

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

Seminario de Ingeniería Mecánica



**LOS ABRASIVOS EN LA FABRICACION
Y MANTENIMIENTO DE HERRAMIENTAS**

T E S I S
Que Para Obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista
P r e s e n t a n:

Raul Espinosa González
Alejandro Song Flores
Leoncio Rojas Sánchez
Leopoldo Hernández Zenteno
Alejandro Mejía Díaz

Director de Tesis: Ing. Ulrich Scharer S.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objeto fundamental el de proporcionar a los lectores un amplio panorama de lo que son los abrasivos y el papel importante que desempeña en la fabricación y mantenimiento de herramientas.

Encontrará en él dos partes: la primera le proporciona información básica sobre los abrasivos en general y la segunda le ofrece una amplia gama de recomendaciones que le facilitarán la selección y aplicación adecuada de las ruedas y productos abrasivos.

En la moderna industria, el abrasivo es considerado tan imprescindible que sin él no podría lograrse el grado de precisión exigido en las modernas máquinas actuales.

La producción de grandes series y la intercambiabilidad de piezas que exige un rectificado económico, con unas medidas y tolerancias en las formas cada vez más estrechas y elevadas exigencias en el acabado superficial ha sido posible gracias a los abrasivos; pero nos encontramos con que, aún reconociendo su gran importancia, todavía la técnica y uso en el mantenimiento de herramientas no ha sido divulgado con todos los aspectos prácticos que debiera, siendo poco conocida por muchas personas que vienen empleándolos normalmente por lo que este desconocimiento hace que no se apliquen con la extensión posible y que no sean aprovechadas todas sus enormes posibilidades.

INDICE

Página

Introducción

1.- ABRASIVOS

1.1	Tipos de Abrasivos	1
1.2	Dureza	7
1.3	Obtención de los Abrasivos	11
1.4	Empleo de los Abrasivos	16
1.5	Abrasivos Aglomerados	18
1.6	Lijas	36
1.7	Recepción y Almacenamiento	62

2.- MECANIZADO CON LOS ABRASIVOS

2.1	Trabajo del grano abrasivo	69
2.2	Arco de Contacto y Velocidades Periféricas	74
2.3	Elección de los Abrasivos Aglomerados	82
2.4	Elección de Lijas	91

3.- TRABAJO CON LOS ABRASIVOS AGLOMERADOS Y APLICADOS

3.1	Máquinas de Desbastar	99
3.2	Máquinas Tronzadoras	109
3.3	Rectificado	116
3.4	Afilado de Herramientas	176
3.5	Trabajos con Bandas Sin Fin	250
3.6	Trabajos con Discos Abrasivos	257
3.7	Trabajos con Cepillos	262

4.- ACABADO SUPERFICIAL

4.1	Concepto	267
4.2	Aparatos y Unidades de Medida	274
4.3	Condiciones para Lograr una Determinada Rugosidad	296
4.4	Tipo y Forma de Abrasivo para Conseguir un Grado de Acabado	299

5.- ACABADOS ESPECIALES

5.1	Concepto de Pulido	308
5.2	Trabajos con Bombos	319
5.3	Chorroado con Abrasivos	328
5.4	Lapeado	336
5.5	Honeado	349
5.6	Microhoneado	364

ANEXOS	384
--------	-----

BIBLIOGRAFIA	
--------------	--

1.1 TIPOS DE ABRASIVOS

El hombre primitivo los utilizó para mejorar sus herramientas y en la actualidad se emplean para lograr el grado de precisión exigido por la producción de grandes series e intercambiabilidad de piezas. Esto deja ver el grado de importancia que desde su descubrimiento han tenido y tienen los abrasivos en la historia del hombre.

Lo anterior denota la gran dependencia que se tiene de los abrasivos, pero ¿qué son los abrasivos?

Los abrasivos son cuerpos de estructura cristalina y elevada dureza que son capaces de producir un desgaste o corte por acción mecánica sobre materiales menos duros que ellos. Es obvia la infinidad de productos de variada naturaleza que pueden agruparse bajo esta denominación, pues siempre habrá uno de menor dureza que otro y por tanto a ser desgastado por aquel, sin embargo en la práctica se emplea un número limitado de materiales que por sus propiedades especiales se han dedicado a este trabajo.

Los abrasivos que se emplean actualmente en la industria se dividen generalmente en:

Abrasivos Naturales y Abrasivos Artificiales

1.1.1. ABRASIVOS NATURALES

Como su nombre lo indica, son los que se encuentran en la naturaleza y son resultado de las transformaciones a que se ha visto sujeto el planeta a través del tiempo. De este tipo de abrasivos podemos citar los siguientes:

CORINDON NATURAL.- Es óxido de aluminio cristalizado (Al_2O_3), de alta pureza llegando hasta un 94% de concentración, lo que le confiere una dureza de 9 en la escala de Mohs. Este abrasivo se pulveriza por medio de trituradoras de mandíbulas y rodillos. De la producción total de este abrasivo en los Estados Unidos, aproximadamente las dos terceras se destinan para la fabricación de lentes ópticos y el remanente (de mayor tamaño), a los fabricantes de ruedas abrasivas para la industria metalúrgica. Tiene un costo de producción relativamente alto.

CUARZO.- Es uno de los minerales más comunes; es una forma cristalizada de sílice. Tiene una dureza de 7 en la escala y se rompe con fractura concoidea (forma de concha) lo que permite rayar más profusamente. Durante muchos años el cuarzo fue el abrasivo más utilizado pues era el elemento básico del conocido papel de lija, es poco adecuado para trabajos que requieran de cierta precisión, se emplea también en polvos y jabones de limpieza.

ARENA Y ARENISCA.- Se han explotado algunas canteras de arenisca, como la novaculita, para hacer piedras de amolar, muchas para hacer pas

ta de madera, etc. La arena se usa para limpiar objetos lanzándola en chorro con aire comprimido. Para esta última operación se prefieren los granos redondos.

DIAMANTE.- Este abrasivo es el más duro de todos los materiales en cuanto a poder de rayar (tiene una dureza de 10 en la escala de Mohs), se usa en la industria desde hace muchos años en puntas de taladros, para perforar rocas, en hileras para el estirado de alambre, como abrasivo para pulir piedras preciosas y recientemente para cortar, rectificar y reparar (renovar la superficie) ruedas de esmerilar y para el afinado. Por algún tiempo se hicieron ruedas abrasivas con el Bort (fragmentos menudos variados), pero se desistió de esta manufactura en vista de su alto costo, hasta que la industria de los carburos cementados hizo costeables las muelas e instrumentos de diamante para labrar y afilar las herramientas de carburo cementado. Esta aplicación, que se intensificó durante la Segunda Guerra Mundial, trajo consigo una demanda de inesperada magnitud. También han crecido el número y variedad de artículos que necesita la industria. Por razones de economía, las muelas de diamante se fabrican con una zona interior o núcleo de aglutinante sin arenilla, y la superficie abrasiva tiene sólo una fracción de pulgada de espesor; se pueden comparar con la sección de una naranja grande, en la que la piel representa la capa abrasiva.

ESMERIL.- Es una mezcla de color obscuro de Corindón y Magnetita (Oxido de Hierro Fe_3O_4). Su nombre proviene del Cabo Emeri, de la Isla de Naxos (Mar Egeo), de donde durante varios siglos se ha extraído el esmeril de mejor calidad, aunque no en gran cantidad. En él se reúnen las propiedades deseables de gran dureza para rayar, tenacidad suficiente y desintegración gradual de los cristales bajo presión, lo que contribuyó en mucho a su demanda hasta que empezaron a adquirir importancia los abrasivos manufacturados. Su dureza varía según su composición, pero podemos situarla alrededor de 8 en la escala de Mohs.

GRANATE.- El Granate es una mezcla de diversos silicatos alcalinotérreos; su variedad más pura se emplea en joyería, pero los pequeños fragmentos y los tipos más impuros se utilizan como abrasivos, sobre todo para el trabajo de la madera, puesto que tienen mayor resistencia y es más fiable que el cuarzo. Su dureza se sitúa entre 7 y 7.5 en la escala de Mohs.

PIEDRA POMEZ.- Es lava solidificada en bloques porosos, de color gris pálido. Se compone principalmente de silicatos de aluminio, potasio y sodio. Es liviana y flota en el agua. Se usa generalmente sin mucha elaboración. La piedra pomez en trozos sirve para limpiar y pulir la piedra en litografía, preparar superficies metálicas en galvanoplastia y pulir el acabado de superficies diversas (por ejem. de materiales plásticos). Se emplea como artículo de tocador para suavizar la piel. En polvo fino y en papel se usaba antes para ali-

sar sombreros de fieltro, pero actualmente se utilizan para este fin los abrasivos manufacturados. La Pumicita es una ceniza volcánica, - procedente de volcanes hoy apagados, de las montañas rocosas. Se usa mucho como artículo de limpieza doméstica y entra en diversos preparados para limpiar.

ABRASIVOS DIVERSOS.- Muchos abrasivos que se emplean para pulir o re-finar son óxidos de metales. El Colcotar (en francés, ROUGE) llamado también Rojo Inglés o Rojo de Inglaterra, consta principalmente de -- Oxido Férrico (Fe_2O_3) y es muy usual para pulir cristales de lunas, - materiales plásticos, y metales sobre todo los más valiosos. El Colcotar ordinario es rojo, y originalmente fue un subproducto de la fa bricación del Acido Sulfúrico.

El Colcotar Negro es el mineral negro llamado Magnetita (Fe_3O_4). El Colcotar verde es el Oxido Crómico (Cr_2O_3), notable por el lustre -- tan brillante que da al platino y a los aceros inoxidable. El Azafrán de Marte es un óxido de hierro (Fe_2O_3) de color rojo oscuro, - parecido al Colcotar. Por mucho tiempo fue de uso general para pu-- lir hierro y acero, especialmente en cuchillería. Se ha usado el vi drio como sustituto del pedernal. El Polvo de Masilla consta de 85% o más, de óxido de Estaño y 15% de óxido de Plomo, que le da cuerpo. Polvos pulidores verdaderamente abrasivos son: la Sílice blanda o Sílice, que es un mineral microcristalino, y la Cal o Cal de Viena,

que originalmente se importaba de Viena (Austria), pero hoy se obtiene en Wisconsin. Es el producto de calcinar una Dolomita rica en Magnesita. Da al Niquel un magnífico acabado de un azulado peculiar. Sirve también para pulir Bronce, Cobre, Latón, Celuloide y materiales -- plásticos.

1.1.2 ABRASIVOS ARTIFICIALES

Son los producidos por reacción química, provocada en la industria, y podemos mencionar a los siguientes:

CARBURO DE SILICIO.- Se forma este compuesto cuando se calientan Arena y Coque con Aserrín en un proceso electrotérmico: $\text{SiO}_2 + 3\text{C} \rightarrow 2\text{CO}$. Se logró cuando se estaban realizando ensayos para la obtención de -- diamantes artificiales con ayuda de un horno eléctrico. Hay dos variedades de Carburo de Silicio: El Ordinario de color gris o negro y el verde. La variedad verde es traslúcida y la más pura; ambas son -- más duras y fuertes que el Corindón, estos abrasivos tienen una dureza de 9.2 en la escala de Mohs y tiene además la particularidad de -- que presenta aristas agudas que permiten trabajar materiales duros pero de baja resistencia a la tensión como Piedra, Vidrio, etc.

CARBURO DE BORO.- Es este el material más duro que hasta hoy se ha -- producido. Se obtiene por reducción del Anhídrido Bórico; alcanza -- una dureza de 9.4 en la escala de Mohs, pero es poco utilizado en la

práctica por la dificultad que se tiene para aglomerarlo.

OXIDO DE ALUMINIO.- Este abrasivo fue descubierto a raíz de las investigaciones para la obtención del Rubí Sintético. La dureza es de 9 - en la escala de Mohs.

DIAMANTE.- El Diamante Artificial fue desarrollado a principios de -- 1955. Tiene una dureza de 9.1 en la escala de Mohs y en muchos casos puede competir perfectamente con los diamantes naturales, desde el -- punto de vista abrasivo.

En la tabla siguiente se relacionan los principales abrasivos y sus -- características.

1.2 DUREZA

Se ha dicho que una de las características básicas de todo abrasivo -- es su dureza y que todo material que raya a otros siempre que sea más duro que ellos; a lo que tenemos que añadir que efectuará mejor su -- función cuando además de ser más duro tenga también una forma y estructura adecuadas.

1.2.1 MEDICION DE LA DUREZA

Para disponer de una escala de la dureza de las sustancias abrasivas según la capacidad de un mineral duro para rayar a otro menos duro, -- el Mineralogista Mohs ordenó un grupo de diez minerales del 1 al 10, cada uno de los cuales raya a los anteriores. La escala de Mohs es --

la siguiente: 1 Talco, 2 Yeso, 3 Calcita, 4 Fluorita, 5 Apatita, -- 6 Vidrio, 7 Cuarzo, 8 Topacio, 9 Corindon, 10 Diamante, por tanto -- cuanto más alto el número en la escala, más duro es el material. La escala de Mohs establece una ordenación de durezas, pero no indica -- cuántas veces es más duro un material con relación a otro.

Para determinar el valor absoluto de la dureza de un material abrasivo cualquiera, se utilizará la escala Knoop, de concepción más moderna y que parte del esfuerzo de rayado que ejerce el diamante sobre -- cada material. En la Tabla No. 1.1 puede verse la comparación entre las escalas de Mohs y Knoop para los materiales tipo utilizados por Mohs.

Materiales	Escala Mohs	Escala Knoop
TALCO	1	12,5
YESO	2	61
CALCITA	3	141
FLUORITA	4	181
APATITA	5	483
VIDRIO	6	621
CUARZO	7	788
TOPACIO	8	1.190
CORINDON	9	2.200
DIAMANTE	10	8.200

TABLA 1.1 Comparación entre las tablas de durezas Mohs y Knoop.

En el año 1950, Yamensew, basándose en la escala de Mohs, determinó

valores intermedios para los diversos abrasivos y efectuó una agrupación de los abrasivos a base de una prueba de amolado, creando una escala dinámica que lleva su nombre.

Ampliando la medición de la dureza, no sólo a los materiales abrasivos, sino a cualquier tipo de material, podemos agrupar los diversos métodos empleados en tres grupos:

- a) Métodos de Rayado
- b) Métodos de Penetración
- c) Métodos de Rebote

El método de Rayado se basa en la resistencia que opone un material a ser rayado por otro y es el que más se ajusta al concepto de dureza. El sistema de la escala de Mohs y sus variantes Knoop y - - - Kamensew utilizan este concepto. Dentro de este grupo existe también el denominado procedimiento de Mateu, el cual consiste en medir la anchura de la raya que produce una punta de diamante con una carga constante y determinada.

Los métodos de medición de dureza por penetración son de mayor utilización en la práctica y son los conocidos métodos de Brinell, - - Rockwell y Vickers. En síntesis, los métodos de penetración consisten en producir una huella en el material a ensayar, aplicando un -

penetrador a una determinada presión, hallándose el índice de dureza en función de la presión ejercida y la profundidad o diámetro de la huella dejada por dicho penetrador.

En el Método Brinell se emplea una bola de acero templado de diámetro determinado, como penetrador y se mide el diámetro de la huella que ha quedado en el material. El Método de Rockwell utiliza un -- diamante en forma de cono y se mide la profundidad de la huella dejada en el material.

El Método Vickers es similar al Brinell en la forma de medir, ya que también se toma la dimensión de la huella dejada por el penetrador, el cual es una punta de pirámide en lugar de bola. Para designar el método de medición empleado, se utilizan letras junto a los valores numéricos que da el cuadrante del Durómetro o máquina usada para la medición. Así las siglas indicativas del Sistema Brinell son HB, y la indicación 220 HB significa que equivale al valor 220 medido por el Método Brinell. En el Sistema Rockwell las siglas representativas son HR, si bien hay que hacer la salvedad que en este método hay varias escalas, siendo la llamada "C" la más empleada en la práctica. En el Sistema Vickers se utilizan las siglas HV seguidas de una cifra que en este caso indican respectivamente la carga o peso y el tiempo de aplicación.

En la medición de la dureza por rebote se utiliza el denominado Método Shore, que determina la dureza de un material en función de la altura que alcanza al rebote un cuerpo de masa conocida dejándolo caer desde una altura fija sobre la superficie del material a ensayar.

En la medición por el Método Shore se emplean dos escalas (A y D) en función de la dureza del material a medir; así para las materias - - blandas, caucho sobre todo, se usa la escala A y para materiales duros la escala D. La figura No. 1.1 da una idea comparativa de ambas escalas.

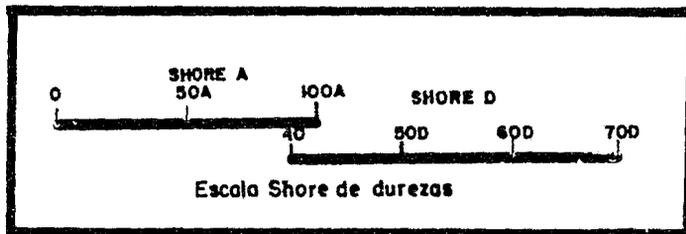


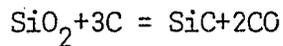
FIG. 1.1

1.3 OBTENCIÓN DE LOS ABRASIVOS

Los abrasivos naturales se obtienen evidentemente de los cimientos - existentes en la tierra, no así los artificiales, que son como ya se indicó antes el producto de reacciones químicas de diversos materiales. Los métodos de la obtención industrial de los abrasivos arti--

ficiales son los siguientes:

CARBURO DE SILICIO.- La producción industrial del Carburo de Silicio se lleva a cabo en hornos eléctricos de resistencia. La carga básica de tales hornos consiste en Sílice (Arena Blanca) y Coque de Petróleo en porcentajes de 60 y 40% respectivamente. Se agregan además otros productos para activar la circulación de vapores reactivos y también para extraer las impurezas que pudieran contener los productos básicos. Una vez cargado el horno se conecta la corriente y al mismo tiempo se programa la temperatura y ciclo de cada fase. La temperatura oscila entre 1900 y 2400°C y la duración total del ciclo es de 36 a 40 horas. Durante la fusión los componentes básicos reaccionan según la fórmula:



Una vez concluido el ciclo, se desconecta la corriente, se deja enfriar el horno y se abren sus paredes, se abren para poder sacar el producto que consiste en unos bloques de Carburo de Silicio Cristalino, que posteriormente serán troceados y clasificados por tamaños. - El color del Carburo de Silicio es variable desde un verde claro a un negro, en función del grado de impurezas que contenga.

OXIDO DE ALUMINIO.- La fabricación industrial del Oxido de Aluminio

a partir de la Bauxita fue conseguida a principios de este siglo y - con ello se logró alcanzar el grado de dureza necesaria. Al revés - que el Carburo de Silicio, la dureza del Oxido de Aluminio puede ser alterada según las necesidades especificadas a que esté destinado.

Para fabricar el Oxido de Aluminio se emplea actualmente Bauxita de alta calidad, calcinada y mezclada con pequeños porcentajes de Coque y Hierro. Estos materiales se colocan dentro de un Horno Eléctrico de Arco (Tipo Higgins), debidamente refrigerado por agua y puesto a temperaturas del orden de 1500 y 1700°C. El tiempo de fusión es de 16 horas, mientras que el enfriamiento puede ser de un día o una semana. Al igual que el Carburo de Silicio, el Oxido de Aluminio debe ser troceado y convertido en granos.

Durante el proceso de obtención del Oxido de Aluminio pueden introducirse cambios que nos permitirán obtener distintas calidades de este tipo de abrasivo. El Oxido de Aluminio más puro es el de color blanco, que contiene del orden de 99% de Al_2O_3 es muy friable y tiene -- cierta porosidad. Hay un procedimiento que permite absorber las posibles impurezas de la fusión y que consiste en introducir una fase intermedia en el ciclo, antes que la masa se solidifique, lo que da como resultado un Corindon Monocristal que, aparte de ofrecer muchas aristas vivas, presenta una gran tenacidad o resistencia a la fractura.

El Corindón u Oxido de Aluminio Normal es muy regular y tenaz, la -- cantidad de Al_2O_3 es de 80 a 95%. Su coloración varía también en -- función de las impurezas que contenga y va del gris al marrón oscuro o al rosa. Este tipo de Corindones se emplean básicamente para la - fabricación de abrasivos aplicados y aglomerados.

En el Oxido de Aluminio Blanco puede variarse su comportamiento añadiendo Cromo u otros materiales, con lo que se obtendrán los Corindones rubí y rosa. Algunos tipos más modernos incorporan Circonio en porcentajes que oscilan entre 10 y 45% también se fabrican abrasivos sintetizados, que se consiguen comprimiendo Bauxita en polvo y calciándola en elevada temperatura, lo cual da como resultado Corindones de tipo granular alargado, que tiene gran aceptación para el desbaste de metales.

1.3.1 CLASIFICACION DE LOS GRANOS POR SUS MEDIDAS (GRANULOMETRIA)

La reducción del tamaño de los abrasivos es necesaria, puesto que no es posible aplicarlos en las dimensiones en que son obtenidos del -- horno eléctrico o de los yacimientos naturales.

Una reducción primera no basta, se hace por medio de trituradores de mandíbula, acto seguido para obtener una cierta finura deseada, es -- pasado el abrasivo a través de un molino de rodillos. En este punto es requerida la aplicación de un sistema de clasificación de tamaño

de grano. Para tal efecto en la actualidad son aplicados dos sistemas en la industria:

- a) Tamizado
- b) Sistema de Decantación

TAMIZADO.- Este procedimiento es empleado para la clasificación de los granos más bastos. Aquí el tamaño de grano viene indicado por el número de mallas por pulgada lineal que tiene el tamíz empleado para la clasificación. Así un tamíz que tenga 12 mallas por pulgada será el de un grano del número 12, mientras que uno que tenga 24 mallas por pulgada lineal, será indicado por el número 24, es decir, cuanto más grande el número de grano, tanto más pequeño será el tamaño. El método de Tamices es el empleado para clasificar granos comprendidos entre los números 8 al 240.

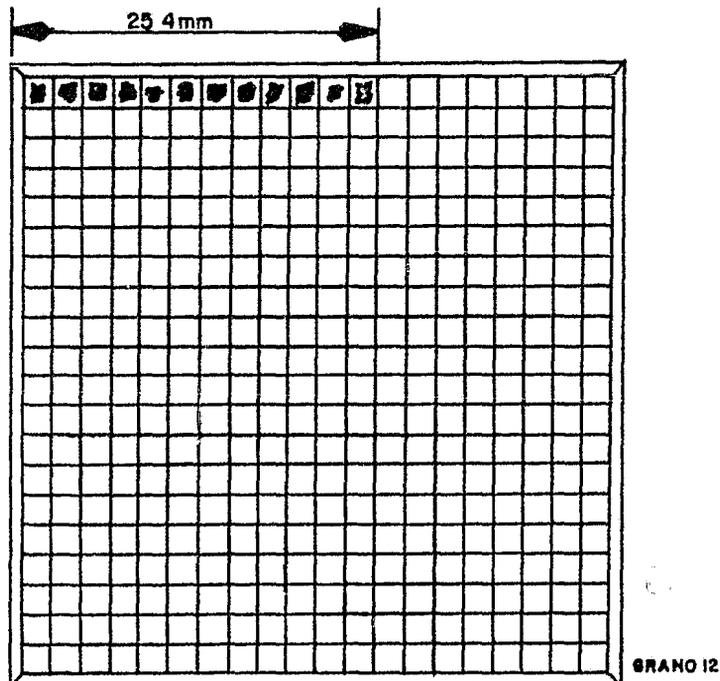


FIG. 1.2 Medición del tamaño de grano

SISTEMA DE DECANTACION.- Aquí la clasificación de los granos abrasivos se realiza por medio de un recipiente que contiene un líquido con granos en suspensión y que al aplicársele una cierta velocidad de giro, los granos de determinada dimensión se depositarán en el fondo. Este método se aplica para clasificar granos que van del número 240 en adelante.

La Tabla 1.2 muestra la equivalencia entre el número de malla y sus dimensiones en mm.

1.4 EMPLEO DE LOS ABRASIVOS

El grano abrasivo se emplea en todo tipo de industria, habiéndose convertido en herramienta imprescindible, llegando al extremo que la falta de abrasivo ocasionaría el paro de la industria mundial. Ahora bien el grano abrasivo puede emplearse en tres formas distintas:

- a) Como ABRASIVOS AGLOMERADOS, es decir formando cuerpos compactos de abrasivos, que se mantienen unidos entre sí por medio de aglomerantes.
- b) Como ABRASIVOS APLICADOS, en los cuales los granos abrasivos se colocan sobre soportes flexibles a los que permanecen unidos por medio de colas o ligantes de distintos tipos. Los soportes

No. estandar	No. malla tamiz	Dimensiones en mm.	Minutado
—	4	5,100-4,000	—
—	5	4,000-3,500	—
—	6	3,500-2,800	—
8	8	2,800-2,400	—
10	10	2,400-2,000	—
12	12	2,000-1,700	—
14	14	1,700-1,400	—
16	16	1,400-1,200	—
20	20	1,200-0,900	—
24	24	0,900-0,700	—
30	30	0,700-0,600	—
36	36	0,600-0,500	—
40	40	0,500-0,420	—
46	46	0,420-0,350	—
50	50	0,350-0,300	—
60	60	0,300-0,250	—
70	70	0,250-0,210	—
80	80	0,210-0,180	—
90	90	0,180-0,150	—
100	100	0,150-0,130	00
120	120	0,130-0,110	0
150	150	0,110-0,090	1
180	180	0,090-0,070	3
200	200	0,070-0,060	3
220	220	0,060-0,050	5
240	240	0,050-0,045	5
—	280	0,045-0,037	7
—	320	0,037-0,031	7
—	400	0,031-0,027	10
—	500	0,027-0,022	15
—	600	0,022-0,018	20
—	700	0,018-0,015	30
—	800	0,015-0,011	60
—	1000	0,011-0,008	120

TABLA 1.2 Equivalencia entre distintas granulometrías

pueden ser de diferentes materiales, tales como papeles, telas, fibras, etc. y con dichos productos recubiertos se confeccionan artículos de varias formas, como bandas sin fin, manguitos, discos, etc.

c) Como ABRASIVOS EN GRANO O LIBRES es decir tal como se hallan -- una vez clasificados por tamaños.

1.5 ABRASIVOS AGLOMERADOS

La fabricación de los abrasivos aglomerados está regida por cinco - factores que son:

- 1.- Abrasivo
- 2.- Grano
- 3.- Dureza
- 4.- Estructura
- 5.- Aglomerante

Si se piensa que en la práctica se utilizan entre 10 y 12 tipos de - abrasivos, una gran variedad de tamaños de grano dependiendo del tipo de trabajo a desarrollar, una gama de durezas de unos 20 valores, aproximadamente 10 estructuras y 5 ó 6 tipos de aglomerante, se ve - que la cantidad de combinaciones para obtener distintas características es inmensa; de ahí la conveniencia de tener claros los conceptos

de cada componente para poder definir unas determinadas características deseadas.

Se ha visto anteriormente los diversos tipos de abrasivos, la forma de su obtención en la naturaleza y en la industria. Se vio también la formación de los granos, su clasificación y la importancia de su tamaño en relación al tipo de superficie que se desea obtener.

Queda por lo tanto aclarar tres de los cinco factores. Se tratará primeramente lo relacionado a los aglomerantes, puesto que la dureza y la estructura dependen de la manera como se combinen y presen los aglomerantes con los granos abrasivos. Los aglomerantes se pueden dividir en tres grupos:

Inorgánicos

Orgánicos

Metálicos

1.5.1 ASLOMERANTES INORGANICOS

Entre los inorgánicos, se pueden citar los Vitrificados, los Silicatos y la Magnesita.

VITRIFICADOS.- Son de naturaleza similar al vidrio y están constituidos por Arcillas y Feldespato en proporciones variables; si dichos componentes tuvieran impurezas, pueden ser causa de que aparezcan --

manchas en las muelas una vez recocidas. La ventaja de este tipo de aglomerante es que se puede trabajar con él, bajo la acción de cualquier clase de refrigerante o lubricante conocido. La velocidad de trabajo oscila normalmente entre 23 y 33 M/S, según la dureza y forma de la muela, si bien existen aglomerantes vitrificados que permiten trabajar a velocidades doble de las indicadas.

SILICATOS.- Estos aglomerantes, a base de Silicato de Sodio, presentan la particularidad de trabajar con poco calentamiento, por cuyo motivo son ideales para el mecanizado de superficies planas o en trabajos con grandes áreas de contacto. No obstante, el campo de aplicación de las muelas fabricadas con este aglomerante es muy reducido, pues han sido desplazadas por el Cerámico o Vitrificado, puesto que los Silicatos son atacados por los líquidos de refrigeración. Las velocidades de trabajo son similares a las que se emplean con muelas cerámicas.

MAGNESITA.- Este aglomerante es un cemento y como tal fragua en frío, lo cual permite la fabricación de muelas de grandes dimensiones. Está formado por una mezcla de magnesita calcinada y una solución de cloruro de magnesio. Hay muelas fabricadas con este aglomerante destinadas a trabajar a menores velocidades (aproximadamente la mitad) de aquellas a que trabajan las muelas cerámicas.

