $V_c = \pi DN/1000$ (m/min) después de la dirección S, la velocidad del husillo se calcula de modo que la velocidad del corte sea siempre el valor especificado en función de la posición de la herramienta.

Las unidades de V.C. son las siguientes:

Unidad de entrada		/ unidad de V.C.
mm	⇒	m/min
pulgadas	⇒	pies/min

Formato G96 S....(V.C. (m/min ó pies/min))

Función G97 *Velocidad de giro constante. Anula V.C.C. (G96)*

Define la velocidad en r.p.m. del cabezal, y anula el control de V.C.C.

Formato G97 S....(Velocidad del cabezal en r.p.m.)

Función G98 *Avance por minuto*

La velocidad de avance de la herramienta por minuto se programa directamente entrando un valor numérico después de F.

Formato G98 F....(mm/min ó pulg/min)

G98 es modal. Una vez programado, tiene efecto hasta que se programa G99.

Función G99 *Avance por revolución*

Con G99 seguido de F definimos el avance de la herramienta por revolución del cabezal.

Formato G99 F....(mm/rev ó pulg/rev)

G99 es modal. Después de programar G99, tiene efecto hasta que se programa G98.

Función G90 *Programación en modo absoluto*

Hay dos modos de programar los recorridos de los ejes, la programación absoluta y la programación incremental. En la programación absoluta, se programa el valor de las coordenadas del punto final.

Las coordenadas absolutas se distinguen mediante palabras de dirección.

X \Rightarrow Desplazamiento según el eje X

Z \Rightarrow Desplazamiento según el eje Z

Función G91 *Programación en modo incremental*

En la programación incremental se programa la distancia que se desplaza el eje mismo.

Las órdenes incrementales se distinguen mediante palabras de dirección.

U \Rightarrow Desplazamiento según el eje X

W \Rightarrow Desplazamiento según el eje Z

7.2.2 FUNCIONES AUXILIARES (FUNCIÓN M)

Reflejan la interacción con los elementos de las máquinas.

Las funciones auxiliares se fijan, en norma y en parte por el fabricante de la máquina herramienta.

Función M00 *Parada de programa*

Se interrumpe el programa, incondicionalmente, toda información modal permanece invariable (como en el funcionamiento de bloque único).

El programa puede continuarse oprimiendo la tecla de marcha de ciclo.

Función M01 *Parada opcional*

Se interrumpe el programa, si tenemos conectado la función “parada condicional activa”.

Función M02 *Fin de programa*

Señala en fin de programa (con reposición del programa al comienzo del mismo). Se escribe en la última sentencia del programa.

Función M03 *Giro del cabezal en sentido antihorario*

Hace que el cabezal gire en sentido contrario al de las agujas del reloj.

Ejemplo N30 G96 S180 M03

Control de V.C.C.

m/min (V.C.C.)

Giro sentido antihorario

Función M04 *Giro del cabezal en sentido horario*

Hace que el cabezal gire en el sentido de las agujas del reloj.

Función M05 *Parada del cabezal*

Se para el cabezal sin orientación.

Función M08 *Salida de refrigerante*

Función M09 *Paro de refrigerante*

Función M30 *Fin de programa con vuelta al comienzo*

Actúa como M02, y repone el programa al comienzo del mismo.

Indica fin de cinta programada.

Función M17 *Avanzar el contrapunto*

Función M18 *Retroceder el contrapunto*

Función M26 *Abrir garras*

Función M27 *Cerrar garras*

Función M98 *Llamada a un subprograma*

7.2.3 FUNCIÓN DEL CABEZAL (FUNCIÓN S)

Con la dirección S podemos introducir:

- La velocidad de giro del cabezal en r.p.m.

G97 S2000 M04

- La velocidad de corte constante en m/min o pies/min

G96 S180 M03

- La velocidad límite de giro del cabezal en r.p.m.

G50 S2000

La activación depende de M03 y M04, por lo tanto tiene que programarse antes de M03, M04.

7.2.4 FUNCIÓN HERRAMIENTA (FUNCIÓN T)

Selecciona la herramienta, con las correcciones necesarias.

Formato:

T N° de posición de torreta y n° de corrector

Dos dígitos n° de posición de torreta y los dos dígitos siguientes n° de corrector.

Ejemplo T01 01
 n° de herramienta
 n° de corrector

El número de la herramienta será el número de la posición que ocupa la cuchilla en la torreta portaherramientas.

El número de corrector será el número en el que está medida la información de la distancia que hay desde el “0” máquina al “0” pieza, en la tabla de correctores de geometría del torno CNC.

El “0” máquina es el origen del sistema de medida definido por el constructor de la máquina.

El “0” pieza es el origen del sistema de medida definido por nosotros al programar una pieza.

7.2.5 FUNCIONES DE AVANCE (F)

Avance rápido

El posicionamiento se realiza en un desplazamiento rápido ejecutado por la orden de posicionamiento G00.

No es necesario programar la velocidad de avance rápido, ya que estas velocidades se fijan por el constructor de la máquina herramienta.

Velocidad de avance en mecanizado

La velocidad de avance de interpolación lineal (G01), y de interpolación circular (G02 y G03) se programa con números después del código F.(Ver G98 y G99).

7.2.6 FUNCIONES PARA SIMPLIFICAR LA PROGRAMACIÓN.

Podemos insertar un chaflán o un redondeado de una esquina entre dos bloques que se cortan en ángulo recto de la siguiente forma:

C y **R** especifican siempre un valor de radio.

El desplazamiento para achaflanado (C) o redondeado de esquinas (R) debe ser un desplazamiento simple según el eje X o el eje Z en el modo G01. El siguiente bloque debe ser un desplazamiento según el eje X o según el eje Z, perpendicular al bloque anterior.

Formato:	G01 X_ R_	G01 X_ C_
	ó	ó
	G01 Z_ R_	G01 Z_ C_

Ejemplo (figura 7.4):

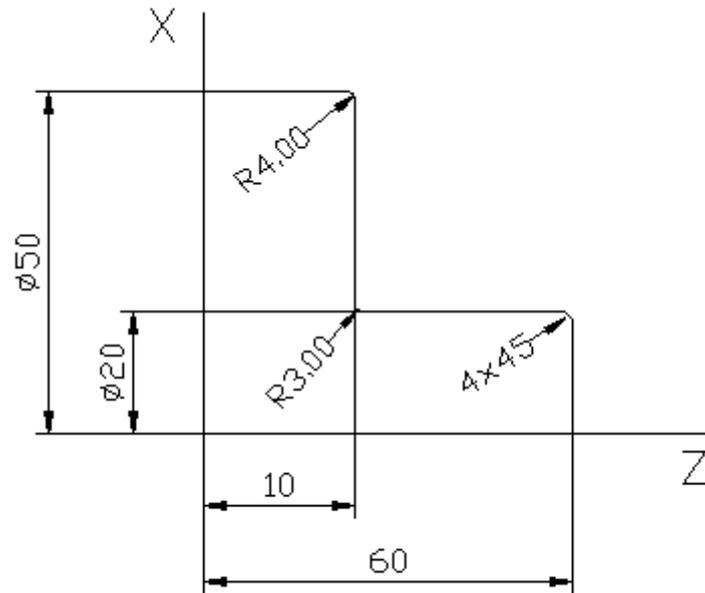


Fig. 7.4 Ejemplo programación simplificada

```

N10 T0101
N20 G50 S2000
N30 G96 S150 M04
N40 G00 X0 Z65 G42 M08
N50 G01 Z60 F0.1
N60 X20 C4
N70 Z10 R3
N80 X50 R4
N90 Z0
N100 X55
N110 G00 X150 Z250 M09
N120 M30

```

Programación en ángulos

Para programar una recta, podemos hacerlo especificando sólo uno o dos parámetros entre X, Z y A.

Ejemplo (figura 7.5):

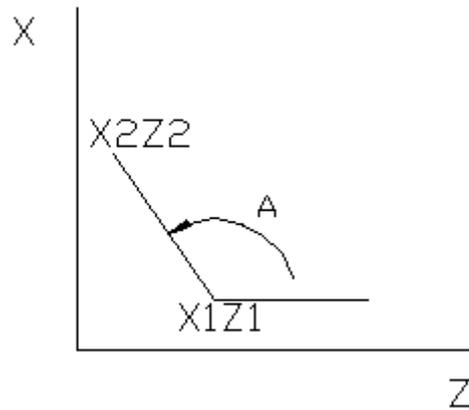


Fig. 7.5 Ejemplo programación en ángulos

X2... (Z2.....) A.....;

7.2.7 CICLO FIJO DE ROSCADO G76

El ciclo fijo de roscado se programa mediante la orden G76

Formato:

G76 P A B C Q_ R_

G76 X_ Z_ R_ P_ Q_ F_

A: N° de pasadas en vacío si es 00 no hay pasada en vacío (n° de repeticiones en acabado).

B: Ángulo de salida al final de la rosca; si es 00 la salida es recta si son 30 es en cono. (Valor de achaflanado).

C: Ángulo de la rosca (ángulo de la punta de la herramienta)

0°, 60°, 55°, 30°, 29°, 0°.

Q: Profundidad de la última pasada en micras ($0.1 \text{ m} = 100 \text{ micras}$)

R: Tolerancia de acabado.

G76 X_ Z_ R_ P_ Q_ F_

X: Diámetro interior de la rosca.

Z: Punto final de la rosca en Z

R: Diferencia del radio de la rosca (si es cónica)

Si es recta $R=0$

P: Altura de la rosca, filete en micras.

Este valor se especifica mediante el valor del radio según el eje X.

Tendrá valor positivo en las roscas exteriores y negativo en las interiores.

Q: Profundidad de la primera pasada en micras ($0.45 = 450$).

El signo dado a este parámetro determina el procedimiento de mecanizado:

Si el signo es positivo, el CNC realiza la rosca manteniendo el caudal de viruta constante en cada pasada.

Si el signo es negativo, la rosca se realiza manteniendo constante el valor de la pasada hasta alcanzar la profundidad total de la rosca.

F: Paso de la rosca.

Fórmulas

PROFUNDIDAD DEL HILO: FILETE = PASO x 0.6495 Métrica

PASO x 0.6403 Whitworth

$$\text{N}^\circ \text{ DE PASADAS} = \frac{\text{Profundidad del hilo} \times 20}{3}$$

$$\text{PROFUNDIDAD DE LA 1}^{\text{a}} \text{ PASADA} = \frac{\text{Profundidad del hilo}}{\sqrt{\text{N}^\circ \text{ de pasadas}}}$$

(Con valor positivo)

$$\text{PROFUNDIDAD DE LA 1}^{\text{a}} \text{ PASADA} = \frac{\text{Profundidad del hilo}}{\text{N}^\circ \text{ de pasadas}}$$

(Con valor negativo)

TEMA 8

8.1 GENERALIDADES

Recibe el nombre de fresadora la máquina útil que mueve una herramienta especial de cuchilla múltiple llamada fresa y que va montada en un eje vertical, horizontal o inclinado, dándose el nombre de fresadora universal aquella cuyo eje puede tomar cualquiera de estas tres posiciones.

La fresadora está provista de una mesa donde se sujeta la pieza que ha de labrarse; la mesa puede moverse horizontalmente en dirección longitudinal, automáticamente o a mano.

Este movimiento, combinado con el giro de la fresa, produce el arrancado del material sobrante, mientras que un segundo movimiento, vertical y un tercero de giro alrededor de un eje vertical tienen por objeto situar previamente la pieza y son siempre manuales.

La fresadora de creación relativamente moderna, se halla hoy muy extendida por causa de sus ventajas, que son las siguientes:

1. Como la fresa se compone de varias cuchillas que no trabajan simultáneamente, el calentamiento producido en la herramienta durante el corte se disipa en el período de inactividad, durante el cual se halla girando en contacto con el aire atmosférico o con un chorro de refrigerante líquido, y este conjunto de condiciones permite adoptar una velocidad de corte mayor.

2. Por causa de la multiplicidad de la cuchilla y de su forma, del movimiento de la mesa y de la presencia de aceites especiales de corte que actúan también como refrigerantes, se obtienen piezas que no necesitan acabado posterior.
3. A igualdad de material arrancado, el desgaste de cada cuchilla vale el que correspondería a una máquina de cuchilla única, dividido por el número de cuchillas que tiene la fresa, y esto permite, una vez establecido el trabajo automático, obtener un mayor número de piezas iguales sin proceder al afilado, y esto, claro está, dentro de los límites señalados por las tolerancias.
4. Una vez preparada la fresadora para la realización de un trabajo determinado, lo cual sí puede presentar dificultades, no se necesita ya de obrero muy hábil ni muy especializado.

8.2 CINEMÁTICA DE LA FRESADORA

La máquina de fresar o fresadora viene dispuesta como se indica en figura 8.1 y se puede dividir en dos grandes partes, una destinada al movimiento de giro de la fresa (corte), y otra destinada al movimiento de traslación de la pieza (avance).

La primera empieza en la polea A, loca en su eje, y que sirve de soporte a la correa B mientras la máquina no trabaja; sigue después la polea

C, solidaria al eje DE, portador de un cono de poleas F, que mediante enlace de correa transmite el movimiento a G cuando la correa B es puesta sobre C; sobre el eje HI hay una rueda dentada J que engrana con la K reduciendo la velocidad y aumentando el par; el eje que conduce esta última rueda es hueco y termina, a la izquierda en la figura, en un cono donde se aloja el eje portador de la fresa L, mientras que por la derecha entra un largo tornillo que, atravesando todo el hueco del eje, va a empernarse en el cono del eje portafresa y lo sujeta.

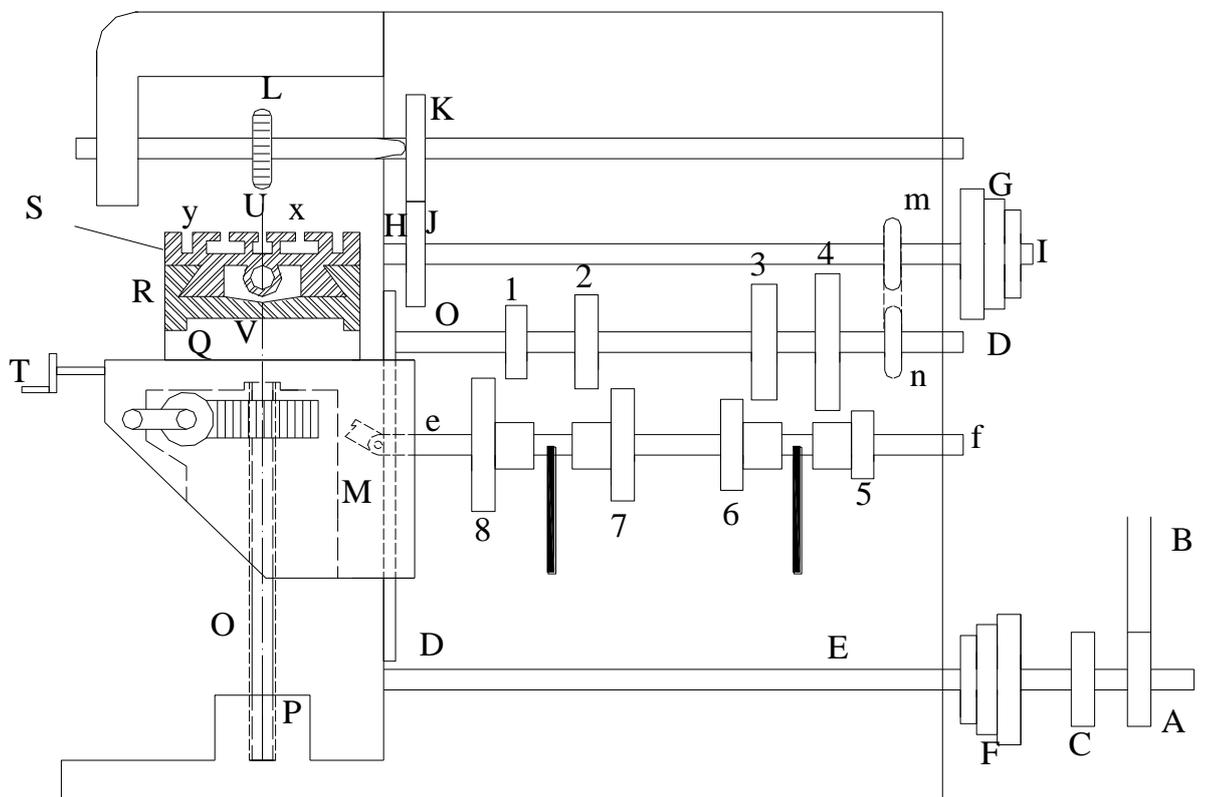


Fig. 8.1 Cinemática Fresadora

La segunda consta de un carro M de movimiento vertical que se mueve, a mano, por medio del tornillo sin fin del eje roscado O y de su tuerca fija P, que forma parte de la bancada; encima de este carro viene otro que se compone de las tres partes superpuestas Q, R, y S; Q se desliza, por medio de guías a cola de milano, sobre el carro M por medio del volante T, y por arriba, por donde aparece machihembrado a R, constituye un cuerpo cilíndrico que permite que el conjunto R-S gire alrededor del eje UV; a su vez, la mesa S, que posee las mordazas X para la fijación por medio de los pernos de anclaje y los canales Y para la recogida y evacuación del lubricante y refrigerante, se desliza por medio de guías a cola de milano en el cuerpo R, y el movimiento que se produce por medio del husillo Z puede ser manual o automático; el mecanismo que produce estas dos clases de movimiento se ha representado en la figura 8.2. Si puesta la trócola a en la posición neutra actuamos sobre el volante b, producirá el giro del eje Z y el arrastre de S; pero si la trócola a, que está enchavetada en su eje, corre a la derecha hasta engranar con el piñón d, el movimiento que éste recibe del eje ef, en la forma que a continuación veremos, se transmite al eje gh y después, por las ruedas dentadas il, al husillo Z; si la trócola a, se hace engranar con el piñón q, la transmisión es análoga, pero el sentido de giro es inverso.

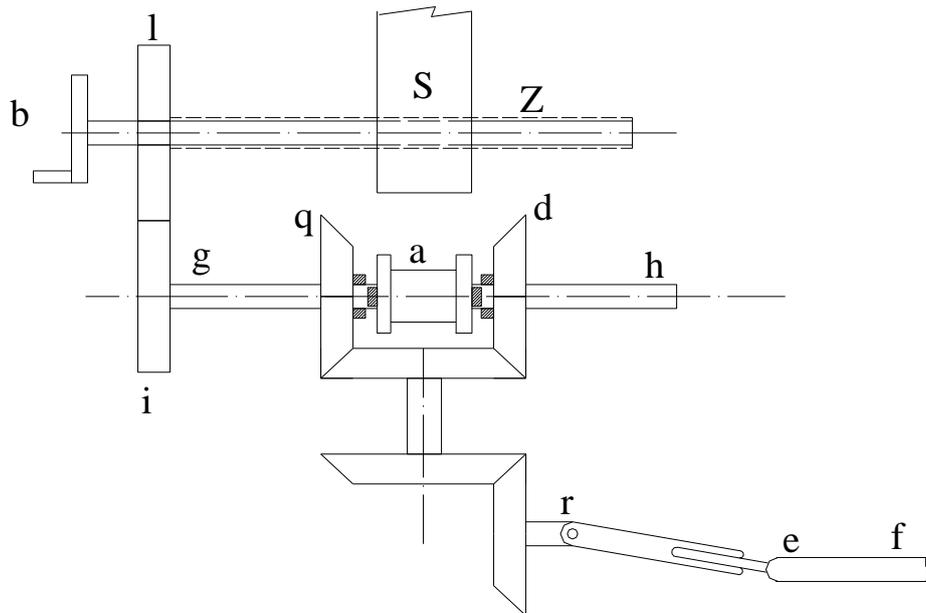


Fig. 8. 2 Cinemática Fresadora

El mecanismo que da movimiento al eje ef de las figuras lo toma de la rueda m mediante cadena que lo transmite a la rueda n; esta rueda, a su vez, mueve OD, sobre el cual van solidarias las ruedas 1, 2, 3 y 4; sobre el eje ef van enchavetados, pero deslizantes, los pares de ruedas 5 – 6 y 7 – 8; mediante dos manivelas que actúan sobre cada uno de estos pares, pero no simultáneamente, se puede engranar un solo par, a un tiempo, de los cuatro que constituyen el mecanismo, obteniendo las combinaciones 1 – 2, 2 – 7, 3 – 6 y 4 – 5; con la primera se obtiene el movimiento más lento del eje ef y con la última él más rápido.

En el extremo a, va conectado una junta o articulación cardan doble, la cual es indispensable porque el mecanismo que acabamos de estudiar, va montado en el armazón de la máquina y es, por consiguiente, fijo, en tanto que el mecanismo que ha de recibir su movimiento ocupa posiciones variables verticalmente por pertenecer al conjunto formado por los cuerpos M, Q, R y S de la figura 8.1; la articulación cardan a través de dos piñones mueve el eje r de la figura 8.2, produciendo, en la forma que ya conocemos, el movimiento de la mesa, que se conoce con el nombre de avance y que se cuenta por vuelta de fresa.

8.3 TIPOS DE FRESAS Y SU MONTAJE

Atendiendo al material con el cual están hechas las fresas podemos clasificarlas de la siguiente manera:

- Aceros aleados
- Aceros rápidos
- Aceros extrarrápidos
- Carburos metálicos (dientes postizos)
- Cerámicas (dientes postizos)
- Diamantes (dientes postizos)

También podemos hacer una clasificación de las fresas atendiendo a su forma, quedando así la clasificación:

1- Fresas cilíndricas: aquí podemos distinguir tres subclases: de planear, de gran producción y fresas frontales.

2- Fresas de disco: atendiendo al número de cortes que poseen las clasificamos en:

Un solo corte: Poseen dientes sólo en la periferia

Dos cortes: Poseen dientes en la periferia y en una de sus caras frontales.

Tres cortes: Poseen dientes en la periferia y en sus caras frontales. Estas fresas a su vez pueden disponer de dientes alternos o continuos y su anchura puede ser regulable o no.

Las fresas de sierra también son una clase de fresas de disco.

3- Fresas angulares o cónicas, estas pueden ser sencillas o dobles también llamadas bicónicas.

4- Fresas para ranuras en "T".

5- Fresas de forma:

- Fresas para engranes (fresas de módulo).
- Fresas de roscar.
- Fresas madre.
- Fresas de formas especiales.

La fresa cilíndrica de la figura 8.3, tiene dientes de corte sólo en la periferia. Se emplea para fresar chaveteros, ranuras y superficies planas que son menos estrechas que el ancho de la fresa.

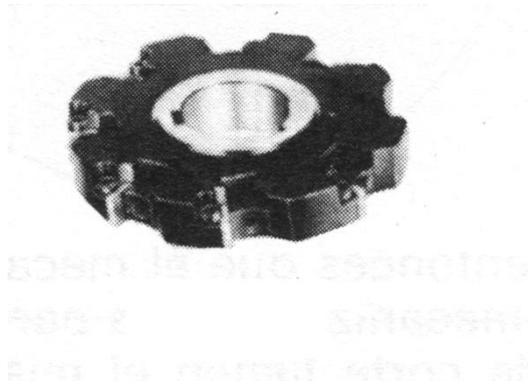


Fig. 8.3 Fresa cilíndrica

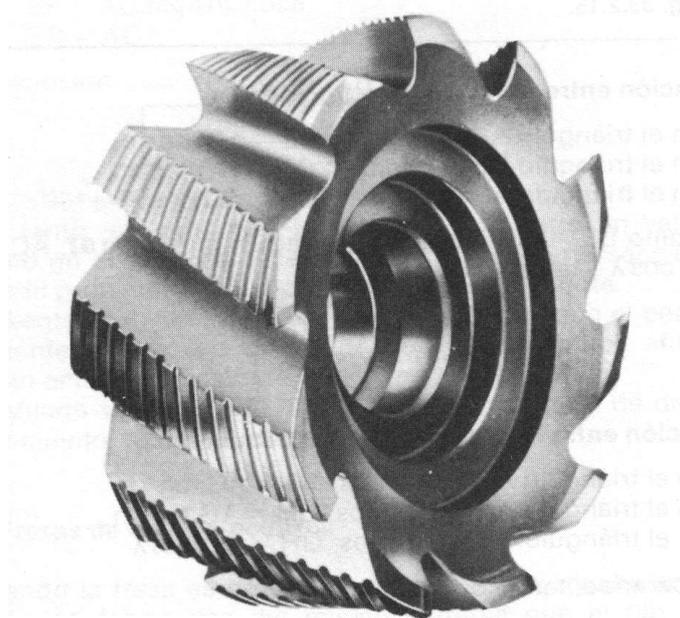


Figura 8.4 Fresa cilíndrica de anchura superior a 18 mm

Las fresas cilíndricas cuya anchura es superior a 18 mm (figura 8.4) tienen dientes provistos de ranuras rompevirutas.

Las fresas de tres caras, tienen dientes a ambos lados, así como en la periferia. Se emplean para fresar ranuras cuyo ancho debe ser preciso (figura 8.5). Las fresas de tres caras con corte lateral alternado, se emplean cuando se requieren pasadas profundas. Es posible operar con este tipo de fresas, con velocidades y avances mayores que con una fresa ordinaria.

Las fresas angulares pueden ser sencillas o dobles. Se usan en el fresado de dientes de útiles de corte planos y giratorios y para fresar las estrías de brocas y escareadores. (figura8.6).

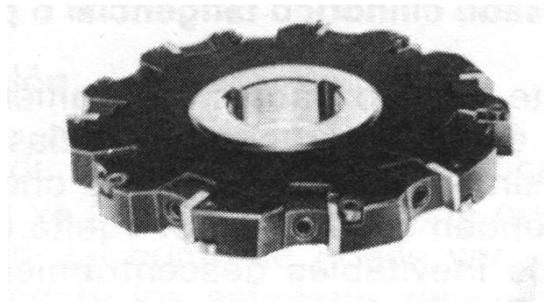


Fig. 8.5 Fresa de tres caras



Fig. 8.6 Fresas angulares

La fresa para ranuras en T de la figura 8.7, también sirve para tallar chaveteros y ranuras circulares.