1.5.2 AGLOMERANTES ORGANICOS

De los Aglomerantes Orgánicos más utilizados mencionaremos las Resinas, la Laca y el Caucho.

RESINAS.- Formadas básicamente con formol y fenol, una vez polimerizados se convierten en aglomerantes de elevada resistencia y cierta elasticidad, lo cual les permite trabajar a velocidades del orden de 50 a 60 M/S en muelas comunes y llegar a 80 y 100 M/S para muelas armadas o reforzadas con telas o tejidos de vidrio. Presentan el inconveniente de ser atacadas por soluciones alcalinas.

LACA.- Es un producto natural constituido por excrementos de un insecto que se encuentra en la India y en las Islas Sonda; es polvoriento y debe trabajarse en caliente; su principal uso se centra en muelas de superacabado y también en muelas de tranzar extradelgadas o para el afilado de pequeñas fresas de precisión.

CAUCHO.- Constituido por Latex Vulcanizado, se emplea en muelas que requieren mayor elasticidad que las de resina, lo cual lo hace ideal para emplearlo como aglomerante de muelas de arrastre "Centerless" y para rectificadores de acabado muy fino. No son atacadas por las soluciones alcalinas, pero sí por aceites de corte. Las velocidades de trabajo son iguales que las empleadas para muelas de aglomerante resina.

1.5.3 AGLUTINANTES METÁLICOS

Estos fueron consecuencia de la creciente demanda de discos de superficie de diamante, que se usan principalmente para esmerilar herramientas de carburo cementado, puesto que su gran solidez tan sólo permite un pequeño desgaste en la muela.

1.5.4 DUPEZA DE LOS ABRASIVOS AGLOMERADOS

La dureza designa en realidad la fuerza de retención o anclaje de los granos a la masa aglomerada; depende, pues, como se ha dicho antes, de la cantidad y la calidad del aglomerante que hace de enlace entre un determinado grano y los contiguos al mismo. Cuanto más fuertemente esté anclado un grano abrasivo, tanto más difícil será arrancarlo del conjunto de que forma parte y por lo tanto la muela o abrasivo aglomerado se comportará con más fortaleza. No hay que confundir esta propiedad de "retención de grano" con la dureza específica del abrasivo, la cual, como ya se ha indicado, puede medirse en varias escalas, puesto que si bien la dureza del abrasivo en sí indica la amplitud que tiene éste para rayar un determinado material, la dureza o grado de la muela indica más bien el aguante o resistencia que tiene el soporte de dicho grano.

Los sistemas empleados para medir esta dureza o grado son varios, el

del desarmador, consiste en efectuar una huella sobre el cuerpo abrasivo por medio de tal herramienta, operación que naturalmente deberá llevar a cabo una persona altamente especializada en esta práctica y en el cual se trata de comparar la dureza del cuerpo abrasivo con otro cuerpo de dureza conocida que se utiliza como patrón. Desde luego este sistema, aunque muy subjetivo, permite apreciar en general, los valores prácticos. Como se ha dicho, la dureza de una muela viene determinada por la resistencia que presentan los granos abrasivos a ser arrancados del aglomerante, y no hay que confundirla con la dureza de la muela en el trabajo, si bien influye notablemente en su comportamiento en éste. Por tanto, cualquier método de medición de dureza deberá considerar las siguientes particularidades:

- 1.- El valor medido debe tener total independencia de la estructura, tipo de abrasivo, tamaño del grano y aglomerante.
- 2.- Valoración subjetiva y objetiva de todos los factores que pueden afectar dicha medición.
- 3.- Posibilidad de reproducir el valor medido.
- 4.- Exactitud en el método empleado.
- 5.- Método de medición rentable tanto en coste como en tiempo de prueba.
- 6.- Eliminación de posibles irregularidades del cuerpo abrasivo.

Entre los distintos fabricantes de abrasivos, se emplean cerca de 40 sistemas distintos de medición de durezas de muelas, los cuales se basan en: Métodos de Medición por Chorro de Arena y posterior medición de la huella dejada por ésta, Método de Golpeo por Herramienta Dura, Método de Choque, Métodos de Perforación, Métodos por Frecuencias o Ultrasonidos, etc.

La Figura 1.3 muestra esquemáticamente algunos de los sistemas de medición empleados.

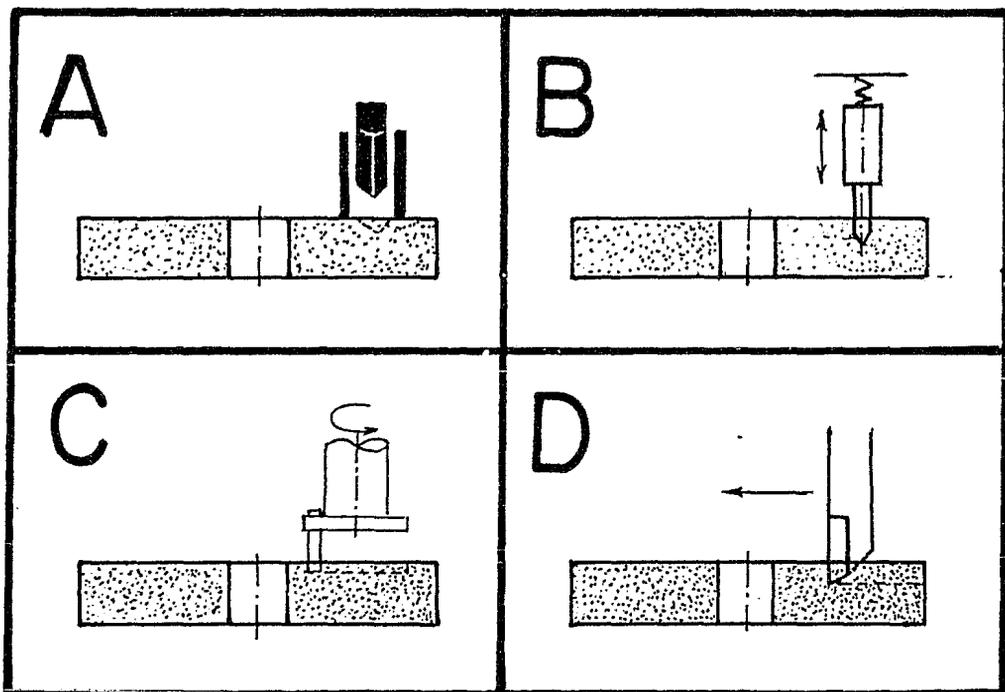


FIG. 1.3 Sistemas de medición de durezas

A. Por chorro de arena

C. Por taladrado

B. Por penetración

D. Por ranurado

1.5.5 ESTRUCTURA DE LOS ABRASIVOS AGLOMERADOS

Cualquier cuerpo abrasivo aglomerado constituye un volumen que comprende:

$$V_t = V_g + V_a = V_p$$

donde, V_t = Volumen Total

V_g = Volumen del grano abrasivo

V_a = Volumen del aglomerante

V_p = Volumen de poros o aire

Combinando estos volúmenes se consiguen muelas de mayor o menor estructura o dureza.

Así podemos entonces definir la estructura como la relación existente entre los granos abrasivos y el volumen del cuerpo abrasivo. La cantidad de granos puede variarse manteniendo el volumen total de forma que podemos obtener estructuras más o menos abiertas.

A través de las variaciones en las estructuras, una gran gama de resultados pueden ser obtenidos, se pueden proveer espacios adecuados para que las partículas de metal que son desprendidas por los granos abrasivos, no queden adheridas a la muela. También pueden ser controlados por medio de esta particularidad, profundidades de corte variables así como también diferentes tipos de terminado.

La Figura 1.4 muestra los tipos de estructura que existen en los Abrasivos Aglomerados:

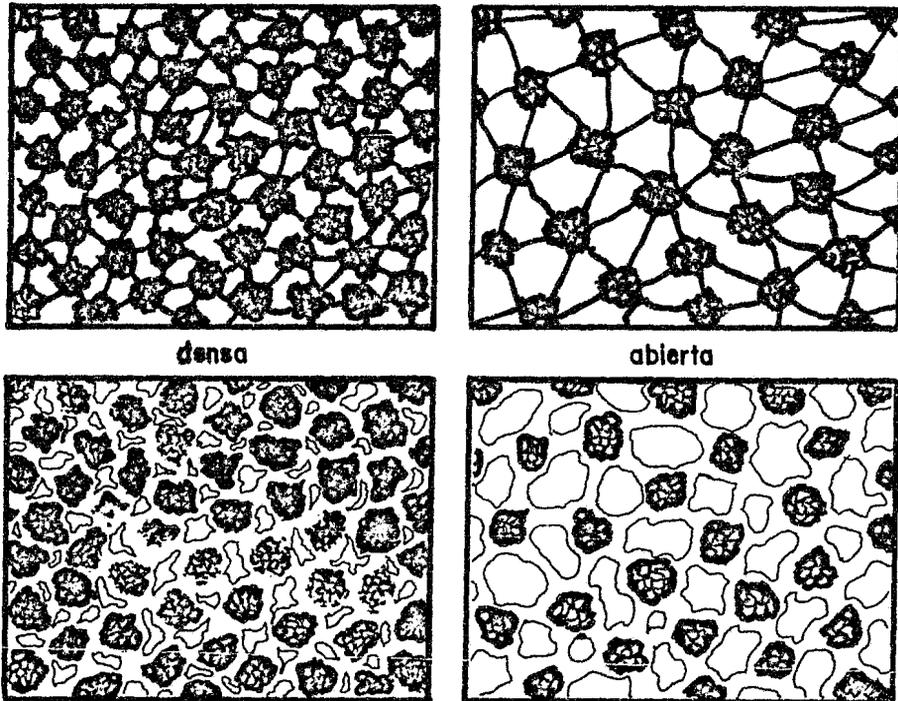


FIG. 1.4 Tipos de estructuras

A medida que los granos abrasivos van cortando o desbastando la pieza que trabajan, debe de existir algún método para que las partículas metálicas sean desprendidas de la zona de trabajo. Estos espacios - provistos en la estructura de la piedra, tienen la misión de despejar rápidamente las partículas metálicas. La estructura de una pie-

dra o muela de esmeril puede ser usada como una medida de causar un desgaste rápido de la piedra, influenciando así la remoción de material.

La Figura 1.5 muestra la acción de corte y desecho de material en una pieza de trabajo por una muela de abrasivo aglomerado.

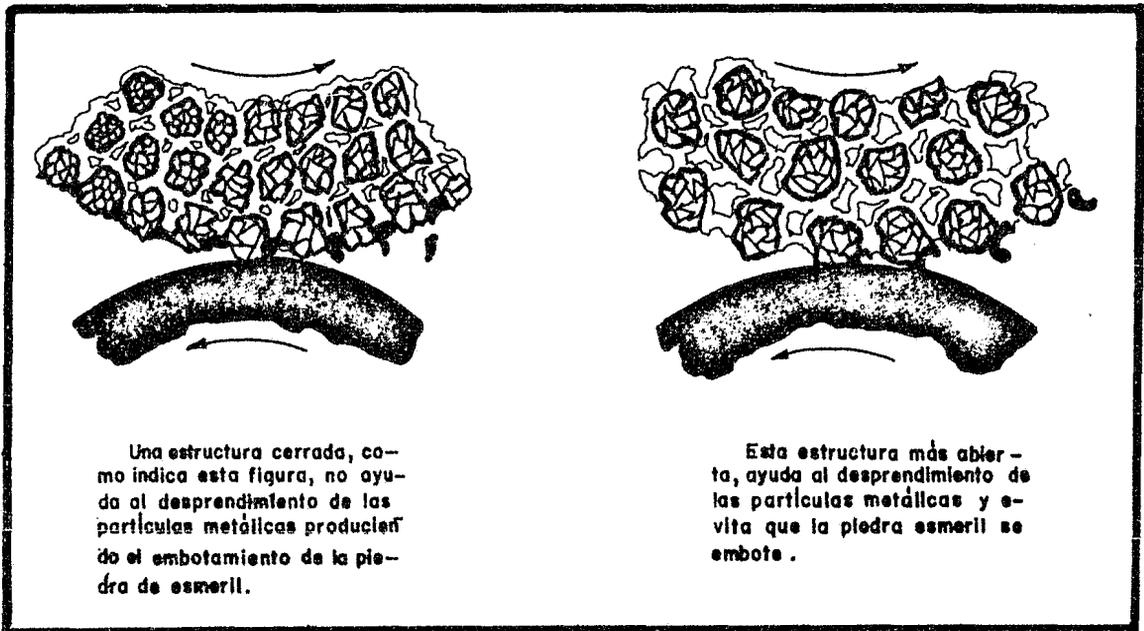


FIG. 1.5

Una vez comprendidos los cinco factores que constituyen las características de los abrasivos aglomerados, se puede entonces describir -

su fabricación.

1.5.6 FABRICACION DE LOS ABRASIVOS AGLOMERADOS

La obtención de una buena muela o abrasivo aglomerado depende del -- cuidado que se haya tenido durante todo el proceso de su fabricación.

Este proceso consta de las siguientes fases:

Preparación de la mezcla

Moldeo y Prensado

Cocción

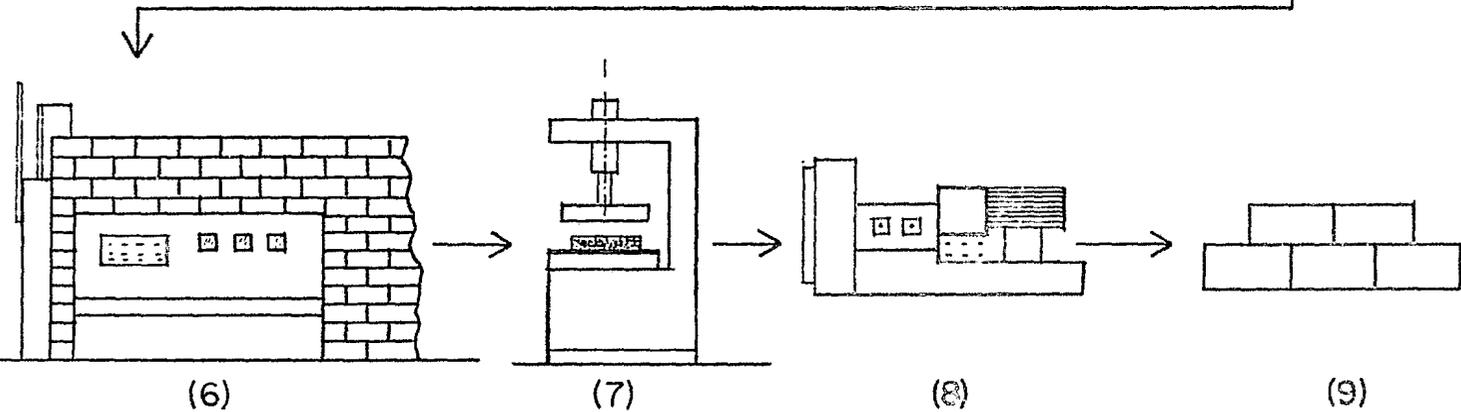
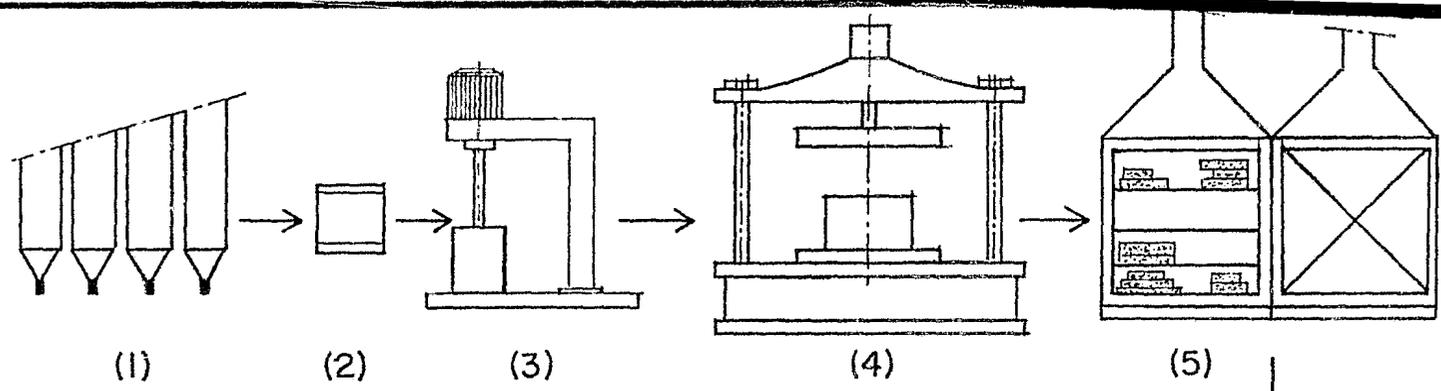
Rectificado

Control

Ver Figura 1.6

PREPARACION DE LA MEZCLA.- El grano abrasivo se clasifica y coloca - en silos, según la granulometría y calidad; lo mismo se hace con las materias primas que constituyen los diversos tipos de aglomerantes.

Se preparan los aglomerantes en las cantidades y características re- queridas para el producto que se va a fabricar y se mezclan con los granos del abrasivo adecuado. Dicha mezcla se lleva a cabo en máqui-
* nas mezcladoras especiales, de forma que cada grano abrasivo quede - perfectamente recubierto por una película de aglomerante.



Esquema del proceso de fabricación de abrasivos aglomerados

- | | | |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1.-Silos de grano abrasivo | 4.- Moldeo y prensado | 7.- Rectificado |
| 2.-Preparación del aglomerante | 5.- Secado en estufa | 8.- Comprobación |
| 3.-Preparación de la mezcla | 6.- Cocción | 9.-Embalado y expedición |

MOLDEO Y PRENSADO.- La mezcla conseguida en la fase anterior se coloca dentro de los moldes metálicos que tienen aproximadamente la forma del producto una vez terminado, el cual no obstante requerirá un rectificado o mecanizado una vez cocido o endurecido, a fin de ajustar la forma y dimensiones a los precisos para el trabajo. En el moldeado de la mezcla hay que considerar dos factores, el volumen de la mezcla y la presión que se aplica sobre la misma, con lo cual se consigue una determinada relación de materia y porosidad que debe de estar de acuerdo al tipo del cuerpo que se va a fabricar. Es de la mayor importancia cuidar que la mezcla se reparta uniformemente en el molde y que la presión aplicada sea la misma en ambos lados de la muela; la presión en general muy elevada, se ejerce por medio de prensas hidráulicas que algunas veces son de ciclo totalmente automatizado. Una vez prensada la mezcla, se extrae del molde y pasa a los hornos de cocción o estufas, de polimerización, según el aglomerante.

COCCION.- Si el aglomerante es de tipo cerámico o vitrificado, las muelas o cuerpos abrasivos se colocan en hornos que alcanzan temperaturas del orden de los 1300°C. Dichos hornos acostumbran ser del tipo tunel, que permiten un preciso control durante todo el proceso de cocción, o bien son hornos de campana que pueden trabajar con curvas preestablecidas de temperaturas para cada tipo de muela. Durante el

proceso de cocción, algunos de los componentes de la mezcla se funden y se combinan con otros dando la necesaria consistencia a el abrasivo. El ciclo de cocción varía según el tipo de horno empleado y la clase de muelas que se estén fabricando; en dicho ciclo hay que diferenciar el tiempo de calentamiento, la temperatura máxima alcanzada, el tiempo de permanencia a tal temperatura y por último el tiempo de enfriamiento. En general el periodo de enfriamiento es el de mayor duración, a fin de que las muelas ya endurecidas no sufran tensiones que podrían provocar grietas internas; como consecuencia de ello, el tiempo requerido para las muelas de gran diámetro será mayor que para las de pequeño diámetro. Para endurecer las muelas con aglomerante a base de resina se requiere una polimerización, lo cual se consigue a temperaturas relativamente bajas (de 170 a 250°C.) en estufas apropiadas.

RECTIFICADO.- Una vez endurecidos los productos, se mecanizan en máquinas especiales a fin de acabarlos dentro de la forma, dimensiones y tolerancias que precisen para el trabajo a que están destinados, -- las herramientas que se emplean para tal rectificado o mecanizado -- consisten en moletas de acero, diamantes y otros cuerpos abrasivos -- aglomerados.

CONTROL.- Por último se hace un control del producto terminado, que

consiste en:

- a) Control de Dimensiones, Formas y Tolerancias
- b) Control de las características
- c) Control de la velocidad de trabajo
- d) Control de equilibrado
- e) Control de presentación del producto

Seguidamente se pegan las etiquetas que deben llevar las muelas, indi
cando sobre las mismas las dimensiones, características y velocidad -
de trabajo. La gran cantidad de variantes que intervienen en la con-
secución de unas determinadas características en los abrasivos aglom
rados, hace que el proceso de fabricación de los mismos requiera cui-
dados y controles especiales, puesto que aparte de la necesidad de --
conseguir las cualidades justas, deben poderse efectuar nuevos recti-
ficados en el mismo producto permitiendo asegurar comportamientos - -
idénticos.

Los componentes fundamentales son el grano abrasivo y el aglomerante;
es por lo tanto de suma importancia la elección del tipo más adecuado
a cada necesidad, analizando en el laboratorio su calidad y comproban
do que los distintos suministros sean idénticos a fin de asegurar una
regularidad de los productos fabricados.

1.5.7 SISTEMA DE MARCADO DE LOS ABRASIVOS AGLOMERADOS

Debido a la gran diversidad de métodos empleados en el pasado por los distintos fabricantes de piedras de esmeriles en el mercado de sus -- productos, se ha adoptado un sistema Standard desarrollado por la Asociación de Fabricantes de Piedras de Esmeriles de los E.U.

El sistema adoptado como Standard por las industrias americanas está dividido en 6 partes con cada característica (ver ejemplo ilustrado - en la página siguiente), colocadas en el siguiente orden:

POSICION 1.- TIPO DE ABRASIVO

- a) Oxido de Aluminio
- b) Carburo de Silicio

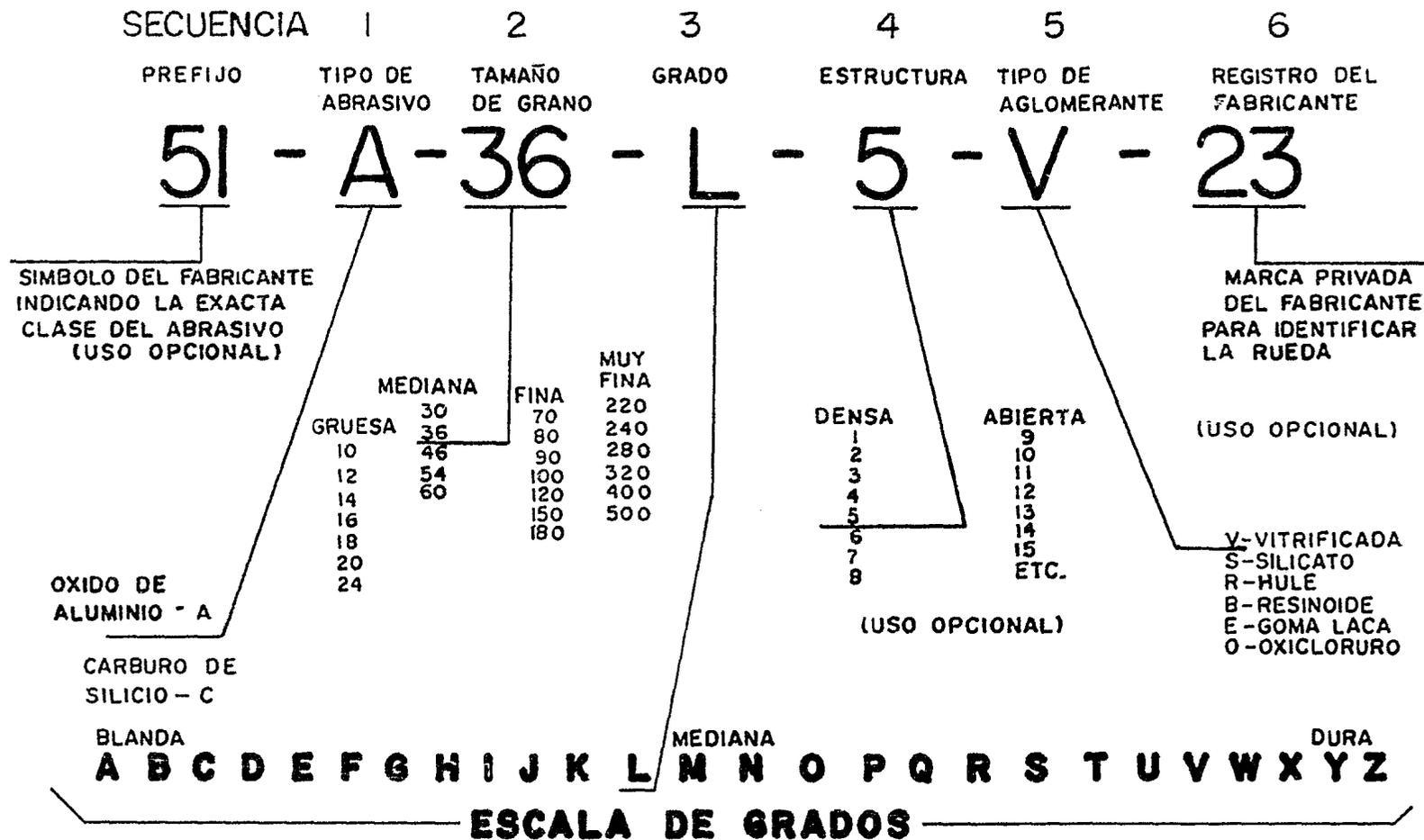
Estos abrasivos pueden ser precedidos por algún prefijo usado por cada fabricante:

Ejemplo: PA
WC

POSICION 2.- TAMAÑO DE GRANO

Un número indicando el tamaño del grano, va colocado en esta posición, los granos standars van desde el número 8 hasta el número 600. Algunas veces se coloca a continuación del número de grano otro número de

SISTEMA ESTANDAR DE MARCACION



grano indicando una combinación de granos.

Ejemplo: 465

163

POSICION 3.- DUREZA

En esta posición se coloca una letra del alfabeto, que indica la dureza de la piedra "A" indica muy blanda y va hasta la letra "Z" que indica muy dura.

POSICION 4.- ESTPUCTURA

En esta posición se usan números, que indican el espacio entre los -- granos de acuerdo a la siguiente escala:

1, 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
densa a abierta

POSICION 5.- TIPO DE AGLUTINANTE

En esta posición se coloca una letra que corresponde al aglutinante - usado.

- V Vitrificado
- B Resina
- P Goma
- S Silicato

POSICION 6.- ESPECIFICACION DEL FABRICANTE

La última posición corresponde a especificaciones del fabricante y debe de ser siempre colocada para asegurarse que el producto que se ordena es exactamente el requerido.

Además de las características la muela deberá indicar las dimensiones, velocidad periférica de trabajo en metros por segundo y en R.P.M. en función de su diámetro, pero a partir de los 45 M/S, deberán señalarse los cuerpos abrasivos (muelas en este caso) con líneas diametrales de distinto color, según la velocidad de trabajo; la Tabla 1.3 indica los colores distintivos, las velocidades de prueba, de trabajo y de rotura.

Color	Velocidad trabajo	Velocidad prueba	Velocidad rotura
Azul	45 m/s	63 m/s	90 m/s
Amarilla	60 m/s	85 m/s	110 m/s
Roja	80 m/s	110 m/s	150 m/s
Verde	100 m/s	140 m/s	190 m/s

TABLA 1.3 Líneas indicativas de la velocidad de las muelas

1.6 LIJAS

1.6.1 CONSTITUCION Y COMPONENTES

Las lijas también denominadas abrasivos flexibles, constan esencialmente de cuatro componentes, a saber:

- 1) Soporte
- 2) 1er. Ligante
- 3) Grano Abrasivo
- 4) 2º Ligante

Pudiéndose apreciar a cada uno de ellos en la Figura 1.7

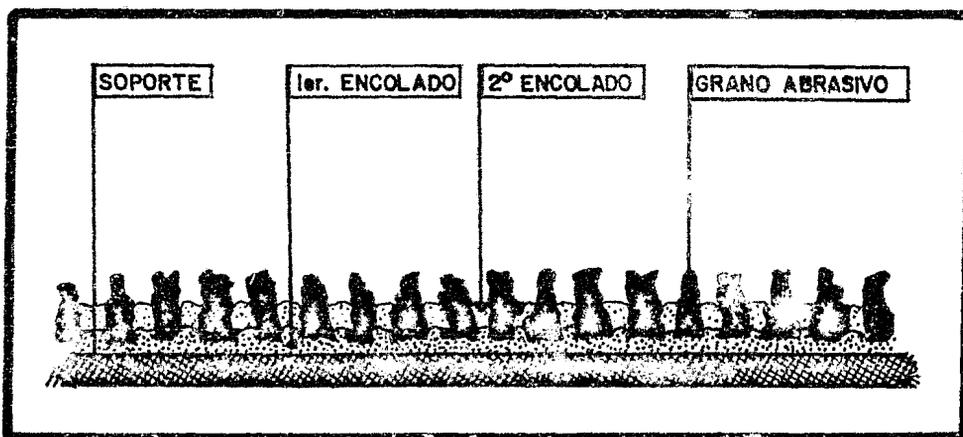


FIG. 1.7

1) SOPORTE

El Soporte es la base que aguanta a los granos abrasivos, encolados - sobre él; por tanto, según sea el tipo de material y las características que tenga dicho soporte, se conseguirá un mejor o peor rendimiento en el trabajo de abrasión.

En un Soporte debemos distinguir su flexibilidad, su resistencia a la rotura y las características del material, tanto desde el punto de -- vista de su aguante a líquidos de refrigeración como a las posibilidades mecánicas de fabricar herramientas o útiles con él. Se pueden se- ñalar como los soportes más empleados en la fabricación de ligas:

- Papel
- Tela
- Combinación Papel/Tela
- Fibra
- Nylon

PAPEL.- Los papeles que se emplean en la fabricación de lijas son todos especiales, ya que requieren de unas características especiales - como grado de humedad, flexibilidad, adhesión, peso, etc.

TELA.- También las telas usadas en la fabricación de lijas requieren características especiales para este objeto. El tejido empleado está

constituído a base de Urdimbre de Algodón, que una vez ha salido del telar debe ser acabado cuidadosamente (lavado, blanqueado, estirado, planchado, etc.) existen dos tipos básicos de tela, Drills (designada con la letra X) y Jeans (letra J).

Se diferencia una de otra por su grosor, o mejor dicho por el grueso que tienen los hilos que las forman, en consecuencia, su peso por metro cuadrado y su resistencia varían.

Además de estos tipos considerados como normales para la mayoría de las aplicaciones, se fabrican los tipos X (fuerte cruzada) que es de gran resistencia y W que es para trabajo aún de mayor esfuerzo.

El ancho más común de las telas es de 1.3 Mts. quedando una anchura útil de 1.2 Mts. una vez aplicado el abrasivo.

COMBINACION.- El soporte denominado Combinación consiste en un doble soporte a base de papel clase "E" junto con tela de doble Urdimbre tipo W, pero de hilo más fino; con ello se logra un soporte más resistente que el papel. Su empleo queda reducido a confección de bandas más anchas para lijado de madera o discos para lijados de parquet.

FIBRA.- Los soportes de Fibra Vulcanizada se utilizan ampliamente para la fabricación de abrasivos flexibles con los que se confeccionan luego discos para máquinas portátiles.

La fibra es un soporte muy duro y resistente, pero que mantiene la necesaria flexibilidad para este objeto. La fibra se fabrica tomando como producto base un folio de algodón que es tratado con Clorato de Zinc, el cual convierte la celulosa de algodón en una pasta gelatinosa que es calibrada por medio de unos rodillos. El espesor de la fibra como soporte puede ser muy variado, aunque los espesores más usados son 0.6, 0.8 y 2 mm.

NYLON.- Existen unos tipos de soportes formados a partir de fibras de nylon, que posteriormente son impregnados con ligante y abrasivo; sirven sólo para acabados, puesto que su gran elasticidad impide un arranque de material.

2) LIGANTES

El Ligante o Ligamento es la cola que pega el grano abrasivo sobre el soporte, cualquiera que sea el tipo utilizado. Los Ligantes que se utilizan en la fabricación de lijas son naturales o artificiales. De los naturales, el que más se utiliza es la cola animal, mientras que entre los artificiales se usa el barniz y la resina, que puede ser Fenólica o de Urea, según los usos a que se destina. Hay diversas calidades de Ligantes dentro de cada tipo, dependiendo de su resistencia, flexibilidad, tiempo de secado. Con estos tipos de ligamentos pueden conseguirse varias combinaciones, según el tipo que se utilice como -

en precolado y para el colado final. Así, dejando aparte el barniz que se emplea hoy en día en sectores reducidos (hojas de papel impermeable), con cola animal y las resinas sintéticas, ya sea Fenólicas o de Urea.

En la Tabla 1.4 se muestran las posibles combinaciones de lijas.

PREENCOLADO	ENCOLADO FINAL	DENOMINACION	CARACTERISTICAS QUE CONFIERE AL PRODUCTO
Cola animal	Cola animal	Cola-Cola	Flexibilidad-Sensible al calor
Cola animal	Resina urea	Semirresina urea	Mayor rigidez-Poco sensible al calor
Cola animal	Resina fenólica	Semirresina fenólica	(Como el anterior pero mayor resistencia)
Resina urea	Resina urea	Resina urea	Mucha resistencia-Insensible al calor
Resina fenólica	Resina fenólica	Resina fenólica	(Como el anterior pero mayor resistencia)

TABLA 1.4

1.6.2 FABRICACION

La fabricación de estos abrasivos se realiza en máquinas continuas, lo cual permite asegurar la regularidad en toda la pieza fabricada. La Figura 1.8 muestra una de estas instalaciones, la cual básicamente consta de las siguientes secciones:

- 1 Marcaje y Preencolado (Making)
- 2 Colocación del Grano

- 3 Secado
- 4 Encolado Final (Sizing)
- 5 Secado
- 6 Enrollado

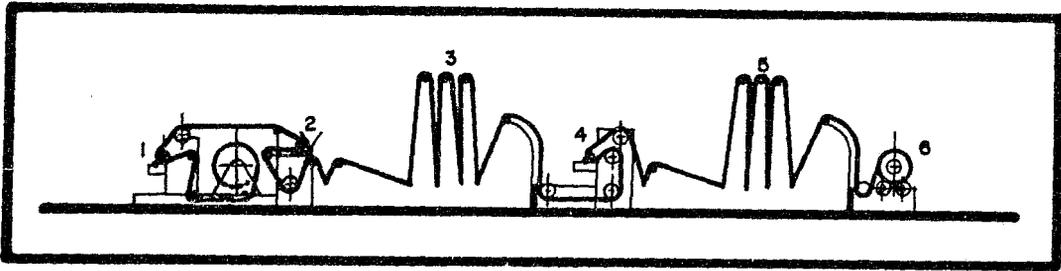


FIG. 1.8

En primer lugar, en la parte inferior del soporte se imprime la marca del fabricante, junto con la referencia del producto y número del grno abrasivo; al mismo tiempo y en proceso continuo, se aplica el primer ligante y a continuación se deposita el grano abrasivo y se pasa por el secador. En una segunda fase se da el encolado final, seguido del secado de este segundo ligante. Por último el producto se enrolla en la propia máquina, convirtiéndose en grandes rollos denominados "Jumbo Rolls". Todo el proceso de fabricación es controlado en diversos puntos por medio de elementos de medición térmicos y electrónicos, con lo cual se consigue que el producto se halle siempre en las tolerancias exigidas. Ello se prefiere también a los métodos de

deposición del grano que puede realizarse de dos maneras distintas: Electrostáticamente y por Gravedad.

En la deposición Electrostática, el soporte con el primer ligante ya colocado pasa por un fuerte campo Electromagnético, de forma que la superficie donde se aplica el grano quede en la parte inferior. Al mismo tiempo este grano se transporta sobre una banda que se mueve a una determinada distancia del soporte, al cual queda pegado de forma que los puntos del grano quedan orientados hacia arriba, con lo cual se consigue un aumento en el rendimiento del abrasivo.

En la deposición por Gravedad, aparecida antes que el método anterior el grano cae por su propio peso sobre el soporte del abrasivo y su primer ligante que en este caso pasa invertido y una tolva con movimiento vibratorio reparte el grano en su caída. Por este método el grano queda adherido sobre el soporte en la misma forma que cae, si bien, debido a la fuerza de gravedad, tiene cierta tendencia a quedarse anclado por la parte más gruesa con lo cual se consigue una orientación de sus puntas hacia arriba.

Los rollos que salen de la máquina de fabricación de abrasivos, sea cual sea su soporte, deben de seguir un tratamiento antes de ser utilizados, con objeto de dar a estos materiales la calidad necesaria para el trabajo a que están destinados.

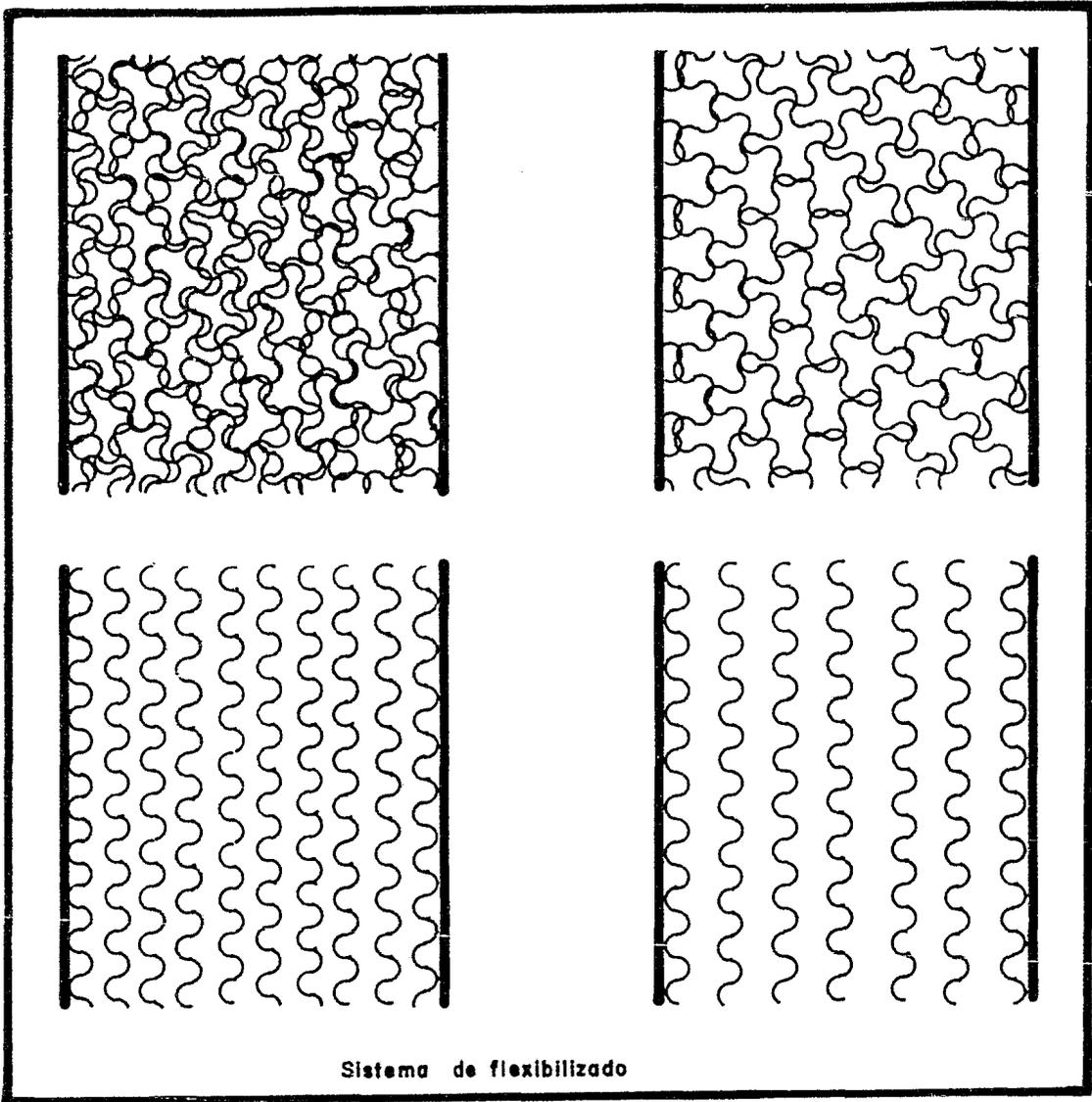
Debido al endurecimiento de los ligantes empleados en su fabricación, los rollos al salir de la máquina tienen una cierta rigidez que es necesario vencer con el fin de que, tanto dichos ligantes como el grano adquieran la estructura requerida para el trabajo que deben realizar. Este proceso es el que se denomina Flexibilización y puede llevarse a cabo por diversos métodos.

En la Figura 1.9 se ilustran algunos de los sistemas empleados para la Flexibilización de las lijas.

En la Flexibilización Longitudinal, el producto se flexa quedando la parte no abrasiva en contacto con el rodillo de flexibilizado. Este sistema se utiliza principalmente en aquellos abrasivos que se destinarán al lijado de superficies planas.

En la Flexibilización en Cruzado, el producto se flexa dos veces en direcciones cruzadas, o sea, en forma diagonal, en ángulos determinados y algunas veces también se aplica además el flexibilizado Longitudinal. Por medio de esta rotura de soporte, grano y ligante, el material abrasivo se vuelve extraordinariamente flexible, lo cual lo hace apropiado para el trabajo de superficies curvas y para el lijador manual.

El grado de flexibilidad depende también del radio de los rodillos de flexibilizar.



Sistema de flexibilizado

FIG. 1.9

1.6.3 REFUERZOS Y ESTRUCTURAS

Conocemos los componentes de las lijas y también el proceso que se -- utiliza para la fabricación de este producto; pero en ciertos usos es peciales interesan productos con características particulares que es posible lograr introduciendo unos cambios en el proceso de su consecución.

De un tiempo a la fecha, se emplean diversos métodos para mejorar las características y por lo tanto, la creación de nuevos productos obtenidos por la adopción de variantes en la fabricación. Entre estos métodos se pueden citar los que dependen de:

- La Estructura
- Aditivos Especiales
- Refuerzos
- Mezclas con el Abrasivo

ESTRUCTURA.- Si la deposición del grano abrasivo se efectúa tal como ya se explicó antes, los granos quedan situados de forma que permanecen pegados uno junto a el otro sobre el soporte, cubriendo por completo la superficie, este es el sistema común y que tiene mayor cantidad de aplicaciones para el lijado y pulido normal. Pero para ciertos trabajos es conveniente un espaciado entre los granos, lo cual -- evitará la permanencia entre ellos de materias arrancadas, es decir,

reduciremos las posibilidades de embozamiento; con este procedimiento se consigue que el grano abrasivo recubra un determinado porcentaje - de la superficie, que en algunos casos es hasta un 50%.

ADITIVOS ESPECIALES.- Consiste en añadir al producto, ya fabricado un recubrimiento con productos químicos especiales que llenan los espacios entre los granos. Al trabajar el abrasivo se genera calor y dichos productos se funden actuando como lubricantes, con lo cual se consigue por una parte, disminuir el calor de lijado y también efectuar un mejor corte del material, con un considerable aumento de rendimiento en muchos trabajos.

REFUERZOS.- Se puede lograr una mayor resistencia del grano abrasivo, bien añadiendo compuestos a los ligamentos que aumentan su dureza y - también dando una tercera capa especial después del encolado final. - Este sistema si bien fija el grano más fuertemente, también precisará una mayor presión en el trabajo, lo cual lo hace exclusivo en desbastes fuertes, y con máquinas de gran potencia en el arranque.

MEZCLAS CON EL ABRASIVO.- En ciertos trabajos de pulidos de planchas sobre todo, se mezclan otros productos con el grano abrasivo. De los productos que se añaden, los más habituales son el denominado "Corcus" y el Corcho. El "Corcus" es un polvo de óxido de hierro que sirve para ayudar a la extracción de muy poco espesor de material, ya que im-

pide que el grano abrasivo penetre más profundamente en el material a lijar. El Corcho granulado o en polvo, se mezcla también con los granos y hace de tope para impedir que el abrasivo ataque directamente - en toda su profundidad al material, lo cual junto con su blandura lo hace ideal para el pulido de cristal y planchas de metales diversos.

1.6.4 FORMAS Y DIMENSIONES

Como se describió anteriormente, de la máquina de fabricación de lijas salen grandes rollos o "Jumbo Rolls" con las características requeridas para el objetivo que se desea cumplir; asimismo se han mejorado dichas características por medio del flexibilizado. A partir de este momento, los "Jumbo Rolls" se clasifican y almacenan debidamente acondicionados y están dispuestos para confeccionar cualquiera de las muchas formas de producto que se utilizan en lijas.

Los productos que se pueden obtener de los "Jumbo Rolls", son los siguientes:

- a) Banda sin Fin
- b) Bandas sin Fin Anchas
- c) Rollos
- d) Discos
- e) Cepillos
- f) Hojas
- g) Otras formas

a) BANDAS SIN FIN.- Las Bandas son sin duda la forma de mayor utilización dentro de las lijas; se emplean tanto para trabajos de desbaste, como pulidos y rectificadores de precisión. La Banda sin Fin consiste en una tira de material abrasivo de ancho y desarrollo determinados, la cual va unida por sus extremos por medio de un empalme que debe ser lo más imperceptible posible. Por las particularidades tanto de su uso como por la forma de confeccionarlas, los fabricantes distinguen entre Bandas sin Fin Normales y Bandas sin Fin Anchas, que tienen una anchura superior a los 500mm.

Para la confección de las Bandas Normales, se parte del "Jumbo Roll" de las características requeridas para el trabajo, y se corta longitudinalmente en "Sendas" o tiras del ancho preciso. Una vez las tiras, se miden y cortan longitudes de acuerdo con el desarrollo que debe de tener la banda, teniendo en cuenta la sobremedida que se precisa para poder realizar la unión, que puede hacerse según distintos métodos, - tomando en cuenta el trabajo a que se destinan las bandas.

Preparadas las sendas para el desarrollo adecuado, se procede a unir- las y el método será distinto según el tipo de unión, pero consiste - esencialmente en una eliminación de grano en la parte que quedará debajo al efectuar la unión, un ligero biselado en el soporte y un raspado en el soporte de la cara inferior de la parte que quedará encima,

a fin de facilitar un más perfecto encolado. Hecha la preparación se pasa a la sección de encolado, en la cual se aplica la cola, se superponen los dos extremos cuidando que quede la banda perfectamente alineada en toda su longitud y se prensa en máquinas especiales que acostumbran a prensar en caliente y durante un tiempo predeterminado, para que la unión quede suficientemente sólida.

Una vez confeccionadas las bandas se comprueban sus dimensiones, existen tolerancias para la verificación de bandas, que han sido editadas por ISO (Organización Internacional de Normalización) y las cuales determinan las siguientes tolerancias, dadas unas condiciones de temperatura de 20° (+2°C) y una humedad relativa de 65% (+5%).

ANCHO DE LA BANDA EN MM.			TOLERANCIA
2.5	a	50	\pm 1 MM.
60		1,600	\pm 2 MM.
DESARROLLO DE LA BANDA EN MM.			TOLERANCIA
400	a	1,000	\pm 3 MM.
1,220	a	4,000	\pm 5 MM.

A continuación se indican las dimensiones más usuales de las bandas -- en sus aplicaciones.

BANDAS PARA METALURGIA.- Utilizadas en máquinas Portátiles, Lijadoras de Brazos o Lijadoras de Bancada. Bandas por lo general con soporte de tela. Bandas para Carpintería y Ebanistería. Utilizadas en Lijado_{ra} Portátil, Suspendidas, Automáticas y Semiautomáticas. Las bandas generalmente son de soporte de papel y ocasionalmente son de tela.

Ancho en mm.	Longitudes en mm.																		
	620	700	860	900	1000	1800	2000	2500	3000	3600	4000	4500	5000	6000	6500	7000	7500	8000	
100	X	X	X	X	X		X	X				X	X						
120												X		X	X	X	X		
125												X		X	X	X	X		
150							X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
200						X	X	X	X		X				X				
300								X	X										

TABLA 1.5 Dimensiones normales de bandas para carpintería y ebanistería

BANDAS PARA LA INDUSTRIA DEL VIDRIO.- Para lijadores automáticos, horizontales y verticales.

Ancho en mm.	Longitudes en mm.				
	1500	1800	3000	3350	3500
100	X	X	X	X	
120			X		X
125			X		X
150			X		X
200		X	X		X
250			X		
350			X		X

TABLA 1.6 Dimensiones normales de bandas para la industria del vidrio.

BANDAS PARA CALZADO.

Ancho en mm.	Longitudes en mm.										
	290	325	440	920	950	1200	1500	1530	1600	2000	3000
12		X									
20										X	
30	X	X	X	X		X		X	X		
35	X	X	X	X		X		X	X		
40					X	X	X		X		
50									X		X
200					X						

TABLA 1.7 Dimensiones normales de bandas para calzado.

Aunque estas medidas son las recomendadas, en la práctica se emplean - dimensiones en gran variedad, debido principalmente, no sólo a máqui-- nas especiales, sino también a menudo producidas por arreglos y adapta-- ciones efectuadas por el propio usuario.

b) BANDAS SIN FIN ANCHAS.- Cada día tienen mayor aplicación las Bandas sin Fin de gran anchura, entendiéndose como tales las que como antes se ha dicho sobrepasen los 500 mm. Estas bandas se emplean tanto en la - industria metalúrgica, como en la de la madera, utilizándose en el prímer caso (por ejemplo) en los grandes trenes de pulido de fleje de me-- tal y en el segundo caso en las industrias del mueble y fabricación de tableros para el lijado de grandes superficies.

La Banda sin Fin Ancha se confecciona a partir del "Jumbo Roll" pero - por sus dimensiones no se cortan sendas como en el caso de las Bandas sin Fin Delgadas o Normales, sino que se emplea para ello cizallas. En algunos casos las bandas tienen tanta anchura que no es suficiente la del "Jumbo Roll" por lo que tienen que cortarse tramos longitudinales de éste y utilizarse como ancho de la banda; naturalmente, con tal sis-- tema se requiere varias uniones, pero ello no es un gran problema en - el empleo de estas bandas y no es raro ver bandas anchas que tienen -- dos y tres uniones a fin de lograr el desarrollo requerido.

La unión o empalme de tales bandas es igual que la empleada en bandas normales; la única diferencia radica en las dimensiones y utillaje de la máquina que realiza las diversas operaciones, es evidente que dada la longitud de las uniones y las dimensiones de la banda en sí, para asegurar un paralelismo y una perfección en la unión deberá tomarse - mayores precauciones que en las bandas normales.

La mejor cualidad que debe tener una unión de Banda sin Fin es que se comporte como si no existiera; básicamente, para conseguir ésto, la unión debe de ser resistente y no debe de marcar la pieza en su trabajo; en ciertos trabajos como es el pulido de bordes de piezas de vidrio no debe de tener ningún resalte para evitar que éste pudiera causar roturas.

Aún dentro de muchas variantes, las uniones pueden agruparse en Uniones Solapadas y Uniones por Testa.

Las primeras como su nombre indica, consistente en empalmes en los que un extremo de la tira que formará la Banda sin Fin monta y queda pegado sobre el otro extremo, mientras que en las uniones por Testa ninguno de los extremos de la tira monta sobre el otro, sino que ambos se colocan a tope y se unen poniendo delgadas láminas o folios por el forro o porte no abrasivo de la banda.

A grandes rasgos puede decirse que la particularidad de las uniones so lapadas en su resistencia y la de las uniones por Testa es prácticamen te la inexistencia del resalte; ahora bien, esto es puramente orienta- tivo de la tendencia que ofrece cada clase de unión, puesto que en la práctica tanto en una como en otra unión se consiguen calidades que -- reunen las exigidas como ideales.

La Figura 1.10 muestra los tipos más difundidos hoy en día en las unio- nes, así como sus particularidades.

Se comprende que todos los tipos tienen posibilidad de combinarse, así como pueden fabricarse infinidad de nuevos, según las necesidades del trabajo a llevarse a cabo.

c) ROLLOS.- Por motivos técnicos e incluso económicos de aplicación - en algunos procesos no pueden aplicarse Bandas sin Fin, porque surge - la necesidad de aplicar tiras abrasivas cortadas en el ancho requerido y que debido a presentarse al usuario enrolladas, se les dá el nombre de rollos. Estos rollos se emplean tanto en trabajos a mano como a -- máquina.

Otra importante aplicación que se ha venido dando a rollos es la de -- utilizarlos como guarniciones o recubrimientos de cilindros de máquinas lijadoras.

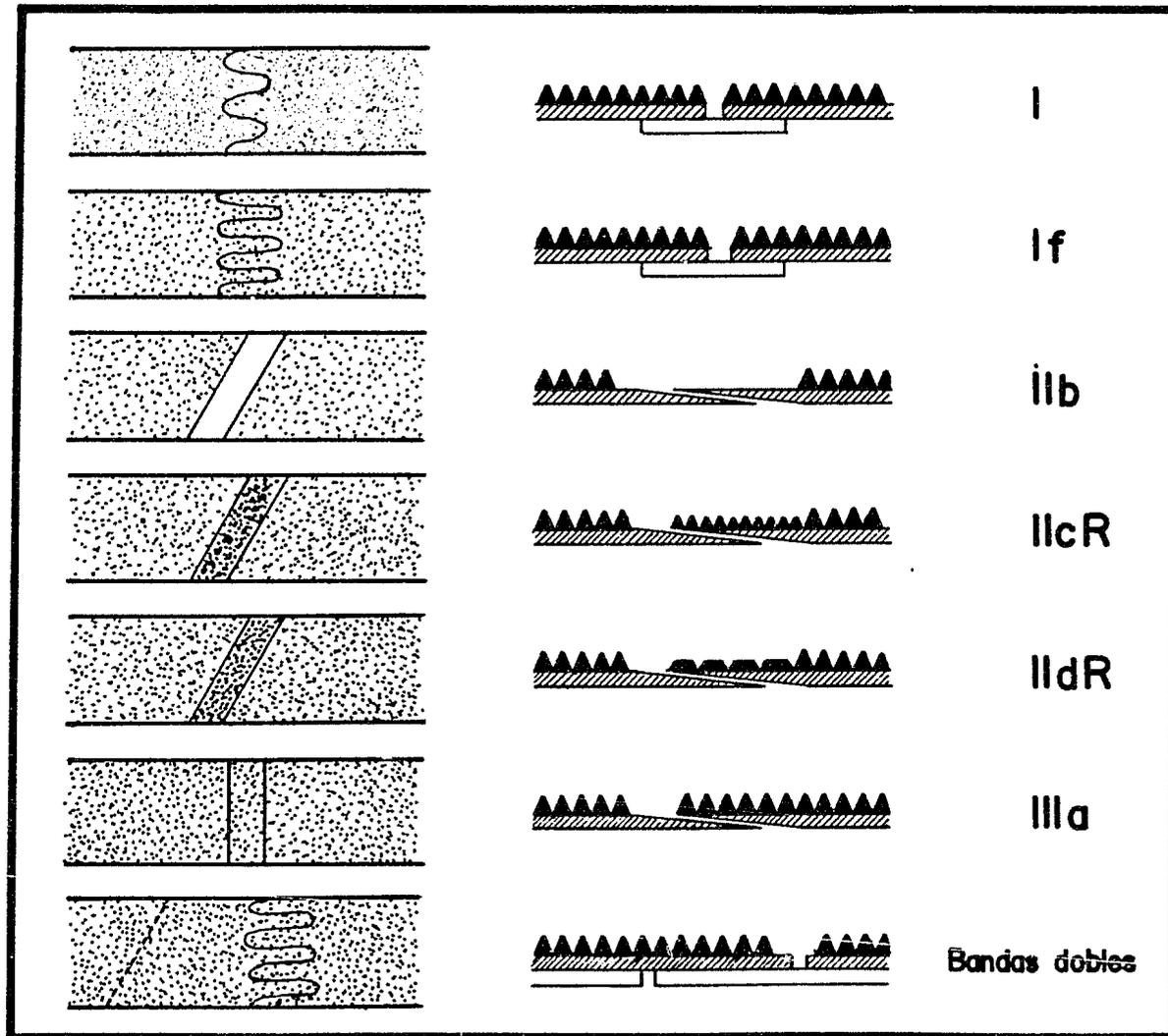


FIG. 1.10 Tipos más comunes de uniones en las bandas

Una de las industrias, todavía gran consumidora de rollos es la del -- calzado, siendo muy práctica su utilización dado los sistemas de trabajo de dicha industria.

La confección de rollos se realiza cortando sendas a partir de los Jumbo Rolls al ancho necesario, posteriormente son medidas y cortadas a -- la longitud habitual para su distribución a los consumidores.

d) DISCOS.- Quizá después de las Bandas sin Fin, sean los discos la -- forma de lija que sigue en importancia, por su consumo en todo tipo de industria. Los discos son empleados tanto en máquinas portátiles como en máquinas estacionarias y en una gran variedad de calidades de abra-- sivo y soporte.

Para la confección de discos se parte de "Jumbo Rolls" de fibra, tela o papel, los cuales se colocan en máquinas troqueladoras especiales -- que cortan el disco en las dimensiones requeridas, tanto en su diáme-- tro exterior, como en su agujero, si lo tiene. El contorno del disco no siempre es circular, sino que se emplean en la práctica discos de -- forma Octogonal, Hexagonal, etc. La flexibilización de los discos, -- principalmente los de soporte de fibra, se efectúa una vez troquelados, para que ésta pueda hacerse en varios sentidos, lo cual se consigue -- por medio de máquinas adecuadas.

Algunos tipos de discos de fibra presentan además bombeados para adaptarse mejor a los platos de soporte, sobre los cuales se aplican. Para la formación de estos bombeados se colocan los discos entre platos metálicos con la forma requerida, prensando el conjunto y manteniéndolos durante un tiempo y temperatura determinados, dentro de estufas.

Las figuras 1.12 y 1.13 representan las formas más corrientes con los agujeros y bombeados de los discos.