La fresa representada en la figura 8.8, es una fresa de forma.

La fresa de la figura 8.9 es una fresa la empleada para tallar engranajes o cremalleras. Cuando han de servir para dentados basados en el módulo, estas fresas se designan corrientemente con el nombre de fresas de módulo.

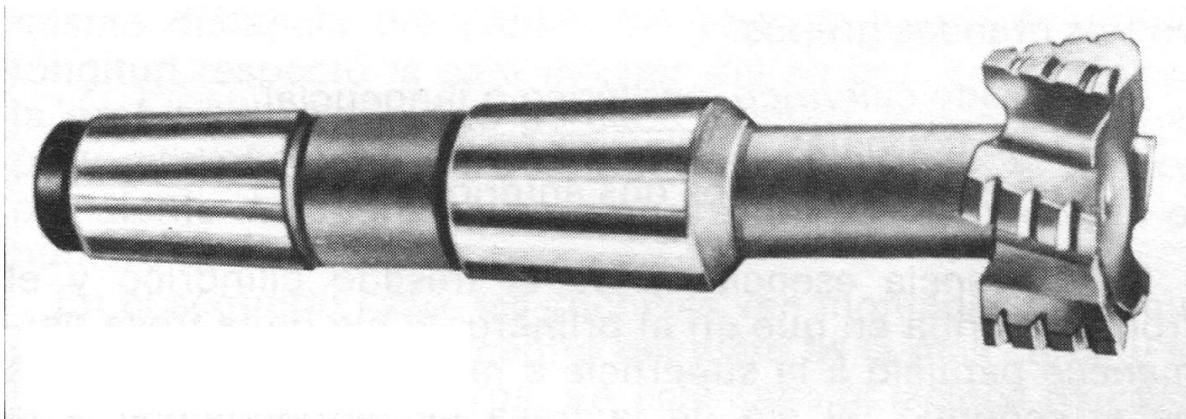


Fig. 8.7 fresa para ranuras en T

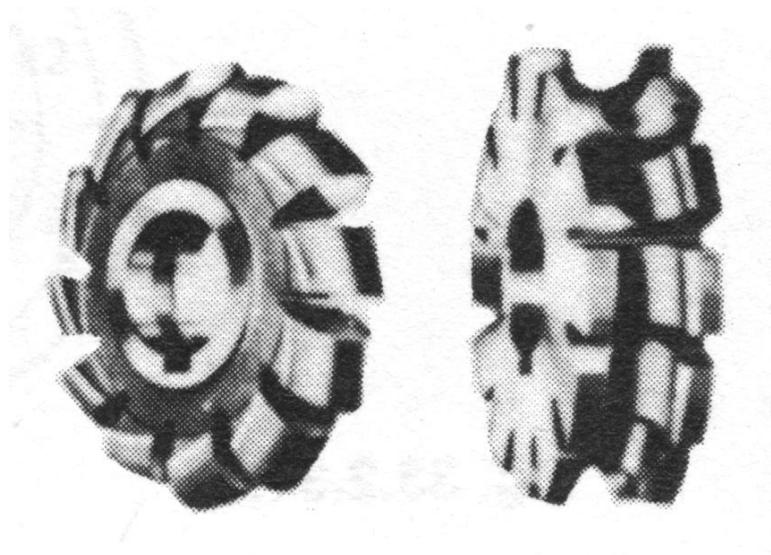


Fig. 8.8 fresa de forma

La forma del perfil del diente de los engranajes varían con el número de dientes de los mismos, por ejemplo se tiene que la figura 8.9 representa el perfil de un engranaje de 15 dientes, mientras que la figura 8.10 representa el perfil de un engranaje de 120; para lo cual en cada módulo se emplea un juego de 8 fresas cuando se trata hasta el módulo 8 ó 10, y un juego de 15 fresas para engranajes de módulos mayores.



Fig. 8.9 Perfil engranaje 15 dientes Fig. 8.10 Perfil engranaje 120 dientes

8.4 ÁNGULOS DE LA FRESA

En La figura 8.11 podemos ver los ángulos de corte en los filos de la fresa.

γ = Es el ángulo de desprendimiento o ataque. Cuanto mayor sea este ángulo más fácilmente penetrará el diente en el material, pero tiene un límite impuesto por la resistencia del diente (8° a 25°).

α = Es el ángulo de incidencia. Tiene que ser lo mayor posible para disminuir el rozamiento del diente sobre la pieza. Pero su valor no puede

aumentar excesivamente, para no quedar muy debilitado el filo del diente.
(5° a 13°).

β = Es el ángulo de corte o del filo.

a= Es la superficie de ataque.

b = Es la superficie de incidencia.

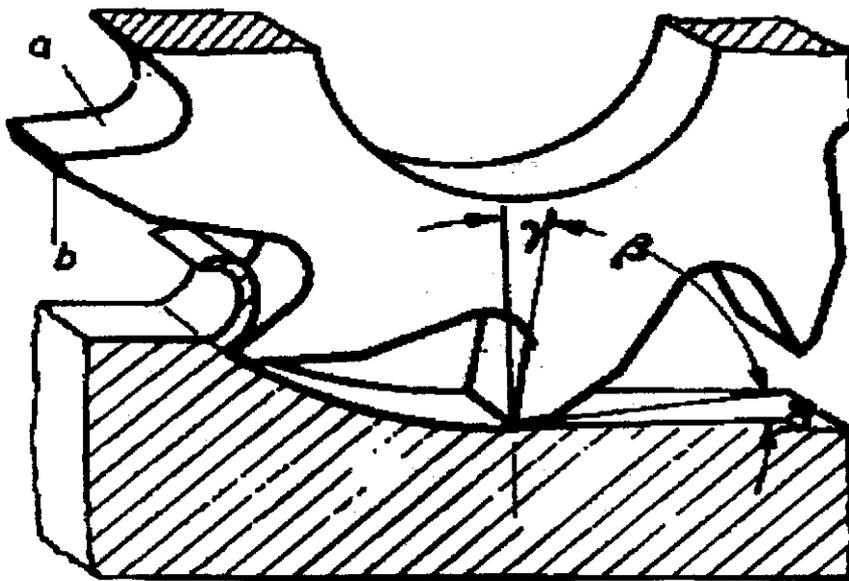


Fig. 8.11: Ángulos de la fresa

Las fresas deben mantenerse afiladas, los filos tienen un límite de permanencia, por consiguiente deben siempre inspeccionarse antes de iniciar el trabajo.

Cuando se fresan piezas de acero, un lubricante constituye un buen auxiliar, tanto como refrigerante como para producir un buen acabado. Este lubricante puede ser aceite o una emulsión de aceite y agua.

La sujeción de las fresas se hace por medio de mandriles que llevan una tuerca roscada en un extremo cuyo apriete crea un rozamiento que origina su fijación. Otras se sujetan por medio de chavetero.

8.5 AFILADO DE LAS FRESAS

El corte de las fresas debe conservarse siempre en buen estado, de lo contrario se estropean rápidamente.

Las muelas empleadas para afilarlas pueden ser de tres clases: Cilíndricas, de vaso y de disco. Las dos primeras (figuras 8.12 y 8.13) se emplean para las fresas ordinarias y la última para fresas de perfil constante o destalonadas (figura 8.14).

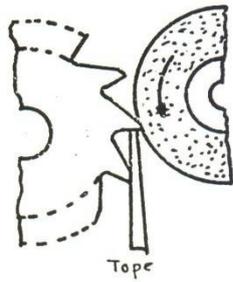


Fig. 8.12 Afilado fresa

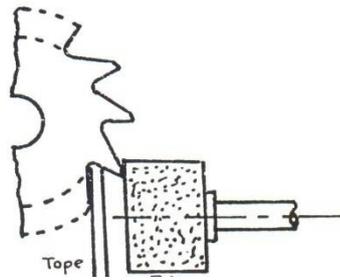


Fig. 8.13 Afilado fresa

Al afilar las fresas hay que procurar:

- 1) No destemplantarlas, para lo cual deben tomarse pasadas finas, emplear muelas de grano no excesivamente fino y hacer girar éstas a velocidad moderada.
- 2) Conservar el valor del ángulo de incidencia.
- 3) Afilar las fresas de dientes destalonados únicamente por la cara frontal.
- 4) Procurar que todos los dientes queden exactamente a la misma altura; para comprobarlo se emplean escuadras o calibres especiales, o bien se montan las fresas entre puntos en el torno y se mira si giran concéntricamente con un gramil o un comparador.

La figura 8.15 muestra los ángulos de filo de la fresa los cuales varían según el material de la herramienta y de la pieza, por lo general estos ángulos vienen a estar comprendidos entre los 5° y 13° para el de incidencia

(α) y de 8° a 25° para el de desprendimiento (γ), siendo β el ángulo de corte ($\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$).

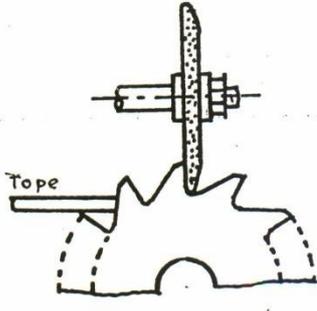


Fig. 8.14 Afilado fresa



Fig. 8.15 Ángulos filo fresa

8.6 VELOCIDAD DE CORTE

La velocidad de corte de una fresa se refiere al grado de rapidez con que la arista cortante de los dientes actúa sobre la pieza, generalmente se expresa en metros por minuto.

Debido a muchos factores, no es posible establecer una regla definida para la velocidad de una fresa, siendo los que deben considerarse especialmente: la profundidad del corte, el valor del avance, el material que se mecaniza, el tipo de la fresa, y el acabado requerido.

Una fresa no debe trabajar nunca a una velocidad que pueda elevar excesivamente la temperatura o que pueda ser causa de deterioro o pérdida de los filos.

La velocidad de corte se obtiene mediante la fórmula:

$$V = \frac{\pi x D x n}{1000}$$

Siendo, V = velocidad de corte (m/min.)

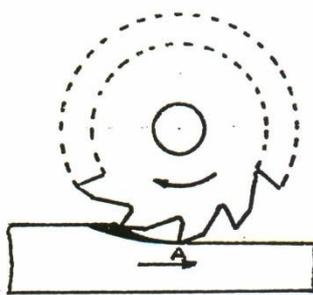
D = diámetro de la fresa (mm)

n = número de revoluciones por minuto

8.7 AVANCE

El traslado de la pieza contra la fresa se conoce por avance, el cual se mide en mm por minuto o también en mm por revolución de la fresa; el avance depende de las condiciones de trabajo, del material, de la velocidad de corte, etc.

El sentido de avance correcto está representado en la figura 8.16, ya que de este modo, en el punto A de encuentro de la cuchilla con la pieza, la viruta inicial es nula y crece progresivamente, y la velocidad inicial relativa entre fresa y pieza es la suma de las dos velocidades y decrece ligeramente; si la pieza se moviera al revés, la viruta inicial sería máxima, decreciendo progresivamente hasta anularse y la velocidad inicial relativa es máxima,



inferior a la suma de ambas y decrece ligeramente hasta ser igual a su diferencia.

Fig. 8.16 Sentido de avance de la fresadora

8.8 FUERZA MÁXIMA Y POTENCIA ABSORBIDA POR EL FRESADO

La fuerza de corte, al igual que en el torno, es la fuerza que pone la cuchilla para arrancar el material mecanizado.

$$F = q_s \times S$$

Siendo,

q_s = Fuerza específica de corte

S = La sección de viruta.

En este caso la sección de la viruta arrancada por la cuchilla de la fresadora (fresa) es variable, por lo tanto, la fuerza de corte máxima será la fuerza necesaria para cortar la sección máxima.

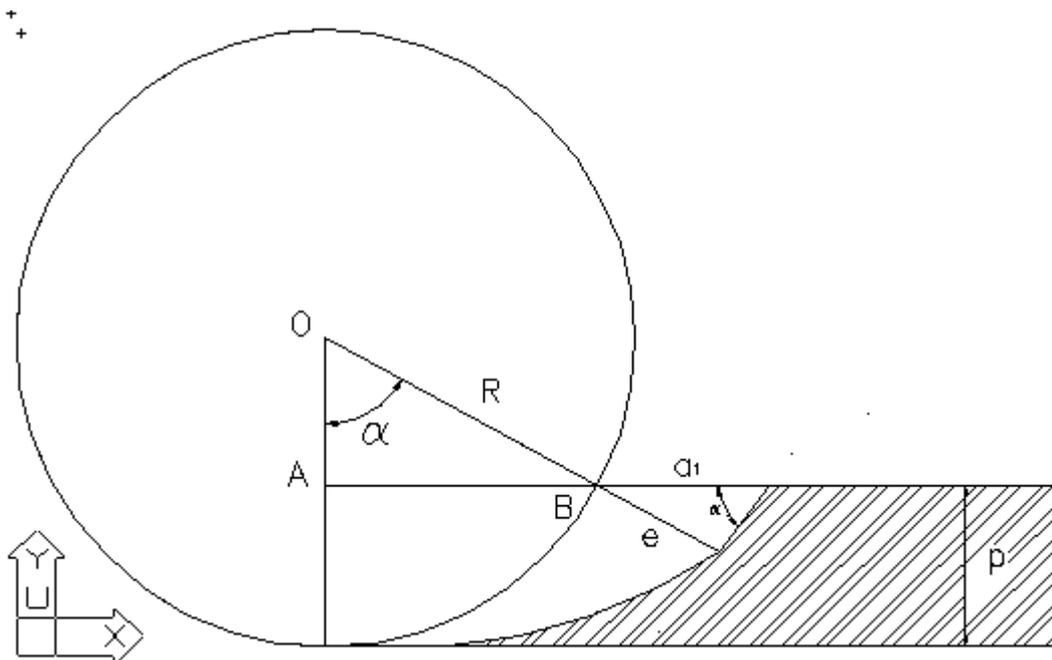


Fig. 8.17: Potencia absorbida

En este caso la sección máxima de viruta será e , por tanto:

$$F = q_s \times S = q_s \times e \times b$$

Siendo:

b = anchura de la fresa

$$e = a_1 \times \text{sen}\alpha$$

$$a_1 = \frac{a}{z \times n} \quad \Rightarrow F = q_s \times \frac{a}{z \times n} \text{ sen} \alpha \times b$$

a_1 = avance por diente

a = avance

z = número de dientes

n = R.P.M.

$$\text{sen} \alpha = \frac{AB}{R} = \frac{\sqrt{OB^2 - OA^2}}{R} = \frac{\sqrt{R^2 - (R - p)^2}}{R} = \frac{\sqrt{p(D - p)}}{R}$$

Una vez calculada la Fuerza máxima del fresado podemos calcular la potencia de las siguientes maneras:

$$\mathbf{P = P_m \times w}$$

Siendo:

P_m : par motor

$$P_m = F \times \text{Distancia } (D/2)$$

D = diámetro de la fresa

w : velocidad angular

$$w = (2\pi \times n)/60 \text{ (rad/seg.)}$$

O también:

$$\mathbf{P = F \times V}$$

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \text{ (m/min.)}$$

$$P = \frac{F \times v}{60 \times 75}$$

8.9 OPERACIONES QUE SE REALIZAN CON LA FRESADORA

Los trabajos propios de la fresadora son el labrado de las superficies planas, de prismas como los de las tuercas y cabezas de tornillo, por ejemplo: ranuras como en los casos de los chaveteros o en forma de T (mortajas) o también de estriados en general; dentado de ruedas cilíndricas, helicoidales o cónicas; trabajos especiales con fresas de forma y aun roscado de husillos cuando la fresadora es tal que permite la puesta en posición relativa de husillo y fresa.

8.10 EL APARATO DIVISOR

Para el dentado de ruedas en la fresadora, así como para el labrado de prismas y estriados, se monta sobre la mesa sujeto a las mortajas, un

aparato llamado divisor que consta en principio de una rueda helicoidal A (figura 8.18) y de su correspondiente tornillo sin fin B; en el eje de la rueda va dispuesto un plato de sujeción C que sirve para coger la pieza y que a veces es sustituido por un simple punto, como en los tornos; en el caso de tallado de ruedas se parte de un bloque D que se monta previamente sobre un eje postizo llamado torneador; en tal caso, el torneador viene afirmado por un extremo en el plato de sujeción y por el otro se apoya en el punto F.

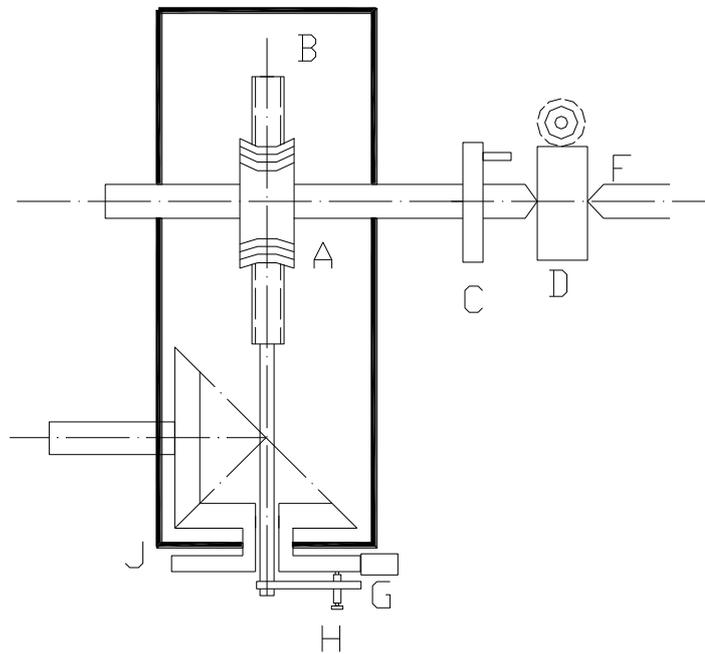


Fig. 8.18 Aparato divisor

El tornillo sin fin B va provisto de una manivela G en cuyo extremo se halla, a modo de asidero, un punzón H que empujado por un resorte,

tiende a clavarse en los agujeros no pasantes que presenta el disco J (Figura 8.19), solidario a la armazón del aparato, fijo por lo tanto, y que recibe el nombre de plato divisor.

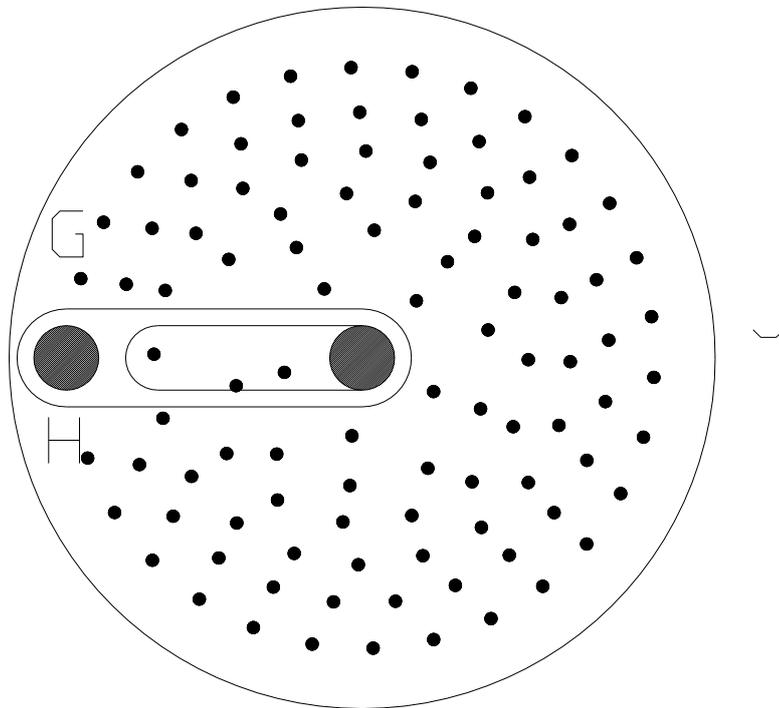


Fig. 8.19 Plato divisor

Los mencionados orificios no pasantes, y que penetran algo menos de la mitad del espesor del plato, se hallan, por sus dos caras, dispuestos en forma de circunferencias cuyos números de agujeros son los siguientes.

Cara A: 16, 18, 20, 24, 29, 33, 39, 43 y 49

Cara B: 15, 17, 19, 21, 23, 27, 31, 37, 41 y 47

Puesto que la rueda A y el tornillo sin fin B son, al fin y al cabo, dos ruedas dentadas helicoidales, sus números de vueltas respectivos estarán en razón inversa de sus números de dientes, y como en el divisor corriente la rueda tiene cuarenta dientes y el sin fin uno sólo, resulta que, por cada vuelta de la rueda A, la manivela G da cuarenta.

Si llamamos, pues, N a un número de vueltas arbitrario de la manivela y n al correspondiente de la rueda, podremos establecer la correspondencia:

$$40 \rightarrow 1$$

$$N \rightarrow n$$

y como evidentemente existe proporcionalidad, puede escribirse

$$\frac{40}{N} = \frac{1}{n}$$

de donde

$$N = 40n \quad (1)$$

Esta igualdad nos dice que para hacer dar a la rueda y, por lo tanto, al plato de sujeción C y a la pieza D, un número de vueltas n, el de la manivela será cuarenta veces mayor.

Puesto que en las aplicaciones N es siempre fraccionario, se fija su valor por medio de las relacionadas circunferencias de agujeros, en la forma que veremos, a cuyo fin el plato se puede invertir y la manivela G se puede alargar o acortar a fin de que el punzón caiga sobre la circunferencia que más nos conviene.

Los diferentes valores que pueden proponerse para “ n ” dan lugar a tres casos en el funcionamiento del divisor.

8.11 MÉTODO SIMPLE

Puede aplicarse siempre que el denominador de la fracción N es igual a alguno de los números de agujeros de las circunferencias del plato divisor o es submúltiplo de alguno de ellos. Se procede de la forma que a continuación exponemos.

- ¿Cuánto ha de valer N para tallar en la fresadora una rueda de 78 dientes?

Dispuesto el bloque D (Figura 8.18) que ha de transformarse en rueda dentada y contenida la fresa en un plano vertical que pasa por el eje geométrico de dicha rueda, da un corte que es un hueco entre dientes; a continuación debe darse a la pieza una fracción de vuelta tal que la fresa quede encarada con el nuevo hueco que debe abrir; por consiguiente, si el

número de dientes de la rueda ha de ser de 78, la fracción de vuelta mencionada ha de valer $n = 1/78$, valor que, introducido en la ecuación (1), nos da

$$N = \frac{40}{78} = \frac{20}{39}$$

O también: 78 dientes $\Rightarrow 1 \rightarrow 40$

$$\frac{1}{78} \rightarrow NN = \frac{40}{78} = \frac{20}{39}$$

Resulta, pues, que para pasar de un hueco al siguiente, es decir, para talla un diente, debemos girar la manivela $20/39$ de vuelta, lo cual se conseguirá encarando el punzón H con la circunferencia de 39 dientes que figura en la cara A del plato y saltando, cada vez, 20 agujeros o, si se quiere, recorriendo 20 arcos de los determinados por cada dos agujeros consecutivos.

8.12 MÉTODO COMPUESTO

Es necesario recurrir a este método o al que exponemos a continuación cuando el denominador de la fracción que resulta de aplicar la fórmula (1) no es ninguno de los números del plato divisor ni submúltiplo de ninguno de ellos.

Para que el método compuesto sea aplicable es necesario que el denominador en cuestión se pueda descomponer en dos factores que sean números del plato divisor o submúltiplos de ellos, situados además uno en cada cara del plato.

Si la fracción que nos queda después de aplicar lo aprendido en el apartado anterior es del tipo:

$$\frac{p}{q} \text{ donde } \mathbf{p} \text{ y } \mathbf{q} \text{ son primos entre sí.}$$

Pero si $q = r \times s$, podremos hacer lo siguiente:

$$N = \frac{p}{q} = \frac{x}{r} \pm \frac{y}{s} = \frac{sx \pm ry}{rs} \Rightarrow sx \pm ry = p$$

Siendo esto una ecuación diofántica que hemos de resolver dando a s y r números enteros.

• ¿Cuánto ha de valer N para que la pieza montada en el divisor de 1/111 de vuelta?

Aplicando la fórmula (1) tenemos que:

111 dientes $\Rightarrow 1 \rightarrow 40$

$$\frac{1}{111} \rightarrow N \qquad N = \frac{40}{111}$$

Expresión que no se puede simplificar ni cumple con las condiciones exigidas para la aplicación del método simple.

Descomponiendo 111 en sus factores primos, resulta ser

$$111 = 3 \times 37$$

Si hacemos

$$\frac{40}{111} = \frac{a}{3} \pm \frac{b}{37} \Rightarrow \frac{40}{111} = \frac{37a \pm 3b}{111}$$

y determinamos los valores de a y b, por figurar el número 37 en la cara b del plato y varios múltiplos de 3 en la cara A se cumplirán las condiciones exigidas y podrá aplicarse el método compuesto.

$$40 = 37a \pm 3b \text{ (dando valores } \underline{a} \text{ y } \underline{b}) \text{ } a=1 \text{ y } b=1$$

De la igualdad anterior deducimos sucesivamente

$$\frac{40}{111} = \frac{1}{3} + \frac{1}{37} \Rightarrow \frac{40}{111} = \frac{13}{39} + \frac{1}{37}$$

Dispondremos ahora el plato del divisor con la cara A delante y el punzón H en la circunferencia de 39 agujeros; por la cara B deberá existir otro punzón, perteneciente a la armazón del divisor, que esté encarado con la circunferencia de 37 agujeros y el disco habrá de poder girar cuando se le libre de este segundo punzón.

Si en estas condiciones hacemos recorrer al punzón anterior 13 agujeros de la circunferencia de 39 en el sentido que se desee y después, soltando el punzón posterior, hacemos girar el disco, que arrastrará consigo la manivela, el agujero de la circunferencia de 37 en el sentido de antes,

habremos hecho girar la manivela la suma de ambos movimientos, y esta suma vale, como sabemos: 40/111.

- Manera de proceder para efectuar el tallado de una rueda de 77 dientes.