Para ciertos trabajos con discos lisos sin agujeros se acostumbra suministrarlos con adhesivo en su cara no abrasiva, con lo que se evita -- que el operario tenga que manejar colas al colocar el disco en su soporte y con ello se consigue un notable ahorro de tiempo.

e) CEPILLOS.- Los cepillos son una forma de las lijas que si bien se vienen utilizando desde hace muchos años, cada día tienen mayor número de aplicaciones, lo cual hace que su empleo se halle en una fuerte expansión en todo el mundo, tanto más por el hecho de que existen en el mercado máquinas automáticas que funcionan empleando el cepillo abrasivo como herramienta.

Básicamente un cepillo abrasivo consiste en una cantidad de hojas abrasivas dispuestas radialmente alrededor de un núcleo, al cual están --- fuertemente unidas. Gracias a esta disposición puede hacerse girar -

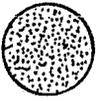
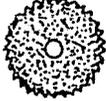
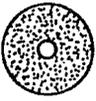
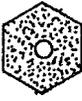
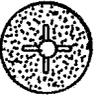
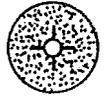
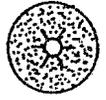
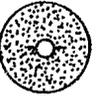
FORMA	DESCRIPCION	FORMA	DESCRIPCION
	Disco liso sin agujero		Disco con contorno dentado
	Disco con agujero redondo		Disco con contorno con cortes
	Disco con dos ranuras		Disco hexagonal
	Disco con cuatro ranuras		Disco con cuatro cortes
	Disco con cuatro ranuras y cuatro agujeros de agarre		Disco con seis cortes
	Disco con dos cortes		Disco con agujeros de agarre

FIG. 1.12 Discos fibras - formas

FORMA (seccion)	DESCRIPCION
	Disco plano normal
	Disco con bombeado normal
	Disco con bombeado de corte esférico
	Disco bombeado con centro embutido
	Disco centro semi-hundido

FIG. 1.13 Discos abrasivos - bombeado.

por su centro y consigue una constante capacidad abrasiva, por lo que no deforma la pieza trabajada por delgada que sea.

La disposición de las hojas alrededor del núcleo y su forma de amoldar las permite que este núcleo tenga diversas formas, con lo que se consigue fabricar cepillos con núcleo con agujero para poder ser montados con platinas sobre una máquina, al igual que una rueda abrasiva y cepillos con eje incorporado para poder ser montados en piezas porta herramientas. En la práctica se emplean los ejes para diámetros pequeños de cepillos, hasta 80 mm. generalmente y los de núcleo con agujero para cepillos de diámetros mayores.

Para la confección de cepillos se parte de los "Jumbo Rolls" de los que se cortan tiras de ancho algo superiores al que deberá tener el cepillo, una vez terminado, estas tiras se pasan después a troqueladoras automáticas que cortan la hoja abrasiva a las formas y dimensiones requeridas y las colocan en cargadores que contienen el número exacto de hojas de un determinado cepillo, el cual es función no sólo de su diámetro, sino también de la granulometría que tiene y de la forma o disposición alrededor del núcleo, puesto que hay sistemas de montaje en los que las hojas se agrupan previamente en pequeños bloques, lo cual hace que, una vez montado, el cepillo presente espacios más o menos separados entre estos bloques.

Una vez que se han preparado las hojas adecuadas, éstas se colocan por medio de utillajes alrededor del núcleo de agujero o de eje y les es inyectada la resina o cola que mantendrá dichas hojas unidas al núcleo. Los cepillos una vez fabricados son comprobados en cuanto al número de revoluciones de trabajo y los de grandes dimensiones son también equilibrados a fin de corregir cualquier desequilibrio que se hubiera producido; a partir de dichas verificaciones se etiquetan y embalan, quedando dispuestos para su entrega al consumidor.

En la Figura 1.14 se representan los tipos de cepillos y formas de núcleo que se encuentran en el mercado.

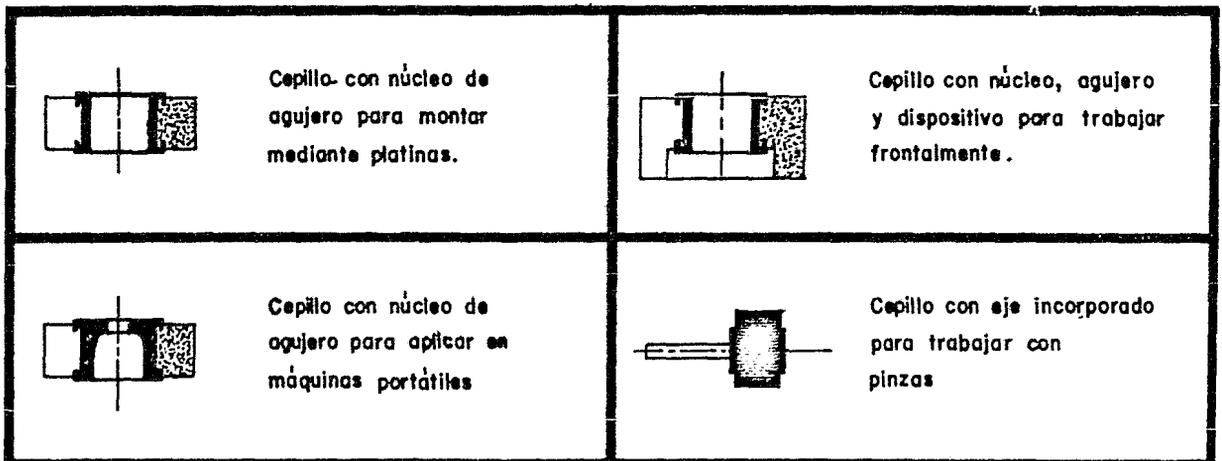


FIG. 1.14 Distintos tipos del núcleo de los cepillos

En las Tablas 1.7 y 1.8 se indica una relación de las medidas que se encuentran más frecuentemente en el mercado y que podemos considerar como más normales.

Ancho en mm.	Diámetro en mm.										
	100	140	165	200	250	300	350	380	410	480	510
25		X	X	X	X						
30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
60							X	X	X	X	X
75			X	X	X	X	X	X	X	X	X
100					X	X	X	X	X	X	X

TABLA 1.8 Cepillos de núcleo con agujero

Ancho en mm.	Diámetro en mm.				
	30	40	50	60	80
5	X				
10	X	X	X	X	X
15	X	X	X	X	X
20		X	X	X	X
30				X	X
40				X	X
50				X	X

TABLA 1.9 Cepillo de eje

f) HOJAS.- En ciertos trabajos de pulido de superficies se utilizan - hojas abrasivas. Estas hojas se acostumbran emplear a mano, puesto -- que están destinadas principalmente a pequeños retoques y también para preparación de superficies para la pintura, en cuyo caso es habitual - efectuar el trabajo con agua.

Estas hojas abrasivas se cortan a partir del "Jumbo Rolls" y se forman pliegos de 50 a 100 hojas, que se empaquetan para entrega al cliente.

Las dimensiones normalizadas de las hojas son 230 x 280 mm. cualquiera que sea la calidad del abrasivo y tipo de soporte.

g) OTRAS FORMAS.- Además de las formas anteriormente mencionadas, se pueden confeccionar una gran cantidad de herramientas con las lijas, - nos limitaremos a mencionar aquellos que más fácilmente se pueden en-- contrar en el mercado de formas más o menos estandarizadas.

RODILLOS ABRASIVOS.- Se encuentran en formas diversas como puede verse en la Figura 1.15 y se emplean montados sobre ejes, para retoques y pu lidos de piezas de contornos difíciles o trabajos de matricería.

MANGUITOS.- Consisten en pequeñas Bandas sin Fin abrasivas, que se mon tan sobre pequeñas poleas expansibles sobre su periferia; al igual que los rodillos anteriores, sirven para pequeños retoques o trabajos de - presión.

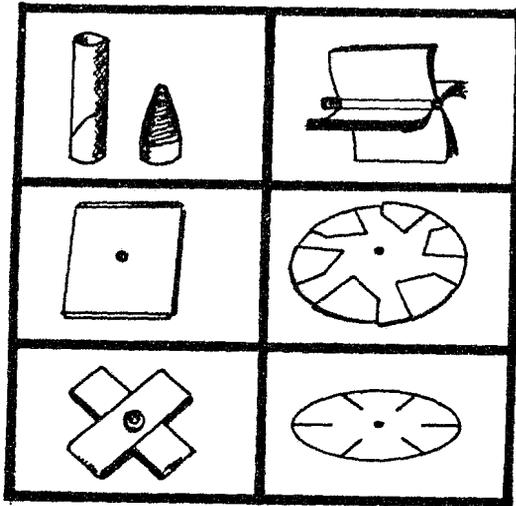


FIG. 1.15 Discos, formas de rodillos y puntas abrasivas

DISCOS LAMINARES.- Son discos formados por distintas láminas abrasivas dispuestas alrededor del eje central, En realidad se trata de una variable intermedia entre los discos y los cepillos abrasivos. Se emplean tanto para pequeños desbastes como para pulido.

1.7 RECEPCION Y ALMACENAMIENTO

Todos los materiales abrasivos requieren, por sus características, un tratamiento especial, puesto que en general son herramientas que pueden sufrir deterioro por un mal transporte o almacenamiento, deterioro que no es apreciable hasta el momento de su utilización, pudiendo oca-

sionar no sólo grandes perjuicios en las piezas e instalaciones, sino incluso presentar un peligro de accidente para los operarios que trabajan con ellos.

Por tal motivo, los diversos códigos de seguridad son muy rígidos en la necesidad de vigilar el cumplimiento de las normas de manipulación, almacenaje y verificación de los distintos abrasivos. De acuerdo a las mencionadas normas, se pueden considerar las siguientes observaciones:

MANIPULACION.- Todas las ruedas abrasivas pueden romperse y algunas son muy frágiles. La manipulación y el almacenaje deben hacerse con el mayor cuidado a fin de evitar cualquier daño. Siempre deben ser observadas las reglas siguientes, fruto de la experiencia:

- a) Manipular con cuidado las muelas, evitando que caigan o choquen.
- b) No hacerlas rodar
- c) Para cualquier transporte que no pueda realizarse a mano, empléese un carro o aparato apropiado que proporcione un traslado conveniente.

VERIFICACION.- Una vez desembaladas las ruedas deben ser examinadas para asegurarse que no se han deteriorado durante el transporte, la mani

pulación o cualquier otra causa. Como precaución suplementaria se realizará un "Ensayo de Sonido". Este ensayo consiste en golpear suavemente con un instrumento ligero, no metálico como el mango de un destornillador, si se trata de ruedas pequeñas o de un mazo de madera -- cuando las ruedas sean grandes. Si la rueda emite un sonido cascado -- no debe utilizarse.

Para hacer este ensayo, las ruedas deben de estar secas y exentas de -- aserrín, pues de lo contrario se amortiguaría el sonido. En las ruedas de aglomerantes orgánicos dan un sonido menos claro que el de las ruedas vitrificadas o silicatos. Cuando la rueda sea pequeña se suspenderá por el agujero, con una pieza metálica o simplemente con el dedo y cuando sean pesadas puede hacerse la prueba apoyándolas verticalmente sobre un suelo duro y limpio, se golpearán suavemente las ruedas a -- unos 45° a ambos lados de la vertical del centro y a unos 25 ó 50 mm. de su periferia, como se indica en la Figura no. 1.16

Una rueda no averiada dará un sonido claro y metálico. Si está agrietada, el sonido será mate o apagado.

ALMACENAMIENTO.- En espera de ser empleadas las ruedas deben permanecer protegidas. Su almacenamiento debe hacerse de tal forma que permita seleccionarlas y cogerlas sin estropearlas ni siquiera tocar las -- demás. A tal efecto deben de preverse estanterías, casilleros o cajones.

nes para colocar los distintos tipos de ruedas utilizadas. Dichos elementos se colocarán en locales de almacenamiento que deberán mantenerse siempre secos y no sujetos a temperaturas extremas, sobre todo cuando las ruedas sean a base de aglomerantes orgánicos.

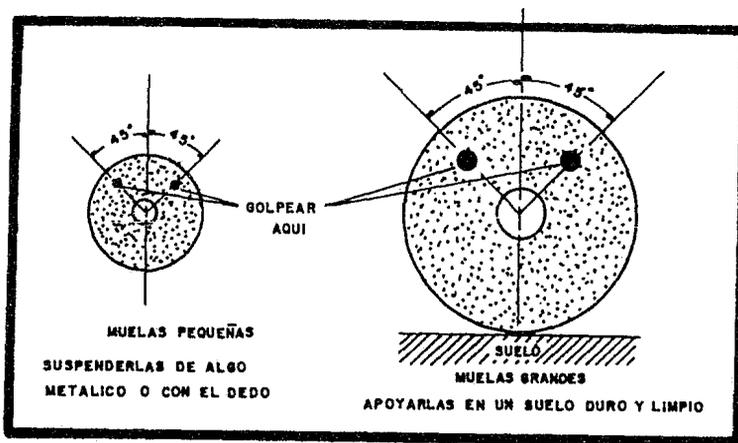


FIG. I.16 Prueba del sonido.

Los estantes y casilleros deberán construirse teniendo en cuenta las siguientes observaciones:

- 1.- Las ruedas de tronzar (de aglomerante orgánico) deben colocarse -- horizontales sobre una superficie bien plana y al abrigo de excesiva temperatura, para evitar su abarquillamiento.

- 2.- Las ruedas planas o cónicas de cierto espesor se colocarán apoyadas por su periferia. Preferentemente, los estantes deben de ofrecer dos puntos de apoyo para evitar que las ruedas puedan rodar y tener varias separaciones para no tener que mover muchas para sacar una.
- 3.- Las ruedas tipo aro y las de copa grandes pueden colocarse horizontalmente con cartón ondulado y otro material que forme cojín entre ellas.
- 4.- Las ruedas pequeñas de copa, montadas sobre eje y de rectificado de interiores, pueden conservarse en cajas o cajones.

En todo caso se organizará el almacén de forma que cualquier rueda pueda localizarse de manera rápida y sin errores, para lo cual se colocarán etiquetas de identificación de los productos.

Con las lijas debe prestarse la mayor atención a las condiciones ambientales del almacén, pues el rendimiento varía en razón inversa al contenido de humedad; siendo una humedad relativa de 35 a 50% la óptima para su utilización. Una humedad excesiva puede causar el reblandecimiento del ligante, lo cual hace o bien que el grano tienda a desprenderse o que éste penetre dentro del ligante, lo que quita poder de corte; por otra parte una sequedad mayor que la indicada reduce la flexi-

bilidad del soporte llegando muchas veces a un corte cóncavo dadas las tensiones, que dan al soporte una forma curvada.

La temperatura de almacenamiento debe de oscilar entre los 18 y 23°C.

Los fabricantes de lijas dan las siguientes recomendaciones para el almacenamiento de tales productos:

- 1º Las lijas se deben almacenar en soportes, en estantes fuera de la luz solar directa.
- 2º Deben mantenerse en sus embalajes originales hasta que se les vaya a utilizar, para evitar los efectos de cambios bruscos de temperatura y humedad.
- 3º Deben evitarse zonas de almacenamiento sometidas a ciclos alternos de frío y calor o de humedad y sequedad.
- 4º Los abrasivos se almacenarán alejados de fuentes de calor o conducciones de vapor.

En cuanto a la forma de colocar los distintos tipos de lijas, deberán tenerse en consideración los siguientes aspectos:

- a) Los rollos se colocarán apoyados sobre sus partes curvadas y no sobre los extremos de las mismas.
- b) Todas las bandas se situarán dentro de cajas a fin de poder apilar las de manera práctica. Cuando se retiren de las cajas se situa--

nán colgadas de clavos lejos del suelo.

- c) Los discos de fibra, tela o papel se mantendrán en su embalaje original y cuando el paquete esté comenzado, se tendrán planos y con un peso sobre ellos.
- d) Mantener las bandas anchas en sus embalajes originales.

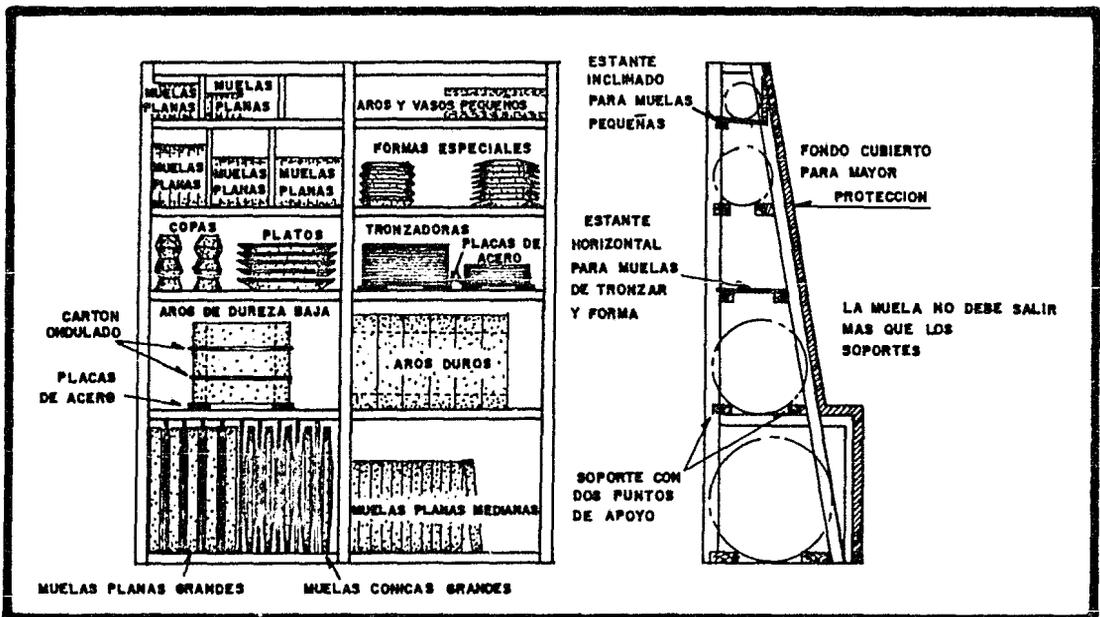


FIG. I.17 Estantes para el almacenaje de abrasivos aglomerados

2 MECANIZADO CON LOS ABRASIVOS

Normalmente es suficiente el saber que tenemos medios o -- herramientas para efectuar tal o cual trabajo, pero en con- tados casos sabemos cómo trabajan o bajo qué condiciones - los efectúan, de ahí, que en la mayoría de los casos no se pueda obtener el rendimiento deseado de esas herramientas.

La intención de este capítulo es indicar la manera de cómo y bajo qué condiciones trabajan los abrasivos, para de esta forma, poder primeramente hacer una selección adecuada del abrasivo de acuerdo al trabajo a desarrollar; segundo el modo de aplicarlo, para finalmente obtener el rendimien- to deseado.

2.1 TRABAJO DEL GRANO ABRASIVO

Tomemos una rueda abrasiva y realicemos con ella un traba- jo de rectificad^o; a simple vista podemos suponer que el - trabajo que efectúa la piedra es sencillo y sin complica-- ciones, pero nada más alejado de lo que en realidad sucede. Si analizamos microscópicamente un grano de la rueda, pode- mos determinar que, si dicha muela gira a una velocidad pe- riférica de 33 m/seg. el grano abrasivo lleva una veloci--

dad de 115 km/hr. y en consecuencia que en el punto de contacto, tanto la viruta arrancada como el grano alcanzan -- temperaturas elevadísimas, pero dichas temperaturas sólo -- se mantienen durante pequeñas fracciones de segundo porque el grano es bruscamente enfriado por el refrigerante.

En el menor de los casos la penetración del grano abrasivo en la pieza es de un 5% de su tamaño, pero la fuerza que -- se necesita para lograr lo anterior, es del orden de 900 a 1300 gramos, actuando en tiempos inferiores a 0.0001 segundo. No es posible medir la fuerza con que actúa un solo -- grano, directamente, pero existen equipos que permiten medir la fuerza total aplicada sobre la pieza, a partir de -- lo cual es posible determinar cómo se reparte dicha fuerza entre todos los granos de la zona o área de contacto. Del esfuerzo que recibe el grano, la mitad aproximadamente actúa en la dirección del movimiento del grano, mientras que la otra mitad hace que el grano penetre en el material.

Las deformaciones plásticas del metal y la fricción del -- grano abrasivo absorben una energía que crea calor, provocando temperaturas del orden de 1000°C. Como además del -- calor se producen elevadas presiones sobre el grano, se --

originan reacciones químicas en las que interviene el metal base, sus elementos de aleación, el abrasivo, el líquido de refrigeración y el propio aglomerante de la rueda; - todo ello provoca fuertes adherencias entre el material y el abrasivo.

El equilibrio entre la resistencia del abrasivo y la del material, juntamente con las fuerzas y velocidades aplicadas, hace que se produzcan los efectos antes mencionados y por dichos efectos se desgasta el grano abrasivo o se rompe. Es necesario lograr entonces, un equilibrio tal que se vaya produciendo un desgaste de las puntas del grano abrasivo hasta el punto de que por su incapacidad de corte se quiebre y aparezcan nuevas puntas o aristas de corte perfectamente afiladas. La Figura 2.1 muestra un grano abrasivo con las aristas de corte afiladas (A) y el mismo grano, con el desgaste que ha sufrido a causa del esfuerzo realizado (B).



FIG. 2.1 Desgaste del grano abrasivo.

Al desgastarse la arista de corte, la pequeña superficie - del grano que está en contacto con el material va aumentando y en consecuencia también aumenta el esfuerzo de corte, hasta un punto en que el grano abrasivo ya no puede resistir más y en tal caso o bien se quiebra, presentando nuevas aristas afiladas a causa de la estructura cristalina - que tienen los abrasivos, o bien se desprende por completo, debiendo ser sustituido por un nuevo grano para continuar el trabajo. Por lo anteriormente citado se comprende que tiene una decisiva importancia la dureza del abrasivo utilizado y también su estructura, todo lo cual viene muy determinado por su composición química. Además, el grado de disolubilidad del abrasivo en el material tiene gran influencia en su comportamiento en el mecanizado, es decir, hay que prestar atención también al factor químico, ya -- que tiene una estrecha relación con la temperatura alcanzada en la zona de trabajo. Así por ejemplo, el carburo de boro es un material muy duro, pero cuyas propiedades como herramientas quedan restringidas en muchos casos por su - comportamiento químico con los materiales que se mecanizan con él.

Si clasificamos los granos abrasivos según su grado de fria

bilidad y su dureza, podemos indicar como una orientación que, por una parte, cuanto más friables son tanto mayor capacidad de corte tienen o más afilados son (aristas más vivas), pero también se rompen con mayor facilidad, es decir cortan mejor, pero resisten menos esfuerzos que los abrasivos más tenaces, los cuales permiten mayor arranque de material (más adecuados para desbastes), por su estructura - más rala, presentando mayor superficie de trabajo (naturalmente requieren más fuerza para penetrar en el material).

En lo que se refiere a la dureza, es necesario indicar que ésta debe de estar en relación con la resistencia a la tensión y estructura del material a mecanizar. Por lo general y aunque parezca paradójico, cuanto más resistente sea el material, menos dureza puede tener el abrasivo; así pues, - para mecanizar materiales de alta resistencia a la tensión (aceros al carbón aleados, hierros forjados, etc.) se usa normalmente el Corindón u Oxido de Aluminio, mientras que para materiales de poca resistencia a la tensión (fundición gris normal, carburos cementados, etc.) se utiliza Carburo de Silicio que tiene una dureza mucho más elevada que el primero.

Se ha comprobado que la acción de corte del grano abrasivo

es prácticamente independiente del soporte que se utilice, si bien la separación entre los granos abrasivos que constituyen la herramienta de trabajo es muy distinta según se trate de:

- Abrasivos Libres
- Abrasivos Aglomerados
- Abrasivos en Lijas

La mayor unión entre granos se presenta por supuesto en -- los abrasivos aglomerados, de ahí que sea el producto con más capacidad para conseguir superficies de gran exactitud de formas.

2.2 ARCO DE CONTACTO Y VELOCIDADES PERIFERICAS

Dejando aparte el comportamiento individual de los granos abrasivos, tratemos ahora con todo el conjunto de granos - que constituyen la herramienta abrasiva tal como se emplea en la práctica, ya sea aglomerados entre sí o aplicados sobre una superficie más o menos flexible (lijas). En este caso, la herramienta flexible tiene cierta similitud con - una fresa con multitud de ángulos de corte, si bien en el caso del abrasivo los ángulos ni son definidos ni existen posibilidades de ser aplicados cuando no corta, por lo que

no existe más remedio que prescindir de ellos en cuanto no son ya útiles para el trabajo que tienen encomendados.

Además el número de filos (granos) por unidad de superficie será muy distinto según el tamaño de los granos y el espacio que exista entre ellos, es decir el denominado "espaciado" en las lijas o la "estructura" en los abrasivos aglomerados. En consecuencia, la fuerza o presión aplicada para hacer el trabajo también se reparte entre los granos que se hallan en contacto con el material, y el esfuerzo que soporta cada grano varía en función del área de contacto, de ahí la enorme importancia que tiene el área de contacto entre pieza y abrasivo al realizar un trabajo.

Para comprender mejor este concepto, utilizaremos como ejemplo un caso de rectificación cilíndrica exterior, en que la pieza sujeta entre puntos ya está animada de un movimiento de giro sobre sí misma (v_p) y sobre ella se aplica una rueda abrasiva, que también gira sobre su eje con una velocidad V_n , como se indica en la Figura 2.2 y con un avance radial A_r que tiene lugar al final de la carrera, cuando la rueda deja el contacto con la pieza. Entre la rueda y la pieza existe además un movimiento de traslación

a lo largo de los ejes de giro, que recibe el nombre de --
Avance Axial Aa.

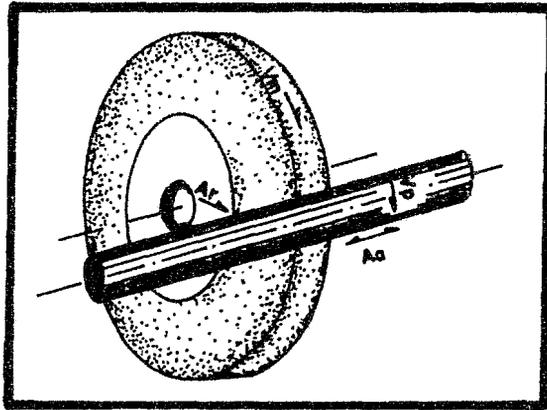


FIG. 2.2 Movimiento de rueda y pieza

La muela se apoya por su periferia en la pieza y como consecuencia del giro de ésta (vp) y del movimiento de avance axial (Aa) entra en contacto con ella a lo largo de una su perficie espiral de uno a otro extremo de la misma. El pa so de esta espiral siempre debe ser menor que la anchura - de la muela, ya que de lo contrario quedarían zonas de la pieza sin mecanizar.

Se r esentan, entonces, cuatro movimientos básicos y cua--
tro clases de esfuerzos que son:

MOVIMIENTOS

Velocidad rueda en M/s	Vm
Velocidad pieza m/min.	Vp
Avance radial en mm/carrera	Ar
Avance axial m/revolución	Aa

ESFUERZOS

Esfuerzo tangencial en Kg.	Ft
Esfuerzo axial en Kg.	Fa
Esfuerzo radial en Kg.	Fr
Resultante en Kg.	R

Como puede verse en la Figura 2.3 el avance axial (Aa), genera el esfuerzo axial (Fa) mientras el avance radial -- (Ar) produce el esfuerzo radial (Fr). Las velocidades -- (Vp + Vn) originan el esfuerzo (Ft) que es el de más significado. El punto de aplicación de estas fuerzas se halla en el área de contacto entre pieza y rueda y su valor es el esfuerzo resultante (R) indicado en la figura.

La resultante R es la que indica la capacidad de corte y grado de desgranamiento de la muela al ser aplicada proporcionalmente al número de granos de la zona afectada. Existe, entonces, una relación entre todos los esfuerzos y movimientos de manera que tanto el rendimiento como la calidad del trabajo realizado con un abrasivo dependen del correcto equilibrio entre ellos.

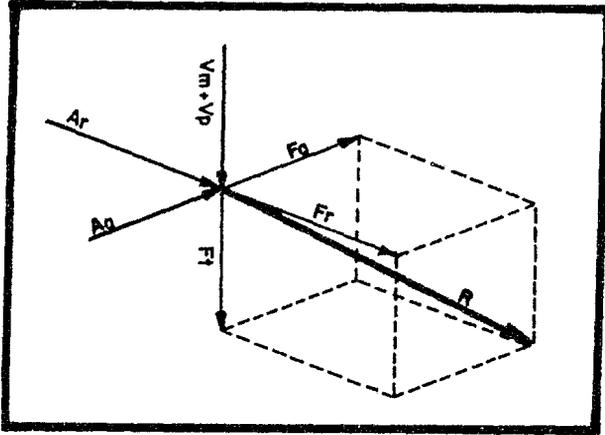


FIG. 2.3 Esfuerzos en el rectificado

Por la importancia del esfuerzo tangencial (F_t) es interesante hacer un análisis del mismo, así en la Figura 2.4 se halla representada la inferencia entre la rueda y la pieza. La inferencia se ha indicado por la cota "a" y su valor es:

$$a = (R_p + R_m) - d$$

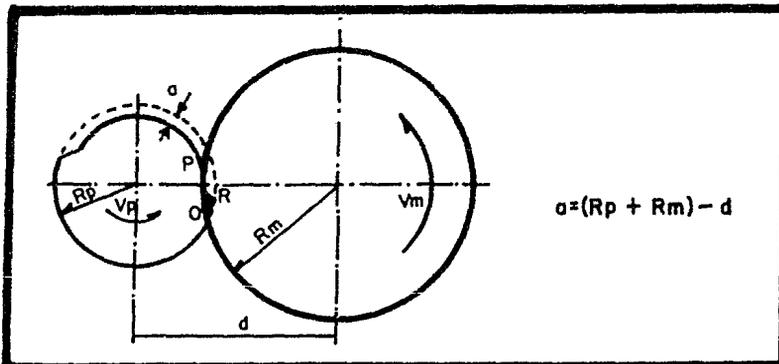


FIG. 2.4 Esfuerzo tangencial

Al valor "a" se le denomina profundidad de pasada y es el material que se elimina de la pieza por pasada en sentido radial. Considerando de nuevo sólo uno de los granos de la periferia de la muela, que en un tiempo dado T, por el movimiento de giro de la rueda, el grano pasa de P a Q, mientras que el punto R de la pieza, supuesto inicialmente en Q, ha pasado a la nueva posición P por el movimiento de giro de la muela. La interferencia entre la pieza y la rueda, representada por el triángulo curvilíneo PQR, es la sección de viruta arrancada por el grano.

El arco PQ recibe el nombre de Arco de Contacto, siendo su valor muy importante, porque suponiendo el grueso de la rueda constante, es directamente proporcional al área de contacto. A igualdad de esfuerzos, si aumenta el área de contacto, será menor el esfuerzo específico por grano, ya que dicho esfuerzo queda repartido entre un mayor número de granos, no arrancándose éstos tan fácilmente, con lo que la rueda se comportará como si fuera más dura. Si el área de contacto disminuye, ocurre el efecto contrario, y la rueda se comporta como si fuera más blanda.

El diámetro de la muela influye en el área de contacto, ya que al aumentar actúa sobre un arco mayor; lo mismo ocurre

al aumentar el diámetro de la pieza, y la influencia puede ser mucha en una superficie plana y muchísima más en el -- rectificado de un agujero (Figura 2.5). Por tanto hay que tener en cuenta este arco o área de contacto al determinar la dureza de los abrasivos.

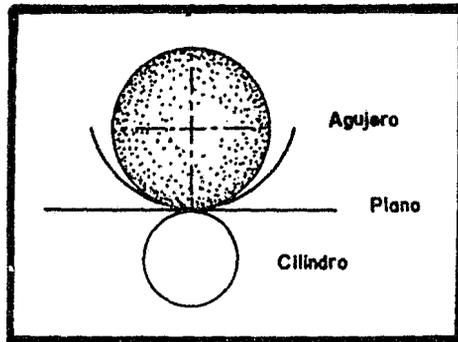


FIG. 2.5 Arcos de contacto

Por ahora observemos la Figura 2.6 y supongamos constantes los diámetros de la pieza y rueda y la profundidad de pasada "a"; la longitud de los arcos PO y RQ depende de la relación V_p/V_m .

En efecto, si aumentamos (V_p), de la relación anterior se deduce que el punto R que antes describía el arco QR, ahora describirá uno mayor, es decir el área del triángulo --

PQR será mayor, así como la longitud QR, al crecer QR también crecen los esfuerzos sobre el grano, por lo que será más fácil que se desgranen y la muela resultará más blanda. Por el contrario, si el cociente o relación anterior tiende a disminuir, la muela se comportará como más dura.

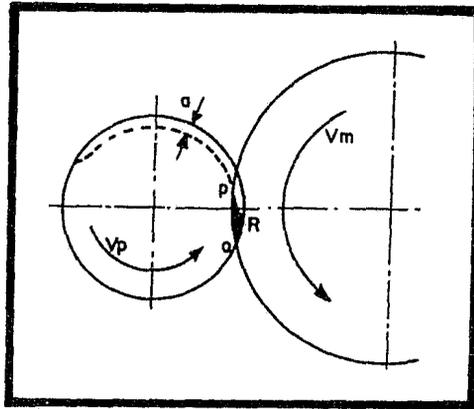


FIG. 2.6 Relación entre las fuerzas en el rectificado

En resumen, hay que tener en cuenta los esfuerzos y los movimientos en los trabajos con herramientas abrasivas, ya que de éstos depende que se consigan o no los resultados deseados. Conocer estos factores sirve también para efectuar correcciones en el proceso de mecanizado; aplicando determinados ajustes es posible sacar rendimientos con mue

las que en un principio parecían no ser adecuadas para el trabajo. En la siguiente tabla se indican esquemáticamente los conceptos básicos.

PARA HACER QUE UNA MUELA SE COMPORTE COMO MAS BLANDA	PARA HACER QUE UNA MUELA SE COMPORTE COMO MAS DURA
Aumentar la profundidad de pasada	Disminuir la profundidad de pasada
Aumentar la velocidad periférica de la pieza	Disminuir la velocidad periférica de la pieza
Disminuir la velocidad periférica de la muela	Aumentar la velocidad periférica de la muela
Aumentar el avance axial	Disminuir el avance axial

TABLA 2.1 Concepto de comportamientos de los abrasivos

2.3 ELECCION DE LOS ABRASIVOS AGLOMERADOS

Si tomamos en cuenta que en la práctica se utilizan como mínimo de diez a doce tipos de materiales abrasivos para la fabricación de los abrasivos aglomerados, que en cada tipo cuenta con una treintena de tamaños de grano, que existen unos seis tipos de aglomerantes, con una gran cantidad de variantes, todo lo cual permite conseguir más de veinte durezas distintas y una docena de estructuras, se comprenderá entonces, las muchísimas posibilidades que

ofrecen los abrasivos aglomerados y también la dificultad que representa tener en cuenta todos los factores que intervienen en el momento de fijar las características de uno de tales abrasivos; tanto más en cuanto al número de variantes de las características, hay que añadir las posibilidades de formas y dimensiones del cuerpo abrasivo, de la pieza a mecanizar, el material de la misma, la operación a realizar y la máquina usada para ello. La Figura 2.7 indica esquemáticamente los conceptos que se deben tener en cuenta para determinar las características de un abrasivo.

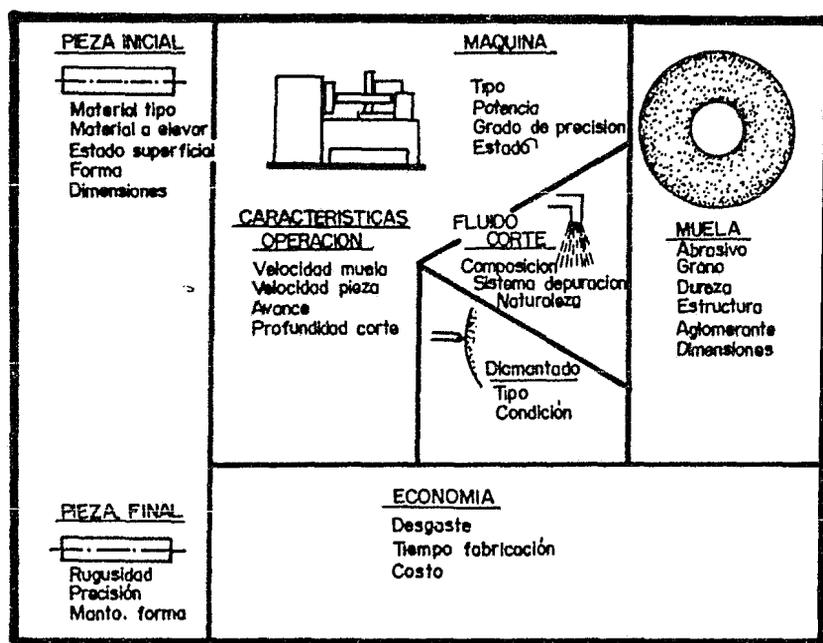


FIG. 2.7 Factores que intervienen en la elección de los abrasivos.

Analizaremos los principales factores que afectan a cada uno de los componentes de las características de un cuerpo abrasivo aglomerado, es decir: abrasivo, grano, dureza, estructura y aglomerante.

ABRASIVO.- Depende fundamentalmente del material a trabajar; tal como se ha apuntado antes, la regla general es; - para metales de gran resistencia a la tracción, se usarán abrasivos de óxido de aluminio y para materiales de poca resistencia a la tracción Carburo de Silicio. Ahora bien, como existen muchos tipos de óxido de aluminio y carburo de silicio, que van desde tenaces a friables, es necesario precisar algo más, por lo cual se ha hecho un resumen - - orientativo mostrado en la Tabla 2.2

GRANO.- Para la determinación del tamaño del grano intervienen básicamente:

1.- Acabado superficial requerido. El tamaño del grano - - afecta definitivamente al acabado de la pieza. Los granos finos ofrecen un acabado más fino y viceversa.

2.- Cantidad de material a arrancar. Cuando la cantidad - de material a arrancar es grande, deberán elegirse granos

bastos. Hay que tener en cuenta que en los materiales de mucha dureza se emplean granos más finos porque la propia dureza del material impide la penetración de un grano grueso.

3.- Propiedades físicas del material. Los materiales blandos y dúctiles permiten utilizar granos más bastos que los materiales duros y quebradizos.

4.- Configuración de la pieza. Cuando en el rectificado se utilicen muelas perfiladas, es aconsejable emplear granos más finos, e incluso combinación de granos para mantener los perfiles.

MATERIAL	ABRASIVO	TIPO	APLICACION
Aceros al carbón Aceros rápidos Aceros aleados Estelita Hierro dulce Bronce duro	Oxido de aluminio	Tenaz	Materiales baja dureza Trabajos de desbaste Tronzado
		Semienfriable	Rectificados en plomíe Piezas conformadas
Fundición gris Latón o bronce blando Aluminio Metal duro Cristal Mármol Acero inoxidable	Carburo de silicio	Friable	Materiales alta dureza Rectificados finos Afilado de herramientas

TABLA 2.2 Resumen de tipos de abrasivos a aplicar

DUREZA.- La dureza es uno de los factores que afectan más decisivamente al comportamiento del cuerpo abrasivo en el trabajo, puesto que una vez ajustado el tipo de abrasivo - al material y el tamaño del grano a la superficie deseada, puede decirse que la mayoría de las variantes del trabajo tienen muy estrecha relación con dureza, por el hecho que va íntimamente ligada con el área de contacto y la velocidad periférica, tal como se ha visto anteriormente. Así - afectan a la selección de la dureza:

- 1) Area de contacto entre abrasivo y pieza. Cuanto más - reducida sea el área de contacto, tanto más duro debe ser el abrasivo aglomerado. Como orientación diremos que aproximadamente cada pulgada de anchura de una rueda abrasiva representa una letra (más ancho = más blanda). Asimismo cada pulgada de diámetro de la pieza -- viene a representar también una letra (mayor diámetro = más blanda).
- 2) Velocidad de la pieza y abrasivo. Cuanto mayor sea la relación de velocidades entre pieza y abrasivo, tanto mayor dureza debe tener el abrasivo aglomerado. Generalmente cada 8 m/seg. de aumento en la velocidad periférica del abrasivo, viene afectado por una letra de -

diferencia en la dureza.

- 3) Característica del material. La norma general es emplear abrasivos aglomerados duros, para materiales blandos y viceversa. Esta norma general sirve, pero hay ciertas excepciones; así en aceros de resistencia inferior a los 45 Kg/mm^2 deben escogerse muelas blandas y óxido de aluminio friable. También en los aceros de baja aleación se elegirán muelas blandas, y en los aceros de alta aleación (2%C) las muelas tendrán una dureza media.
- 4) Forma de la pieza. Si la superficie de la pieza presenta ranuras centrales, la muela usada debe ser ligeramente dura. También en rectificadores que deban mantener la forma, deberán usarse muelas más duras.
- 5) Máquinas y condiciones de trabajo. Si se producen vibraciones, la rueda deberá ser más dura de lo que sería empleando una máquina en buenas condiciones. Al emplear refrigerantes, para conseguir el mismo acabado superficial pueden usarse muelas ligeramente más duras.

ESTRUCTURA.- La estructura afecta a los siguientes factores:

- 1.- Características del Material. Cuanto más blando y dúctil sea el material a mecanizar, tanto más abierta debe ser la estructura, para facilitar la eliminación de virutas; por el contrario, los materiales duros y quebradizos precisan estructuras cerradas, excepto en carburos metálicos que debe ser algo abierta.
- 2.- Condiciones de Trabajo. Las operaciones de rectificado de superficies o con mucha área de contacto requieren estructura abierta. Cuando se ejerzan elevadas presiones entre abrasivo y pieza, la estructura será cerrada. Si la presión es variable como en el caso de desbastes y rebarbados, es preferible emplear estructuras más abiertas que lo habitual.
- 3.- Acabado superficial. En los acabados finos debe utilizarse abrasivos con estructuras cerradas y viceversa.

AGLOMERANTE.- El aglomerante confiere al cuerpo abrasivo una mayor o menor elasticidad, según sea el tipo utilizado; así pues los factores que determinan la conveniencia de --

MATERIALES	CARACTERISTICAS	GAMAS DE	
		GRANOS	DUREZAS
Estelita	A 30 R B	24·36	R·T
Ferodo	C 24 Q B	24·36	Q·R
Goma	C 36 Q B	24·46	N·Q
Granito	C 20 Q B	24·30	M·P
Hierro fundido	A 24 R B	24·36	R·T
Ladrillos	C 20 P B	20·36	O·R
Latón(tubos)	A 60 P B	46·60	O·R
Latón(barra)	C 24 Q B	24·36	P·R
Mármol	C 30 Q B	24·30	L·O
Plásticos	C 120 L R	100·120	K·M
Porcelana	C 60 M B	60·100	L·M
Tubos (acero)	A 30 R B	36·46	Q·S
Tubos (aluminio)	A 36 Q B	30·46	Q·S
Vidrio	C 150 L B	120·180	K·N
Vidrio(tubos)	C 120 R	100·180	K·N

NOTA: Los abrasivos se han indicado de acuerdo a la siguiente clave: AN=Corindón normal(tenaz), AM=Corindón compuesto(semifriable), AF=Corindón blanco(friable), CN= Carburo de Silicio(normal), Carburo de Silicio(verde).

TABLA 2.3

Dado el gran número de factores que intervienen en un proceso de mecanizado con abrasivos aglomerados, es recomendable que al solicitar por primera vez una de estas herramientas al fabricante, se remitan los datos necesarios para que puedan ser determinadas las características más idóneas para el trabajo al cual va a ser destinada.

2.4 ELECCION DE LIJAS

En los últimos años los abrasivos aplicados se están introduciendo en campos que anteriormente eran privativos de -- otras formas de abrasivo, e incluso de otras herramientas, motivo por el cual los fabricantes de estos abrasivos han evolucionado en competencia, lanzando al mercado nuevos -- productos en constante mejora que van destinados a cumplir las exigencias de las nuevas aplicaciones. Nos hayamos ante una gran variedad de aplicaciones, máquinas para realizarlos y una amplia gama de tipos de abrasivos, todo lo -- cual hay que saber conjuntarlo de forma que puedan obtenerse los resultados óptimos.

El abrasivo a elegir dependerá de los siguientes factores, que pueden considerarse como los más fundamentales:

- Material de la pieza
- Forma y Dimensiones de la misma
- Máquina a utilizar
- Nivel de calidad superficial exigida
- Operación posterior y anterior
- Personal que realiza el trabajo.

La elección de un abrasivo que cumpla los rendimientos exigidos y que a la vez nos ofrezca un alto rendimiento, no es una tarea fácil, pues si bien es verdad que el número de factores que intervienen no es igual a los que aparecen en los abrasivos aglomerados, también lo es que por la decisiva importancia de cada uno resulta prácticamente imposible dar unas normas concretas para su elección. Seguidamente se dan unas instrucciones orientativas para la elección de las lijas, debiéndose hacer constar que en el rendimiento interviene de forma decisiva el soporte sobre el cual se apoya el abrasivo durante el trabajo (poleas de -- contacto, platos para disco, etc.) recordemos que un abrasivo aplicado está formado fundamentalmente por el grano abrasivo, el ligante y el soporte, los cuales deben determinarse en función de los factores anteriormente enunciados, al decidir el producto a emplear.

ABRASIVO.- El tipo o clase de abrasivo a emplear tiene una íntima relación con el material de la pieza a mecanizar, - así pues al igual que se ha indicado para los abrasivos -- aglomerados, por regla general se emplea óxido de aluminio para los materiales de elevada resistencia a la tensión y el carburo de silicio para los materiales de baja resistencia a la tensión; no obstante en este caso hay muchas excepciones de la norma ya que se utilizan profusamente abrasivos de óxido de aluminio para los materiales de baja resistencia a la tracción, porque aunque tengan mayor desgaste que el carburo de silicio, resultan más rentables efectuando mejor corte, ya que en las lijas se trata del trabajo - hecho por un grano abrasivo individual. El tamaño del grano afecta directamente a la calidad superficial de la pieza mecanizada, pero hay que tener en cuenta que:

- La presión influye en el grado de acabado, puesto que a mayor presión ejercida, más profundamente penetra en el material y por tanto más basta será la superficie.
- Si la velocidad aumenta, el mismo grano se comportará como si fuese más fino.
- Los lubricantes hacen que un mismo grano dé mejor acabado.

- Cuando hay un movimiento de rotación entre la pieza y el abrasivo, si ambos giran en sentidos contrarios, el acabado será más basto que si giran en el mismo sentido.
- El mismo material de que está hecha la pieza influye en el acabado, así en los materiales duros el grano penetra menos y el acabado superficial será más fino que el conseguido con el mismo abrasivo sobre un material más blando. No obstante en materiales dúctiles algunas veces se consigue excepcionalmente una mejor calidad debido a que la temperatura generada en el mecanizado reblandece el material y deja un zurco menor.

El grado de desgaste del abrasivo determina el acabado superficial, por lo cual un mismo abrasivo se comportará de forma distinta al iniciar su trabajo y cuando ya lleve un tiempo trabajando.

Por último como se ha dicho antes, la dureza, tanto del propio abrasivo como de su apoyo o soporte influye también en la rugosidad conseguida. Cuanto más duro y rígido sea el conjuntc, más basto será el resultado.

LIGANTES.- Los abrasivos aplicados están constituídos como

ya se dijo, por dos capas de ligamentos, una de base y otra para asegurar el anclaje del grano. En ciertos casos pueden tener otras capas adicionales, para obtener un mejor anclaje del abrasivo en los trabajos duros y también contener productos que actúen como lubricantes incorporados en la misma herramienta, productos que van desprendiéndose al generar calor. La posibilidad de combinación de las diversas variedades de productos ligantes existentes es bastante grande, por lo que aquí sólo podemos dar unas indicaciones generales en lo concerniente al material a remover y la rigidez posible del trabajo, puesto que ciertas combinaciones dan más flexibilidad al soporte que otras.

Una combinación de ligamentos de resina ofrece una considerable rigidez, y lo más adecuado para remover grandes cantidades de material, ya que resiste enormes esfuerzos. Si hay que desbastar piezas metálicas duras (inoxidables) con grandes superficies, es aconsejable incluso utilizar productos estructurados con una tercera capa de resina ya que si bien requieren mayor potencia de la máquina, su duración y rendimiento aumentan en forma notable. Este tipo de abrasivos, fabricados totalmente con resina, también se utilizan con tratamiento impermeabilizador del soporte, pa

ra trabajos húmedos.

Una combinación de ligamentos de cola y resina tiene una mayor flexibilidad y es lo más adecuado para efectuar operaciones de poco arranque de material y acabados en piezas metálicas.

Empleando abrasivo cuyas capas de ligante sean totalmente de colas de origen animal, se pueden trabajar materiales blandos (madera, etc.) y realizar acabados en general.

SOPORTE.- El tipo de soporte, su grosor y resistencia se deben elegir en función del esfuerzo a que se le someta, cuanto mayor sea el esfuerzo, tanto más resistente deberá ser el soporte, asimismo, cuando tengamos que mecanizar piezas contorneadas, debe elegirse un soporte flexible, al igual que para acabados, ya que una excesivamente rígida puede producir deformaciones en la pieza. Hay que encontrar el punto óptimo entre resistencia, grueso y flexibilidad, puesto que por lo general en este caso una cualquiera de estas propiedades es antagónica de las otras.

Existe otro concepto en las lijas, el espaciado entre los granos que debe ser considerado, puesto que los materiales

con tendencia a producir un embozamiento en los abrasivos son mecanizados más fácilmente por eliminar las virutas producidas, en lugar de quedar depositados entre granos abrasivos. Téngase en cuenta que al haber menos granos por unidad de área, éstos penetrarán más profundamente en el material.

Características orientativas para diversos trabajos y materiales

MATERIAL	CARACTERISTICAS	GAMA DE	
		GRANOS	DUREZA
DESBASTE			
<u>Máquinas portátiles</u>			
Aceros en general (45 m/s)	A 24 Q - B	20-30	P - R
Aceros en general (80 m/s)	C 30 Q 5 B	20-36	N - Q
Aluminio(45 m/s)	A 30 Q 5 B	20-36	Q - R
Cordones soldadura (45 m/s)	A 30 Q 5 B	20-36	P - R
Cordones soldadura (80 m/s)	A 30 R - B	24-36	Q - S
Hierro fundido(45 m/s)	C 20 Q 5 B	16-30	P - R
Hierro fundido(80 m/s)	C 24 S - B	20-30	Q - S
<u>Máquinas pedestal</u>			
Aceros en general(30m/s)	A 20 Q 5 V	18 -30	P -R
Aceros en general(45m/s)	A 16 Q 4 B	16 -24	P -R
Aceros en general(80m/s)	A 24 O 5 B	20-30	N -P
Aluminio(30m/s)	C 24 N 4 V	18 -30	M -P
Aluminio(45 m/s)	C 20 O 4 B	16 -24	N -Q
Bronce(30m/s)	C 20 P 4 V	18 -30	O -Q
Bronce(45m/s)	C 16 P 4 B	16 -24	O -Q
Hierro fundido(30m/s)	C 20 Q 4 V	16 -24	P -R
Hierro fundido(45 m/s)	C 16 R 4 B	16 -24	Q - S
Hierro fundido(80m/s)	A 24 P 5 B	20-30	O -Q
Hierro maleable(30 m/s)	A 16 P 5 V	16 -24	O -Q
Hierro maleable(45 m/s)	A 16 P 3 B	16-24	O -Q
Hierro maleable (80 m/s)	A 24 M 6	20-30	M -O
<u>Máquinas suspendidas</u>			
Aceros en general(45 m/s)	A 12 R 5 B	12-20	Q - R
Aceros en general(80 m/s)	A 18 N 5 B	16-24	N -P
Hierro fundido (45 m/s)	C 16 R 5 B	16-24	Q - S
Hierro fundido (80 m/s)	C 20 O 5 B	16-24	N -P
Hierro maleable(45 m/s)	A 14 P 5 B	16-24	O -Q
Hierro maleable(80m/s)	A 20 M 5 B	16-24	M -O
AFILADO DE HERRAMIENTAS			
Brocas de metal duro	C 54 J 7 V	46-60	I - K
Brocas(automáticamente)	C 54 K 7 V	36-60	J -M
Brocas(a mano)	A 54 L 7 V	36-60	K -N
Cuchillas	A 46 J 7 V	36-60	I -M

MATERIAL	CARACTERISTICAS	GAMA DE	
		GRANOS	DUREZA
Cuchillas afeitar (afilado)	A' 60 N 5 E	500-600	I-K
Escariadores	A 60 K 8 V	46-60	J-L
Estelita (brocas)	A 60 K 7 V	46-60	I-K
Estelita (torno y fresas)	A 46 L 7 V	36-46	K-N
Fresas (para madera)	A 46 H 7 V	36-60	H-K
Fresas (para metal)	A 60 J 7 V	46-60	I-L
Fresas (ranuras, muela delgada)	A 80 S 5 B	60-100	Q-S
Herramientas acero carbono (desbaste)	A 46 L 7 V	36-46	K-M
Herramientas acero carbono (afilado)	A 80 K 7 V	60-100	J-L
Herramientas acero carbono (automáticas)	A 60 J 7 V	46-80	I-L
Machos roscas (ranuras)	A 80 L 7 V	60-80	K-M
Machos roscas (deslazonado)	A 60 J 7 V	46-60	I-L
Matrices y troqueles (muelas mont.)	A 80 Q 5 V	46-80	O-R
Metal duro (mano)	C 80 J 7 V	46-100	I-M
Metal duro	C 46 I 7 V	60-100	H-M
Reavivado muelas (limas y bloques)	C 20 W 4 V	20-24	T-W
Reavivado muelas (coronas)	C 14 S 5 V	12-18	S-T
Sierra cinta (madera)	A 60 P 6 V	46-80	O-Q
Sierra cinta (metal)	A 80 O 7 V	60-100	N-P
Sierras circulares	A 54 N 7 V	46-60	M-N
Tijeras	A 100 L 8 V	80-120	K-M
RECTIFICADO DE INTERIORES			
Acero sin templar	A 54 L 7 V	46-60	L-N
Aceros alta aleación	A 54 L 7 V	46-60	I-K
Acero inoxidable (austenítico)	C 46 J 7 V	46-80	J-K
Acero inoxidable (martensítico)	A 46 K 7 V	46-80	K-M
Acero templado	A 60 K 7 V	46-80	I-K
Acero rápido	A 46 I 7 V	46-80	I-K
Acero nitruración	A 60 I 7 V	46-80	H-K
Aluminio	C 46 J 7 V	46-60	I-K
Aros rodamientos	A 86 K 7 V	60-100	J-L
Baquelita	C 60 K 7 V	46-60	J-L
Bielas	A 46 L 7 V	46-60	K-M
Bronce duro	C 46 K 7 V	46-80	I-K
Cilindros hierro fundido	C 46 I 7 V	46-80	I-K
Cilindros aceros	A 60 J 7 V	46-80	H-K
Cromado (piezas)	A 80 J 7 V	60-80	H-K
Herramientas y matrices	A 54 J 7 V	46-60	I-K

MATERIAL	CARACTERISTICAS	GAMA DE	
		GRANOS	DUREZAS
Hierro fundido	C 46 K 7 V	36 - 60	H-K
Latón y bronce blando	C 46 J 7 V	36 - 60	I-K
Metal duro (desbaste)	C 60 H 7 V	46 - 60	G-J
Metal duro (acabado)	C 100 H 9 V	80 - 120	G-J
Plásticos	C 46 J 5 V	36 - 60	H-K
Rodadura rodamientos	A 120 R 5 R	100 - 150	Q-S
Titanio	C 60 K 7 V	46 - 80	I-L
RECTIFICADO CILINDRICO EXTERIOR			
Aceros sin templar	A 46 M 7 V	36 - 60	L-N
Aceros alta aleación	A 54 L 7 V	46 - 60	K-M
Aceros inoxidable (austenítico)	C 54 K 7 V	46 - 60	K-M
Aceros inoxidable (martensítico)	A 46 L 7 V	46 - 60	K-M
Aceros templado	A 54 L 7 V	46 - 80	J-L
Aceros rápidos	A 60 J 7 V	46 - 80	I-J
Aceros nitrurados (desbaste)	A 54 J 7 V	46 - 80	I-K
Aceros nitrurados (acabado)	C 100 I 7 V	60 - 120	I-K
Aluminio	A 36 J 7 V	30 - 60	I-K
Arboles de levas	A 60 M 7 B	46 - 60	K-M
Aros rodamientos	A 80 K 7 V	60 - 100	J-L
Brocas helicoidales	A 54 M 7 V	46 - 80	L-N
Bronce	C 46 K 7 V	36 - 60	K-M
Carreas rodamientos	A 100 R 7 R	100 - 120	Q-S
Casquillos fundición	C 36 K 7 V	36 - 60	J-L
Casquillos acero templado	A 60 L 7 V	46 - 80	K-M
Cigüeñales (desbaste)	A 36 N 5 V	36 - 46	L-O
Cigüeñales (acabado)	A 54 M 5 V	46 - 60	L-M
Cilindros laminación (fundición)	C 30 K 5 B	30 - 46	I-L
Cilindros laminación (acero)	A 54 K 4 B	36 - 60	H-K
Cobre	C 60 K 7 V	46 - 60	K-M
Cromados	A 80 K 7 V	60 - 100	K-M
Cromados (superacabados)	A 320 J 5 B	280 - 500	I-L
Cromados (acabados comercial)	A 150 K 5 E	120 - 150	J-L
Estrella	A 54 K 7 V	46 - 60	J-L
Goma	A 60 G 10 V	60 - 100	G-J
Hierro fundido	C 36 K 7 V	36 - 60	J-K
Latón	C 36 J 7 V	36 - 60	J-L
Levas (acero duro)	A 80 P 7 R	60 - 100	M-Q
Metal duro	C 80 I 8 V	60 - 100	G-J