Al aplicar la fórmula (1) resulta ser

$$N = \frac{44}{77},$$

que no se puede resolver por el método simple.

Descomponiendo 77 en sus factores primos se obtiene

$$77 = 7 \times 11$$

Se puede, pues, hacer

$$\frac{40}{77} = \frac{a}{7} \pm \frac{b}{11} \quad (3)$$

$$\frac{40}{77} = \frac{11a \pm 7b}{77}$$

$$40 = 11a \pm 7b$$

Dando valores a a y b; a = 10 y b = 10 y llevándolos a la ecuación (3), queda

$$\frac{40}{77} = \frac{10}{7} - \frac{10}{11}$$

El primer valor se puede aplicar mediante la cara B del plato divisor girando la palanca 10/7 de vueltas en el sentido positivo de la circunferencia de 21 orificios, o sea, 1 vuelta y 9 agujeros y, después, hacer

diferencia entre ambas por medio de un tren de engranajes que mueva el plato divisor mientras se está moviendo la manivela.

El mecanismo se dispone como indica en la figura 8.20; en el eje AB del divisor se monta una rueda 1, primera del tren de engranajes simples, doble o triple, según los casos, que termina en el eje CD, en cuyo extremo derecho hay un piñón cónico que engrana con otro igual que forma parte del plato divisor; el plato, desprovisto ahora de todo sistema de fijación, sigue pues, los movimientos del eje CD.

Por consiguiente, al girar la manivela G giran el tornillo sin fin, la rueda del divisor, el eje AB, el tren de engranajes, el eje CD y el plato divisor; toda la cuestión se reduce, pues, al cálculo del tren de engranajes, a fin de que sea tal que al mover el plato produzca efectivamente la corrección antes mencionada.

A fin, de ilustrar sobre la forma de proceder, resolvamos el siguiente ejemplo.

•Manera de proceder para realizar el tallado de una rueda de 147 dientes:

Por lo tanto $N = 40/147$, no resoluble por el método simple ni tampoco por el compuesto.

Si en vez de $N = \frac{40}{147}$, Tomamos $N = \frac{40}{150} = \frac{4}{15}$, cometeremos un error

por defecto que vale:

$$\xi = \frac{40}{147} - \frac{4}{15} = \frac{600 - 588}{2205} = \frac{12}{2205}$$

Este error es precisamente el que deberá corregir el plato divisor con el movimiento que, a través del eje CD, tome del tren de engranajes.

Ocurrirá, pues, que mientras la manivela gire respecto al plato en $\frac{4}{15}$ de vuelta, el plato girará a su vez en $\frac{12}{2.205}$ de vuelta, por lo que la manivela habrá girado en realidad en

$$\frac{4}{15} + \frac{12}{2205} = \frac{40}{147} \text{ vueltas}$$

El eje AB habrá girado

$$\left(\frac{4}{15} + \frac{12}{2205} \right) \frac{1}{40} \text{ vueltas}$$

Ya que $\frac{1}{40}$ es la reducción de velocidad que hace el sin fin, y el eje CD, a su vez, habrá girado $\frac{12}{2.205}$, según sabemos.

El tren de engranajes deberá ser tal que produzca la relación de movimientos mencionados, cumpliendo al mismo tiempo con su ley, que dice: "Número de vueltas por unidad de tiempo del primer eje es al número de vueltas del último, como el producto de los números de dientes de las

ruedas pares es al producto de los números de dientes de las ruedas impares”.

El eje sobre el que va montada la pieza deberá girar $11/47$ de vuelta y la última rueda dentada del tren de engranajes deberá girar $12/2205$ de vuelta.

$$\frac{n1}{n4} = \frac{N2 \times N4}{N1 \times N3} \Rightarrow \frac{1/147}{12/2205} = \frac{N2 \times N4}{N1 \times N3}$$

$$\frac{2205}{147 \times 12} = \frac{15}{12} = \frac{5}{4} \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{5 \times 10 \times 20 \times 3}{4 \times 10 \times 20 \times 3} = \frac{50 \times 60}{120 \times 20}$$

$$N3 + N4 > N2$$

$$N1 + N2 > N3$$

El tren de engranajes que resuelve el problema estará constituido por las ruedas:

$$N1 = 120, N2 = 50, N3 = 20 \text{ y } N4 = 60 \text{ dientes.}$$

Como el movimiento del disco que corrige D ha de sumarse al movimiento de la manivela, manivela y disco han de girar en el mismo sentido, debiendo comprobarse que así ocurre; en caso contrario se interpondrá una rueda cualquiera entre la 1 y la 2 o entre la 2 y la 3, a fin de corregir el sentido de giro del eje CD.

De los tres métodos de utilización del divisor, el más empleado es el método simple, por ser más sencillo de aplicar, más rápido y menos

susceptible de equivocaciones, aparte que los métodos compuesto y diferencial no son utilizables cuando se tallan ruedas helicoidales; incluso cuando el método simple no puede resolver el problema es a veces más conveniente taladrar una nueva circunferencia de agujeros y aun construir un plato divisor adecuado.

8.14 CONSTRUCCIÓN HELICOIDAL

Para la talla de ruedas helicoidales el montaje es más complicado y se dispone como se indica en la figura 8.21. Se observa, en primer lugar, que la mesa de la fresadora, utilizando el movimiento giratorio de que está provista, se ha inclinado en un ángulo, que es el de inclinación de los dientes de la rueda que se quiere tallar, inclinación que se cuenta respecto al eje de la misma rueda; en segundo lugar observamos que ahora un tren de engranajes une el husillo AB de la mesa con el plato divisor, al cual se ha librado del punzón posterior, es decir, de toda sujeción que le impida seguir el movimiento que, a través de las ruedas cónicas CD, le transmite el tren de engranajes.

En estas condiciones el movimiento automático de avance de la mesa, que se obtiene haciendo girar el husillo en la forma que ya conocemos, se conjuga con el giro que entre el tren de engranajes y el

divisor le comunican a la pieza, de manera que si el ángulo, el avance de la mesa y el giro de la pieza están bien combinados, el surco de la fresa es un hueco de la rueda helicoidal proyectada; abierto el primero de estos huecos, se mueve la manivela del divisor haciendo girar la pieza en una vuelta partida por el número de dientes que la rueda ha de tener, después de lo cual se abre el hueco siguiente, continuando la operación hasta terminar la rueda.

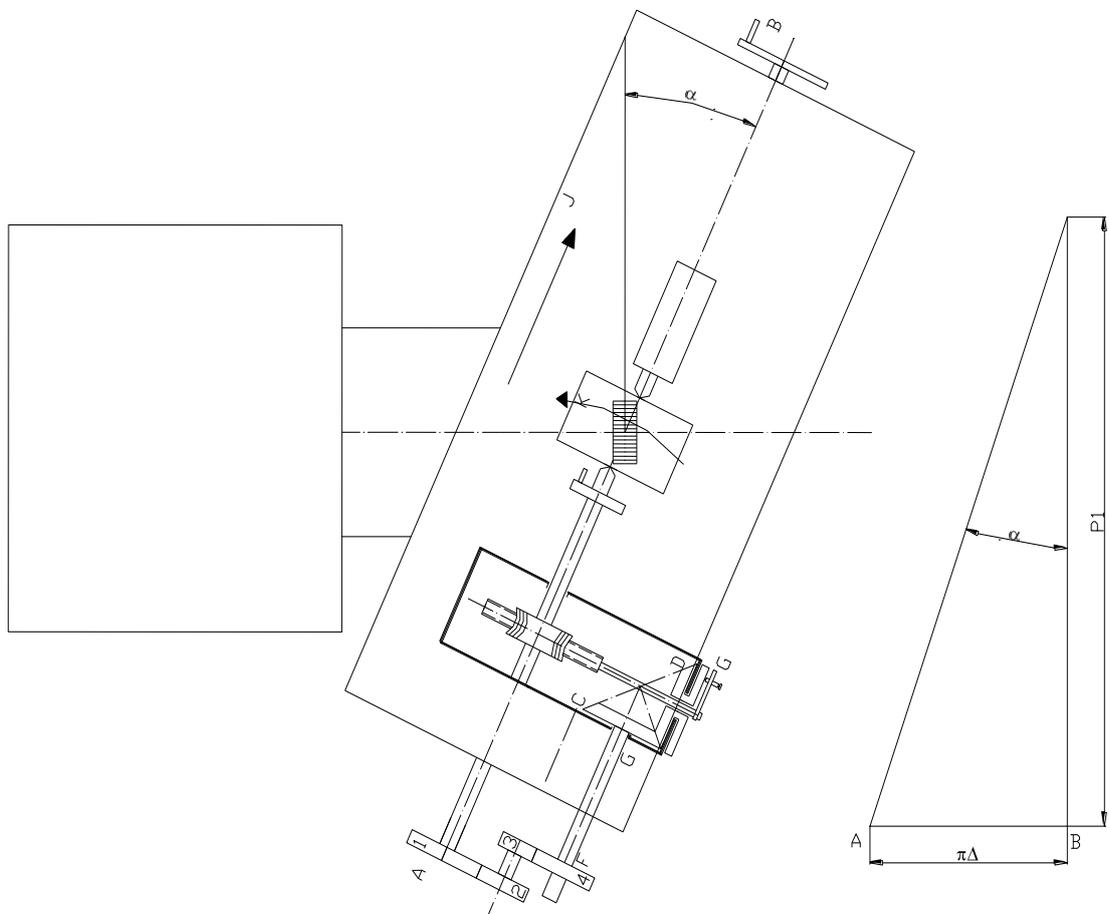


Fig. 8.21 Construcción helicoidal

Obsérvese que con este montaje, que por otra parte es el único posible para la talla de ruedas helicoidales, el divisor ha de manejarse forzosamente por el método simple, ya que los dispositivos de los métodos compuestos y diferencial no se pueden establecer.

Si la rueda que se debe tallar tiene una inclinación de dientes y un diámetro primitivo D , el paso $P1$ de las hélices que constituyen los dientes vendrá relacionado con la circunferencia primitiva AB y la inclinación, en la forma representada en la figura 8.21, y por consiguiente, se tendrá que

$$P1 = \pi \Delta \cot g \alpha$$

Resulta, pues, que mientras que la pieza da una vuelta entera sobre sí misma, la mesa deberá avanzar en $P1$, y como este avance se logra por medio de su husillo, que tiene un paso $P2$, es decir, que en cada vuelta hace avanzar a la mesa en $P2$, equivale a decir que el husillo AB deberá dar un número de vueltas que valga

$$\frac{P1}{P2} = \frac{\pi \Delta \cot g \alpha}{P2}$$

Pero que la pieza dé una vuelta significa que la manivela del divisor, que es la que la hace girar, ha de dar cuarenta, y, por lo tanto, cuarenta ha de dar el eje FG .

En resumen, el tren de engranajes ha de ser tal que mientras el eje AB da

$$\frac{\pi \Delta \cot g \alpha}{P_2} \text{ vueltas, el eje FG ha de dar cuarenta.}$$

De acuerdo con las leyes de los engranajes se tendrá, pues, que

$$\frac{\frac{\pi \Delta \cot g \alpha}{P_2}}{40} = \frac{N_2 \times N_4}{N_1 \times N_3}$$

O bien

$$\frac{\pi \Delta \cot g \alpha}{40 P_2} = \frac{N_2 \times N_4}{N_1 \times N_3}$$

O también

$$\frac{P_1}{40 P_2} = \frac{N_2 \times N_4}{N_1 \times N_3}$$

Al montar este tren deberá comprobarse que el sentido de giro de la pieza es apropiado al sentido de desplazamiento de la mesa; así, por ejemplo, para la disposición representada en la figura 8.21, al sentido J de desplazamiento de la mesa, y de acuerdo con el ángulo α , el sentido de giro de la pieza ha de ser el K.

* Ejemplo: Calcular el tren de engranajes que se debe intercalar entre el husillo de la mesa y el divisor para tallar una rueda de helicoidal de 300 mm de paso, sabiendo que el paso del husillo de la mesa es de 6 mm.

Aplicando la fórmula se tiene:

$$\frac{P1}{40P2} = \frac{N2 \times N4}{N1 \times N3} = \frac{300}{40 \times 6} = \frac{30}{24} = \frac{N2 \times N4}{N1 \times N3} = \frac{5 \times 6}{6 \times 4} = \frac{5 \times 5 \times 6 \times 15}{6 \times 5 \times 4 \times 15} = \frac{25 \times 90}{30 \times 60}$$

Luego **N1 = 30; N2 = 25; N3 = 60 y N4 = 90.**

•Ejemplo: ¿Qué ángulo de inclinación se debe dar a la mesa de la fresadora para tallar un engrane helicoidal de 500 mm de paso con un diámetro primitivo de 100 mm?

Por la figura 8.21 se obtiene:

$$\operatorname{tag} \alpha = \frac{\pi \Delta}{P1} = \frac{100\pi}{500} = 0,6283$$

Donde:

$$\alpha = 32^{\circ} 8' 30''$$

Para la construcción de engranajes en la fresadora, ya sean de dientes rectos o helicoidales, es necesario utilizar fresas de módulo. A este tipo de construcción se la llama construcción modular de engranajes. Los módulos de las fresas están normalizados y son de la siguiente forma:

Módulos normalizados en mm

Del 1 al 4 → (aumentando de 0,25 en 0,25 mm): 1-1,25-1,5-...-3,75-4

Del 4 al 7 → (aumentando de 0,5 en 0,5 mm): 4-4,5-5-...-6,5-7

Del 7 al 14 → (aumentando de 1 en 1 mm): 7-8-9-10-11-12-13-14

Del 14 al 20 → (aumentando de 2 en 2 mm): 14-16-18 y 20

8.15 RUEDAS DENTADAS

A fin de poder aumentar el esfuerzo transmitido y asegurar el sincronismo de los cilindros de fricción (figura 8.22), se recurrió a los engranajes.

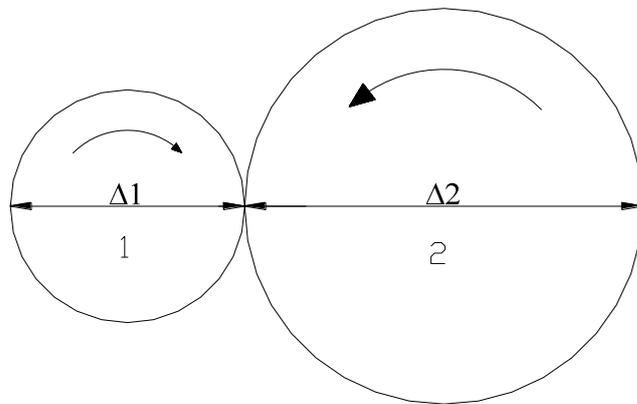


Fig. 8.22 Cilindros de Fricción

Esta transformación se hace, matemáticamente, dando al radio del cilindro un incremento positivo llamado “addendum” y un incremento negativo llamado “dedendum” (figura 8.23).

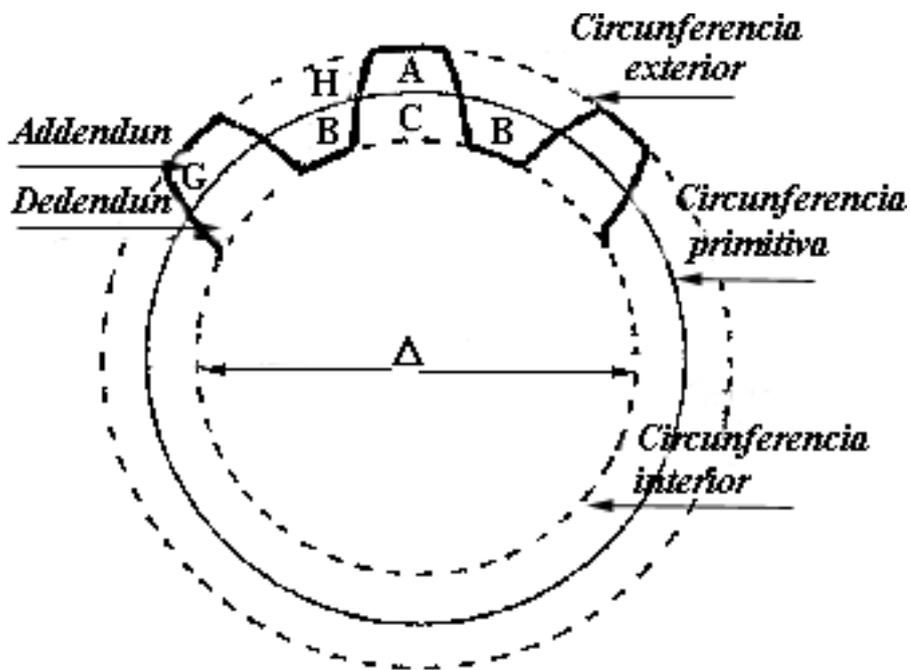


Fig. 8.23 Caracterización de un engranaje

A la zona cilíndrica creada por el addendum se aporta unos sólidos A y de la zona cilíndrica creada por el dedendum se sustraen unos sólidos B; entre cada dos sólidos sustraídos B queda uno C, que junto con el A, que queda encima de él, forma un diente; al sólido C se le llama “pie del diente” y al sólido A, “cabeza del diente”; entre cada dos dientes queda el “hueco” destinado a recibir el diente de la otra rueda, o sea, de la que sustituye al segundo cilindro de fricción, engranando con la primera.

Como un par de ruedas dentadas sustituyen a los cilindros de fricción sin alterar la distancia de ejes ni la relatividad de posiciones, pueden aplicarse a ellas las fórmulas:

$$\pi\Delta_1n_1 = \alpha\Delta_2n_2$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\Delta_2}{\Delta_1} \quad (4)$$

y las que de ella sean consecuencia; entonces, al cilindro de fricción del cual procede la rueda dentada se le llama “cilindro primitivo” de la rueda; en consecuencia, son “circunferencia primitiva” y “diámetro primitivo” de la rueda dentada los correspondientes del cilindro de fricción, o, si se quiere, del cilindro primitivo.

Se llama paso de una rueda dentada al arco de circunferencia primitiva que abraza un diente y un hueco; así, en la rueda representada en la figura 8.23, el paso es igual al arco GH.

Dos ruedas dentadas que deban engranar se construyen del mismo paso y se las llama ruedas armónicas; si p es el paso común, dividiendo por p y multiplicando por π el antecedente y el consecuente del segundo miembro de la fórmula (4), se tiene:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{\pi\Delta_2}{p}}{\frac{\pi\Delta_1}{p}}$$

Pero obsérvese que el producto de π por el diámetro primitivo es la longitud de la circunferencia primitiva, y como el paso está contenido en ella tantas veces como dientes y también como huecos, la expresión $\frac{\pi\Delta_2}{p}$

vale el n° de dientes N_2 de la rueda 2, y análogamente, la expresión $\frac{\pi\Delta_1}{p}$

vale el n° de dientes N_1 de la rueda 1; la anterior igualdad se transforma en:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (5)$$

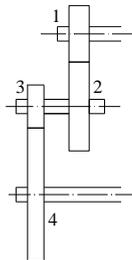


Fig. 8.24 Tren de engranajes

Esta igualdad nos dice que, en un par de ruedas dentadas, el n° de vueltas es inversamente proporcional al n° de dientes.

Si en vez del tren simple que acabamos de estudiar lo hubiéramos hecho con el tren doble de la figura 8.24 llegaríamos a la conclusión siguiente:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{n_3}{n_4} = \frac{N_4}{N_3}$$

Multiplicando estas dos igualdades miembro a miembro resulta;

$$\frac{n_1 \cdot n_3}{n_2 \cdot n_4} = \frac{N_2 \cdot N_4}{N_1 \cdot N_3}$$

y teniendo ahora en cuenta , que, por estar las ruedas 2 y 3 solidarias a un mismo eje, resulta que:

$$n_2 = n_3$$

La anterior igualdad se simplifica y se reduce a:

$$\frac{n_1}{n_4} = \frac{N_2 \cdot N_4}{N_1 \cdot N_3} \quad (6)$$

Esta misma demostración se puede aplicar a un tren simple, cuádruple,...etc., y llegaríamos a la conclusión:

$$\frac{n_1}{n_4} = \frac{N_2 \times N_4 \times N_6 \dots}{N_1 \times N_3 \times N_5 \dots} \quad (7)$$

y significa que, en un tren de ruedas dentadas, numeradas a partir de una cualquiera de las extremas, el nº de vueltas de la primera es al nº de vueltas de la última como los productos de los nº de dientes de las ruedas pares es al producto de los nº de dientes de las ruedas impares. De los sistemas de ruedas dentadas estudiaremos el modular, por ser el universalmente empleado. En este sistema, los flancos de los dientes, en parte o en su totalidad, tienen forma envolvente de círculo, y su magnitud fundamental es el modulo, que vale:

$$m = \frac{p}{\pi} \text{ milímetros (8)}$$

En consecuencia a las definiciones de modulo y de diámetro primitivo, resulta que, como el diámetro primitivo es igual al de la circunferencia primitiva por α , tenemos que:

$$\Delta = \frac{C}{\pi}$$

donde, sustituyendo C por el producto del paso por el nº de dientes, se pasa

a:

$$\Delta = \frac{p \times N}{\pi}$$

y en virtud de la ecuación (8) queda finalmente:

$$\Delta = m \cdot N \quad (9)$$

Esta expresión nos dice que el diámetro primitivo es igual al módulo por el nº de dientes.

En este sistema, el addendum se toma igual al módulo y, en consecuencia, el diámetro exterior vale:

$$D = \Delta + 2m \quad (10)$$

Introduciendo esta igualdad en la (9) obtenemos:

$$D = m \cdot N + 2m$$

$$D = m(N + 2) \quad (11)$$

Esta expresión nos dice que el diámetro exterior es igual al módulo por el nº de dientes más dos.

Como el dedendum se toma igual a $\frac{7}{6} m$, el diámetro d vale;

$$d = \Delta - 2 \times \frac{7}{6} m$$

$$d = \Delta - \frac{7}{3} m \quad (12)$$

Introduciendo en esta igualdad la (9) obtenemos:

$$d = m \cdot N - \frac{7}{3} m$$

$$d = m \left(N - \frac{7}{3} \right) \quad (13)$$

Puesto que la distancia L entre eje es igual a la suma de los radios primitivos de las ruedas, se tendrá sucesivamente.

$$L = \frac{\Delta_1}{2} + \frac{\Delta_2}{2}$$

$$L = \frac{mN_1}{2} + \frac{mN_2}{2}$$

$$L = \frac{m}{2}(N_1 + N_2) \quad (14)$$

Las ruedas que hasta aquí hemos estudiado se llaman cilíndricas por ser cada uno de sus dientes un cilindro en sentido general de la palabra, es decir, un sólido limitado por un haz de rectas paralelas que pasan por los puntos de un contorno, que en nuestro caso es el perfil del diente.

Las ruedas cilíndricas trabajan bajo condiciones características, que son:

1. El contacto entre los dientes se produce súbitamente en toda su longitud.
2. El esfuerzo motor es transmitido, en un principio, por un solo par de dientes, que en ciertos instantes pueden ser tres, según los valores dimensionales de las ruedas.

En consecuencia a estas dos condiciones se establecen, entre los pares de dientes en contacto, variaciones bruscas de presión, que dan lugar a vibraciones y ruidos, desgastes, y pérdidas de rendimiento.

El funcionamiento general se mejora notablemente sustituyendo los dientes cilíndricos por dientes helicoidales.

8.16 CÁLCULO DE LA FATIGA DE LOS DIENTES DE UN ENGRANAJE EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA APORTADA

Para calcular el esfuerzo del diente motor, primero definiremos las partes del diente que representa la figura 8.25.

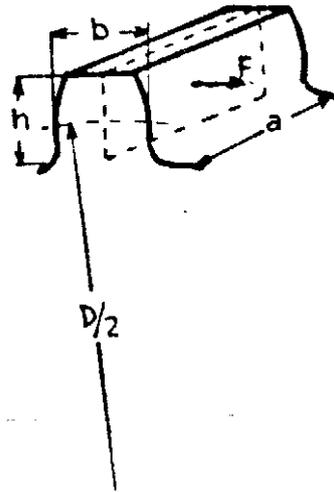


Fig. 8.25 Cálculo de la fatiga del diente

b = Anchura del diente

h = Altura del diente, en construcción modular es $13/6m$.

F = Fuerza que ejerce el diente.

$\Delta/2$ = Mitad el diámetro primitivo.

a = Longitud del diente

La potencia será $\rightarrow \text{Pot} = P_m \times \omega$

P_m = par motor

ω = Velocidad angular

donde el $P_m = F \times \Delta/2$

por lo tanto:

$$\text{Pot} = P_m \times \omega = F \times \Delta/2 \times \frac{2\pi n}{60 \times 75}$$

Despejando la fuerza

$$F = \frac{60 \times 75 \times P_{ot}}{\pi \Delta n}$$

Para el cálculo de la fatiga a que está expuesto el diente, consideraremos éste como una viga en voladizo, aplicándole la teoría de la flexión simple:

$$\frac{q}{Y} = \frac{M_f}{I}$$

Dónde:

q = Fatiga

Y = Distancia de la fibra neutra a la más alejada = $b/2$

M_f = Momento flector = $F \times h$

I = Momento de inercia de la sección de empotramiento (rectangular)

$$= \frac{ab^3}{12}$$

Así, despejando la fatiga (q):

$$q = \frac{M_f \times Y}{I} = \frac{Fh \frac{b}{2}}{\frac{ab^3}{12}} = \frac{12bFh}{2ab^3} = \frac{6Fh}{ab^2}$$

8.17 ENGRANAJES HELICOIDALES. CARACTERIZACIÓN

Al cilindro primitivo P (figura 8.26) se aportan los sólidos helicoidales A, de altura radial igual al addendum, y se sustraen los sólidos helicoidales B, de la altura radial igual al dedendum.

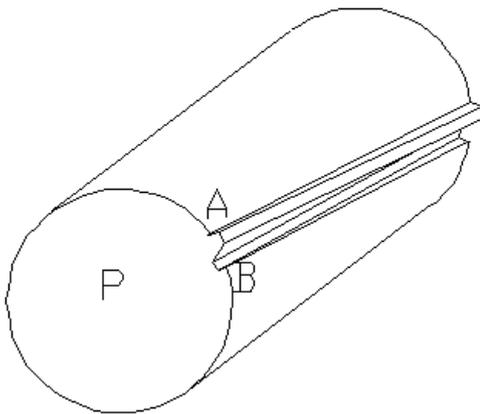


Fig. 8.26 Diente helicoidal

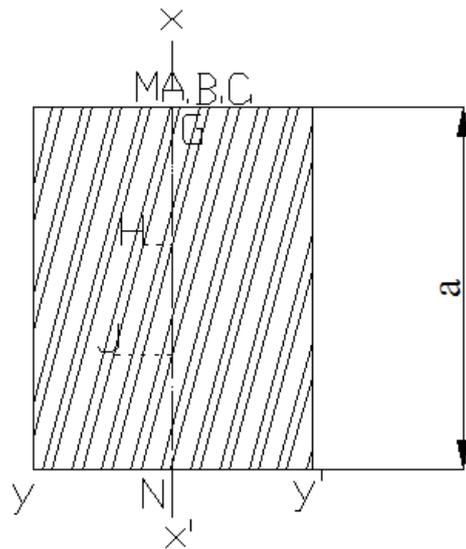


Fig. 8.27 Engranaje helicoidal

Si consideramos una rueda helicoidal y en ella la generatriz de contacto MN (figura 8.27) de los cilindros primitivos de las dos ruedas que engranan, observamos que todos los dientes que cortan esta línea han de estar en contacto con los correspondientes de la otra rueda, ya que esta línea es común a ambas.

Así, para la posición considerada de la línea de tangencia, los dientes A_1 , B_1 y C_1 de la rueda (figura 8.27) están en contacto con los A_2 , B_2 y C_2 de la otra rueda no representada en la figura.

Por consiguiente, el esfuerzo motor es transmitido por un n° de pares de dientes arbitrario que, una vez dada la circunferencia primitiva y el n° de dientes, viene fijado por la longitud “ a ” de la rueda y la inclinación “ α ” de los dientes, que, según es preciso hacer notar, se mide respecto al eje XX' , como es costumbre al tratarse de tornillos o de simples hélices geométricas.

En cuanto a lo que ocurre con el punto de contacto entre dos dientes, no hay más que considerar en la figura 8.27 un diente cualquiera, el A_1 por ejemplo; para la posición dibujada de la rueda, el contacto se hace en el punto G, puesto que éste se halla sobre la línea de tangencia de los dos cilindros de fricción; cuando al girar la rueda venga el punto H a situarse sobre la línea MN, él será el nuevo punto de contacto, que mecánicamente es una zona, se establece en primer lugar en el extremo del diente que llega antes a la línea de tangencia, y a medida que la rueda gira, se va corriendo a lo largo del diente hasta el otro extremo, después de lo cual el diente en cuestión deja de trabajar hasta la vuelta siguiente.

En las ruedas helicoidales se consideran cuatro pasos, que son: paso circunferencial, paso normal, paso axial entre dientes y paso axial del

diente o de la hélice fundamental, y se consideran y se miden todos ellos sobre el cilindro primitivo.

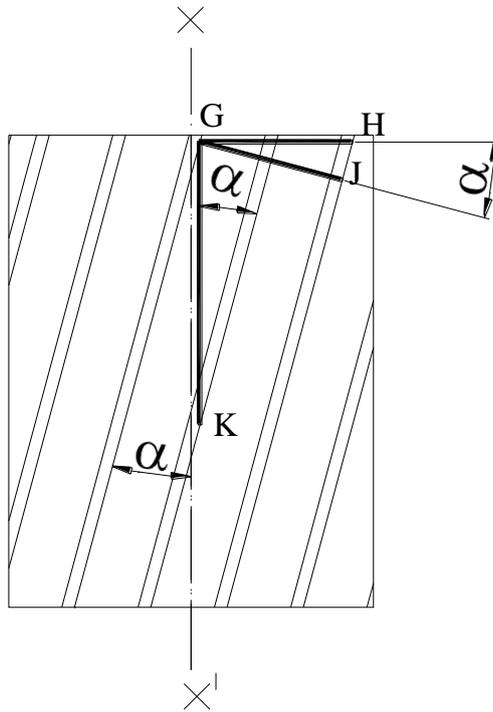


Fig. 8.28 Pasos engranajes helicoidales

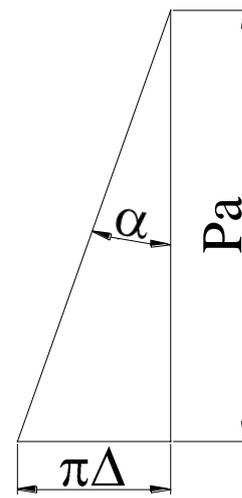


Fig. 8.29 Pasos axiales del diente

Se llama paso circunferencial, P_c , al arco de circunferencia primitiva que abarca un diente y un hueco.

Se llama paso normal, P_n , al arco de la hélice normal a la fundamental, o de los dientes, que sobre la superficie del cilindro primitivo abarca un diente y un hueco.

Se llama paso axial, P_a , entre dientes al segmento de generatrices del cilindro primitivo que abarca un diente y un hueco.

Se llama paso axial, P_a , del diente o de la hélice fundamental a la intersección del cilindro primitivo y de las hélices de los dientes.

En la figura 8.28 se ha representado un fragmento de la rueda helicoidal; en ella reconocemos en GH el paso circunferencial, en GJ el paso normal y en GK el paso axial entre dientes.

El paso axial del diente o de la hélice fundamental, no representada en la figura 8.28, como paso de una hélice es el lado vertical de un triángulo rectángulo cuya base o cateto horizontal es la circunferencia primitiva (figura 8.29), y el ángulo agudo superior es el de inclinación de los dientes respecto al eje de la rueda.

Por consiguiente tenemos que:

$$P_a = \pi \Delta \cot \alpha$$

De la figura 8.28 deducimos que:

$$GJ = GH \cos \alpha$$

O sea: $P_n = P_c \cos \alpha$ (15)

También se deduce que:

$$GH = GK \operatorname{tag} \alpha$$

$$P_c = P_a \operatorname{tag} \alpha$$
 (16)

$$GJ = GK \operatorname{sen} \alpha$$

$$P_n = P_a \operatorname{sen} \alpha$$
 (17)

Si dividimos por “ π ” los dos miembros de las igualdades (15) y (16) y (17), obtenemos que:

$$\frac{P_n}{\pi} = \frac{P_c}{\pi} \cos \alpha$$

$$\frac{P_c}{\pi} = \frac{P_a}{\pi} \operatorname{tag} \alpha$$

$$\frac{P_n}{\pi} = \frac{P_a}{\pi} \operatorname{sen} \alpha$$

Y como los coeficientes de los pasos por “ π ” son los módulos, resulta ser:

$$m_n = m_c \cos \alpha$$

$$m_c = m_a \tan \alpha$$

$$m_n = m_a \sin \alpha$$

Para la determinación y construcción de estas ruedas helicoidales se emplean las mismas fórmulas que para las ruedas cilíndricas pero en todo cuanto se refiere a los cilindros primitivos se aplica el módulo circunferencial, llamado por algunos aparente, y en todo cuanto se refiere a los dientes se aplica un módulo normal, llamados por algunos real. Así ocurre que las formulas a emplear son;

$$\Delta = m_c N$$

$$L = \frac{m_c}{2} (N_1 + N_2)$$

$$D = \Delta + 2 m_n$$

$$D = m_c N + 2m_n$$

$$d = \Delta - \frac{7}{3} m_n$$

$$d = m_c N - \frac{7}{3} m_n$$

La transmisión por ruedas helicoidales tiene el inconveniente de crear empujes axiales sobre ambas ruedas, que en muchos casos, dada su importancia, obligan a tomar disposiciones para anularlos.

8.18 CONSTRUCCIÓN DE ENGRANES POR MEDIO DE MÁQUINAS DENTADORAS O TALLADORAS

En la industria existen distintos tipos de máquinas preparadas para la construcción de engranes de mayor rendimiento que la fresadora, siendo su principal diferencia la herramienta empleada para el corte y la forma de mover la pieza.

De entre ellas describiremos la de los sistemas siguientes:

SISTEMA MAGG: esta máquina por su forma de trabajar de la herramienta se asemeja a una mortajadora, lleva como cuchilla un peine o cremallera según la figura 8.30, cuyo nº de dientes varía según su módulo y viene a estar comprendido entre 4 y 12.

La construcción del diente se puede hacer de una o más pasadas, regulándose la profundidad antes de cada vuelta de la pieza, coincidiendo en la final, el diámetro primitivo de la rueda con la recta primitiva de la cremallera.

El peine colocado en un carro porta herramienta se desplaza sobre un montaje con un movimiento alternativo vertical, mecanizando en su carrera

descendente. A fin de que en la carrera ascendente no llegue a rozar la herramienta con la pieza deteriorando el afilado de las cuchillas, el carro portaherramientas tiene un movimiento oscilante de desahogo producido por un muelle. El montante tiene la posibilidad de orientarse un cierto ángulo a derecha y a izquierda, a fin de poder tallarse engranes helicoidales.

La mesa portapiezas está animada de un movimiento de generación, formado por un movimiento rectilíneo de traslación y otro circular. Ambos movimientos son controlados por los dispositivos que lleva la máquina según las necesidades del mecanizado y realizados por la intermitencia después de cada corte y cuando la herramienta se encuentra en su posición alta o principio de carrera.

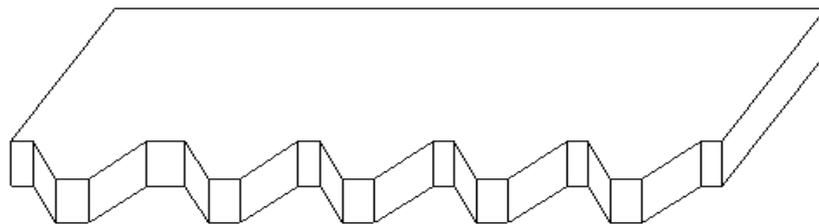
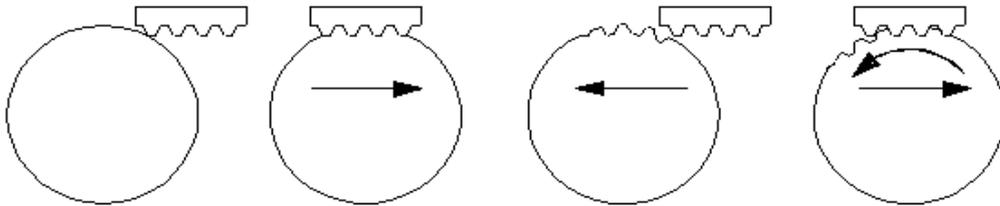


Fig. 8.30 Peine

La magnitud de traslación de la pieza a lo largo de la cremallera, está comprendida entre 1 y 10 pasos, variándose estos según el módulo y la calidad del trabajo, (desbastado o acabado), mientras la magnitud de giro es un paso.



Figs. 8.31, 8.32, 8.33, 8.34 Secuencia de mecanizado

El funcionamiento de esta máquina en el tallado es el siguiente:

1. Se coloca la herramienta y pieza según la figura 8.31 regulando el movimiento de generación.
2. Se traslada la mesa hacia la derecha a ocupar la posición 8.32 momento en que desciende la cuchilla tallando los surcos de los dientes.
3. Vuelta la cuchilla a su posición de partida, se desplaza la mesa a la izquierda según la posición 8.33.
4. Gira la pieza un paso y vuelve a repetir el ciclo, o sea desplazarse hacia la derecha según la figura 8.34, bajar la cuchilla, etc.

Esto se repite hasta dar vuelta completa a la pieza, momento en que se para la máquina. En caso de no haberse realizado el tallado correcto en

una pasada, se desplaza la mesa portapiezas con movimiento normal a la cuchilla a la profundidad deseada y se repite la operación anteriormente explicada.

SISTEMA SUNDERLAND: en este sistema, la mesa portapiezas tiene un movimiento de giro, mientras la cuchilla–cremallera realiza tres movimientos alternativos, uno de corte que es vertical y los otros dos horizontales, que son el de deslizamiento que es axial y el de profundidad que es radial.

El proceso de trabajo es el siguiente: se coloca la pieza y la cremallera tangentes según indica la figura 8.35, una vez la cremallera en su posición superior, se la desplaza la profundidad deseada según la figura 8.36 y se pone en funcionamiento la máquina, descendiendo la cremallera y tallando los dientes. La cuchilla en su posición inferior y, libre de la rueda, recibe el movimiento de deslizamiento cuyo valor es el paso del diente y que está sincronizada con la mesa portapiezas, la cual también gira un paso de dientes según la figura 8.37. Verificados estos movimientos y a fin de que no roce la pieza con la cremallera en el movimiento ascendente, la cremallera recibe un movimiento de desahogo o retroceso de valor igual a la profundidad según la figura 8.38, sube la cuchilla y hace el deslizamiento de retroceso de valor un paso según la figura 8.39, esta

posición coincide con la de la figura 8.35 con la diferencia de tener tallado un diente más.

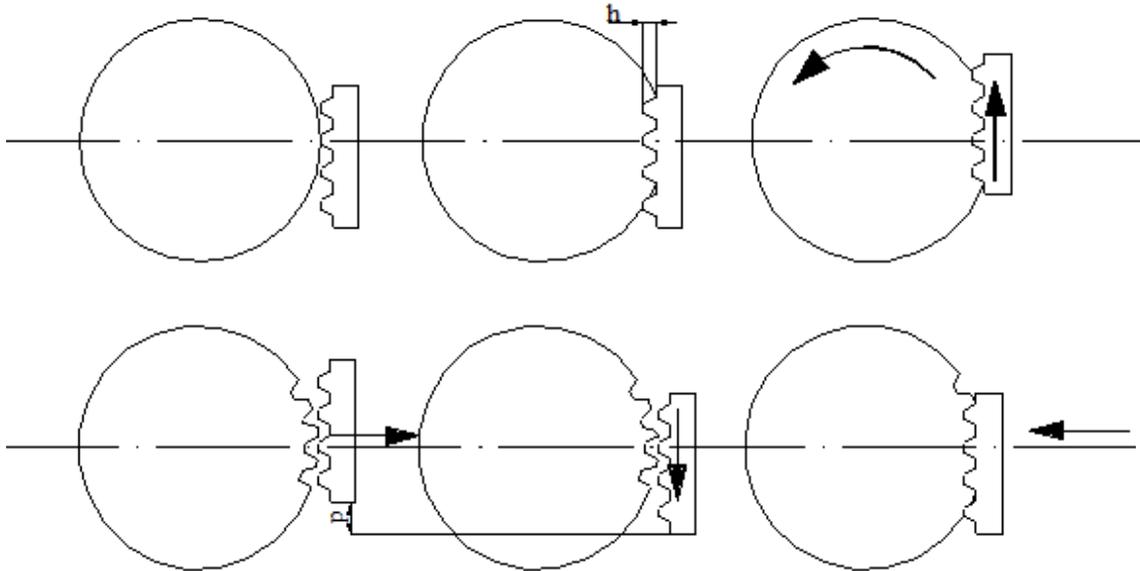


Fig. 8.35, 8.36, 8.37, 8.38, 8.39, 8.40 Secuencia mecanizado sistema Sunderland

Se repite el ciclo, o sea, penetra la cuchilla, la profundidad h , figura 8.40, baja realizando el corte, se desliza un paso, gira la rueda otro paso, retrocede radialmente la cuchilla, la profundidad h , sube la cuchilla y se desplaza axialmente el paso p .

SISTEMA FELLOWS: este sistema emplea como herramienta una cremallera del diámetro primitivo finito, o sea, una herramienta circular en forma de piñón, siendo su perfil el de la envolvente del círculo, actuando cada diente como una cuchilla mortajadora. Este piñón generador recibe también el nombre de cuchilla Fellows en memoria de la casa que ideó esta

máquina herramienta.

En este sistema la pieza va montada sobre un mandrino centrado en la mesa portapiezas, según la figura 8.41, a la cual se le trasmite un movimiento circular; la herramienta está animada de un movimiento de corte rectilíneo alternativo conjugado con un movimiento rotativo intermitente que se produce cuando se encuentra en su punto muerto superior, o sea, antes de iniciar la carrera de corte.

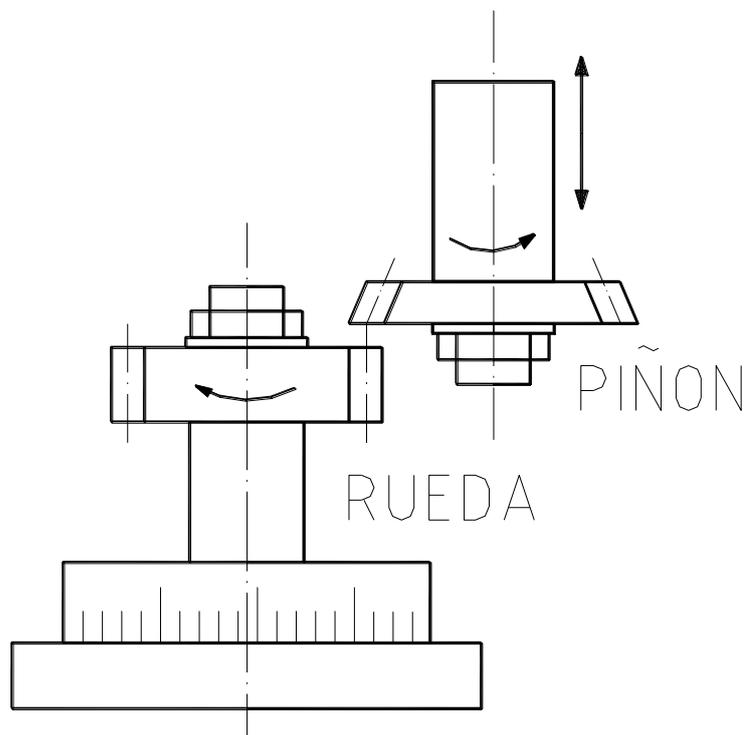


Fig. 8.41 Sistema Fellows

La rueda a tallar y el piñón generador giran conjuntamente un paso, engendrando la conjugación de los dos movimientos rotativos, de mesa y herramienta, la envolvente del círculo. A fin de no deteriorarse la

herramienta en su carrera de retroceso, la mesa se desplaza unos milímetros evitándose así el roce, recuperándolos cuando se encuentra la herramienta en su punto superior.

El tallado del perfil puede obtenerse de una sola pasada correspondiente a una vuelta completa de la rueda, o en dos o en tres pasadas, ya que es función del módulo y del grado de acabado exigido.

Para el cálculo de las velocidades de giro del piñón y de la rueda consideramos que se tratan de dos engranajes que están girando engranados entre sí. Así se cumplirá que:

$$n_1 \times Z_1 = n_2 \times Z_2$$

Dónde:

n_1 = Número de vueltas del piñón cortante (r.p.m.)

Z_1 = Número de dientes del piñón cortante.

n_2 = Número de vueltas de la pieza o rueda a tallar (r.p.m.).

Z_2 = Número de dientes de la pieza o rueda a tallar.

Tendremos que calcular n_2 .

Para distintos engranajes es necesario distintas herramientas de módulo, en este tipo de máquinas se pueden construir engranes rectos y

helicoidales tanto exteriores como interiores, además de otros perfiles conjugados.

SISTEMA DE TALLADO POR FRESA MADRE: En este sistema se emplea como herramienta de corte una fresa múltiple de forma helicoidal, (figs. 8.42,8.43).

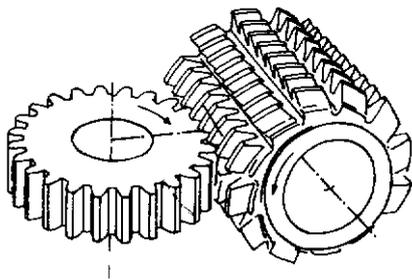


Fig. 8.42 Mecanizado

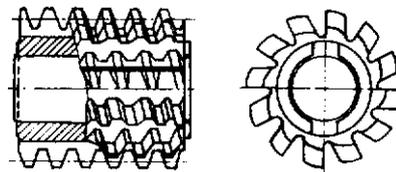


Fig. 8.43 Fresa madre, vistas

Para realizar el tallado se opera de la siguiente manera:

Se coloca la pieza en un mandrino situado en la mesa portapiezas de la máquina, al cual se le imprime un movimiento de giro, la fresa madre se coloca en un eje cuya posición de inclinación con respecto a la pieza es regulada según los casos, y que tiene un movimiento de rotación y otro de subida y bajada, estando destinado el primero al corte y el segundo a realizar que los surcos de la pieza sean de la misma profundidad en todo el ancho de la misma (figura 8.42).

Los movimientos de pieza y fresa tienen que estar controlados de tal forma que cuando la pieza gire un arco equivalente al paso de la fresa, ésta dé una vuelta completa. La fresa se comporta como si fuera un tornillo sin fin que engrana en la rueda dentada (la pieza a mecanizar), para calcular la velocidad que tiene que llevar la fresa y la pieza actuamos de la siguiente forma:

$$n_1 \times Z_1 = n_2 \times Z_2$$

Dónde:

n_1 = Número de vueltas de la fresa.

Z_1 = Número de dientes de la fresa (sin fin = 1)

n_2 = Número de vueltas de la pieza.

Z_2 = Número de dientes de la pieza.

Por lo tanto por cada diente de la pieza la fresa dará una vuelta completa.

En caso de construir engranajes rectos, el eje portador de la fresa madre, debe de estar inclinado con respecto a la pieza un ángulo cuyo valor es igual al de la hélice de la fresa, de modo que cuando ésta descienda, el perfil de los dientes generen un surco recto. Tratándose de tallar ruedas helicoidales, hay que trabajar con los dos ángulos, el de la pieza que se desea construir y el del eje portafresa.

TEMA 9

9.1 DESCRIPCIÓN Y CINEMÁTICA

Es una máquina que lleva una cuchilla monocortante con movimiento rectilíneo alternativo horizontal que produce el corte del material mientras que ésta realiza el de avance, a este trabajo se le llama “limado” y es empleado para obtener pequeñas superficies planas.

El movimiento de la cuchilla puede realizarse por dos métodos: el mecánico que es el más generalizado y el hidráulico.

La figura 9.1 muestra una limadora mecánica que se compone esencialmente de las siguientes partes:

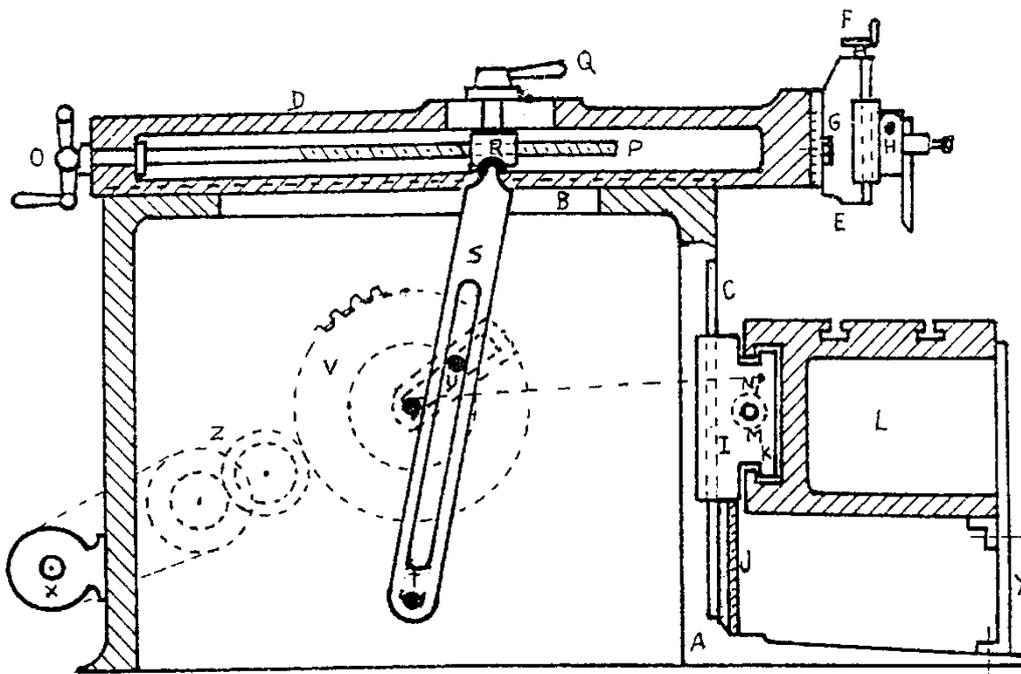


Figura 9.1 Cinemática de la limadora

- 1) Bancada A: tiene la forma de caja y es portadora, en la parte superior, de las guías B y en la derecha de las guías C.
- 2) Carro o carnero D: se desplaza horizontalmente sobre las guías B y lleva a su derecha el portaherramientas o “charriot”.
- 3) Charriot E: es el portaherramientas y lo forma un carrillo que se puede desplazar verticalmente o de forma inclinada por medio de la manilla F, que regula la profundidad de pasada. Su verticalidad o inclinación se hace firme por medio del tornillo G. A fin de no sufrir la herramienta durante su retroceso ya que es en este recorrido cuando la pieza realiza el avance, lleva el eje H sobre el que gira la cuchilla de modo que se levanta sin poner resistencia.
- 4) Carro I: va ajustado a las guías C y tiene un movimiento vertical por medio del husillo J, a su vez lleva las guías K que sirven de sostén a la mesa portapiezas.
- 5) Mesa portapiezas L: tiene un movimiento horizontal impreso por el husillo M que es el que realiza el avance, este movimiento se puede realizar automáticamente o a mano, ya que para el primero lleva el trinquete N, y para el segundo un volante.
- 6) Manilla O: va fija al husillo F y sirve para graduar la posición del recorrido del carnero.
- 7) Palanca Q: lleva la tuerca de forma especial R que enrosca en el husillo P, sirve para fijar la posición del carnero.