MATERIAL	CARACTERISTICAS	GAMA DE	
		GRANOS	DUREZAS
Pistones	C 46 J 7 V	36·60	I·K
Porcelana	C 46 J 7 V	46·60	I·K
Titanio	C 60 K 7 V	46·60	K·M
RECTIFICADO SIN CENTROS			
Aceros no templado	A 54 N 7 V	46·80	L·N
Acero alta aleación	A 60 M 7 V	46·80	K·M
Acero inoxidable (austenítico)	C 60 L 7 V	46·60	L·M
Acero inoxidable (martensítico)	A 60 M 7 V	46·60	L·M
Acero templado	A 60 L 7 V	46·80	K·M
Acero rápido	A 60 K 7 V	46·80	J·L
Aluminio	C 46 K 7 V	36·46	K·M
Aros rodamientos	A 70 M 5 V	60·80	L·M
Baquelita	C 54 J 7 V	36·60	J·M
Bolas	A 80 U 7 V	60·100	S·U
Brocas helicoidales	A 60 M 7 V	60·80	K·N
Bronces	C 60 M 7 V	46·60	J·L
Carbones	C 46 K 7 V	36·46	I·K
Casquillos fundición	C 46 J 7 V	36·60	J·L
Casquillos acero templado	A 60 L 8 V	46·80	K·M
Hierro fundido	C 46 L 7 V	36·60	J·L
Jaulas rodillos	A 80 K 7 V	60·100	K·M
Latón	C 46 L 7 V	46·60	J·L
Pistones (aluminio)	C 60 K 7 V	46·60	J·K
Pistones (hierro fundido)	C 46 L 7 V	36·46	I·L
Plástico	C 46 J 7 V	36·60	J·L
Porcelana	C 60 L 7 V	60·80	L·M
RECTIFICADO DE SUPERFICIES PLANAS			
Muelas tangencial			
Acero no templado	A 36 J 7 V	36·60	I·K
Aceros alta aleación	A 46 J 8 V	36·60	I·K
Acero inoxidable (austenítico)	C 54 J 10 V	36·60	H·K
Acero inoxidable (martensítico)	A 46 J 8 V	36·60	I·K
Acero templado	A 46 J 8 V	36·60	G·K
Acero rápido	A 46 G 10 V	36·60	G·I
Anillos pistones	C 46 L 5 B	46·60	J·K
Bronce	C 36 J 5 V	24·36	H·J
Estelita	A 46 I 10 V	46·60	I·J
Ferodo	C 24 K 5 B	20·36	H·K

MATERIALES	CARACTERISTICAS	GAMAS DE	
		GRANOS	DUREZAS
Hierro fundido	C 30 J 7 V	30 · 60	H · J
Metal duro	C 80 H 10 V	60 · 100	G · I
Muestras vaso, segmentos o aros			
Acero no templado	A 24 J 8 V	20 · 30	J · L
Acero alta aleación	A 30 I 10 V	30 · 46	H · L
Acero inoxidable (austenítico)	C 36 J 10 V	30 · 36	H · K
Acero inoxidable (martensítico)	A 30 I 8 V	20 · 36	I · K
Acero templado	A 30 I 10 V	20 · 30	G · J
Acero rápido	A 36 F 10 V	24 · 36	F · I
Aluminio	C 24 I 7 V	24 · 36	I · K
Aros rodamiento	A 30 I 10 V	24 · 36	H · K
Bronce	C 30 I 7 V	24 · 36	H · K
Carbones	C 24 J 5 B	24 · 36	J · M
Cobre	C 20 H 7 V	20 · 36	G · K
Estelita	A 36 G 10 V	30 · 36	G · H
Granito	C 46 K 7 V	36 · 60	J · L
Hierro fundido	C 24 I 7 V	20 · 30	I · K
Latón	C 30 I 7 V	24 · 36	I · K
TRONZADO			
Acero sin templar	A 24 R B	24 · 36	R · T
Acero alta aleación	A 30 Q B	24 · 36	P · S
Acero inoxidable (austenítico)	A 30 Q B	24 · 36	P · S
Acero inoxidable (martensítico)	A 30 Q B	24 · 36	P · S
Acero templado	A 30 Q B	24 · 36	P · T
Acero rápido	A 24 P B	24 · 36	P · S
Aluminio (perfiles y tubos)	A 24 Q B	24 · 36	P · R
Aluminio (perfiles delgados)	A 60 P B	46 · 60	O · R
Aluminio (húmedo)	A 46 R R	36 · 60	Q · S
Baquelita	C 36 O B	24 · 36	Q · R
Brocas helicoidales	A 30 Q B	30 · 46	Q · R
Bronce	A 24 R B	24 · 36	P · R
Bronce (tubos)	A 80 R R	60 · 80	Q · S
Carbones	C 36 N B	36 · 60	N · P
Cemento (tubo)	C 36 P B	24 · 36	Q · R
Cemento (planchas)	C 30 N B	24 · 36	M · O
Cemento armado	C 24 Q B	20 · 30	O · R
Cobre (tubos)	A 60 Q B	46 · 60	N · O
Cobre (barra)	A 36 Q B	30 · 36	Q · S

3 TRABAJO CON LOS ABRASIVOS AGLOMERADOS Y APLICADOS

Las posibilidades de aplicación de los diversos tipos de abrasivos son bastante amplias, en este capítulo trataremos de ver en qué operaciones es necesario emplear las muelas, las máquinas apropiadas a usar y las necesidades tecnológicas que aconsejan tal recurso. Así tenemos que las muelas son necesarias en las siguientes operaciones:

- En el desbaste, donde es requerido un simple arranque de material sin mucha precisión ni pulido (desbarbado de piezas fundidas, etc.)
- En el rectificado, donde la muela debe determinar superficies lisas y de precisión.
- En el afilado, donde la muela regenera el filo de corte (según una relativa precisión) de los ángulos característicos de la herramienta.

Los principales factores que deben de tomarse en cuenta para la elección del método de trabajo adecuado son los siguientes:

- a) Calidad del abrasivo (en función de la dureza y calidad del material a trabajar)
- b) El tamaño de un grano (en función del grado de pulido que se desea obtener).
- c) Tipo de aglomerante.

- d) Velocidad de la muela
- e) Velocidad de la pieza
- f) Profundidad de la pasada
- g) Velocidad de avance lateral
- h) Clase y cantidad de líquido refrigerante.

En la práctica encontramos una amplia gama de máquinas, construidas específicamente para trabajos particulares. Por tal motivo, no es posible mencionar aquí todas las máquinas existentes, sólo mencionaremos -- aquellas que son más significativas para realizar cada uno de estos -- trabajos.

3.1 MAQUINAS DE DESBASTAR

La finalidad de las máquinas de desbastar es eliminar excesos relativamente grandes de material lo más rápidamente posible con el objeto de preparar la pieza para el acabado. El desbaste se lleva a cabo con velocidad de trabajo reducida y movimiento transversal rápido. Esto necesariamente produce un arranque de material bastante considerable, lo cual origina acabados burdos y de poca precisión.

La operación de desbaste necesita máquinas de gran potencia y resistencia, ya que los esfuerzos que se producen al arrancar grandes cantidades de material en superficies irregulares son bastante grandes.

Las características mencionadas anteriormente obligan a utilizar las máquinas de desbastar, principalmente en talleres de forja, fundición y en plantas siderúrgicas.

Las muelas que se emplean en los trabajos de desbaste al igual que las máquinas, están sometidas a grandes esfuerzos, ya sea por la irregularidad de las superficies o por las cantidades tan grandes de material arrancado y sobre todo por las diferencias de presión ejercidas contra la muela; por todo lo anterior es necesario que estas muelas tengan una cierta elasticidad, para así absorber en cierto grado las diferencias de presiones y evitar con esto la rotura de la muela, la elasticidad que deben tener éstas, está en función directa de la velocidad periférica a la que giran.

En base a su aplicación podemos clasificar las máquinas de desbastar en:

- a) Máquinas Portátiles
- b) Máquinas Suspendidas o de Péndulo
- c) Máquinas de Pedestal

a) Máquinas Portátiles.- En las máquinas portátiles la pieza se mantiene fija mientras que la máquina se mueve sobre ella, esto es, que cuando la pieza a desbastar ya sea por sus dimensiones o por la posi--

ción que guarda, no sea manejable, es la máquina que se traslada para poder realizar el trabajo de desbaste, en la Figura 3.1 se muestra al operario trabajando con una máquina portátil.

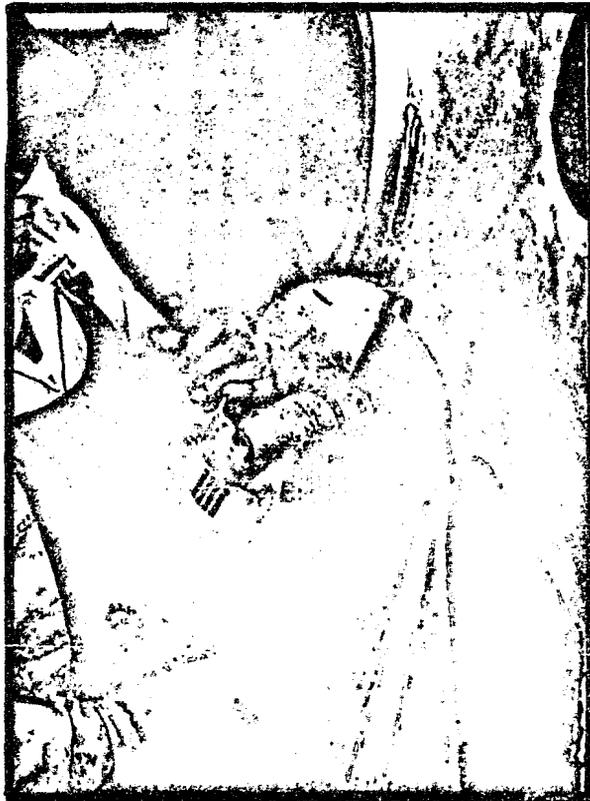


Fig. 3.1

La velocidad a la que operan las máquinas portátiles oscila entre 50 y

80 m/s, y se emplean para quitar escoria de las piezas soldadas, para quitar herrumbres y marcas de matriz en piezas fundidas, y para preparar superficies para revestimientos de acabado.

Estas máquinas, pueden ser accionadas eléctricamente, con motores normales o de alta frecuencia, o semiautomáticamente. Existen máquinas - de diferentes formas, velocidades periféricas y potencias, pero todas tienen en común el fácil manejo por parte del operario. Además de esto, otro factor que hace que estas máquinas sean consideradas de gran importancia para trabajos de desbaste en su reducido peso.

En las máquinas portátiles se emplean dos tipos básicos de muela que son:

- 1) Muelas de Centro Embutido
- 2) Muelas Planas

1) Muelas de Centro Embutido.- Son las más empleadas en los trabajos de desbaste con máquinas portátiles. Se fabrican con resina y para hacerlas más resistentes a la rotura se le añaden materiales de refuerzo, tales como el óxido de aluminio y debido a sus características físicas como son su forma y espesor presentan un grado -- bastante alto de elasticidad.

Las muelas se fabrican con centro embutido con el fin de tener ma-

yor facilidad de adoptar diferentes posiciones de amolado, además de esto impide que las tuercas de fijación obstaculicen el funcionamiento de la propia máquina.

La capacidad de desbaste de una muela está en función directa de su area de contacto así como de su velocidad periférica, añadiendo a esto, la posición de la herramienta que deberá formar un ángulo aproximado de 30° con respecto a la superficie de la pieza, esta inclinación permite al operario observar perfectamente la zona de trabajo, consiguiendo con esto que sea más efectivo el desbaste.

Una ventaja adicional de las muelas de centro embutido de poco espesor es la de ser utilizada para realizar trabajos de corte, esto significa un ahorro considerable de horas hombre, puesto que no es necesario cambiar la muela para efectuar ambas operaciones.

A diferencia de lo expuesto anteriormente, cuando es necesario eliminar imperfecciones superficiales o capas pequeñas de óxido, generalmente se trabaja con la muela completamente plana, ya que así se reduce considerablemente el tiempo de desbaste.

Al colocar la muela sobre la máquina es necesario, como medida de seguridad, hacerla trabajar en vacío y alejar al operario, esto es con el fin de comprobar que la muela se encuentra en buen estado y

proteger a la persona que la esté manejando, puesto que durante el almacenado o transporte pudo tener algún golpe que pudiera ocasionar una rotura de ésta y así provocar un accidente de consecuencias graves.

- 2) Muelas Planas.- Aunque generalmente para máquinas portátiles se emplean muelas de centro embutido, para ciertos trabajos es necesario emplear muelas planas y de forma, que pueden ser copas, vasos, puntas, conos o muelas montadas (ver anexo). En estas muelas se utilizan aglomerantes de resina, granos de óxido de aluminio y carburo de silicio. Generalmente este tipo de muelas se emplean para pequeños retoques en ángulos de difícil acceso para otras muelas.

Los principales esfuerzos a que están sometidas estas muelas son producidos por una parte por la fuerza centrífuga y por otro lado por la presión que se ejerce sobre la pieza.

- b) Máquinas Suspendidas o de Péndulo.- Este tipo de máquinas se encuentran en una posición intermedia ya que ni son portátiles ni fijas, esto es, son máquinas que como su nombre lo indica se encuentran suspendidas debido a que prácticamente están colgando gracias a la acción, ya sea de un cable de acero o de una cadena, y se encuentran empotradas en el techo. Debido a su posición es necesario que tengan un equilibrio bastante bueno, esto es con el fin de que el operario pueda ma-

nejar la máquina con mayor facilidad.

En la Figura 3.2 podemos observar un tipo de máquina suspendida.

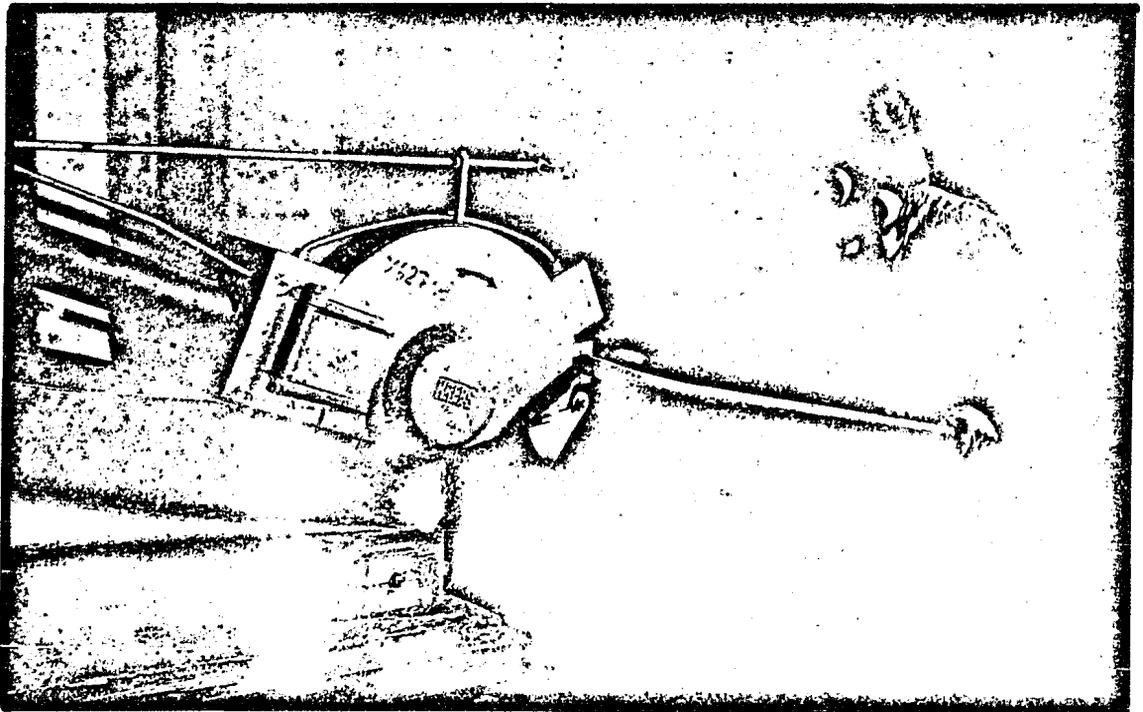


Fig. 3.2

El uso que se les dá a estas máquinas es para trabajos de desbaste de piezas grandes y en general para desbastar diferentes productos siderúrgicos.

Las muelas empleadas en este tipo de máquinas tienen diámetros que pueden ser de 400 a 600 mm. y gruesos de 25 a 80 mm.

La Tabla 3.1 indica aproximadamente la producción por hora, con lo cual se demuestra la superioridad de la muela armada para alta velocidad, en función del material arrancado.

MUELA	VELOCIDAD PERIFERICA	MATERIAL ARRANCADO
1.-Muela cerámica	30 m/s	6 kg/h
2.-Muela resina	45 m/s	10 kg/h
3.-Muela armada	80 m/s	19 kg/h

Fig. 3.1

c) Máquinas de Pedestal.- En este tipo de máquinas la pieza a trabajar es conducida por el operario hacia la muela, mientras que la máquina se mantiene fija.

En la Figura 3.3 se muestra este tipo de máquinas, las cuales son de uso común en los talleres, puesto que se puede o no emplear líquido refrigerante durante el desbaste.

La configuración de las máquinas de pedestal generalmente están constituidas por un soporte en el cual se apoya un motor eléctrico en cuyos

extremos de su eje van montadas las muelas. Existen máquinas de diferentes potencias y velocidades de trabajo, las cuales están determinadas en función del tipo de material y trabajo que se va a realizar.

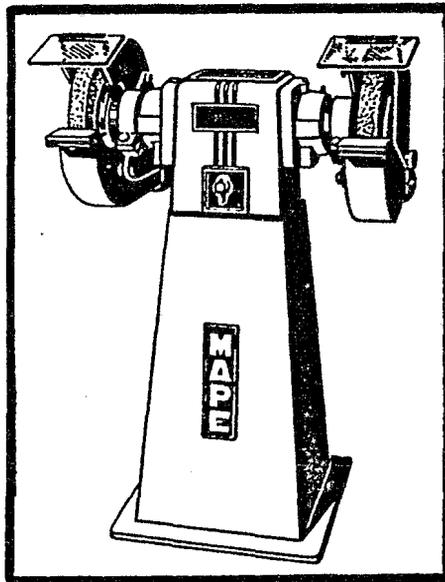


Fig. 3.3

A continuación se indican valores aproximados de velocidades periféricas para desbastar:

Acero	- 30 - 45 m/s
Fundición	- 30 m/s
Trabajos Generales	- 25 m/s

En la Figura 3.4 podemos observar otro tipo de máquinas de pedestal similar a la descrita anteriormente, pero ésta tiene mucho mayor capacidad tanto en potencia como en tamaño, estas dos características hacen que este tipo de máquinas sean usadas en trabajos de forja y fundiciones de gran tamaño, obviamente al tener mayor potencia se requiere utilizar muelas de diámetros más grandes y velocidades de giro superiores.

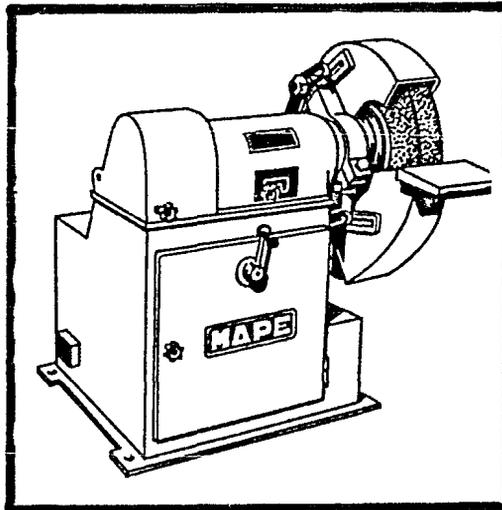


Fig. 3.4

Las muelas que se utilizan en este tipo de máquinas, generalmente están constituidas de óxido de aluminio con carburo de silicio y en ocasiones se llegan a incorporar abrasivos a base de óxido de circonio. El aglomerante principal es la resina sintética, cuando las muelas se van a emplear a velocidades mayores de 60 m/s se refuerzan con tela de fibra de vidrio.

3.2 MAQUINAS TRONZADORAS

Estas se utilizan para el corte con muela de materiales, tanto metálicos como no metálicos. Con este sistema se logra mucho más rapidez de corte, y resulta más eficiente en la medida que aumenta la dureza y la tenacidad de los materiales a cortar.

Los principales materiales que es posible cortar con este tipo de máquinas son: acero, fundición gris, bronce, latón, cables, placas, chapas y materiales de un alto grado de dureza con el titanio, tungsteno y cerámica. Con estas máquinas es posible cortar en forma normal, a inglete, longitudinal u oblicuamente en tiempos bastante reducidos.

En la Figura 3.5 se muestra el principio de las máquinas de tronzar.

La velocidad normal de trabajo de las máquinas tronzadoras es de 80 m/s con esta velocidad se obtiene un corte de calidad y un alto rendimiento durante el proceso de corte.

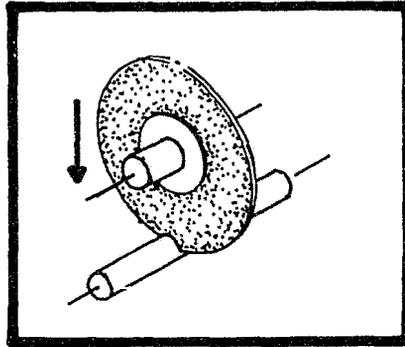


Fig. 3.5

A las máquinas tronzadoras las podemos clasificar en 4 tipos básicos - los cuales se enumeran a continuación:

- a) Máquinas Tronzadoras de Ataque
- b) Máquinas Tronzadoras Oscilantes
- c) Máquinas Tronzadoras Horizontales
- d) Máquinas Tronzadoras Rotativas

a) Máquinas Tronzadoras de Ataque.- En la Figura 3.6 podemos observar esquemáticamente la forma de operación de una máquina de este tipo.

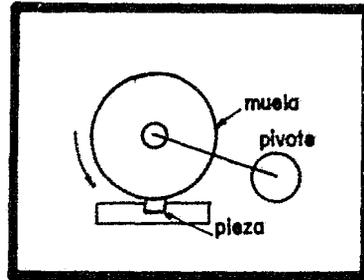


Fig. 3.6

De la Figura anterior se desprende, que la muela va montada sobre un eje, el cual forma parte de un brazo oscilante sobre el cual se ejerce una presión para que con esto la muela avance sobre la pieza. Generalmente esta acción se ejecuta manualmente aunque en ocasiones el brazo se acciona hidráulicamente.

La capacidad de corte de las máquinas tronzadoras de ataque para trabajos en barra maciza es de hasta 50 mm. de diámetro y para tubos es de 100 mm. de diámetro. Para capacidades mayores es recomendable emplear máquinas de mayor potencia. Los diámetros de las muelas usadas en las máquinas de ataque son de 350 a 400 mm.

b) Máquinas Tronzadoras Oscilantes.- En estas máquinas como su nombre lo indica se tiene un mecanismo que acciona la muela en uno y

otro sentido, esto hace que la muela oscile, para así efectuar el corte, la oscilación se realiza dentro de un plano horizontal y -- permite con esto dar reducción del arco de contacto con la pieza - además de obtener un corte mayor de sección con un diámetro bastante reducido de la muela.

En la Figura 3.7 se dá una idea del funcionamiento de este tipo de máquinas.

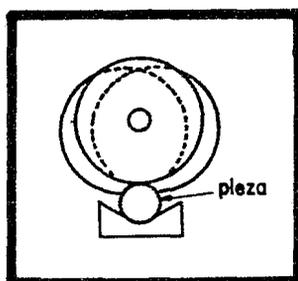


Fig.3.7

Con las máquinas oscilantes se pueden cortar barras de diámetros - relativamente grandes (300 mm. Ø) y los diámetros de sus respectivas muelas de corte varían de 350 a 850 mm.

- c) Máquinas Tronzadoras Horizontales.- La Figura 3.8 nos muestra esquemáticamente el funcionamiento de estas máquinas.

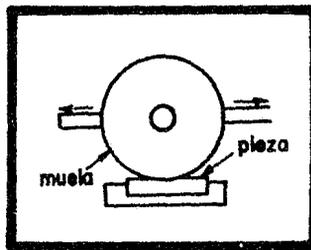


Fig. 3.8

En estas máquinas tenemos 2 alternativas, una es que la muela permanezca fija y la pieza avance horizontalmente (máquinas de muela fija) y otra es que la pieza tenga un desplazamiento horizontal -- mientras que la pieza a trabajar permanece inmóvil (máquinas de -- muela móvil). Dentro de estos dos tipos de máquinas se tienen -- bien establecidos los campos de aplicación de cada una; las máquinas de muela fija son de capacidad pequeña, por lo cual se emplean en cortes de secciones de material no metálico como el vidrio, caucho, etc., y el diámetro de las muelas de corte oscila entre 300 y 350 mm.

A diferencia de las máquinas anteriormente descritas tenemos las -- máquinas de muela móvil, las cuales se caracterizan por su gran capacidad, haciéndolas así útiles en el corte de grandes barras, per

files y planchas principalmente de acero.

Los diámetros de las muelas de corte que utilizan estas máquinas - varían de 800 a 850 mm. los cuales se consideran grandes.

- d) Máquinas Tronzadoras Rotativas.- Con las máquinas rotativas es posible cortar una gran cantidad de piezas, ya sea de diámetro pequeño o de gran diámetro y tubos de diámetros considerablemente grandes.

El funcionamiento de estas máquinas es similar al de las rectificadoras cilíndricas, esto es que tanto la muela como la pieza al cortar giran en sentido contrario una con respecto a la otra, esto hace que el corte sea más efectivo ya que la muela sólo tiene que -- efectuar la mitad del recorrido para realizar el corte respectivo. Esta ventaja nos permite emplear las máquinas rotativas para cortes de sólidos o tubos de hasta 550 mm. de diámetro.

La Figura 3.9 muestra el funcionamiento de las máquinas rotativas.

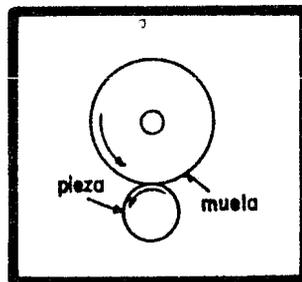


Fig. 3.9

Todos los tipos de máquinas descritos anteriormente deben de contar -- con dispositivos de seguridad, puesto que, por tener una velocidad de giro elevada en cualquier momento, ya sea por defecto de la muela o - por un mal manejo del operario puede ser que se desprenda la muela y - así originar un accidente de consecuencias graves, además de esto es - necesario que la pieza a cortar esté bien sujeta y la muela no presen- te juego alguno.

Las máquinas tronadoras pueden trabajar con líquido refrigerante o en seco, esto depende del material, acabado que se requiera y tipo de mela a emplear.

Cuando se requiere realizar trabajos de corte de gran precisión es me- nester emplear máquinas que tengan guías para las muelas, ya que así - es fácil de controlar su avance en la penetración de la pieza a cortar, para esto se cuenta con máquinas de control numérico.

Los factores que se enlistan a continuación, deben tenerse en cuenta - para una adecuada selección de la muela a emplear en las máquinas de - tronzar:

- 1) Características del material a cortar
- 2) Sección de Corte
- 3) Acabado Requerido

- 4) Tipo y potencia de la máquina
- 5) Corte en húmedo o en seco

3.3 RECTIFICADO

El rectificadado tiene como finalidad corregir las irregularidades de carácter geométrico que se producen durante las operaciones precedentes; operaciones que pueden ser de tratamiento térmico o de maquinado.

Igual que hace 100 años el herrero de mandil de cuero era la representación simbólica del trabajo de los metales, actualmente la máquina -- rectificadora caracteriza la producción en masa de precisión.

Las tolerancias de precisión y los finos acabados tan esenciales para la intercambiabilidad no se pueden conseguir económicamente sin las -- máquinas rectificadoras.

Las máquinas rectificadoras se usaron por primera vez al final del siglo pasado, convirtiéndose en las más nuevas de todas las máquinas -- herramientas de tipo estandar. Aún actualmente y debido a sus posibilidades únicas, realizan aproximadamente un tercio de todas las horas-máquina empleadas en la producción de partes de precisión, tales como los motores de automóviles y aviones, máquinas herramientas y mecanismos de transmisión. Solamente las máquinas rectificadoras pueden romper los límites de las milésimas y producir acabados de micropulgadas

y cubrir los requerimientos de producción de grandes volúmenes a gran velocidad.

Para los fines perseguidos por el rectificado se ve la necesidad de emplear, como medio de arrancar el material, los abrasivos, las herra--mientas fabricadas con estos materiales, conocidas con el nombre de -muelas, asumen, las formas geométricas representadas por sólidos de -revolución alrededor de un eje. Para satisfacer la variedad de ejecu--ciones que se pueden presentar en el rectificado de elementos de infi--nitas formas y dimensiones, y también de diverso material, se cuenta -con un vasto surtido de muelas que se diferencian entre sí por el per--fil, grano y dureza (anexo 1).

Se ha dicho que las muelas pueden fabricarse según varias formas, di--mensiones, dureza y grano; la finalidad es satisfacer las distintas -exigencias de las modernas fabricaciones y poder realizar el rectifica--do de cualquier superficie. Estas exigencias deben ser secundadas por una apropiada variedad de máquinas llamadas rectificadoras, que se di--ferencian unas de otras por sus características propias y por las dife--rentes funciones que realizan.

3.3.1 RECTIFICADORAS DE SUPERFICIES CILINDRICAS

Como su nombre lo indica, estas máquinas se emplean para rectificar su superficies cilíndricas, y mediante éstas puede lograrse una exactitud - de medidas y una elevada calidad superficial.