- 8) Biela S: es de forma especial y gira sobre el eje T ya que tiene un movimiento angular alternativo producido por el pivote U. Este movimiento es el que produce el desplazamiento del carnero.
- 9) Plato manivela V: es el que recibe el movimiento del motor eléctrico X y que pone en funcionamiento la máquina. Lleva un mecanismo de excentricidad del pivote U y con ello se consigue que el carnero tenga más o menos recorrido.
- 10) Bastidor Y: sirve de apoyo a la mesa portapiezas.
- 11) Cambio de velocidades Z: formado por varios engranes que ponen en comunicación el motor X con el plato manivela V.

La figura 9.2 muestra el mecanismo para desplazar el pivote del plato manivela que limita la amplitud del camino recorrido por el carnero.

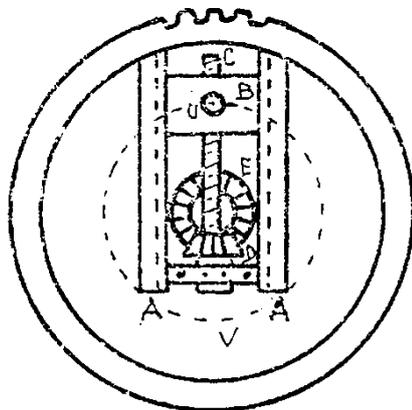


Figura 9.2 Mecanismo para desplazar el pivote del plato

Consta del plato V que lleva las guías en cola de milano A sobre las cuales se desliza el dado B que es el que lleva el pivote U. A este dado va

roscado el husillo C que está hecho firme en el engrane cónico D, éste recibe el movimiento de otro engrane cónico E que a su vez está hecho firme a una palanca no representada en la figura.

El funcionamiento de este sistema se realiza de la siguiente manera: al girar el engrane E por medio de la palanca, le hace girar también al D, el cual arrastra al husillo C enroscando o desenroscando al dado B, al cual le acerca o aleja del centro de giro del plato manivela, con lo cual el pivote describe menor o mayor circunferencia y, por lo tanto, menor o mayor arco realiza la biela S de la figura 9.1.

El movimiento de vaivén realizado por la biela es el que produce el movimiento alternativo del carnero que en su desplazamiento hacia delante produce el corte, mientras que en su retroceso lo hace en vacío, lo cual, constituye un tiempo muerto, al no realizar trabajo en esta carrera. Interesa que este movimiento sea más rápido que el de corte.

En la figura 9.3 se representa el sistema de biela oscilante, en la que el plato manivela A, como se sabe, es de velocidad constante y por lo tanto su pivote B, pero la circunferencia descrita por este pivote, queda dividida en dos ángulos por la tangente de la biela C a la misma. Los DEF y FGD son los que limitan el recorrido L del carnero.

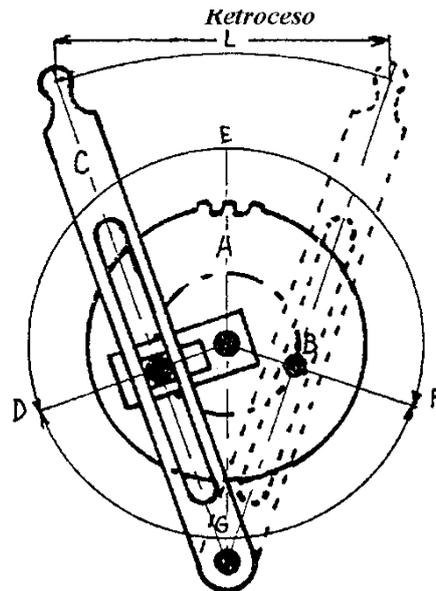


Figura 9.3 Sistema de biela oscilante

Ahora bien, el pivote al recorrer el ángulo FGD lo hace en un tiempo menor que con el DEF y como los dos ángulos limitan el recorrido L del carnero, el desplazamiento de retroceso del carnero tiene que ser a velocidad superior al de avance.

9.2 VELOCIDAD DEL CARNERO

Por lo expuesto vemos, que las velocidades del carnero están en relación inversa a los ángulos girados por el pivote o gorrón. Tanto es así, que si el ángulo DEF fuera de 240° y el FGD de 120° , el retroceso se haría con doble velocidad que en el avance.

Esta relación de velocidades entre la marcha de corte y retroceso, es solamente favorable en grandes carreras, ya que cuanto menor sean éstas, tanto más desfavorables serán las relaciones. Así se tiene, que en la carrera mínima, en que los ángulos prácticamente son iguales, lo mismo les pasa a las velocidades de corte y retroceso.

Al describir la biela un arco de circunferencia, origina que la velocidad del carnero no sea constante, sino que ésta sea máxima en la mitad de su recorrido y nula en su cambio de sentido, obteniéndose la velocidad media de dividir el recorrido del carnero entre el tiempo empleado en ello.

En las limadoras modernas, para mejorar estos inconvenientes de velocidades y tiempos perdidos durante la carrera de retroceso, sustituyen el sistema de empuje del carnero efectuado por biela oscilante, por el impulso de un émbolo accionado hidráulicamente y preparado para ser gobernado automáticamente, el cual se desliza por el interior de un cilindro solidario a la bancada de la máquina.

Con este tipo de limadoras se obtienen las siguientes ventajas:

- 1) Velocidad constante del carnero, tanto en su carrera de avance como de retroceso, haciendo a ésta mayor y siendo independiente de la longitud de la carrera.
- 2) Posibilidad de regular el empuje del carnero.
- 3) Posibilidad de regular la velocidad de corte.
- 4) Paro automático del carnero cuando encuentra una resistencia excesiva la herramienta.
- 5) Suavidad en los movimientos de maniobra.

La desventaja principal es, la pérdida de potencia que se origina en la máquina, cuando existe alguna fuga de aceite entre las válvulas del circuito, entre el émbolo y cilindro o cuando varía la viscosidad del aceite debido a la temperatura.

9.3 HERRAMIENTAS DE CORTE

El material empleado en las cuchillas de limadora es el acero de herramientas y el acero rápido, aunque en máquinas de gran potencia también se emplean cuchillas de metal duro.

Las formas de las cuchillas dependen de los trabajos que vayan a realizar, así se tiene que, en el desbastado, emplean la representada en la figura 9.4, en el afinado la de la figura 9.5, en el lateral se emplea la de la

figura 9.6, el ranurado se realiza con la cuchilla de la figura 9.7 y cuando este ranurado es lateral se emplea la de la figura 9.8.

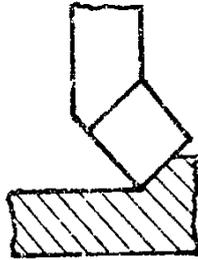


Figura 9.4 Cuchilla de desbastar

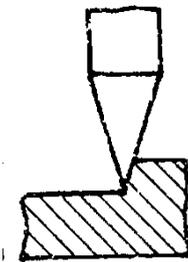


Figura 9.5 Cuchilla de afinar

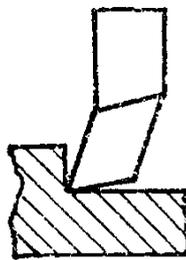


Figura 9.6 Cuchilla de corte lateral

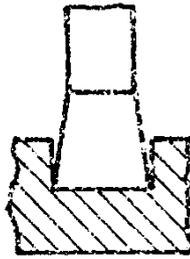


Figura 9.7 Cuchilla de ranurar

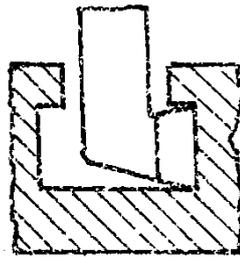


Figura 9.8 Cuchilla lateral

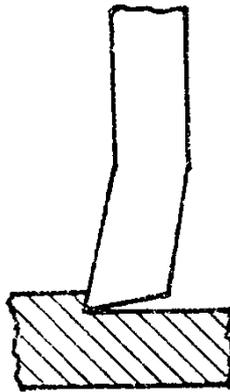


Figura 9.9 Cuchilla recta

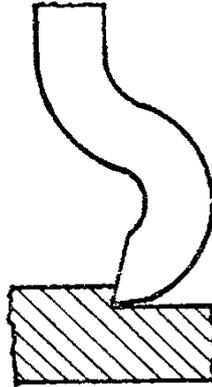


Figura 9.10 cuchilla curvada

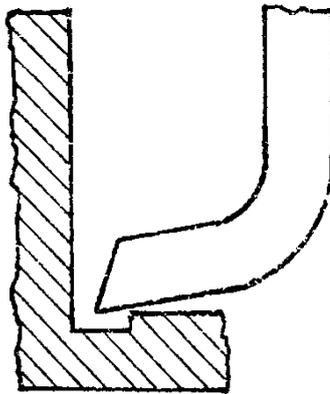


Figura 9.11 Cuchilla curvada hacia adelante

Las cuchillas que emplean las limadoras tienen sus ángulos de corte muy parecidos a los de las cuchillas del torno y su forma más generalizada es la recta como la de la figura 9.9, pero sucede con ellas que, en trabajos duros, tienden a flexar y, por lo tanto, a clavarse en la pieza, lo que origina una superficie basta. Para evitar esto, se recurre a las cuchillas curvadas hacia atrás conocidas por cuchillas de cuello de cisne como la representada en la figura 9.10, en ésta al flexar la cuchilla, su punta tiende a levantarse

produciendo una superficie más fina. Las cuchillas dobladas hacia delante, como es el caso de la figura 9.11, son empleadas cuando, en el trabajo a realizar, se exponen al choque del portaherramientas con la pieza.

En todos los casos, las cuchillas deben sujetarse al portaherramientas firmemente, dejando una longitud de vuelo lo más corta posible para evitar su tendencia a la flexión.

9.4 OPERACIONES REALIZABLES

Los principales trabajos realizados en la limadora son: los de conseguir superficies planas, las cuales pueden tomar la posición horizontal (figura 9.12). En este caso se desplaza solamente la pieza por medio del husillo M de la figura 9.1; de superficie vertical (figura 9.13) que se realiza estando quieta la pieza y desplazándose la cuchilla por medio de la manivela F de la figura 9.1 y el de superficie inclinada, que es cuando el Charriot E de la figura anterior se coloca según la figura 9.14 y se da el avance igual que en el caso anterior.

Además de estos trabajos se pueden realizar otros como: los de obtener superficies cilíndricas, en este caso se trasladan convenientemente la pieza y la cuchilla según la figura 9.15 y el de construcción de chaveteros que están representados en la figura 9.7.

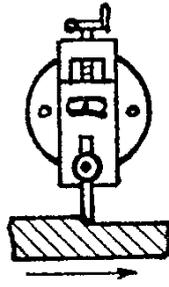


Figura 9.12 Trabajo en posición horizontal

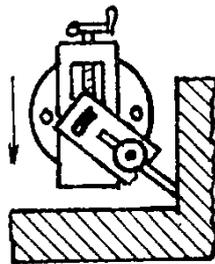


Figura 9.13 Trabajo en posición vertical

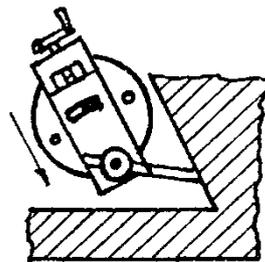


Figura 9.14 Trabajo en posición inclinada

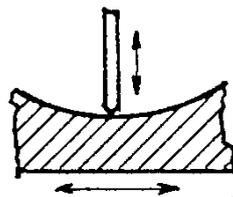


Figura 9.15 Trabajo en superficies cilíndricas

9.5 PARTES DE LA LIMADORA

Las partes principales de la limadora se pueden observar en la figura 9.16. Así, tendremos: B: bancada, M: mesa, C: carnero, AM: avance manual, AA: avance automático, F: mando del embrague, M: polea motriz, VC: volante para variar la posición de la carrera, P: mando del bloqueo de la posición del carnero, VP: volante de variación de la profundidad de pasada, T: torreta portaherramientas.

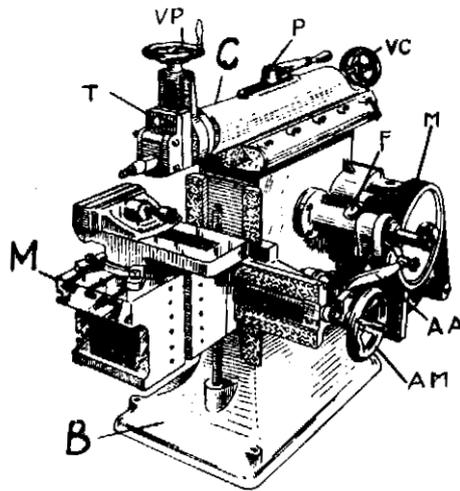


Fig 9.16 Partes de la limadora

TEMA 10

Se conoce por soldadura a la unión por medio de calor de dos piezas metálicas o de dos partes de una misma pieza.

La soldadura se divide en:

a) soldadura blanda

b) soldadura dura

10.1 SOLDADURA BLANDA

Es la que emplea para la unión de los metales otros de más bajo punto de fusión como es el estaño (232°C), plomo (327°C), y bismuto (270°C). Generalmente de los dos primeros con un porcentaje de estaño comprendido entre el 25% y 90%, ya que depende del uso a que se destine.

Esta soldadura es apropiada para las uniones de hojalata, chapa galvanizada, piezas de latón, bronce y tubos de plomo principalmente. La resistencia es generalmente inferior a los metales soldados y no debe de estar expuesta a temperaturas superiores a los 200°C.

La soldadura se lleva a cabo por medio de soldadores de cobre, los cuales son calentados por medio del fuego de una llama fig.10.1, o por medio de resistencia fig.10.2, que depositándolos sobre el metal de

aportación lo funde y lo adhiere a las piezas que se desean soldar. A fin de facilitar la operación se usan ciertas sustancias que hacen la función de desoxidantes y fundentes.

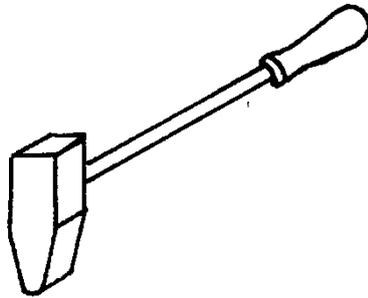


Fig. 10.1 Soldador de cobre

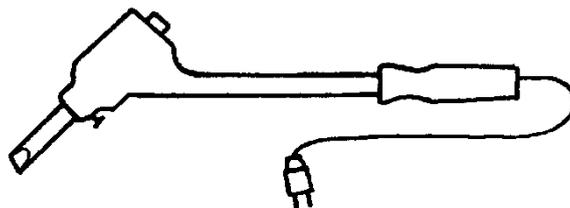


Fig. 10.2 Soldador por medio de resistencia

10.2 SOLDADURA DURA

Existen distintos métodos de soldaduras duras, siendo los más generalizados, la soldadura eléctrica y la soldadura oxiacetilénica.

10.2.1 SOLDADURA ELÉCTRICA

Esta se puede realizar en dos formas distintas como son:

- a) *soldadura por resistencia*
- b) *soldadura por arco voltaico*

10.2.2 SOLDADURA POR RESISTENCIA

La soldadura por resistencia se practica en tres formas distintas, recibiendo los nombres de “a tope”, “soldadura por puntos”, y “soldadura por costura”. Las tres están fundadas en la resistencia que oponen los cuerpos yuxtapuestos al paso de la corriente, la cual se transforma en calor, y que de acuerdo con la ley de Joule, vale:

$$Q = 0,24 I^2 R t$$

por lo que se podrá desarrollar allí una cantidad de calor capaz de llegar a temperaturas próximas a la de fusión de los metales que se juntan, a los que aplicándoles una presión moderada se podrá conseguir su soldadura.

- **Soldadura a tope:** está representada en la figura 10.3, en la que A-B son las mordazas de una máquina a las que se conectan los conductores C y D, y que sujetan las piezas a soldar F y G. Para

proceder a la soldadura se comienza por acercar las mordazas A y B hasta que las piezas se toquen, después se da paso a la corriente y cuando se tiene la temperatura deseada, se crea por medio de las mordazas, una cierta presión y al mismo tiempo se interrumpe la corriente, con lo cual la operación queda terminada.

- **Soldadura por puntos:** se dispone de otra máquina en la que las piezas a soldar F y G de la figura 10.4, se sitúan entre los electrodos A y B, que bajo la acción de un pedal, se juntan, dejando pasar la corriente y creando la presión suficientes para la obtención de la soldadura; de esta manera se obtiene una unión en cada punto de la pieza a soldar, que se somete a la acción de la máquina.
- **Soldadura por costura:** es análoga a la anterior, pero los electrodos A y B son en forma de rodetes, por cuyos ejes se hace la conexión al circuito eléctrico; uno de estos rodetes va provisto de fuerza motriz, de manera que las piezas aprisionadas entre ellos reciben corriente, al mismo tiempo que son sometidas a presión y movimiento, de este modo la unión se hace según una línea continua no interrumpida (figura 10.5)

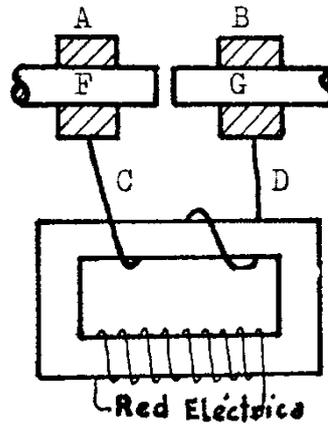


Fig. 10.3 Soldadura a tope

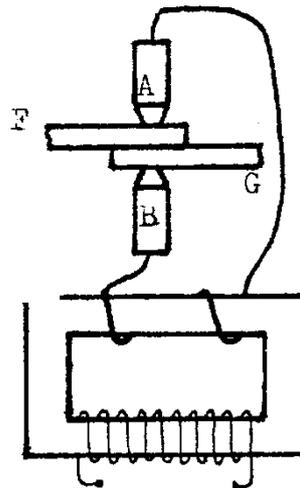


Fig. 10.4 Soldadura por puntos

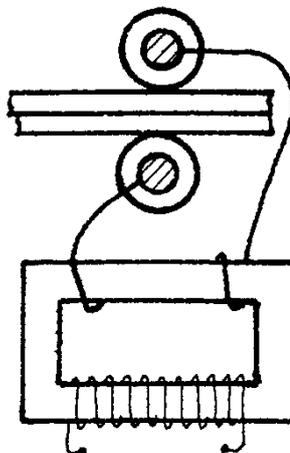


Fig. 10.5 Soldadura por costura

10.2.3 SOLDADURA POR ARCO

La soldadura eléctrica por arco es más empleada en reparaciones y construcción de piezas mecánicas que la soldadura por resistencia. Está fundada en la ruptura y posterior contacto de un circuito eléctrico, originándose en estas zonas un arco voltaico con temperaturas superiores a los 3.000°C, que son empleados para la fusión del metal.

El arco está constituido por una doble corriente de electrones y de iones; la de electrones va del polo negativo al positivo; la de iones, procedentes de los gases que se hallan en el paso del arco, va del polo positivo al negativo, en estas condiciones, el polo positivo se calienta más que el negativo.

Entre los dos polos que sostienen el arco voltaico tiene lugar una caída de tensión total que varía de unos 15 a 45 voltios; esta caída no se hace proporcionalmente a lo largo del arco, sino principalmente en las zonas de tensión del arco con los polos y en mucha menor cantidad en el arco propiamente dicho.

Si la corriente utilizada es alterna, de acuerdo con la frecuencia, cambia de sentido, apagándose y volviéndose a encender en cada cambio, y como sólo los cuerpos incandescentes emiten electrones debe evitarse el enfriamiento de los electrodos, a cuyo fin es indispensable forrarlos.

Puesto que la ley de Joule ($Q = 0,24 V I T$) demuestra que el calor desarrollado por la corriente depende de la tensión, de la intensidad y del tiempo, se comprende que, siendo V de 15 a 45 voltios, o sea, relativamente pequeña, deberá ser I relativamente grande, en consecuencia, tanto por lo que se refiere a V como por lo que se refiere a I , la corriente eléctrica suministrada por las redes públicas y generales no es apropiada, siendo necesario cuando se la quiere emplear para la soldadura cambiar sus características; a este fin, si se trata de corriente continua, se la toma de la línea y se mueve un grupo convertidor, o sea, un motor que a su vez mueve una dinamo tal que produzca la corriente deseada que suele ser de 40 a 65 voltios, y de una intensidad que depende del trabajo a efectuar y del número de arcos que debe de alimentar, en algunos casos llega a alcanzar los 4.000 amperios, (figura 10.6).

Si la red es de corriente alterna, se dispone de una instalación como la representada en la figura 10.7. La bobina A se conecta a la red y recibe, en consecuencia, la corriente alterna de las características correspondientes al flujo magnético creado por esta corriente alterna cuya tensión es la requerida; como una parte del flujo creado en A, no queda en el núcleo C sino que sufre disyunción, resulta que el flujo abrazado por B es tanto mayor cuanto más cerca esté de A, por consiguiente, la tensión en B puede variarse acercando o alejando la bobina A, a cuyo fin se les provee de los

elementos necesarios.

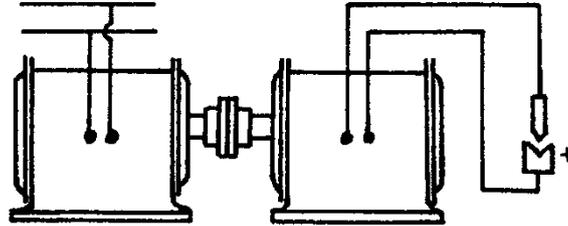


Fig. 10.6 Instalación para corriente continua

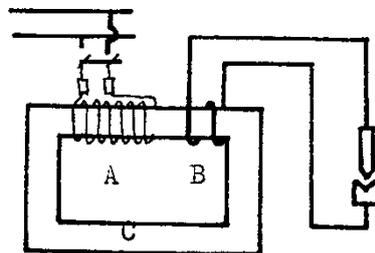


Fig. 10.7 Instalación para corriente alterna

Los transformadores sólo se pueden emplear con corriente alterna. Para soldar con corriente continua se emplean generalmente un grupo convertidor rotativo o bien un rectificador de corriente.

La soldadura por arco puede llevarse a cabo en dos formas fundamentalmente distintas, que son:

- 1) Hacer saltar el arco entre un electrodo de carbón y las partes a soldar,

fundiendo sus bordes y trayendo el material de aporte mediante alambre o varilla que funde al contacto del arco.

2) Hacer saltar el arco entre la varilla de aporte, que actúa de electrodo, y las partes a soldar, con lo cual se provoca la fusión de todos los materiales mencionados.

El primer procedimiento o de “Bernardos” se reserva hoy exclusivamente a ciertos casos especiales, como el de la soldadura de planchas delgadas; el segundo procedimiento o de “Slavianoff” es el de empleo general, observándose que el polo positivo se une a la pieza a soldar y así, de acuerdo con lo anteriormente estudiado, se tendrá en ellas mayor temperatura que en el electrodo que es lo que conviene. Si la corriente es alterna, no tiene sentido hablar de la polaridad, y en tal caso, los electrodos o sea las varillas a soldar, deberán ser cubiertos o forrados, como también se les llama, para conseguir una mejor soldadura.

10.2.4 SOLDADURA TIG

Esta soldadura es producida por arco eléctrico, diferenciándose de la convencional en que el electrodo que lleva es de Wolframio el cual al tener un punto de fusión elevado (3.600°C) no se funde, por lo que no se gasta.

Esta soldadura puede ser empleada con o sin metal de aportación, tratándose de soldadura con relleno de metal, esta aportación se hace con varilla como si de una soldadura oxiacetilénica se tratara, mientras que tratándose de soldaduras pequeñas y finas, la fusión de las planchas y el posterior enfriamiento realiza la soldadura.

Para proteger la soldadura de la oxidación, emplea un gas inerte que desplaza la atmósfera, cubriendo de esta manera la zona de fusión hasta que se enfría originando de esta manera una soldadura más resistente y compacta que la que emplea electrodos revestidos. El primer gas que se empleó fue el Helio, para ser desplazado en la actualidad por el Argón ya que se consigue más barato y puro.

La fig.10.8 nos representa una soldadura con metal de aportación y la fig.10.9 los elementos fundamentales que se requieren para ello.

Las ventajas que representa el procedimiento TIG sobre la soldadura convencional o soldadura eléctrica con electrodos revestidos son las siguientes:

- 1) Gracias a la protección total contra el medio ambiente, las soldaduras son más fuertes, más dúctiles y más resistentes a la corrosión.
- 2) No pueden producirse inclusiones de escoria, y se elimina la engorrosa operación de quitar escoria para la siguiente soldadura.

- 3) Toda la operación se realiza sin salpicaduras, chispas o emanaciones.
- 4) Como no se producen humos, se puede ver en todo momento y con toda claridad la zona de soldadura.
- 5) Pueden hacerse soldaduras en casi todos los metales empleados industrialmente.
- 6) En muchas ocasiones puede soldarse sin metal de aportación.

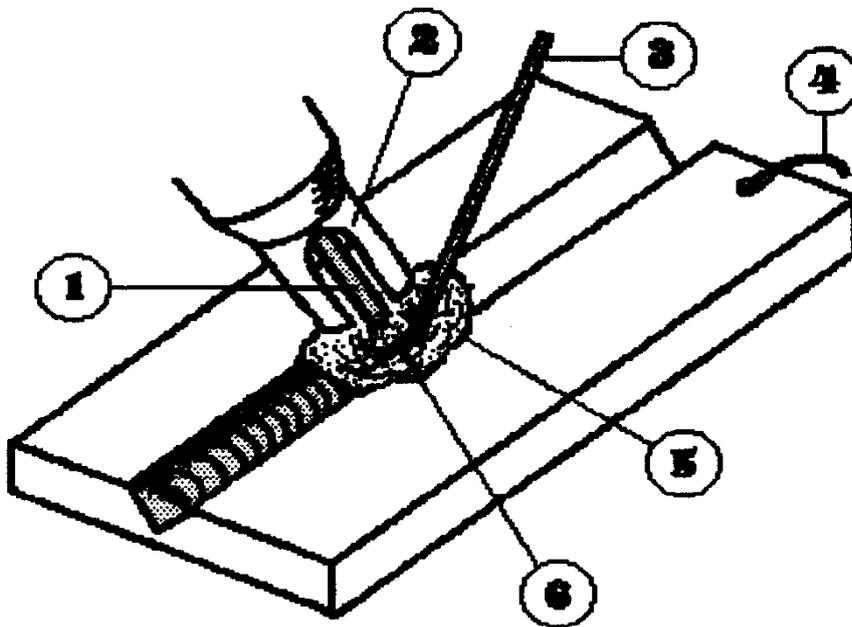


Fig. 10.8 Soldadura con material de aportación

1. Electrodo de tungsteno
2. Tobera de gas
3. Varilla de aportación

4. Cable de masa
5. Cubierta de protección de gas inerte
6. Alta concentración de calor

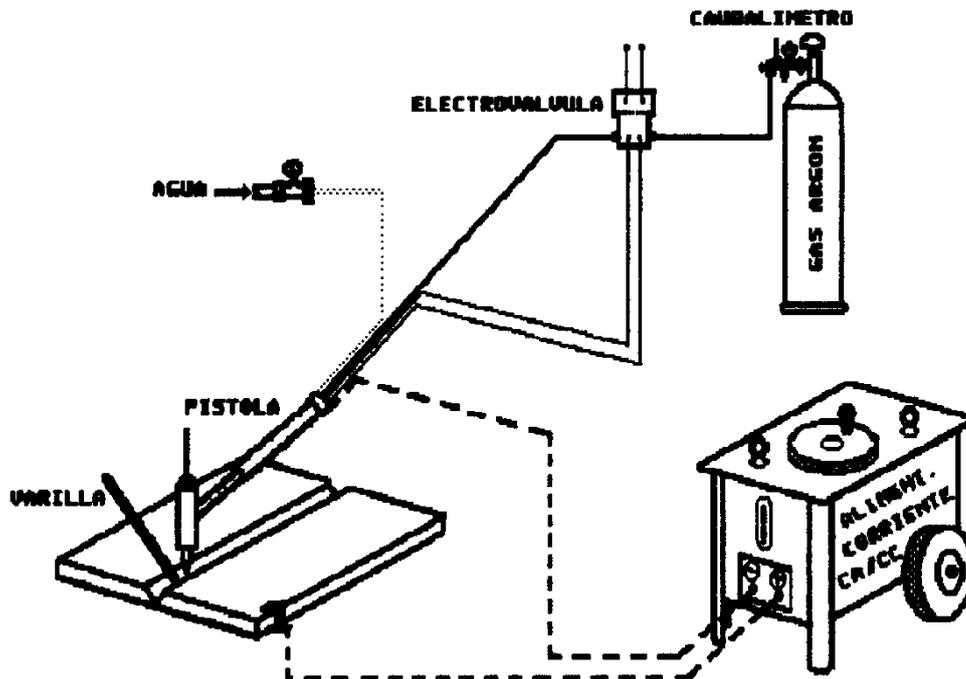


Fig. 10.9 Elementos para la soldadura TIG

10.2.5 SOLDADURA MAG

Este sistema se diferencia del TIG en que el electrodo es la misma varilla de aportación (al igual que en el sistema tradicional de soldadura eléctrica). Esta varilla puede ser de diámetros comprendidos entre 0,8 mm y 2,4 mm; se alimenta automáticamente con una velocidad adecuada.

El gas protector suele ser CO_2 ya que resulta muy barato; se hace

llegar por la boquilla en el mismo punto de la soldadura, fig. 10.10.

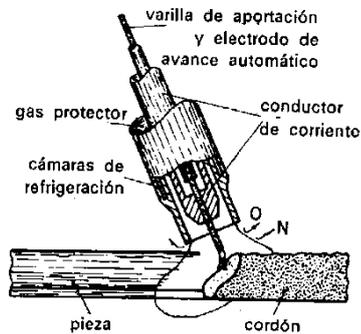


Fig. 10.10 Soldadura MAG

10.2.6 SOLDADURA OXIACETILÉNICA

Es conocida por este nombre por tener como elementos productores del calor de la combustión al oxígeno y al acetileno, los cuales se mezclan en un aparato llamado soplete por cuya boquilla sale un dardo de fuego a unos 3.200°C, que funde los metales. El metal de aportación es una varilla que se funde al mismo tiempo que los metales que se desean soldar.

El acetileno se obtiene por reacción entre el carburo de calcio y el agua según la ecuación



en la que da el acetileno, quedando como residuo el hidróxido cálcico o cal apagada como también se la conoce.

Conocimiento del equipo:

Una instalación portátil de soldadura oxiacetilénica se compone de:

- 1) Una botella de acero cargada con oxígeno puro a unos 150 Kg/cm^2 que va provista de una válvula de carga y descarga a la que se la acopla un reductor de presión para poder reducir ésta a unos 4 Kg/cm^2 , que es la que se emplea en la soldadura.

- 2) Una botella de acero provista de su correspondiente válvula y que contiene una sustancia muy porosa empapada con acetona. Está cargada de acetileno a una presión de unos 13 Kg/cm^2 (el acetileno puede transportarse sin peligro si se halla disuelto en acetona a una presión inferior a los 15 Kg/cm^2). Como el acetileno se emplea en el soplete a unos 2 Kg/cm^2 , también se acopla a la válvula el correspondiente reductor, análogo al del oxígeno.

- 3) Reductores de presión: la presión del oxígeno y acetileno en la soldadura debe ser constante y relativamente reducida. Como la presión en las botellas es mayor y variable, se hace necesario el empleo de los

reductores.

La fig.10.11 representa un reductor de presión que funciona del siguiente modo: el oxígeno a la presión 150 Kg/cm^2 , llega según la flecha C hasta la válvula D, que se mantiene cerrada por medio del resorte E aún cuando no exista presión en el recinto G, pero si por medio del tornillo H se da tensión al resorte I, éste empuja el diafragma elástico J y la palanca K, tendiendo a abrir la válvula D; entonces, sea directamente, o sea a través de palancas, actúan sobre dicha válvula cuatro fuerzas

- el empuje F_a del oxígeno que llega del recipiente y que tiende a abrirla
- el empuje F_b del oxígeno que ha pasado la válvula y que, hallándose en el recinto G, tiende a cerrarla
- el empuje F_e del resorte E que tiende a cerrarla
- el empuje F_i del resorte I, que tiende a abrirla

En todo instante de equilibrio, o sea de funcionamiento a régimen constante, ha de verificarse que los empujes que tienden a abrir sean iguales a los que tienden a cerrar. Se tendrá que:

$$F_A + F_I = F_B + F_E$$

Pero como F_A y F_E son constantes, F_I y F_B variarán en el mismo sentido, es decir, si mediante el tornillo H se comprime I, la presión del oxígeno en G, o sea del oxígeno que por el tubo L va al soplete, aumentará, mientras que si se distiende I, dicha presión disminuirá.

La válvula M, que es de seguridad, sirve para abrir paso automáticamente a la atmósfera cuando la presión en G pueda accidentalmente hacerse excesiva.

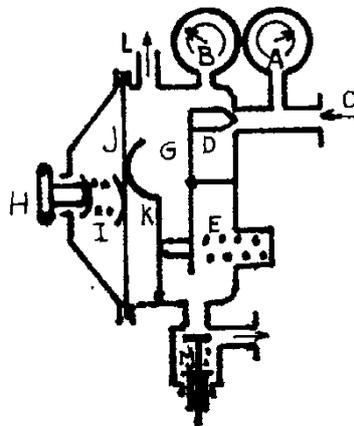


Fig. 10.11 Reductor de presión

4) Soplete: son los aparatos destinados a mezclar íntimamente el oxígeno y el acetileno para lograr su perfecta combustión. La fig.10.12 muestra el soplete, en el que el oxígeno y el acetileno entran en él a través de las válvulas A y B que son reguladas a mano a fin de establecer la proporción debida; el oxígeno entra por el centro atravesando el

inyector C y adquiere velocidad, produciendo un arrastre del acetileno y penetrando ambos en la cámara de mezcla D, donde tienen lugar remolinos necesarios para la formación de una mezcla homogénea. A la salida de esta cámara el soplete lleva la lanza E que es un simple conducto que termina en la tobera o boquilla G, en cuyo extremo se produce la combustión del acetileno, en forma de un dardo de fuego regulable, capaz de fundir los metales a soldar. Este dardo lo forman dos llamas, una primaria de color verde de unos 15 mm de longitud y otra secundaria de unos 150 mm que la envuelve y que es de color amarillento, en estas condiciones la temperatura de combustión es de unos 3.200°C.

La magnitud del dardo se regula según el tamaño de la soldadura que se desea realizar, por tal motivo el juego de soplete lleva lanzas y boquillas intercambiables.

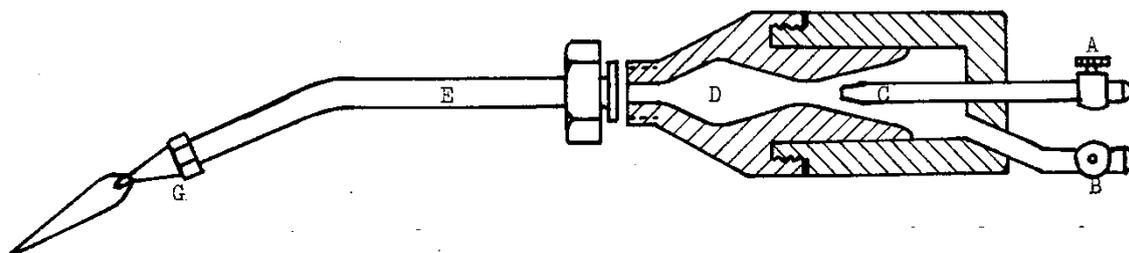


Fig. 10.12 Soplete

- 5) Gafas protectoras, de las cuales no se debe prescindir nunca.
- 6) Metal de aportación: es el que se deposita entre las dos piezas que se han de soldar y que debe ser de la misma clase que éstos. Son empleados en forma de varillas de grosor proporcional al material que se suelda.
- 7) Desoxidantes. Tienen por objeto proteger la soldadura de posibles oxidaciones, están formados a base de borax, prusiato de potasa, alumbre, sal común, silicatos alcalinos, sal amoniaco, etc.

10.3 ELECTRODOS

Se llaman electrodos a los extremos de los conductores entre los cuales salta el arco voltaico.

Uno de los conductores es siempre la pieza metálica que se ha de soldar, por esto cuando se habla en la soldadura del electrodo, se refiere siempre al otro conductor, desde el cual sale el arco hasta la pieza.

Los electrodos empleados en la soldadura son de tres clases:

- a) Electrodo de carbón.
- b) Electrodo metálico desnudo.
- c) Electrodo metálico cubierto o protegido.

Los electrodos *de carbón* sólo sirven para fundir el metal de la pieza,

y si hace falta metal de aportación, hay que emplear una varilla como en la soldadura por soplete de gas. Se usa poco para soldar, pero sirven a veces para cortar.

Los electrodos metálicos son, en general, de la misma naturaleza que los cuerpos a soldar, siendo el mismo electrodo el que constituye el metal de aportación, que va fundiendo y cayendo en gotas por el calor del arco.

Los electrodos *metálicos desnudos* se usan también poco ya que son más difíciles de manejar, más lentos y dan peor soldadura que los forrados.

Los electrodos *metálicos forrados* son los más usados. Están constituidos, en general, por la varilla de metal de aportación cubierto de un revestimiento delgado o grueso, según las condiciones de la soldadura, formado a base de silicatos alcalinos, bórax y otras sustancias, y tienen por objeto mantener el electrodo caliente, sobre todo en el caso de corriente alterna, rodeando de una atmósfera gaseosa e inerte las gotas de metal fundido que, desprendiéndose del electrodo, van a la zona de soldadura, y también actuar como fundente, es decir, como sustancia que, al combinarse con los óxidos que se formen, dé una escoria que recubra y proteja de ulterior oxidación el cordón de soldadura. Cuanto más grueso es el revestimiento protector del electrodo, mejores son los resultados obtenidos.

10.3.1 ELECTRODOS REVESTIDOS

Estos electrodos están formados por una varilla metálica calibrada cubierta por una capa uniforme de diversas sustancias.

La calidad de los electrodos depende de la clase de metal que compone la varilla y del tipo de revestimiento que lleva la misma. Por tal motivo podemos hacer dos clasificaciones de los electrodos:

- 1) *Según la propiedad de la varilla.*
- 2) *Según la propiedad del revestimiento.*

Atendiendo a las propiedades de la varilla, las soldaduras por arco pueden hacerse en aceros suaves, en aceros de gran resistencia, en aceros inoxidable, en fundición y en metales no féreos.

Las aleaciones de estas varillas tienen que reunir unos componentes determinados para que en la fusión con el material a soldar le dé a éste una resistencia adecuada según el electrodo utilizado; así se tiene que en la soldadura de un acero dulce los componentes principales de la varilla son del 0,5% C, 0,6% Mn y cantidades inferiores de fósforo, azufre y silicio.

Para la soldadura de gran resistencia la varilla lleva Cr, Ni, Mo, V, etc,

en proporciones variables.

En soldadura de aceros inoxidable, la composición de la varilla además del Cr (18% a 25%) y el níquel (8% a 80%) lleva molibdeno, niobio, etc. También se utilizan electrodos inoxidables sintéticos en los que la varilla es de acero dulce y los metales de aleación (Cr, Ni, etc.) van incorporados en el recubrimiento.

La varilla para los electrodos de fundición pueden estar formada por níquel puro y metal monel (Ni = 65%; Cu = 28%, Mn = 1,5%, Co = 1%, Si = 2,5% y Fe = 2%).

10.3.2 ELECTRODOS NORMALIZADOS

Para la soldadura de aceros al carbono la mayoría de los industriales han unificado criterios según el electrodo que deben emplear en las mismas, admitiendo la norma UNE 14.003 que tiene en cuenta seis características que son: la resistencia a la tracción, el alargamiento y la resiliencia del cordón de la soldadura, así como el recubrimiento del electrodo, la posición de la soldadura y la corriente y tensión que ha de utilizarse para la operación.

Con una anotación simbólica se representan todas las características del electrodo, la cual está compuesta por una letra seguida de tres cifras y

otra letra seguida de dos cifras.

A modo de ejemplo, fig.10.13, tenemos que un electrodo con el símbolo E333R12 representa lo siguiente:

E = Electrodo para soldadura de arco eléctrico.

3 = Resistencia a la tracción superior a 48 Kg/mm^2

3 = Alargamiento superior al 22%

3 = Resiliencia superior a 9 Kg/cm^2

R = Recubrimiento rutilo

1 = Utilizable para la soldadura en todas posiciones.

2 = Utilizable con corriente continua o alterna, mejor con polaridad negativa. Tensión 50 V

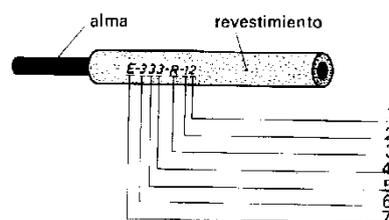


Fig. 10.13 Notación en electrodos

Esta simbología queda expresada en la tabla de la fig. 10.14.

No obstante, los fabricantes de electrodos tienen sus denominaciones propias con las cuales indican sus productos sin necesidad de acompañar el simbolismo expuesto anteriormente.

SIGNIFICADO DEL SIMBOLO

Letra inicial	CARACTERISTICAS MECANICAS (II)						CONDICIONES OPERATORIAS								
	Primera cifra		Segda. cifra		Tercera cifra		Letra intermedia		Cuarta cifra		Quinta cifra				
	Resistencia a la tracción		Alargamiento (l = 5 d)		Resiliencia U.F.		Tipo de revestimiento		Posición de soldadura		Corriente de soldadura				
	Simbolo	Kg./mm. ²	Simbolo	%	Simbolo	Kgm./cm. ²	Simbolo	Carácter	Simbolo	Posiciones	Polaridad del Electrodo	Corriente continua o alterna Tensión mínima del transformador en circuito abierto			Corriente continua solamente
												90 V.	70 V.	90 V.	
E	0	—	0	—	0	—	A	Acida	1	Todas las posiciones		1	4	7	0
	1	41					B	Básico	2	Todas las posiciones, excepto en vertical descendente					
	2	44	1	14	1	5	C	Celulósico	3	Sobre plano horizontal, horizontal en ángulo sobre plano inclinado y en ángulo interior sobre plano horizontal.	Buena con las dos polaridades	2	5	8	
	3	48	2	18	2	7	O	Oxidante							
	4	52	3	22	3	9	R	Oxido de Titanio Tipo 1.º RUTILO	4	Soldadura en ángulo sobre plano horizontal y horizontal en ángulo sobre plano inclinado	Mejor con polaridad negativa	3	6	9	
	5	56	4	26	4	11	T	Oxido de Titanio Tipo 2.º TIFANIO							
6	60	5	30	5	13	V	Otros tipos								

Fig. 10.14 Simbología de los electrodos

TEMA 11

11.1 MUELAS ABRASIVAS

Son los cuerpos de forma circular compuestos por una sustancia abrasiva y otra aglutinante.

Los abrasivos son granos cristalinos muy duros, que al frotarlos sobre la pieza deseada, arranca en ésta el material en forma de diminutas virutas.

Los abrasivos pueden ser naturales y artificiales. Entre los primeros se encuentran el esmeril, corindón y diamante, y entre los segundos, el alundum y el carborundum.

11.1.1 ESMERIL

Es una sustancia formada a partir de óxido de aluminio, (Al_2O_3), con una proporción de éste del 50 al 65%. Al resistir bien las fuertes presiones es aplicado en el desbaste pero no en trabajos de precisión.

11.1.2 CORINDÓN

Tiene una composición semejante al esmeril pero con un mayor porcentaje de Al_2O_3 , ya que éste es superior al 70%, pudiendo llegar al 90%. Se puede aplicar a trabajos más rápidos que el anterior.

Tanto el esmeril como el corindón, son poco homogéneos y más blandos que los abrasivos artificiales; cortan poco lo que hace que las piezas a ellos sometidas se calienten mucho

11.1.3 DIAMANTE

Es el material más duro que se conoce y debido a su elevado coste hace que se les reserve para trabajos especiales.

11.1.4 ALUNDUM

También conocido por “corindón artificial”, es el óxido de aluminio casi puro. Se obtiene de la bauxita, mineral terroso cuya coloración varía del blanco al rojizo y que en sus mejores calidades contiene como mínimo un 55% de Al_2O_3 , el cual se introduce en el horno eléctrico a la temperatura de $4.000^{\circ}C$, fundiéndose en bloques que luego son triturados en granos de diversos tamaños. Es más uniforme que el corindón natural, más duro y

resistente a las fuertes presiones, lo que le hace apropiado para trabajar en materiales tenaces como los aceros

11.1.5 CARBURUNDUM

Es un carburo de silicio, (CSi). Se obtiene por fusión a 2.000°C de una mezcla de coque de petróleo, arena silicosa, sal común y serrín. Es más duro que el alundum pero más frágil, por esta razón se emplea para trabajar materiales blandos y quebradizos, fundición, porcelana, ebonita, etc.

Los granos abrasivos se clasifican por su tamaño, representándose éste por el número de hilos finos por pulgada lineal que tiene el tamiz empleado. Así se considera de grano muy basto, al que tiene de 10 a 14 hilos, fino al de 70 a 100, y muy fino al de 150 a 250.

11.2 AGLUTINANTES

El aglutinante, es el cemento que tiene por misión el dar consistencia a la muela, haciendo que los granos abrasivos permanezcan en la superficie de la misma mientras tengan sus propiedades cortantes, y soltándolas cuando por desgaste de sus aristas las pierden.

11.2.1 AGLUTINANTE CERÁMICO

Está formado por una mezcla de caolín, feldespato y arcilla, que junto con una cantidad de abrasivo elegido, que varía del 5 al 25% del peso de aglutinante, se cuece en el horno a temperaturas elevadas hasta obtener un principio de vitrificación. Estas muelas son relativamente duras, porosas, homogéneas y muy mordientes, resistiendo bien la fuerza centrífuga, pero son relativamente frágiles a los choques mecánicos y térmicos. Como consecuencia de su poca elasticidad y su mala conductibilidad no se pueden hacer delgadas.

11.2.2 AGLUTINANTE AL SILICATO

Está formado por una mezcla de silicato sódico, (SiO_3Na_2), y un poco de arcilla, a la que se añade el abrasivo en la proporción citada en el caso anterior.

Después se procede a una cocción que se hace a temperatura más baja que la anterior. Estas muelas son relativamente blandas y poseen gran potencia esmeriladora.

11.2.3 AGLUTINANTE ELÁSTICO

Está formado por goma laca o sustancias resinosas como la baquelita, a la que se mezcla simplemente el abrasivo elegido en la proporción ya citada en los casos anteriores. La propiedad de estas muelas es que se pueden hacer delgadas (hasta 0,8 mm) sin peligro de rotura. Debido a su elasticidad son poco sensibles a la presión y a los choques.

La dureza de la muela depende de la tenacidad con que el aglutinante retiene los granos abrasivos, de modo que si se va a trabajar con un material duro, éste desgasta antes al abrasivo que si el material fuera blando, por lo que el aglutinante debe desprenderse antes al abrasivo. Se comprende entonces, que para trabajar materiales duros el aglutinante debe de ser blando, o como también se dice, la muela ha de ser blanda, lo contrario ocurre cuando se trabaja con metales blandos.

La dureza de las muelas se representa por letras o números que se escriben en las mismas, indicando que a medida que avanza en su orden natural va aumentando la dureza del aglutinante. Así se tiene que de la A a la G representa una muela muy blanda, de la H a la K blanda, de la L a la O media, de la P a la S semidura, de la T a la W dura y de la X a la Z muy dura. Como ejemplo se puede poner el Alundum vitrificado 40 H, lo cual

quiere expresar que el grano es del n°40, el aglomerante es cerámico y la dureza es del tipo blando.

La forma más generalizada de las muelas es la de disco, pero también hay otros tipos de muelas especiales como las indicadas en la figura 11.1.

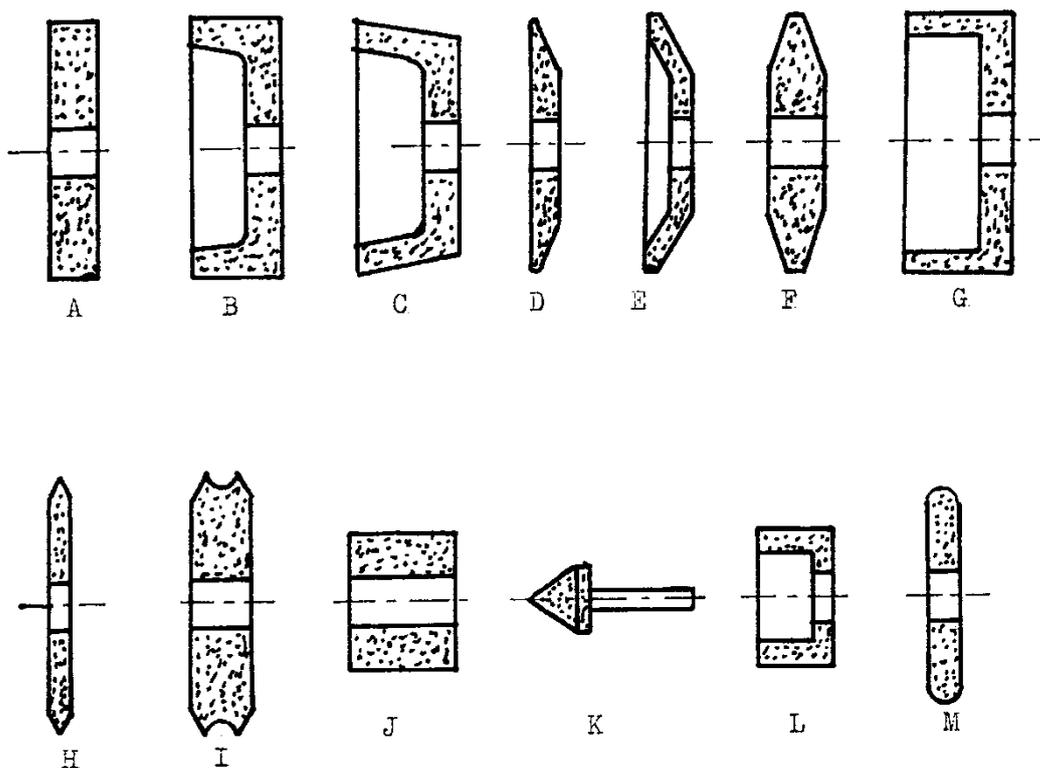


Fig. 11.1 Formas de las muelas abrasivas

A, de disco; B, C, de copa; D, E, de plato; F, bicónica; G, de copa; H, de disco para roscas; I, de forma para árboles ranurados; J, para superficies cilíndricas interiores; K, dental; L, para superficies cilíndricas interiores; M, convexa de radio.

TEMA 12

12.1 INTRODUCCIÓN

Es el procedimiento de modelar a la forma y dimensiones deseadas los metales plásticos por medio de golpes o de presión; por lo general, esta operación se hace con los metales calientes. Cuando se trata de la fabricación de pequeñas piezas, el forjado se hace por medio de golpes dados a mano, mientras que tratándose de la construcción de piezas en serie o de grandes tamaños se recurre a las máquinas.

Para llevar a cabo el trabajo del forjado, se hace preciso el uso de ciertos órganos como son:

Fragua: es un horno abierto provisto de una tobera por la cual se inyecta aire para avivar la combustión del carbón, sirve para calentar los metales que van a ser forjados.

Aunque existen distintos tipos de fraguas, éstas se pueden dividir en dos clases:

- a) fragua portátil
- b) fragua fija

La fig.12.1 muestra una fragua portátil, la cual está formada por el armazón A sobre el que descansa la bandeja B portadora del carbón. En el

centro de la misma lleva la tobera C a la cual le alimenta de aire el ventilador D, que es movido a mano.