La exactitud que se obtiene con estas máquinas es mucho más precisa -- que la que se pudiera obtener con un torno, ya que el espesor de la vi ruta es mucho más pequeño. Lo anterior favorece a la intercambiabili- dad de piezas y herramientas que se fabrican con el fin de obtener, ya sea un apoyo o una forma determinada de deslizamiento.

Entre las máquinas de rectificado cilíndrico se distinguen básicamente dos tipos que son:

- De rectificado cilíndrico exterior
- De rectificado cilíndrico interior

estos dos tipos se describen a continuación:

3.3.1.1 RECTIFICADORAS CILINDRICAS DE EXTERIORES

Las máquinas cilíndricas de rectificación exterior son usadas para rec tificar las superficies exteriores de manguitos, pasadores, barras y - todas aquellas partes en donde se requiere una superficie exactamente cilíndrica o cónica, los trabajos que se ejecutan en éstas varían des- de los más ligeros a los más pesados.

En la Figura 3.10 se muestra una máquina de este tipo.

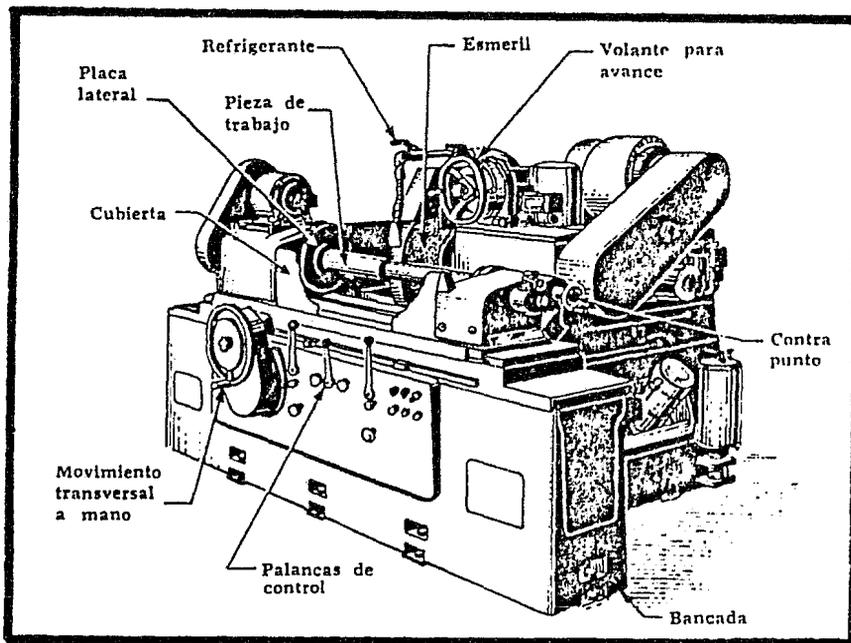


Fig. 3.10

En estas máquinas se usan principalmente dos métodos para sujetar la pieza; en un plato giratorio o entre puntos tal y como se muestra en la Figura 3.11. En ambos casos, la pieza está animada de un movimiento alternativo (longitudinal) ante la cara de una muela relativamente

estrecha.

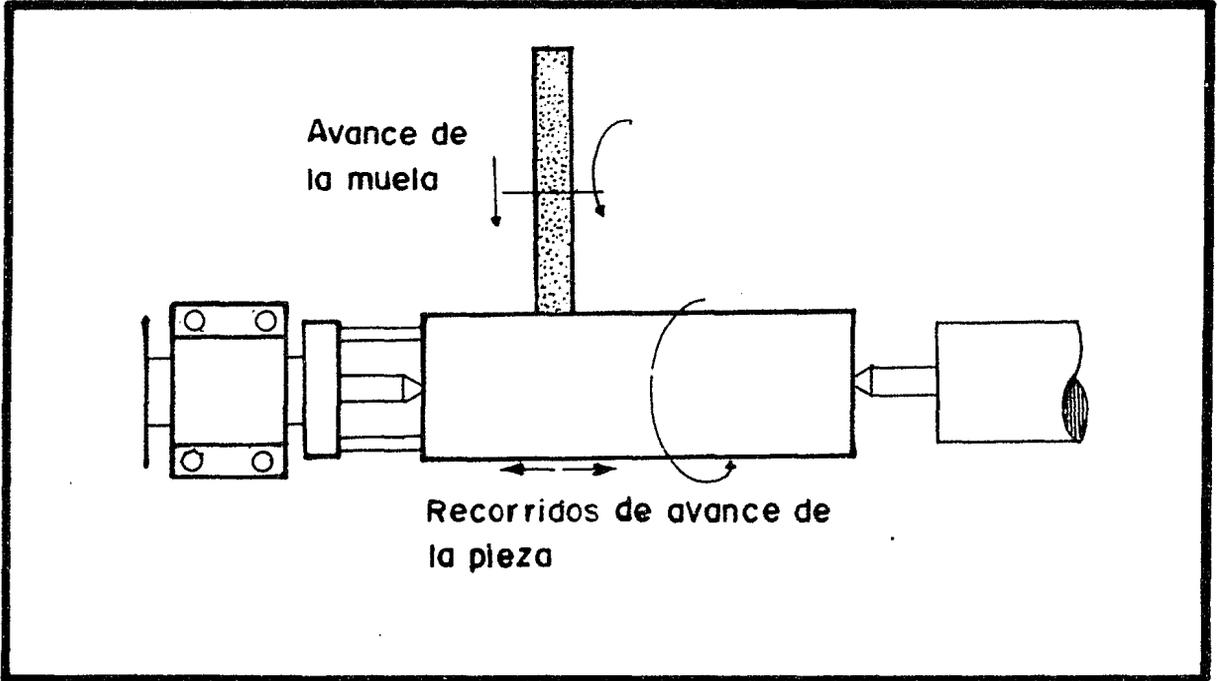


Fig. 3.11

Después de cada recorrido de la mesa, la muela avanza una distancia - igual a la profundidad del metal a quitar. Unos carriles transversales situados bajo el carro portamuelas permiten avanzar la muela hacia la pieza unas cuantas milésimas de mm. después de cada recorrido lon-

gitudinal de la mesa portapieza. La mesa portapieza es movida por un motor eléctrico montado sobre la mesa desplazable; otro motor eléctrico hace girar a la muela.

Las rectificadoras de exteriores han sido adaptadas para trabajos especiales de rectificación de cilindros de laminación, grandes y pesados, tales como los usados en el laminado del acero, fábricas de papel, imprentas, etc. Estos rodillos pueden ser de acero, fundición endurecida, cobre, latón, goma dura o blanda. Se exige en ellos unas dimensiones muy precisas y un acabado de calidad excepcional y, en muchos casos se requiere de un terminado de pulido llamado espejo. Las rectificadoras de rodillos son capaces de realizar trabajos muy pesados.

La longitud y el peso de estos rodillos introduce dos ligeras variantes con respecto a las rectificadoras ordinarias. Primeramente, se les provee de soportes intermedios, llamados como en el torno lunetas, para ayudar a soportar el peso de los rodillos después que han sido -- centrados en la máquina. En segundo lugar se dispone de un dispositivo que mueve automáticamente el carro portamuela, retirándole un poco del rodillo y acercándole después a ésta, a medida que la muela avanza paralelamente a él, dando así al rodillo un ligero abombamiento para -- compensar la flexión causada por el peso y la presión en el trabajo de laminación.

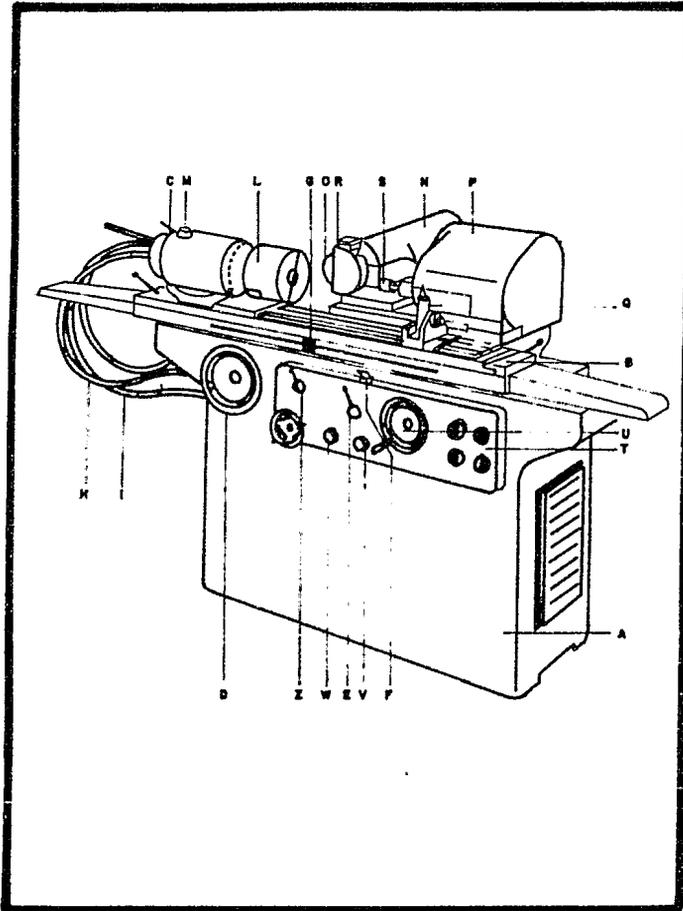
3.3.1.2 RECTIFICADORAS CILINDRICAS DE INTERIORES

Las rectificadoras de interiores se diseñan para rectificar superficies cilíndricas internas, tales como agujeros y superficies de rodamiento. Esta básica diferencia en aplicación necesita ciertas diferencias estructurales. La rueda rectificadora debe ser de un diámetro menor que el diámetro a rectificar y el husillo de la rueda se coloca sobre la mesa en lugar de detrás de ella. Además se elimina completamente el contrapunto puesto que la pieza no se puede montar entre centros para el rectificado de interiores.

La Figura 3.12 muestra este tipo de rectificadora.

Los dos tipos básicos de máquinas rectificadoras de interiores se distinguen por la forma de montar la pieza. En uno de los tipos, llamados a menudo rectificadora de mandril, la pieza se sujeta en un mandril y gira sobre su propio eje para colocar todas las partes del agujero u otras partes en contacto con la muela. En el otro tipo, llamado rectificadora planetaria el husillo de la rueda gira sobre su propio eje, - el cual a su vez gira alrededor del eje de la pieza mientras que ésta permanece estacionaria.

El rectificado por el sistema planetario se limita usualmente a piezas grandes o pesadas que no se pueden hacer girar en forma conveniente. -



- A Base
- B Mesa portapieza
- C Cabecal portapieza hidráulico
- D Manivela para el mando manual del movimiento longitudinal de la mesa
- E Palanca de mando del movimiento hidráulico de la mesa
- F Inversor del movimiento alternativo de la mesa
- G Topes de inversión del movimiento alternativo de la mesa
- H Tubo para el aceite del cabecal portapiezas
- I Tubo para líquido refrigerante
- L Protector contra salpicaduras
- M Palanca de mando del motor hidráulico
- N Muela de refrentar, que contiene el husillo portamuelas
- O Cabecal para refrentar
- P Cabecal para interiores
- Q Diamante para reavivar la muela de interiores
- R Diamante para reavivar la muela de refrentar
- S Muela para interiores (interiores).
- T Interruptores de los mandos eléctricos
- U Manivela y tambor graduado para el movimiento transversal del carro portamuelas
- V Regulador de la velocidad de la mesa
- W Regulador de la lubricación
- Z Mando del movimiento transversal

Fig. 3.12

En los casos en que la pieza se pueda sujetar en mandril y girar en forma conveniente es mejor aplicar las rectificadoras de mandril.

Las rectificadoras de mandril se constituyen en las formas horizontal y vertical, debido a la proporción entre la pieza y la muela, las rectificadoras de mandril se pueden emplear para rectificado con la cara de la rueda, rectificado de salientes y rectificado de exteriores en forma limitada así como para rectificado de interiores cuando se puedan hacer operaciones múltiples, tales como el rectificado del diámetro y asiento para cojinetes de rodamiento, se utilizan tanto la periferia como el extremo de la muela.

Los dos tipos de rectificadoras de interiores avanzan la pieza o muela de tal manera que se puede producir el largo total del agujero. Para agujeros cortos (hasta de 1.5 veces el diámetro), se hace avanzar la muela a lo largo de su propio eje. Para agujeros más profundos, es preferible soportar la muela tan rígidamente como sea posible en tanto se hace avanzar la pieza.

3.3.2 RECTIFICADORAS UNIVERSALES

En esencia, las rectificadoras universales, son rectificadoras de exteriores ordinarias que han sido adaptadas para hacer la mayor variedad posible de trabajos. Se pueden emplear generalmente como rectificadoras de interiores y exteriores, así como de superficies planas, en penetración, y de forma. Estas máquinas son ampliamente usadas en la fabricación de herramientas, y en el afilado de las mismas.

Por sus excelentes aplicaciones son máquinas usadas también en las fabricaciones en serie.

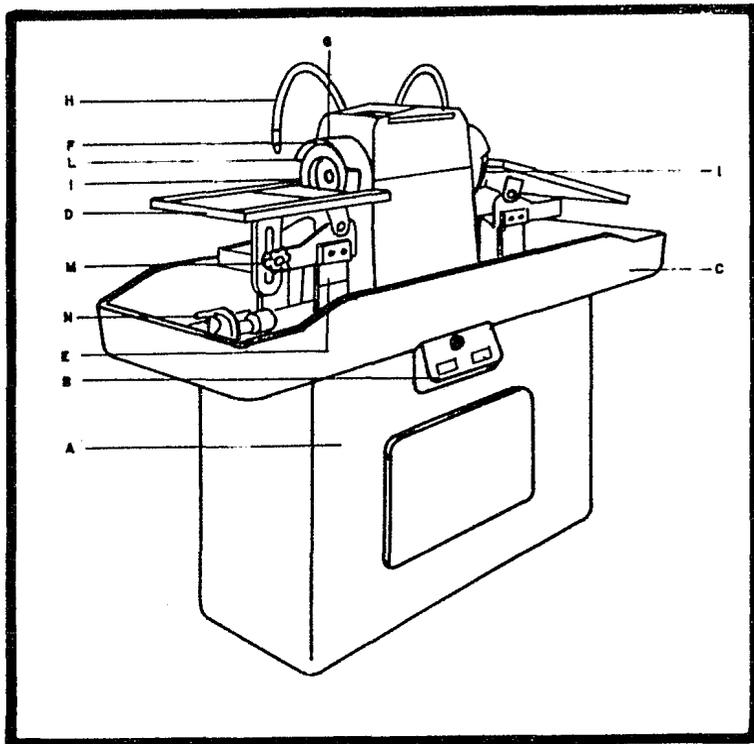
Con las rectificadoras universales pueden efectuarse las siguientes -- operaciones:

- a) Rectificado exterior de superficies cilíndricas
- b) Rectificado exterior de superficies cónicas
- c) Rectificado interior de superficies cilíndricas
- d) Rectificado interior de superficies cónicas

En todos los casos la pieza tiene el movimiento principal de rotación (para hacer los puntos de la circunferencia bajo la muela) y el movimiento de alimentación o avance (según una traslación longitudinal alternada de ida y vuelta). La muela, en cambio gira velozmente alrededor de su eje para poder arrancar uniformemente la viruta sobre toda la superficie exterior o interior de la pieza que está girando.

En la Figura 3.13 se muestra una afiladora de herramientas.

Se compone en esencia de la bancada o bastidor que contiene la planta hidráulica; en el exterior, delante de la máquina va montado el cuadro de mandos, en la parte superior lleva dos guías longitudinales para el deslizamiento de la base de la mesa portacabezal. Dicha mesa puede girar $\pm 10^\circ$ sobre el plano de la inferior; la inclinación puede contro--



- A Bancada en forma de cajón
- B Pulsadores para el mando de la refrigeración y de la rotación de las muelas
- C Cubeta de recolección del refrigerante
- D Mesa portapieza de oscilación elástica sobre el plano horizontal y orientable para establecer los ángulos de incidencia y desprendimiento
- E Lámina de soporte
- F Montante y cabezal portamuela
- G Arbol del motor
- H Tubos flexibles del refrigerante
- I Muelas de acción frontal
- L Cubierta metálica de protección
- M Mando para regulación de la inclinación de la mesa
- N Manivela de mando del movimiento horizontal.

Fig. 3.13

larse. El movimiento longitudinal de la mesa puede obtenerse a mano moviendo el volante manual o bien hidráulicamente. La inversión del movimiento se reproduce automáticamente al final de la carrera por el choque de dos cursores graduables, contra la placa inversora que actúa sobre la válvula de inversión. De este modo el aceite puede llegar -- por una u otra cara del émbolo del cilindro que opera el mando de la mesa, alternando el sentido del movimiento de la mesa.

El cabezal portapieza está emplazado sobre una plataforma graduada, situada a la izquierda de la mesa portacabezal.

Puede girar 135° , con graduación micrométrica. Su árbol está agujereado con el fin de que pueda montarse un punto o una pieza de sujeción -- para las piezas que se requieran rectificar en voladizo.

El árbol del cabezal gira por medio de un motor eléctrico, situado en el interior del mismo.

La velocidad de giro es regulable y el sentido puede invertirse.

El cabezal contrapunto puede montarse sobre las mismas guías de la mesa opuestamente al cabezal portapieza. Puede fijarse a mano o hidráulicamente, mediante un mando de pedal.

Para evitar caídas accidentales de la pieza, la apertura hidráulica -- del contrapunto se produce sólo después del retroceso del portamuela.

La presión del contrapunto contra la pieza girando puede regularse convenientemente.

El cabezal portamuela puede deslizarse sobre dos guías transversales - de la bancada, detrás de la mesa. Es giratorio sobre otro carrillo inferior y puede bloquearse sobre éste mediante varios tornillos. Sobre las guías del carrillo puede desplazarse transversalmente el soporte - portamuela. El grupo entero portamuela puede acercarse o alejarse rápidamente de la pieza mediante la acción hidráulica actuante sobre una de las dos caras del émbolo de avance rápido del carro; este movimiento se determina maniobrando la palanca seleccionadora de avances. En la posición de retroceso de todo el grupo portamuela se determina el - paro automático de la pieza y de la bomba del líquido refrigerante. - El cabezal portamuela puede detenerse en la posición deseada, con una tolerancia de 0,001 mm.

De lo anterior se desprende que el rectificado exterior se realiza con la rueda plana, sostenida por el cabezal portamuela, mientras que el - rectificado interior se obtiene con el mandril portamuela.

En las Figuras 3.14 se muestra otro tipo de Rectificadora Universal, - la cual se describe a continuación:

La mesa está constituida por dos partes: una inferior, deslizable sobre las guías prismáticas del bastidor y la otra superior inclinable angularmente $\pm 6^\circ$ respecto a la inferior. El movimiento alternativo de avance y retroceso se produce hidráulicamente, mediante un émbolo que se mueve en el correspondiente cilindro.

El cabezal portapieza es giratorio 90° a fin de permitir el rectificado de agujeros cónicos o de superficies cilíndricas cónicas. El número de revoluciones del husillo portapieza puede variar mediante el desplazamiento de correas trapezoidales. Al husillo puede incorporarse un plato de arrastre, plato universal o una pinza de expansión.

El cabezal portamuela va montado sobre un doble soporte giratorio. El avance automático para la pasada se obtiene automáticamente con la energía hidráulica, desde un mínimo de 0,0025 mm. hasta un máximo de 0,025 mm.

El soporte rebatible para el rectificado interior permanece constantemente aplicado al cabezal portamuela, ya que, aún estando acoplado, puede ser rebatido bajándolo o levantándolo, según deba efectuarse, respectivamente, el rectificado interior con la muela para interiores o el exterior con la muela para exteriores. El husillo para el recti-

ficado interior es accionado por el motor para muelas interiores.

Dispositivo para el Rectificado de Levas.- Hasta hace pocos años, -- cuando se quería rectificar las levas, se tenía que recurrir a las máquinas especiales, las cuales, en realidad habían sido construidas -- (y todavía se construyen) para producciones grandes, teniendo en cuenta que en las mismas se pueden emplazar árboles de levas muy largos -- (como los de los motores de cuatro tiempos para automóviles). Para -- las medianas producciones y para el rectificado de levas cortas como -- la de los motores de cuatro tiempos para vehículos de dos ruedas, para máquinas de coser, etc. Actualmente se resolvió el problema con un -- aparato especial aplicable a la misma rectificadora, por lo que dicha máquina mejora notablemente su calificación de Universal. El aparato para rectificar las levas se muestra en la Figura 3.15 se compone -- esencialmente de dos soportes A y A₁ que soportan el árbol B, el cual va montado sobre cojinetes de bolas encajados en los cubos de los mismos soportes. Dichos soportes van fijados a la mesa de la Rectificado ra por medio de dos pernos. Cada uno de los otros dos brazos C y D es montado y fijado mediante dos tornillos sobre el árbol B con el fin de permitir un movimiento pendular único de los dos brazos. El brazo C -- lleva el eje E y este la punta F, dicho eje está montado sobre cojinetes de bolas y unido al árbol H del cabezal motriz I portapieza, a tra-- véz del acoplamiento del cardán G. El mismo brazo C en el cubo de la

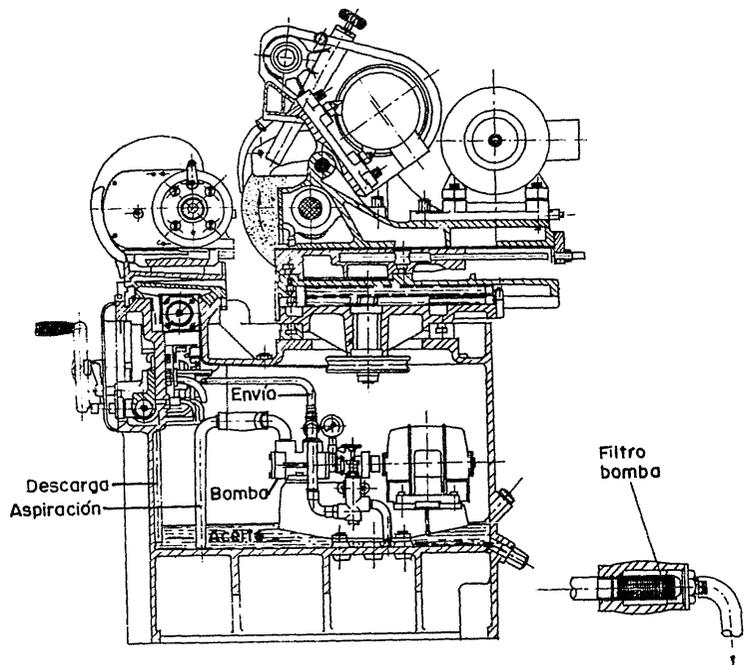


Fig. 3.14

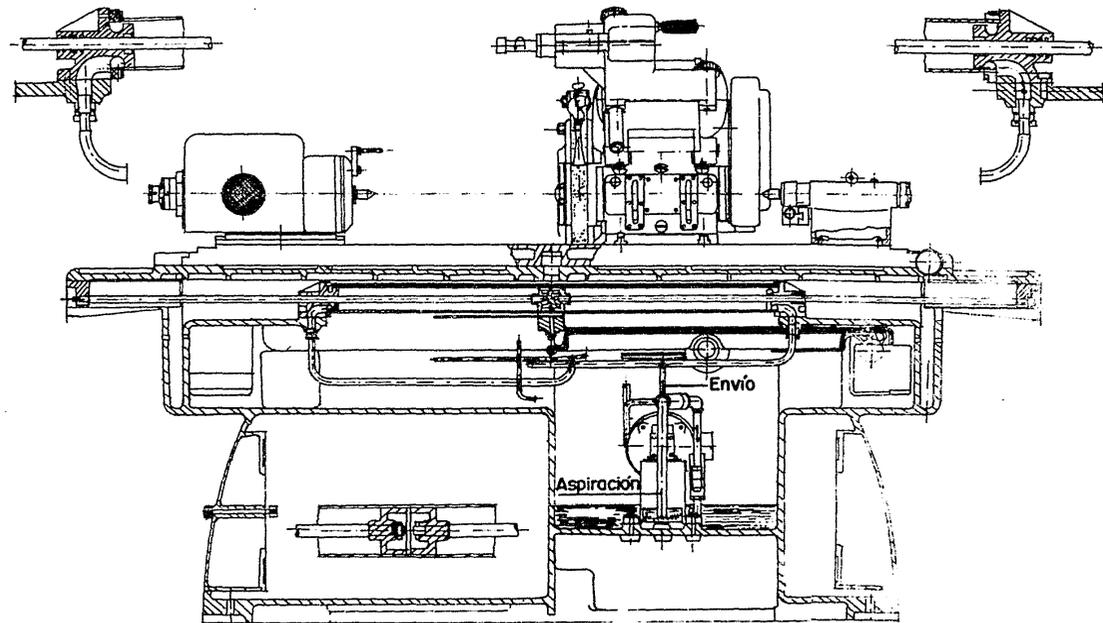


Fig. 3.14

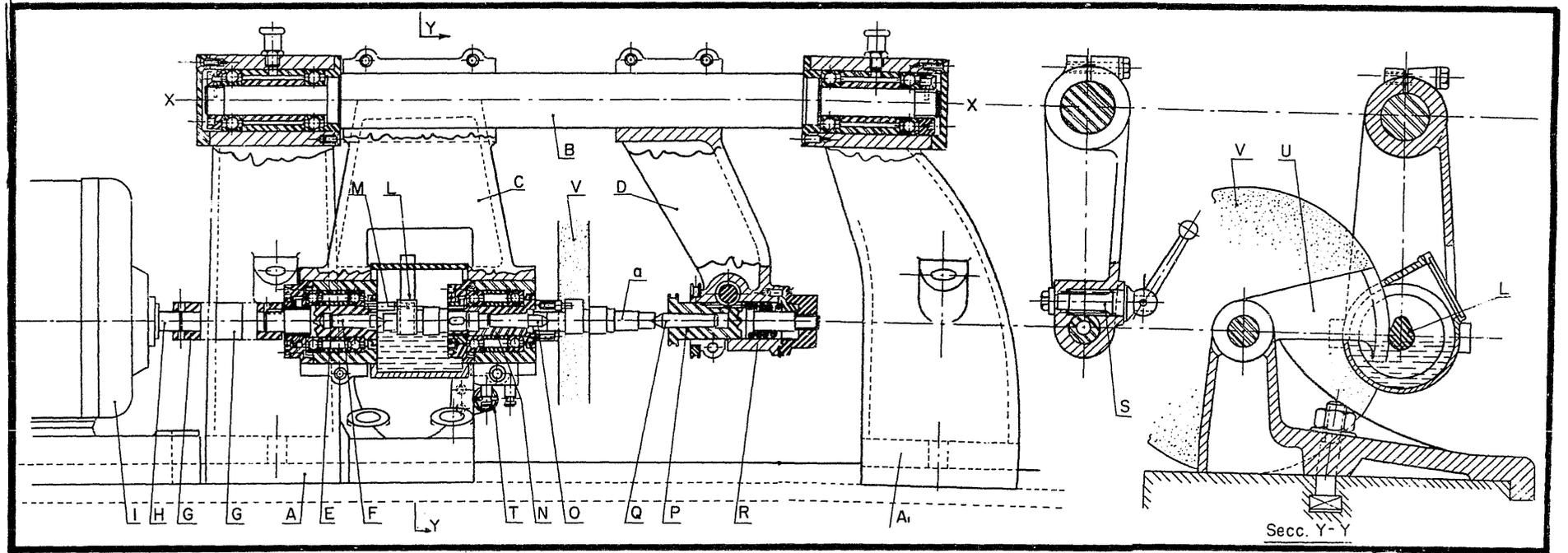


Fig. 111

derecha, permite recibir el modelo L intercambiable (para los diversos perfiles). Con la rotación de este último, debida al arrastre de la clavija M, se conduce también el mandril N que lleva la punta O, el otro brazo D lleva el mandril P con la punta Q que es obligada a mantenerse constantemente en contacto con la pieza A, por la presión axial ejercida por el muelle R contra el mandril P, el mismo mandril es maniobrable por medio del piñón S y la manecilla. La pieza A una vez colocada entre los puntos O y Q, gira igual que el mandril E y el modelo L, dado que este último es obligado a adherirse al patín U, se determina una oscilación pendular dirigida alrededor del eje X-X de los brazos C y D junto con el árbol B, de esta forma la pieza A gira y oscila igual que el modelo, permitiendo a la muela V reproducir sobre la pieza un perfil idéntico al del modelo. Durante el rectificado, que se realiza intermitentemente, es indispensable asignar a la mesa una oscilación longitudinal alternada de varios mm. Su objetivo es eliminar la reproducción del rayado de la muela sobre la superficie de la pieza. Debido a que el modelo L resbala sobre el patín U, se hacen trabajar los dos órganos en baño de aceite, de esta manera se imide la fricción entre las superficies de contacto.

Para evitar el desgaste de la muela (que daría lugar a un error en la reproducción del perfil), se construyen varios patines de radios diferentes según sean los campos pre-elegidos de desgaste diametral de la muela.

A continuación se describen otras operaciones de rectificado que se -- realizan en las máquinas rectificadoras universales. El modo de recti-- ficar las superficies cilíndricas exteriores se muestra en la Figura - 3.16 la pieza se fija en un extremo mediante una brida la cual es con-- ducida, en su rotación, por el pitón de arrastre del plato.