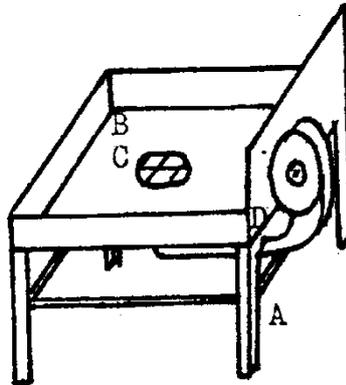


Fig. 12.1 Fragua portátil

En las fraguas fijas, el ventilador es movido por un motor eléctrico y llevan una campana de extracción de humos, fig. 12.2.

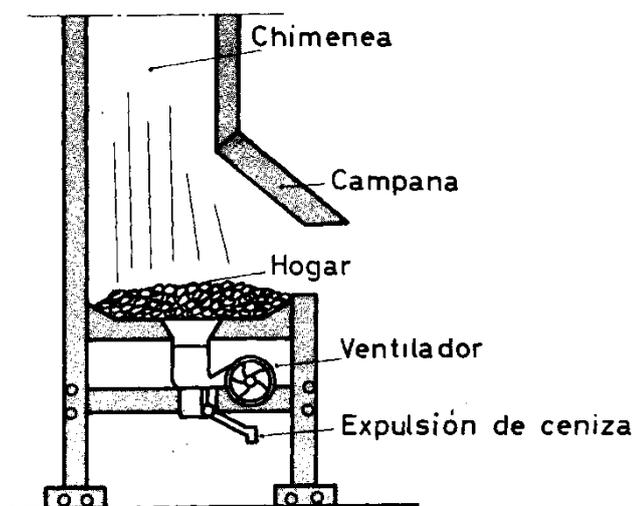


Fig.12.2 Fragua fija

12.2 HERRAMIENTAS EMPLEADAS EN LA FORJA

Yunque: es el órgano que sirve para soportar las piezas que se van a forjar. Por lo general, son de acero forjado o moldeado con un ligero temple en la parte que descansa la pieza. Su forma es la de un paralelepípedo rectangular con dos puntas opuestas, una de ellas es de forma cónica y la otra triangular; sirven para curvar o doblar. En su parte superior lleva orificios cuadrados o redondos en los cuales se puede realizar el punzonado o colocar las herramientas de espiga empleadas en la forja, fig.12.3.

Bigornia: es una especie de yunque pequeño, de forma alargada y que se encastra en un cepo o banco de madera por medio de una espiga que lleva en su base un ensanchamiento o reborde que le sirve de tope, fig. 12.4.

Las bigornias pequeñas (bigornetas) se aseguran al ojo el yunque.

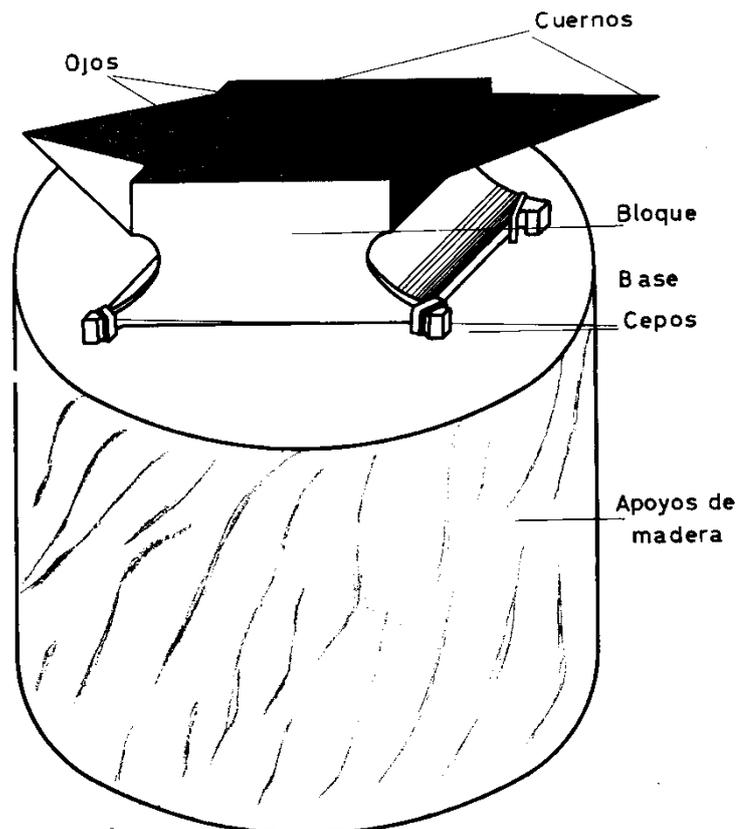


Fig. 12.3 Yunque

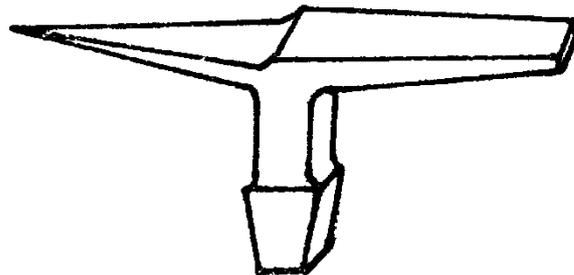


Fig. 12.4 Bigornia

Martillo de forjador: son manejados con una sola mano y su forma y peso depende de la consonancia del trabajo a que son destinados. La cabeza

sirve para aplanar y la pena que tiene forma de degüello sirve para estirar el material. La fig.12.5 muestra tres tipos de ellos.

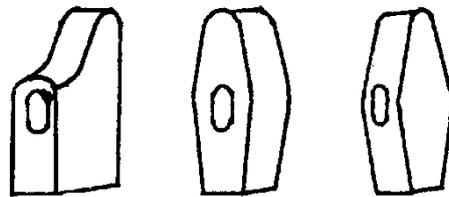


Fig. 12.5 Martillos para forja

Macho: son martillos pesados que se utilizan en el forjado. Pueden ser manejados con una sola mano, en cuyo caso pueden pesar hasta 5 Kg. Y el de dos manos llega hasta los 15 Kg.

Plana: es una herramienta auxiliar, ya que produce su efecto al ser golpeada con el macho. Tienen la cabeza ancha y plana, lo cual sirve para aplanar las superficies de las piezas forjadas sobre las cuales se apoya la cabeza, mientras que por la otra se golpea con el macho, fig. 12.6.

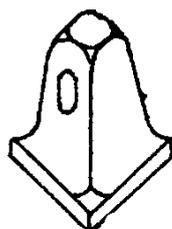


Fig. 12.6 Plana

Degüello: es la herramienta empleada para el estirado del material, fig.12.7.

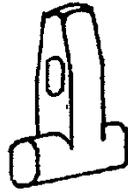


Fig. 12.7 Degüello

Tajadera: sirve para cortar el material, fig. 12.8.



Fig. 12.8 Tajadera

Punzón: es empleado para agujerear o perforar las piezas, puede tomar distintas formas, fig.12.9.



Fig. 12.9 Punzón

Estampas: sirven para dar forma a las piezas forjadas. La forman dos piezas, la superior que recibe los golpes del macho, y la inferior (contra estampa) que se sujeta por su espiga al ojo del yunque, fig.12.10.

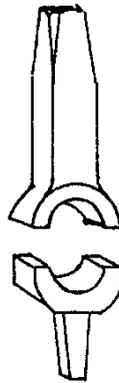


Fig. 12.10 Estampa y contra estampa

Clavera: son placas de fundición con agujeros de variadas formas y dimensiones. Son empleadas para enderezar y doblar barras, para abrir agujeros o para sustituir a la contra estampa, fig. 12.11

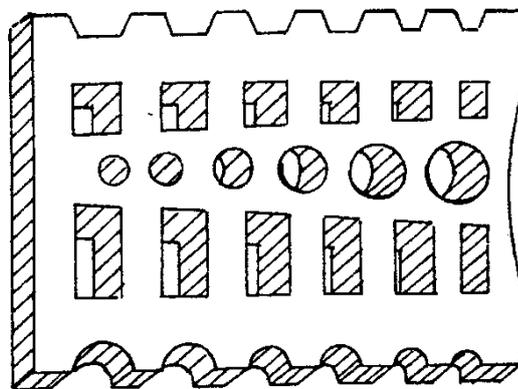


Fig. 12.11 Clavera

Galgas del forjador: sirven para determinar los espesores de las piezas forjadas cuando se encuentran al rojo, fig.12.12.

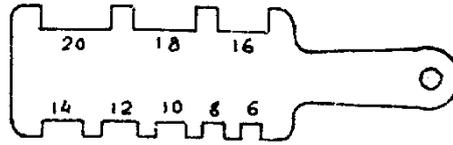


Fig. 12.12 Galga de forjador

Tenazas: son las herramientas con las cuales se cogen las piezas que se forjan. Como la forma de los dedos de agarre tiene que adaptarse a la de la pieza, hace que la forma de las tenazas sea muy variada, algunas de las cuales quedan representadas en las fig.12.13. Siendo: 1 tenaza plana, 2 tenaza redonda, 3 tenaza dentada, 4 tenaza encajada, 5 tenaza para remaches, 6 tenaza quebrada.

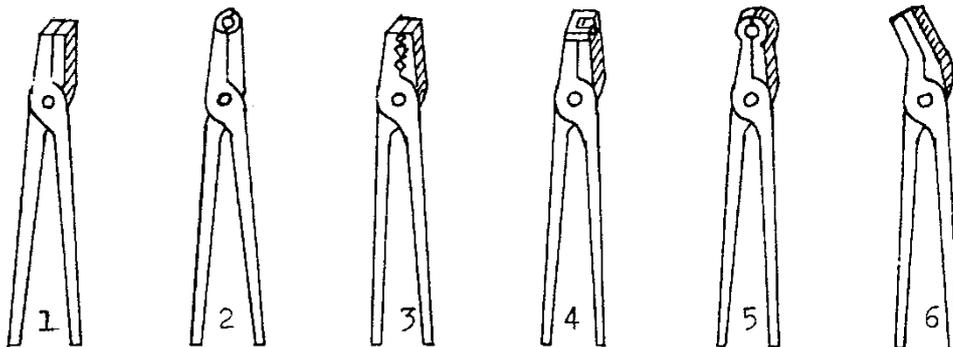


Fig. 12.13 Tenazas

Martillo pilón: es la máquina que tiene por objeto dar golpes a la pieza forjada. Consta esencialmente de tres partes fundamentales: *la maza, el*

yunque y los órganos de movimiento, los cuales pueden ser accionados por medios mecánicos, neumáticos y de vapor.

La fig.12.14, muestra un martillo de vapor de caída acompañada, en el que la maza va unida a un émbolo que es accionado por medio de vapor distribuido por válvula plana.

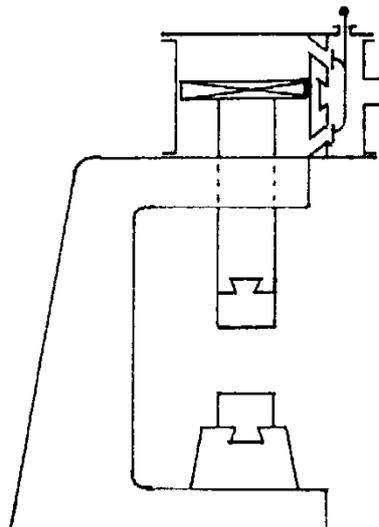


Fig. 12.14 Martillo pilón

Martillos mecánicos: existen distintos modelos de estos martillos, así, se tiene el martillo de caída libre, que consiste en una maza pesada que se levanta por medio de un mecanismo elevador que al llegar arriba la suelta.

A fin de aumentar el poder de golpe de la maza, al martillo anterior se le ayuda con caída acompañada producida por la fuerza originada por el resorte A de la fig.12.15

Estos martillos de caída acompañada levantan la maza por medio de un dispositivo apropiado que gira en sentido de las manecillas del reloj, siempre y cuando el operario tense las correas por medio del juego de palancas B.

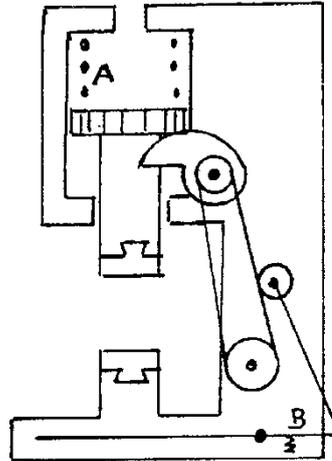


Fig. 12.15 Martillo pilón mecánico

Martillo de ballesta: entre los diversos modelos existentes, el de la fig.12.16 es uno de ellos, la ballesta actúa de palanca en su punto medio y sirve para absorber las reacciones que provienen de los golpes, tendiendo esta fatiga a romper la ballesta.

En un extremo de la ballesta va el mazo A, mientras que en su otro extremo lleva un bulón que va articulado a la biela B, conectada a la excéntrica C. Ésta es movida por medio de correas siempre y cuando el operario las tense por medio del pie, actuando sobre la palanca D y rodillo E.

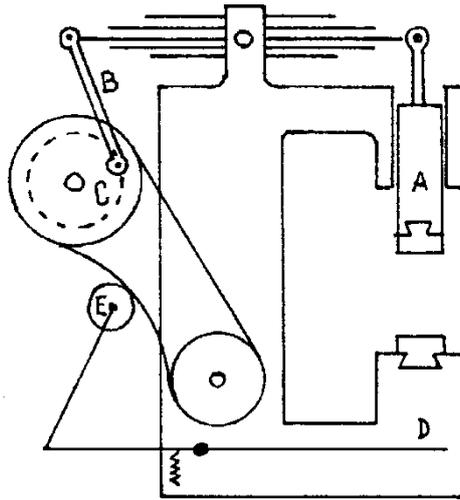


Fig. 12.16 Martillo de ballesta

Martillos neumáticos: a fin de evitar el inconveniente que se tiene con el martillo de ballesta, como es la de ser ésta propensa a la rotura, se ideó el martillo de aire, siendo éste el encargado de absorber las fatigas ocasionadas en la maza por los golpes.

Uno de estos martillos es el Jeakly, representado en la fig.12.17. En éste la maza A va ajustada a la camisa B, de modo que cuando el émbolo C descende, la depresión ocasionada en su región superior hace a la maza subir, comprimiendo el aire, debido a la energía cinética que ésta adquiere. Cuando el émbolo asciende, a la presión originada por él, se le suma la ocasionada por la maza, lo cual hace a ésta caer con una mayor aceleración, lo que origina un golpe mayor y eficaz.

Para regular la intensidad de los golpes, el martillo Jeakly lleva una serie de cámaras adicionales D, de modo que actuando sobre la válvula E se consigue comunicar o incomunicar las cámaras con la del émbolo C. Así se tiene que, si se cierra la cámara de la maza, ésta no trabaja, y si se las comunica con las cámaras D, la intensidad de los golpes dependerá del número de cámaras comunicadas.

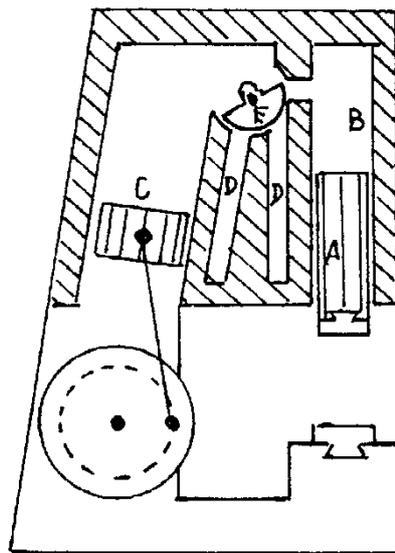


Fig. 12.17 Martillo Jeakly

Prensa: tiene el mismo objeto que el martillo pilón, diferenciándose de éste, en que en vez de emplear el golpe para el aplastado del material emplea la presión producida por medios hidráulicos y mecánicos.

La fig.12.18 muestra una prensa hidráulica movida por presión de agua o aceite, los cuales entran en los cilindros A y B, desplazando sus émbolos respectivos hasta juntar las estampas con la pieza a forjar,

momento en que se mete el líquido a gran presión en el cilindro C, oprimiendo la pieza situada en las estampas y dándole la forma convenida.

La presión del fluido viene a estar comprendida entre los 100 y 300 Kg/cm², y el esfuerzo de las mismas depende de su tamaño. Así se tiene que las pequeñas son de 300 a 1.000 toneladas de esfuerzo total, mientras que las grandes llegan a alcanzar las 15.000 toneladas y más.

Al ser el trabajo de la prensa intermitente, el fluido no pasa directamente de la bomba a la prensa, sino que queda almacenado en un acumulador hidráulico bien de pesos o aire comprimido, el cual actúa de regulador de gasto. Esto tiene la ventaja de poder emplear bombas de capacidades más pequeñas y por lo tanto de potencias más reducidas.

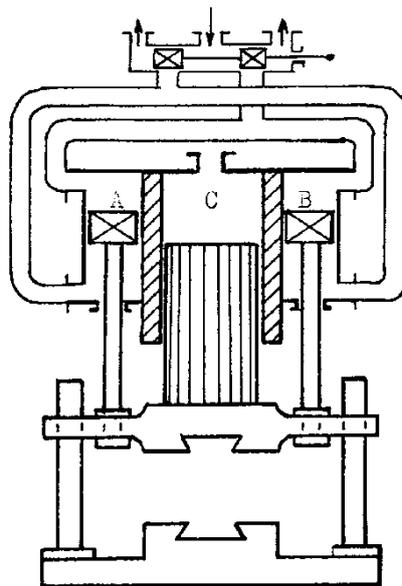


Fig. 12.18 Prensa hidráulica

Prensa de excéntrica: como su nombre indica, la estampa es movida por medio de excéntrica. Existen de tipo vertical y horizontal, estando ésta representada en la fig.12.19. Consta de la bancada A, a la que se le hace firme la estampa fija B, la móvil va en el cuerpo C, el cual se desplaza entre guías por medio de la acción de la excéntrica D, que a su vez toma el movimiento del motor E.

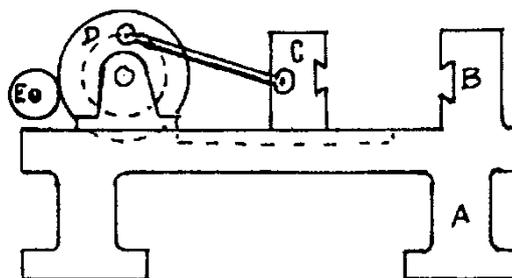


Fig. 12.19 Prensa excéntrica

Prensa de fricción: está formada por dos discos verticales e iguales A y B que van fijos en el eje horizontal C, el cual descansa sobre los cojinetes D, los cuales además de permitirle el giro le permiten un ligero desplazamiento axial y un disco horizontal E cuya periferia lleva una bandeja de cuero a fin de aumentar el coeficiente de fricción. En este disco va firme el husillo F que rosca en el cuerpo de prensa G, en el otro extremo del husillo va la estampa H, según la fig.12.20.

El funcionamiento es el siguiente: al bajar el operario el pedal I, un juego de palancas hacen girar el mando J de forma que este movimiento se lo comunica al eje C obligándole a desplazarse hacia la izquierda hasta que los discos B y E se juntan, haciendo girar a éste y por lo tanto bajar la estampa H.

La inversión del movimiento se puede producir por el mismo pedal. Cuando se trabaja en serie es la estampa la que lo realiza, ya que se la hace tropezar con el saliente del mando J haciendo a éste girar en sentido contrario al anterior, lo cual origina que el eje C se traslade hacia la derecha comunicando los discos A y E.

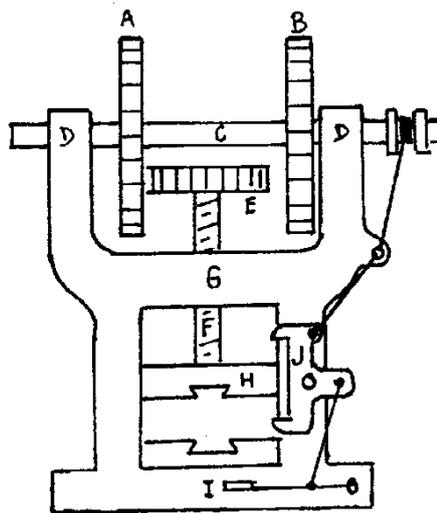


Fig. 12.20 prensa de fricción

TEMA 13

13.1 INTRODUCCIÓN

En este tema trataremos de las cuestiones de seguridad y prevención de riesgos en las máquinas herramientas en su entorno de trabajo. Éste podría haber sido abordado para cada máquina en su tema específico pero dada la importancia que tiene para el normal desarrollo del trabajo se ha decidido darle un espacio propio.

Aquí no sólo estudiaremos las medidas de seguridad sino cómo prevenir y la influencia del entorno en la seguridad.

13.2 SEGURIDAD EN EL TORNO

Los riesgos que surgen al utilizar el torno pueden ser:

1. Atrapamientos debido a los movimientos tanto de giro del cabezal como de los diferentes husillos y de las poleas transmisoras del motor, y los movimientos lineales de los diferentes carros al trabajar en automático, así como los producidos por la cuchilla. En general para evitar este tipo de riesgo efectuaremos en todo momento maniobras o movimientos lo más alejadas posibles de las zonas de posible atrapamiento. Poniendo especial atención a las operaciones de retirada de viruta cuando el torno esté en marcha.

2. Golpes generados por la proyección de la pieza que estamos mecanizando. Por la proyección de las virutas de determinados materiales que dan viruta corta. Por la proyección de las llaves de apriete del cabezal no retiradas cuando se arranca el torno. Por la proyección de instrumentos de medida al ser lanzados por el cabezal por colocar estos en sus proximidades o por medir la pieza mientras esta gira. Por la proyección de trozos de cuchilla o de broca al romperse ésta por una mala operación.
3. Golpes generados por caídas del cabezal en su montaje, transporte o desmontaje. Por la caída de las piezas antes y después de su mecanización.
4. Quemaduras producidas por coger la pieza después de un acabado a alta velocidad. Por la caída de virutas calientes.
5. Afecciones en la piel y en los ojos por el contacto con las taladrinas y aceites.

Por todo ello es de suma importancia seguir las siguientes acciones preventivas:

- Situarse lo más alejado de las partes en movimiento, evitando siempre acercarse demasiado.
- No utilizar ropas holgadas, corbatas, mangas de camisa anchas, etc.
- Abrocharse todos los botones de la ropa de trabajo, o subirse las cremalleras.

- Recogerse el pelo largo con una coleta o moño, o bien ponerse un gorro.
- Evitar trabajar con anillos, pulseras, cadenas etc., o bien tenerlas bajo la ropa.
- No utilizar guantes.
- Comprobar que el plato esté bien sujeto.
- Asegurarse de que la pieza esté bien sujeta.
- Asegurarse que la pieza en su giro no choque con nada.
- Una vez que hayamos apretado la pieza quitar la llave del cabezal.
- Asegurarse que la cuchilla esté bien sujeta, comprobar los tornillos de apriete.
- Comprobar que la palanca de fijación de la torreta portaherramientas está bien apretada.
- Las operaciones de cambio de correas, inspecciones de los elementos de transmisión del movimiento, etc., hacerlas con la máquina parada y a ser posible desconectada.
- No parar el giro del cabezal con las manos, llave de apriete, etc.
- No dejar el torno (plato girando) en marcha si nos alejamos de él (ir a por aceite, piezas, cuchillas, etc.)
- Impedir que la zona de trabajo de la cuchilla se halle llena de virutas, para ello retiraremos las virutas asiduamente.

- En las operaciones de retirada de viruta utilizar ganchos con protección de la mano o cepillos y hacerlas a ser posible con el torno parado.
- Las mediciones de la pieza se harán con el torno parado y teniendo la cuchilla protegida (con un trapo, por ejemplo) para evitar cortes.
- Cuando limemos la pieza en el torno proteger la cuchilla.
- Mantener el torno en buenas condiciones de limpieza y engrase.
- Evitar la acumulación de algodón y trapos de limpieza, una vez usados depositarlos en el lugar adecuado.
- Comprobar asiduamente los contactos y cables eléctricos.
- Si se dispone de pantalla transparente de protección utilízala.
- Tener siempre colocados los resguardos de seguridad.
- Trabajar con la puerta cerrada, si el torno la tiene.
- Utilizar gafas de protección.
- Utilizar calzado de protección
- Utilizar protección auditiva si el ruido es mayor de 85 dbA.

Es importante la iluminación de que disponemos ya que si es deficiente nos podrá provocar accidentes de todo tipo. La iluminación que debe de tener el torno para trabajar con él es de 500 lux como mínimo.

La localización de todos los mandos, pulsadores y demás elementos necesarios para el manejo del torno tendrán que ser lo más accesible

posible. Esta localización tendrá que ser tal que el operario, en el manejo del torno, adopte una postura derecha. El torno tendrá que ser válido para todas las tallas, solucionándose esto por medio de plataformas ajustables a la medida del operario. Todos estos aspectos se engloban en la ergonomía del puesto de trabajo y deberán favorecer que las posturas sean lo más cómodas posibles en todo momento.

13.3 SEGURIDAD EN LA FRESADORA

Los riesgos que surgen al utilizar la fresadora pueden ser:

1. Golpes generados por caídas de elementos de la fresadora en su montaje (ejes, plato divisor, etc.), de la pieza al estar mal sujeta, llaves o herramientas que se colocan en la mesa de la fresadora después de utilizarlas, etc.
2. Golpes por la proyección de las virutas de la pieza que estamos mecanizando.
3. Cortes producidos por las virutas, bien por cogerlas directamente con la mano o por la proyección de ellas.
4. Cortes con los dientes de la fresa cuando gira o está parada.
5. Cortes y golpes producidos por la proyección de trozos de la fresa cuando se rompe ésta.

6. Afecciones en la piel y en los ojos por el contacto con las taladrinas y aceites.

Acciones preventivas a seguir:

- En las operaciones de montaje de elementos de la fresadora procurar que estos no tengan aceite y si lo tienen limpiarlos antes de su manipulación.
- Comprobar que todo el montaje de la fresadora esté bien sujeto.
- No dejar herramientas, elementos de medida, etc. sobre la mesa.
- No colocar la pieza con la fresadora en marcha.
- No regular el caudal de refrigerante con la fresa en movimiento.
- No retirar las virutas directamente con la mano.
- Retirar asiduamente las virutas.
- No retirar las virutas con la máquina en marcha.
- No ajustar la pieza en la mesa con la fresa demasiado cerca (alejar lo suficiente la mesa de la fresa antes de realizar las operaciones de fijación de la pieza).

- Sujetar bien la pieza en sus fijaciones (puede originar la rotura de la fresa).
- Evitar el contacto con aceites y taladrinas.
- No acercarse demasiado a las partes en movimiento de la máquina.
- Comprobar asiduamente los contactos y cables eléctricos.
- Tener siempre colocados los resguardos de seguridad.
- Mantener la fresadora en buenas condiciones de limpieza y engrase.
- Utilizar gafas de protección.
- Utilizar calzado de protección
- Utilizar protección auditiva si el ruido es mayor de 85 dbA.

La iluminación que debe de tener la fresadora para trabajar con ella es de 500 lux como mínimo.

Ergonomía, igual que en el torno.

13.4 SEGURIDAD EN LA LIMADORA

Los riesgos que surgen al utilizar la limadora pueden ser:

1. Golpes producidos por el carnero.

2. Golpes generados por caídas de elementos de la limadora en su montaje.
3. Golpes por la proyección de las virutas de la pieza que estamos mecanizando.
4. Golpes por la proyección de la pieza que estamos mecanizando.
5. Atrapamientos generados por las partes móviles de la máquina.
6. Atrapamientos entre la cuchilla y la pieza que se está mecanizando.
7. Cortes y quemaduras producidos por las virutas.
8. Quemaduras producidas por coger la pieza con las manos desnudas inmediatamente después de su mecanización.
9. Cortes con las rebabas de la pieza.
10. Golpes producidos por los trozos de la cuchilla al romperse ésta.

Acciones preventivas a seguir:

- No colocarse ni de frente, ni detrás del avance del carnero cuando la máquina está en marcha.
- Posicionarse en los laterales de la limadora bien para dar la profundidad de pasada con el charriot, bien para seguir el trabajo de mecanizado.
- No utilizar ropas holgadas, corbatas, mangas de camisa anchas, etc.
- No hacer mediciones con la máquina en marcha.

- No retirar las virutas con la mano.
- Retirar las virutas con la máquina parada.
- Usar guantes para manipular la pieza antes y después de su mecanizado.
- Sujetar la pieza firmemente a las mordazas.
- No colocar elementos de medida, herramientas, etc. encima del carnero, ni sobre la mesa.
- No acercarse demasiado a las partes móviles de la limadora.
- Tener siempre colocados los resguardos de seguridad.
- Mantener la limadora en buenas condiciones de limpieza y engrase.
- No dejar que se acumulen virutas alrededor de la máquina.
- Comprobar asiduamente los contactos y cables eléctricos.
- Asegurarse que la cuchilla esté bien sujeta, comprobar los tornillos de apriete.
- Utilizar gafas de protección
- Utilizar calzado de protección
- Utilizar protección auditiva si el ruido es mayor de 85 dbA.

La iluminación mínima para trabajar con la limadora es de 500 lux.

Ergonomía, igual que en las demás máquinas herramientas.

13.5 SEGURIDAD EN LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS EN GENERAL

Cualquiera que sea la máquina herramienta deberemos adoptar las siguientes medidas de seguridad:

- ❖ Usar ropa adecuada para cada tipo de trabajo.
- ❖ Usar los equipos de protección individual (E.P.I.) cuando sea necesario (calzado de seguridad, gafas, guantes, etc.)
- ❖ Mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento, engrase y limpieza.
- ❖ Mantener limpia el área de trabajo.
- ❖ Usar las herramientas adecuadas para cada trabajo y éstas deberán estar en buen estado. Una vez usadas deberán ser estibadas en los lugares apropiados.
- ❖ No estibar objetos encima de las máquinas (calibres, manuales, etc.)
- ❖ No manipular las virutas, recortes, etc. directamente con las manos. Estibarlas en los lugares destinados a ello.
- ❖ Retirar periódicamente las virutas de la máquina, o de su área de trabajo.
- ❖ Comprobar el estado de las conexiones eléctricas.

- ❖ Trabajar con los resguardos y protecciones de seguridad. Si por alguna causa deben de ser retirados, colocarlos antes de comenzar a usar la máquina.
- ❖ No usar la máquina si se desconoce su funcionamiento.
- ❖ El conocimiento exhaustivo del funcionamiento, manejo y composición de la máquina es el mejor método preventivo de seguridad.

13.6 LA ILUMINACIÓN EN LOS LUGARES DE TRABAJO

El Real Decreto 486/1997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. En el marco de este decreto, y más concretamente en su artículo 8, se dan las condiciones que deben de cumplir la iluminación en los lugares de trabajo. En su anexo IV establece las siguientes disposiciones.

1. La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:
 - a) Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.
 - b) Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.

2. Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.

3. Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la tabla 13.1:

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1° Bajas exigencias visuales	100
2° Exigencias visuales moderadas	200
3° Exigencias visuales altas	500
4° Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Tabla 13.1 Niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo

(*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- a) En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- b) En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

No obstante, lo señalado en los párrafos anteriores, estos límites no serán aplicables en aquellas actividades cuya naturaleza lo impida.

4. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:

- a) La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
- b) Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones

bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.

c) Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.

d) Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.

e) No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.

5. Los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.

6. Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión cumpliendo, a tal efecto, lo dispuesto en la normativa específica vigente.

13.7 ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO

El Real Decreto 486/1997 en su artículo 5 establece lo siguiente.

1. Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos de forma que sea posible utilizarlas sin dificultades en todo momento.

2. Los lugares de trabajo, incluidos los locales de servicio, y sus respectivos equipos e instalaciones, se limpiarán periódicamente y siempre que sea necesario para mantenerlos en todo momento en condiciones higiénicas adecuadas. A tal fin, las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento.

Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

3. Las operaciones de limpieza no deberán constituir por sí mismas una fuente de riesgo para los trabajadores que las efectúen o para terceros, realizándose, a tal fin, en los momentos, de la forma y con los medios más adecuados.

4. Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico, de forma que sus condiciones de

funcionamiento satisfagan siempre las especificaciones del proyecto, subsanándose con rapidez las deficiencias que puedan afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.

Si se utiliza una instalación de ventilación, deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento y un sistema de control deberá indicar toda avería siempre que sea necesario para la salud de los trabajadores.

En el caso de las instalaciones de protección, el mantenimiento deberá incluir el control de su funcionamiento.

13.8 CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS LUGARES DE TRABAJO

1. La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

2. Asimismo, y en la medida de lo posible, las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deben constituir una fuente de incomodidad o molestia para los trabajadores. A tal efecto, deberán evitarse las temperaturas y las humedades extremas, los cambios bruscos de temperatura, las corrientes de aire molestas, los olores desagradables, la irradiación excesiva y, en particular, la radiación solar a través de ventanas, luces o tabiques acristalados.

3. En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse, en particular, las siguientes condiciones:

a) La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.

b) La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.

c) Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:

1°. Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.

2°. Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.

3°. Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.

Estos límites no se aplicarán a las corrientes de aire expresamente utilizadas para evitar el estrés en exposiciones intensas al calor, ni a las corrientes de aire acondicionado, para las que el límite será de 0,25 m/s en el caso de trabajos sedentarios y 0,35 m/s en los demás casos.

d) Sin perjuicio de lo dispuesto en relación a la ventilación de determinados locales en el Real Decreto 1618/1980, de 4 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, la renovación mínima del aire de los locales de trabajo, será de 30 metros cúbicos de aire limpio por hora y trabajador, en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y de 50 metros cúbicos, en los casos restantes, a fin de evitar el ambiente viciado y los olores desagradables.

El sistema de ventilación empleado y, en particular, la distribución de las entradas de aire limpio y salidas de aire viciado, deberán asegurar una efectiva renovación del aire del local de trabajo.

4. A efectos de la aplicación de lo establecido en el apartado anterior deberán tenerse en cuenta las limitaciones o condicionantes que puedan imponer, en cada caso, las características particulares del propio lugar de trabajo, de los procesos u operaciones que se desarrollen en él y del clima de la zona en la que esté ubicado. En cualquier caso, el aislamiento térmico de los locales cerrados debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar.

5. En los lugares de trabajo al aire libre y en los locales de trabajo que, por la actividad desarrollada, no puedan quedar cerrados, deberán tomarse

medidas para que los trabajadores puedan protegerse, en la medida de lo posible, de las inclemencias del tiempo.

7. Las condiciones ambientales de los locales de descanso, de los locales para el personal de guardia, de los servicios higiénicos, de los comedores y de los locales de primeros auxilios deberán responder al uso específico de estos locales y ajustarse, en todo caso, a lo dispuesto en el apartado 3.

13.9 EL RUIDO

Podemos definir el ruido como un sonido molesto, desagradable y no deseado. El ruido puede producir efectos negativos sobre la salud e integridad de las personas que están expuestas a él. Estos efectos son diversos, llegando a afectar distintos órganos y sobre todo interferir en parte de las actividades que el hombre desarrolla. En este capítulo no trataremos de estudiar detalladamente de los efectos que produce el ruido (puesto que este tema corresponde a la medicina del trabajo), pero sí daremos una clasificación de estos efectos.

EFECTOS DEL RUIDO

EFECTOS AUDITIVOS

- Pérdida temporal de audición.
- Pérdida permanente de audición.
- Trauma acústico.
- Hipoacusia por ruido.
- Efectos de los ruidos muy intensos.

EFECTOS NO AUDITIVOS

- Efectos fisiológicos no auditivos
- Aumento de la tensión arterial.
- Aumento de la frecuencia respiratoria.
- Úlcera de estómago.
- Trastornos del sueño.
- Dificultad para la comunicación hablada.
 - Dificultad para concentrarse.
 - Molestias.
- Disminución del rendimiento en el trabajo.
- Aumento de los accidentes de trabajo.

El Real Decreto 1316/1989 de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo dice lo siguiente:

Art. 2.º Para dar efectividad al objeto de protección de los trabajadores establecido en el artículo anterior el Empresario está obligado a:

1.º Con carácter general, a reducir al nivel más bajo técnica y razonablemente posible los riesgos derivados de la exposición al ruido, habida cuenta del progreso técnico y de la disponibilidad de medidas de control del ruido, en particular, en su origen, aplicadas a las instalaciones u operaciones existentes.

Lo dispuesto en el párrafo anterior deberá ser tenido especialmente en consideración en la concepción y construcción de nuevos centros de trabajo y en la modificación de los existentes, incluida la adquisición de nuevos equipos de trabajo. De las medidas preventivas que en estos supuestos se adopten se informará, con carácter previo a su puesta en práctica, a los órganos internos competentes en seguridad e higiene y a los representantes de los trabajadores.

2.º A dar cumplimiento a las obligaciones específicas consignadas en esta norma.

Art. 3º 1. El Empresario deberá evaluar la exposición de los trabajadores al ruido con el objeto de determinar si se superan los límites o niveles fijados en la presente norma y de aplicar, en tal caso, las medidas preventivas procedentes. El proceso de evaluación comprenderá:

1.º Una evaluación en los puestos de trabajo existentes en la fecha de entrada en vigor de esta norma.

2. ° Evaluaciones adicionales cada vez que se cree un nuevo puesto de trabajo, o alguno de los ya existentes se vea afectado por modificaciones que supongan una variación significativa de la exposición de los trabajadores al ruido.

3. ° Evaluaciones periódicas que se llevarán a cabo, como mínimo, anualmente, en los puestos de trabajo en que el nivel diario equivalente o el nivel de Pico superen 85 dBA o 140 dB, respectivamente, o cada tres años, si no se sobrepasan dichos límites, pero el nivel diario equivalente supera 80 dBA.

2. Los órganos internos competentes en seguridad e higiene y los representantes de los trabajadores tendrán derecho a:

1. ° Estar presentes en el desarrollo de las evaluaciones previstas en esta norma.

2. ° Ser informados sobre los resultados de las mismas, pudiendo solicitar las aclaraciones necesarias para la mejor comprensión de su significado.

3. ° Ser informados sobre las medidas preventivas que deberán adoptarse, a la vista de los resultados de la evaluación, en aplicación de lo dispuesto en la presente norma.

Art. 4° 1. La evaluación de la exposición de los trabajadores al ruido se realizará en base a la medición del mismo.

Las mediciones del ruido deberán ser representativas de las condiciones de exposición al mismo y deberán permitir la determinación del nivel diario equivalente y del nivel de Pico. Con tal finalidad la medición del ruido se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en los anexos 2 y 3 de esta norma.

Cuando las características de un puesto de trabajo impliquen una significativa de la exposición al ruido entre una jornada y otra, el Empresario podrá utilizar para la evaluación de dicha exposición el nivel semanal equivalente, en lugar del nivel diario equivalente, siempre que comunique tal hecho a la autoridad laboral, a efectos de que ésta pueda comprobar que se dan las circunstancias motivadoras de la utilización de este sistema.

2. Quedan exceptuados de la evaluación de medición aquellos supuestos en los que se aprecie directamente que, en un puesto de trabajo, el nivel diario equivalente o el nivel de Pico son manifiestamente inferiores a 80 dBA y 140 dB.

Art. 5º En los puestos de trabajo en los que el nivel diario equivalente supere 80 dBA deberán adoptarse las siguientes medidas:

1.º Proporcionar a cada trabajador una información, y, cuando proceda, una formación adecuadas en relación a:

La evaluación de su exposición al ruido y los riesgos potenciales para su audición.

Las medidas preventivas adoptadas, con especificación de las que tengan que ser llevadas a cabo por los propios trabajadores.

La utilización de los protectores auditivos.

Los resultados del control médico de su audición.

2. ° Realizar un control médico inicial de la función auditiva de los trabajadores, así como posteriores controles periódicos, como mínimo quinquenales. Estos controles se llevarán a cabo de conformidad con las reglas contenidas en el anexo 4 de esta norma.

3. ° Proporcionar protectores auditivos a los trabajadores que lo soliciten.

Art. 6. ° En los puestos de trabajo en los que el nivel diario equivalente supere 85 dBA se adoptarán las medidas preventivas indicadas en el artículo anterior con las siguientes modificaciones:

1. ° El control médico periódico de la función auditiva de los trabajadores deberá realizarse, como mínimo, cada tres años.

2. ° Deberán suministrarse protectores auditivos a todos los trabajadores expuestos.

7°. En los puestos de trabajo en los que el nivel diario equivalente o el nivel de Pico superen 90 dBA o 140 dB, respectivamente, se analizarán los motivos por los que se superan tales límites y se desarrollará un programa de medidas técnicas destinado a disminuir la generación o la propagación del ruido, u organizativas encaminadas a reducir la exposición de los trabajadores al ruido. De todo ello se informará a los trabajadores afectados y a sus representantes, así como a los órganos internos competentes en seguridad e higiene.

En los puestos de trabajo en los que no resulte técnica y razonablemente posible reducir el nivel diario equivalente o el nivel de Pico por debajo de los límites mencionados en el apartado anterior, y, en todo caso, mientras esté en fase de desarrollo el programa de medidas concebido a tal fin, deberán adoptarse las medidas preventivas indicadas en el artículo 5.º, con las siguientes modificaciones:

- 1.º Los controles médicos periódicos de la función auditiva de los trabajadores deberán realizarse, como mínimo, anualmente.
- 2.º Todos los trabajadores deberán utilizar protectores auditivos, cuyo uso obligatorio se señalará según lo dispuesto en el Real Decreto 1403/1986 de 9 de mayo, sobre Señalización de Seguridad en los Centros y Locales de Trabajo.

3. ° Siempre que el riesgo lo justifique y sea razonable y técnicamente posible, los puestos de trabajo serán delimitados y objeto de una restricción de acceso.

Art. 8. ° 1. Los protectores auditivos serán proporcionados por el empresario en número suficiente y serán elegidos por éste en consulta con los órganos internos competentes en seguridad e higiene y los representantes de los trabajadores.

Los protectores auditivos deberán:

1. ° Ajustarse a lo dispuesto en la normativa general sobre medios de protección personal.

2. ° Adaptarse a los trabajadores que los utilicen, teniendo en cuenta sus circunstancias personales y las características de sus condiciones de trabajo.

3. ° Proporcionar la necesaria atenuación de la exposición al ruido.

Mediante el uso de los protectores deberá obtenerse una atenuación al ruido tal que el trabajador dotado de aquellos tenga una exposición efectiva de su oído al ruido equivalente al de otro trabajador que, desprovisto de protectores, estuviese expuesto a niveles inferiores a los indicados en el artículo 7.°, o, cuando resulte razonable y técnicamente posible, a los indicados en los artículos 6.° y 5.° En casos de excepcional dificultad

técnica la autoridad laboral podrá conceder exenciones al cumplimiento de lo dispuesto en el párrafo anterior: en tales casos, no obstante, deberán utilizarse protectores auditivos que proporcionen la mayor atenuación posible.

2. Para trabajadores que efectúen operaciones especiales, la autoridad laboral podrá conceder exenciones a la obligatoriedad de uso de los protectores auditivos, cuando tal uso pudiera conducir a una agravación del riesgo global para la salud y/o seguridad de los trabajadores afectados y no fuera razonablemente posible disminuir ese riesgo por otros medios.

Las exenciones contempladas en este apartado y en el anterior se concederán en todo caso por períodos limitados, se revisarán periódicamente y se revocarán en cuanto dejen de concurrir las circunstancias que motivaron aquellas. El empresario deberá tomar en cada caso, habida cuenta de las circunstancias particulares, medidas, como la reducción del tiempo de exposición al ruido, que sean adecuadas para reducir al mínimo los riesgos derivados de tales exenciones.

3. Si la utilización de los protectores auditivos llevase consigo un riesgo de accidente, éste deberá disminuirse mediante medidas apropiadas.

Art. 9. ° 1. Los empresarios deberán registrar y archivar los datos obtenidos en las evaluaciones de la exposición al ruido y en los controles médicos de

la función auditiva realizados en cumplimiento de lo dispuesto, respectivamente, en los artículos 3.º, 4.º, 5.º, 6.º y 7.º de esta norma.

2. En relación a la evaluación de las exposiciones, el registro comprenderá, como mínimo, la identificación de cada uno de los puestos de trabajo objeto de evaluación y los resultados obtenidos en cada uno de ellos, con indicación del instrumental empleado.

3. En relación al control médico de la función auditiva el registro comprenderá, como mínimo:

Nombre del trabajador.

Número de afiliación a la Seguridad Social.

Puesto de trabajo ocupado, resultado de los controles periódicos o adicionales efectuados en relación a los riesgos relacionados con la exposición al ruido, con indicación de si el trabajador emplea protección personal, y en caso afirmativo, tipo de aquella y el tiempo medio diario de su utilización, cambios de puesto de trabajo realizados por indicación médica, e incidencia patológica relacionada con la audición.

Los datos resultantes de las valoraciones del estado de salud de los trabajadores sólo se podrán utilizar como base orientativa para mejorar el ambiente de trabajo y con fines médico laborales, y siempre respetando su carácter confidencial.

4. El empresario está obligado a mantener los archivos a los que hace referencia este artículo durante al menos treinta años. Si un empresario cesara en su actividad, él que le suceda recibirá y conservará la documentación anterior. Al finalizar los períodos de conservación obligada de los registros, o en el caso de cese de la actividad sin sucesión, la Empresa lo notificará a la autoridad laboral competente con una antelación de tres meses, dándole traslado durante este período de toda esta documentación.

El empresario deberá facilitar el acceso a estos archivos a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, a los Organismos competentes de las Comunidades Autónomas, a los órganos internos competentes en seguridad e higiene y a los representantes de los trabajadores. No obstante lo anterior, cuando los datos relativos a la vigilancia de la salud de los trabajadores contengan información personal de carácter médico confidencial, el acceso a aquellos se limitará al personal médico que lleve a cabo la vigilancia de la salud de los trabajadores, salvo que se presenten de forma innominada.

Art. 10. A partir de la fecha de entrada en vigor de la presente norma los equipos de trabajo que se comercialicen deberán ir acompañados de una información suficiente sobre el ruido que producen cuando se utilizan en la forma y condiciones previstas por el fabricante. Dicha información deberá

permitir que el empresario que desee adquirir un determinado equipo pueda realizar una estimación de los niveles de ruido a que van a estar expuestos los trabajadores que lo utilicen, o que se sitúen en sus proximidades.

De no existir un anexo de especificación técnica de las previstas en la disposición adicional de esta norma referida al contenido de la información prevista en el párrafo anterior, la misma se referirá al puesto de trabajo del operador y deberá incluir, como mínimo:

1. ° El Nivel de Presión Acústica Continuo Equivalente Ponderado A, siempre que dicho nivel sea superior a 80 dBA.
2. ° El Nivel de Pico, siempre que supere 140 dB.

Los empresarios que adquieran un equipo de trabajo deberán requerir del fabricante, importador o suministrador del mismo la información prevista en este artículo

DISPOSICIONES ADICIONALES

Primera.- Las disposiciones de la presente norma podrán ser completadas mediante anexos que, sin introducir modificaciones en el texto reglamentario establezcan las condiciones o especificaciones técnicas para la más adecuada aplicación de las prescripciones en aquél contenidas,

teniendo en cuenta especialmente la evolución del progreso técnico y la adaptación al mismo en el cumplimiento de la norma.

Tales anexos serán aprobados por Orden a propuesta conjunta de los Ministros de Trabajo y Seguridad Social e Industria y Energía.

Segunda.- Las acciones u omisiones de los empresarios contrarias a lo dispuesto en este Real Decreto tienen la consideración de infracciones en materia de seguridad e higiene y salud laborales según lo dispuesto en los artículos 9, 10 y 11 de la Ley 8/1988, de 7 de abril, sobre infracciones y sanciones de orden social y son sancionables de acuerdo con lo dispuesto en dicha norma.

DISPOSICION DEROGATORIA

Quedan derogadas cuantas disposiciones se opongan a lo previsto en presente norma y específicamente en el artículo 31.9 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por Orden de 9 de marzo de 1971.

DISPOSICION TRANSITORIA

La evaluación inicial de los puestos de trabajo a los que se refiere el artículo 3°. 1, 1°, de esta norma deberá llevarse a cabo con anterioridad al 31 de marzo de 1990. Ello no obstante no será necesario efectuar mediciones en aquellos puestos de trabajo en los que el Nivel Diario Equivalente o el Nivel de Pico sean manifiestamente inferiores a 80 dBA y 140 dB, respectivamente.

DISPOSICION FINAL

La presente norma entrará en vigor el día 1 de enero de 1990.

BIBLIOGRAFÍA

Asensio París, I. *Torneado y fresado por control numérico.* Zaragoza: Universidad de Zaragoza; 1996.

Burghardt Henry D., Axelrod Aaron y Anderson James. *Manejo de las máquinas herramientas.* Madrid: Ediciones del Castillo; 1965.

Boothroyd Geoffrey y Knight Winston A. *Fundamentals of machining and machine tools.* New York: Marcel Dekker; 1989.

Coca Rebollero, P. y Rosique Jiménez, J. *Tecnología Mecánica y Metrotecnica.* Madrid: Pirámide; 1993

Equipo Técnico Edebé. *Tecnología mecánica 1.* Barcelona: Edebé, 1981.

Equipo Técnico Edebé. *Tecnología mecánica 2.* Barcelona: Edebé, 1977.

Equipo Técnico Edebé. *Tecnología mecánica 3.* Barcelona: Edebé, 1978.

Equipo Técnico Edebé. *Tecnología mecánica 4.* Barcelona: Edebé, 1979.

Farago Francis T. y Curtis Mark A. *Handbook of dimensional measurement.* New York: Industrial Press; 1994.

García Bercedo R., Irastorza Hernando I. y Larrieta Fernández I. *Procesos mecánicos.* Bilbao: Universidad del País Vasco; 2003.

García Bercedo R., Irastorza Hernando I. y Larrieta Fernández I. *Tecnología y procesos mecánicos.* Leioa: Universidad del País Vasco; 2003

GE Fanuc Automation. *Manual del operador series 0-TC/0-Mate TC.* Luxembourg: GE Fanuc Automation; 1993.

Gerling, H. *Alrededor de las máquinas herramientas.* Barcelona: Reverté; 1992.

González Nuñez, J. *El control numérico y la programación manual de las MHCN.* Bilbao: Urmo; 1986.

Gorczyca Fryderyck E. *Application of metal cutting theory.* New York: Industrial Press; 1987.

- Intartaglia, R. Y Lecoq, P.** *Guía del control numérico de máquina herramienta*. Madrid: Paraninfo; 1989.
- Kibbe, Neely, Meyer y White.** *Manual de máquinas herramientas*. México: Limusa; 1994.
- Larrieta Fernández, I.** *Apuntes de 3^{er} Curso de Máquinas Navales*
- Lasheras, J.M.** *Tecnología Mecánica y Metrotecnica*. San Sebastián: Donostiarra; 1997.
- Mateo Floría, Pedro.** *La prevención del ruido en la empresa*. Madrid: Fundación Confemetal; 1999.
- Peláez Bara, J.** *La fresadora*. Barcelona: Ediciones Cedel; 1991
- Real Decreto 486/1997**, de 14 de abril: *Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*.
- Real Decreto 1403/1986**, de 9 de mayo: *Señalización de Seguridad en los Centros y Locales de Trabajo*.
- Real Decreto 1316/1989**, de 27 de octubre: *Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo*.
- Rodríguez de Abajo F. y Galarraga Astibia R.** *Normalización del dibujo industrial*. San Sebastián: Donostiarra, S.A.; 1998
- Rossi, M.** *Máquinas herramientas modernas*. Barcelona: Científico Médica; 1967.
- Sagarra R.M. y González Pino E.** *Manual de procedimientos de seguridad para operaciones del trabajo a bordo*. Madrid: I.S.M.; 1984.
- Sagarra R.M. y González Pino E.** *Técnicas de prevención en seguridad e higiene del trabajo a bordo*. Madrid: I.S.M.; 1990.
- Sandvik Coromant.** *Herramientas para torneear*. Sandviken: Sandvik Coromant; 1998.
- Trent Edward M. y Wright Paul K.** *Metal cutting*. Boston: Butterworth-Heinemann; 2000.

Vergnas, J. *Máquinas herramientas con control numérico*. Bilbao: Urmo; 1989.