El rectificado de superficies cónicas exteriores puede presentarse se-- gún dos casos distintos:

- 1.- Rectificado de piezas ligeramente cónicas (hasta 15° de inclinación)
- 2.- Rectificado de piezas muy cónicas.

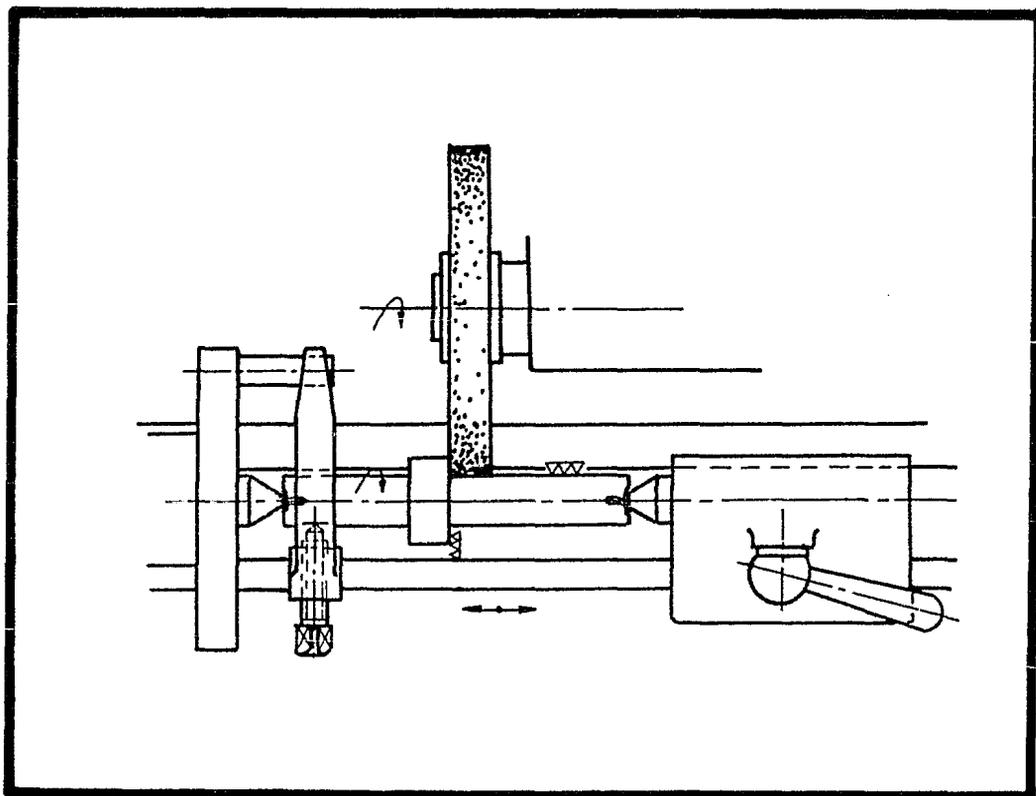


Fig. 3.16

En el primer caso Figura 3.17 es conveniente actuar sobre la mesa, inclinándola y fijándola mediante un tornillo micrométrico; en el segundo caso Figura 3.18, se hace girar el cabezal portapieza un ángulo - - igual al formado por la generatriz del cono con el eje de rotación.

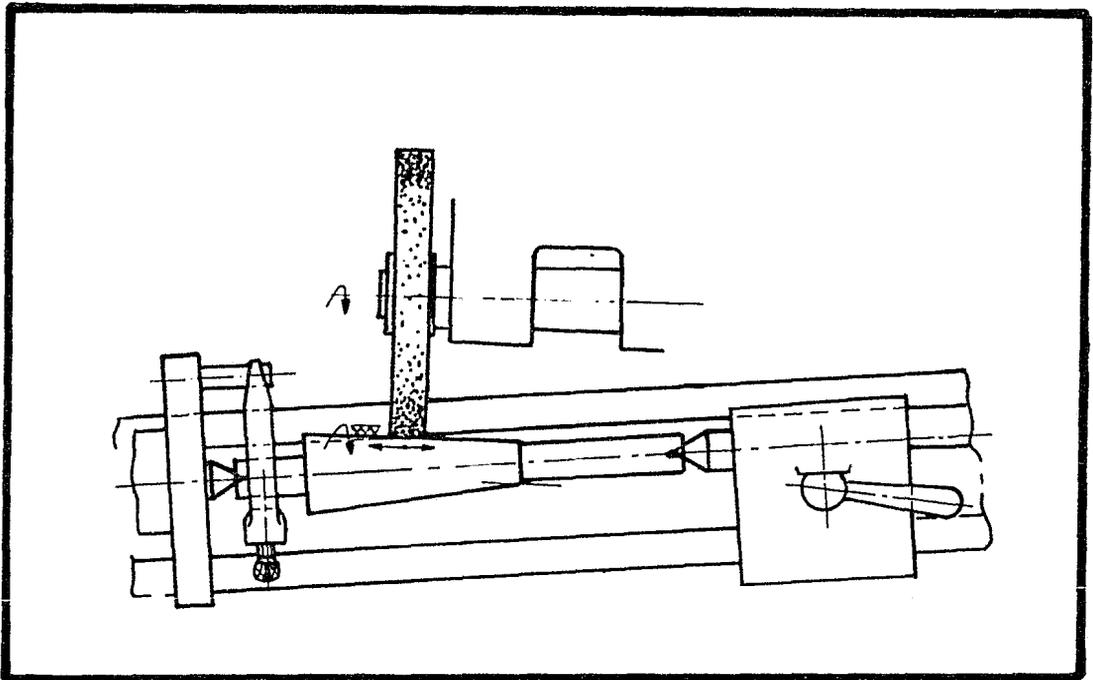


Fig. 3.17

En el primer caso Figura 3.17 es conveniente actuar sobre la mesa, inclinándola y fijándola mediante un tornillo micrométrico; en el segundo caso Figura 3.18, se hace girar el cabezal portapieza un ángulo - - igual al formado por la generatriz del cono con el eje de rotación.

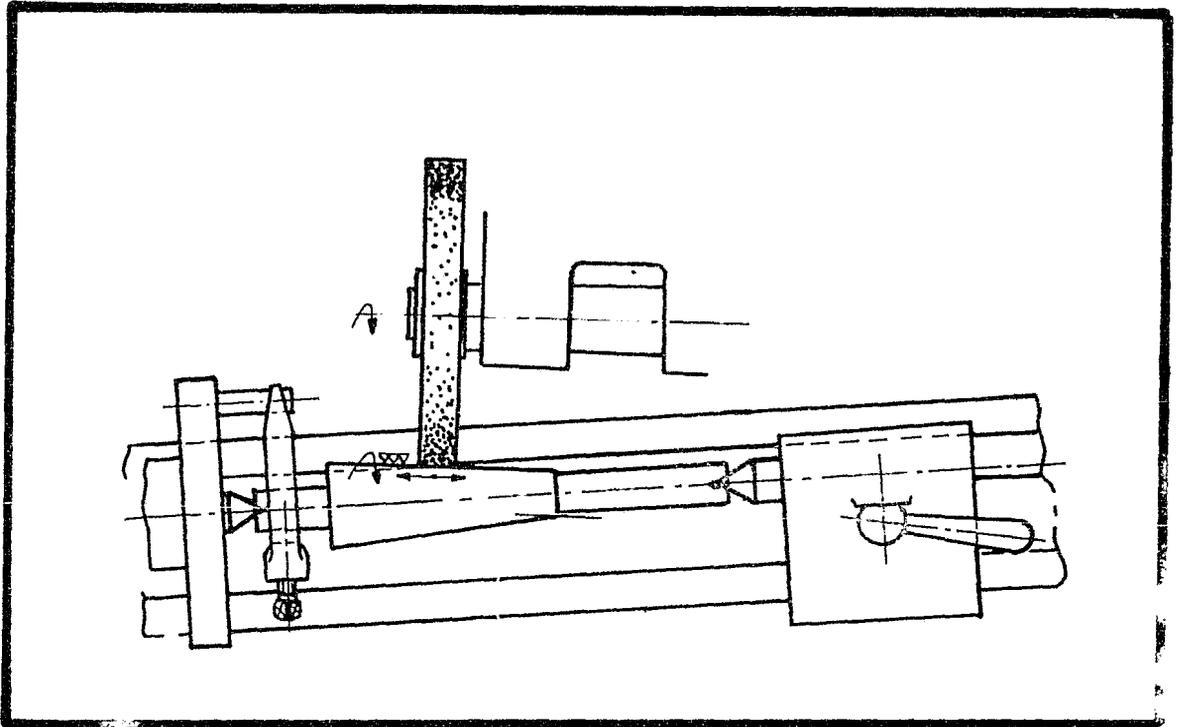


Fig. 3.17

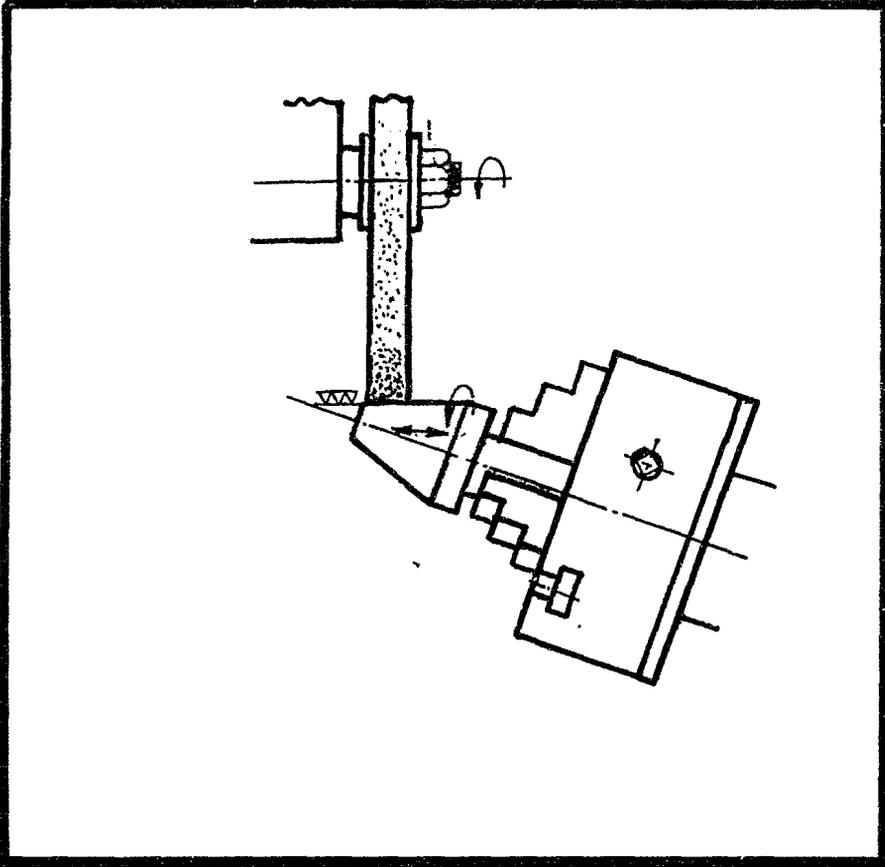


Fig.- 3.18

El rectificado de superficies cilíndricas interiores se realiza con -- las rectificadoras universales, empleando el soporte portamuelas rebatible, llevándolo en correspondencia con el agujero a rectificar Figura 3.19.

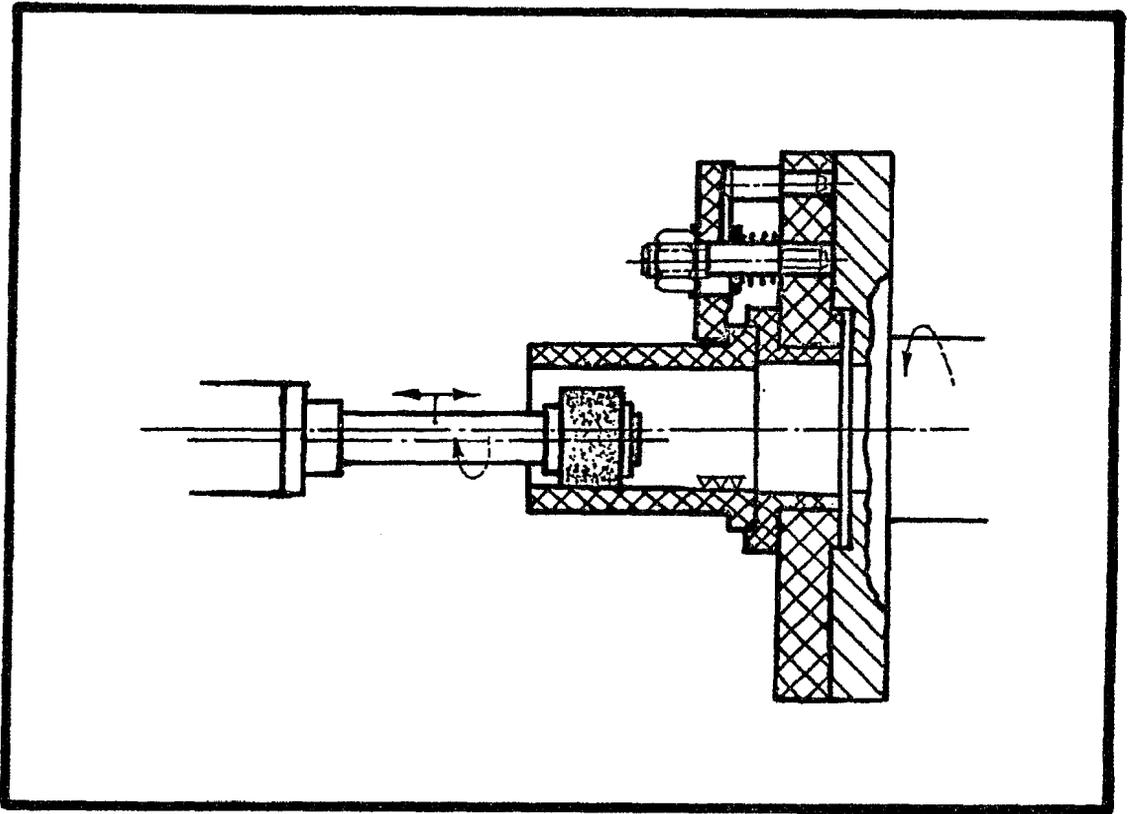


Fig.-3.19

De este modo también es posible someter una pieza a dos operaciones su
cesivas de rectificado, exterior e interior sin necesidad de desmontar
la.

Es necesario en cada caso, regular convenientemente la carrera útil de
trabajo y fijar los topes en su posición adecuada, para determinar los
cambios de placa que invierte la marcha de la mesa. La pieza, como pa
ra el rectificado exterior está dotada de movimiento giratorio, produ-

cido por el cabezal portapieza y de movimiento intermitente de avance longitudinal, producido por la mesa.

Para el rectificado de superficies interiores cónicas pueden seguirse las mismas reglas adoptadas para el rectificado de superficies exteriores cónicas, o sea inclinar la mesa si la conicidad es pequeña e inclinar el cabezal portapieza si la conicidad es grande. En las Figuras - 3.20 y 3.21 están representados respectivamente, los dos casos.

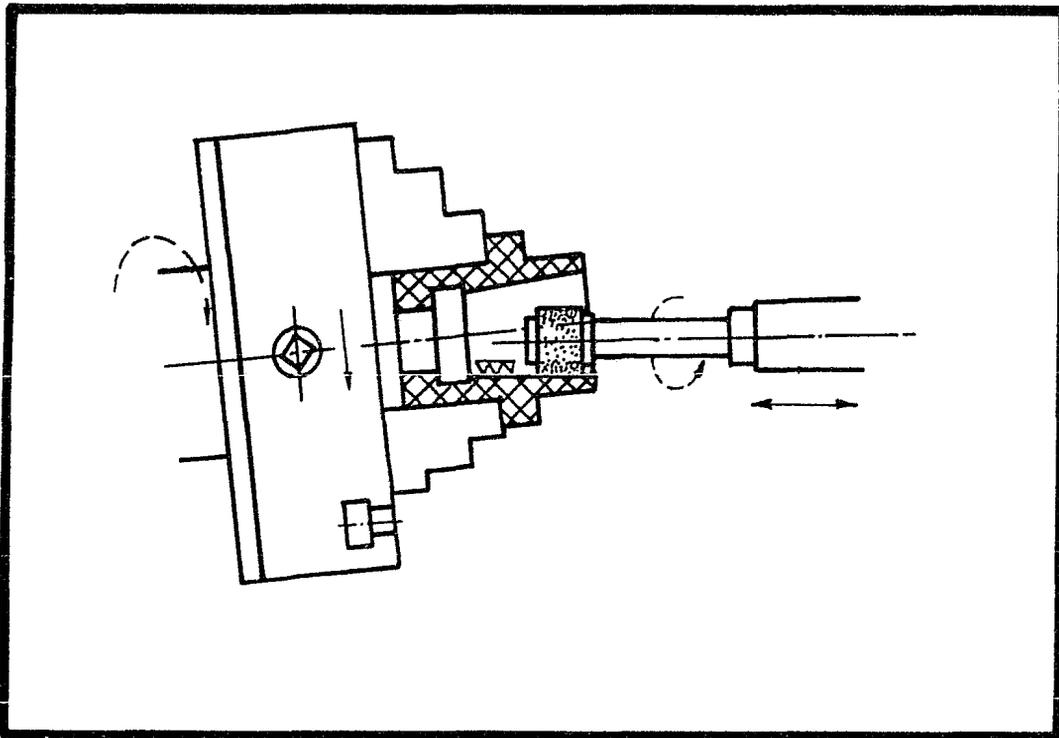


Fig. 3.20

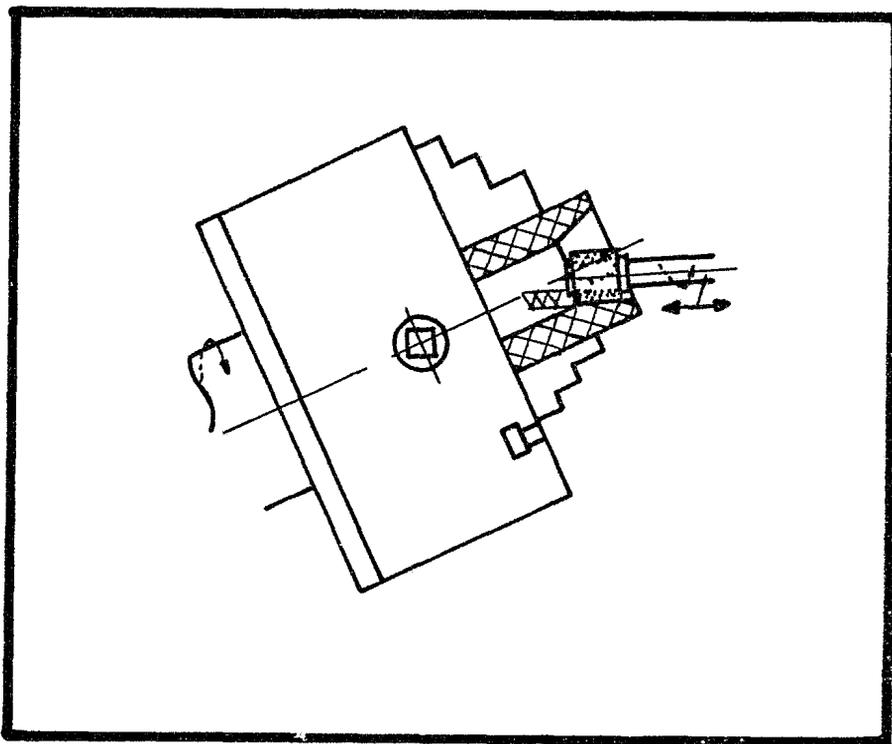


Fig. 3.21

Con la misma rectificadora universal se pueden también rectificar superficies planas frontales, empleando una muela de vaso montada sobre el husillo para superficies interiores Figura 3.22

Si se dispone el cabezal portapieza perpendicularmente al eje de giro el husillo portamuela, puede realizarse el rectificado frontal del modo indicado en la Figura 3.23.

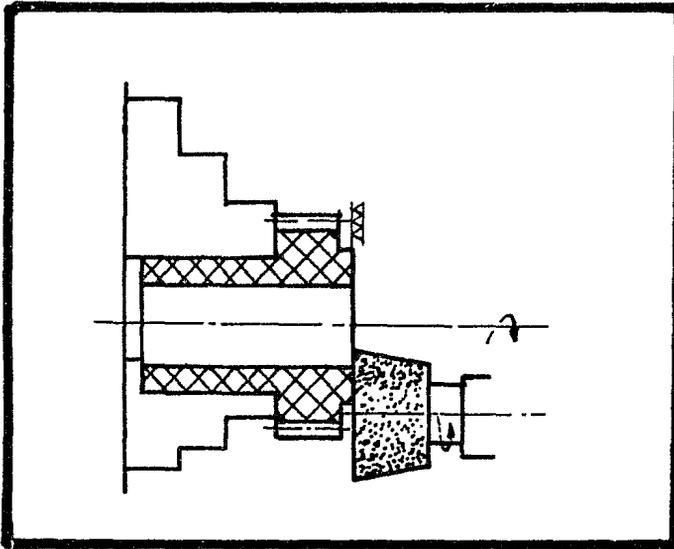


Fig. 3.22

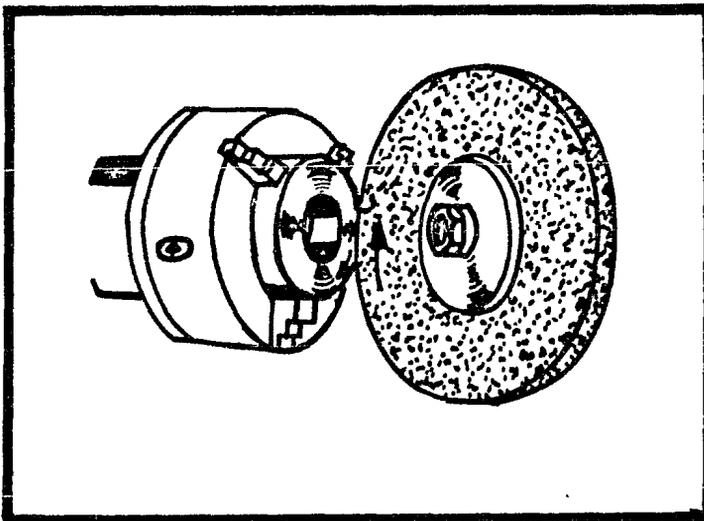


Fig. 3.23

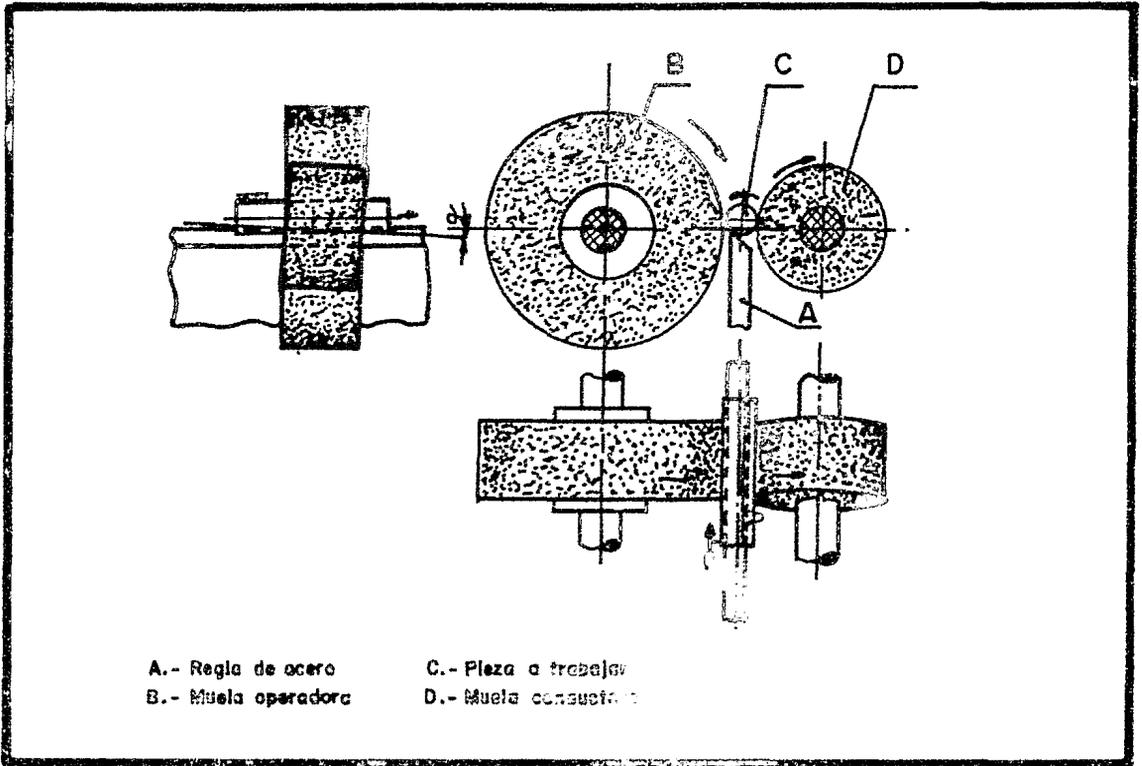
3.3.3 RECTIFICADO SIN CENTROS

A infinidad de piezas de forma sencilla, o de diámetro pequeño, no se les puede rectificar por el método convencional. En efecto, una pieza cilíndrica, larga y delgada, si se centra sobre los contrapuntos de una rectificadora normal, tiende a curvarse por efecto de la presión que ejerce la muela durante el proceso de rectificado; una pieza cilíndrica demasiado corta, hace difícil el trabajo entre centros, porque al aproximar demasiado los contrapuntos, se reduce considerablemente el espacio útil de trabajo.

En casos como los expuestos anteriormente, se hace necesario el uso del rectificado llamado sin centros, ya que en éste no se requiere de órganos de fijación y centrado axial con los contrapuntos. El trabajo con éste sistema resulta sencillo y rápido, aunque generalmente de menor precisión, los errores que se tienen sobre el diámetro son aproximadamente del orden de 0,005 a 0,01 mm.

En la Figura 3.24 se muestra esquemáticamente las partes principales del rectificado sin centros.

Las rectificadoras sin centros están construidas bajo el principio de sostener la pieza mediante una regla de acero extraduro; la muela operadora, que actúa como una rectificadora para superficies cilíndricas exteriores, gira a una gran velocidad y a su vez comprime la pieza --



- A.- Regla de acero
- B.- Muela operadora
- C.- Pieza a trabajar
- D.- Muela constrictora

Fig. 3.24

- A.- Regla de Acero
- B.- Muela operadora

- C.- Pieza a Trabajar
- D.- Muela constrictora

rectificándola: ésta gira sobre si misma por el frotamiento originado con la muela conducida, la cual gira según el sentido indicado por la flecha. Para obtener un buen rectificado, la pieza debe mantenerse -- siempre tangente de la regla de acero, muela operadora y a la de la -- muela conducida.

Los dispositivos de apoyo de la pieza, o sea la regla, para satisfacer las mejores condiciones de trabajo, en relación a los distintos diámetros que pueden presentarse, es graduable verticalmente.

Los ejes de las dos muelas no son paralelos, sino que forman entre si un ángulo Alfa, que puede regularse de 1 a 3 grados.

La muela conducida a la muela guía, para permitir el avance de la pieza, puede no ser cilíndrica como la muela operadora, si no más bien un hiperboloide de revolución; tiene el grano más grueso y gira a una velocidad inferior respecto a la muela operadora, en relación también al diámetro del cilindro a rectificar, material a trabajar y grado de acabado requerido. De este modo la pieza encontrándose aprisionada entre las muelas, permanece bien guiada sin peligro de curvarse, aún cuando sea muy larga y delgada. Su eje está paralelo al de la muela operadora. La muela guía imprime a la pieza dos movimientos: uno de rotación y otro de traslación axial; por tal motivo se desarrolla un movimiento helicoidal, cuya hélice descrita es tanto más larga cuanto más amplio

sea el ánulo alfa; de este modo la pieza, una vez situada en la emboadura que forman las dos muelas, avanza automáticamente.

Las rectificadoras sin centros son generalmente recomendadas para realizar trabajos en grandes series; con éstas se puede rectificar pernos, casquillos, rodillos, anillos, ejes, etc. Están excluidos los elementos excéntricos y todos aquellos que no estén equilibrados respecto a su eje. Teniendo cuidado con la elección de las muelas adecuadas se pueden trabajar los más variados materiales; todos los aceros, desde los dulces hasta los extraduros, los templados, la fundición, bronce, latones, el aluminio y sus aleaciones, los materiales plásticos, el vidrio, etc.

En la Figura 3.25 se muestra tanto el husillo portamuela operadora como el husillo portamuela conducida, éstos ya integrados a la bancada de una rectificadora sin centros.

En la Figura 3.25 se observa que el cabezal C lleva el husillo portamuela operadora, sujeta por un sistema de arandelas cuyo agujero cónico central del cubo sirve para la unión con el vástago cónico del husillo B. Dicho husillo está apoyado en casquillos de bronce, de registro automático; el empuje axial es soportado por tajuelos de bronce con regulación por tornillo. El husillo recibe el movimiento de rotación de un motor por medio de dos poleas acanaladas y bandas trapezoidales. -

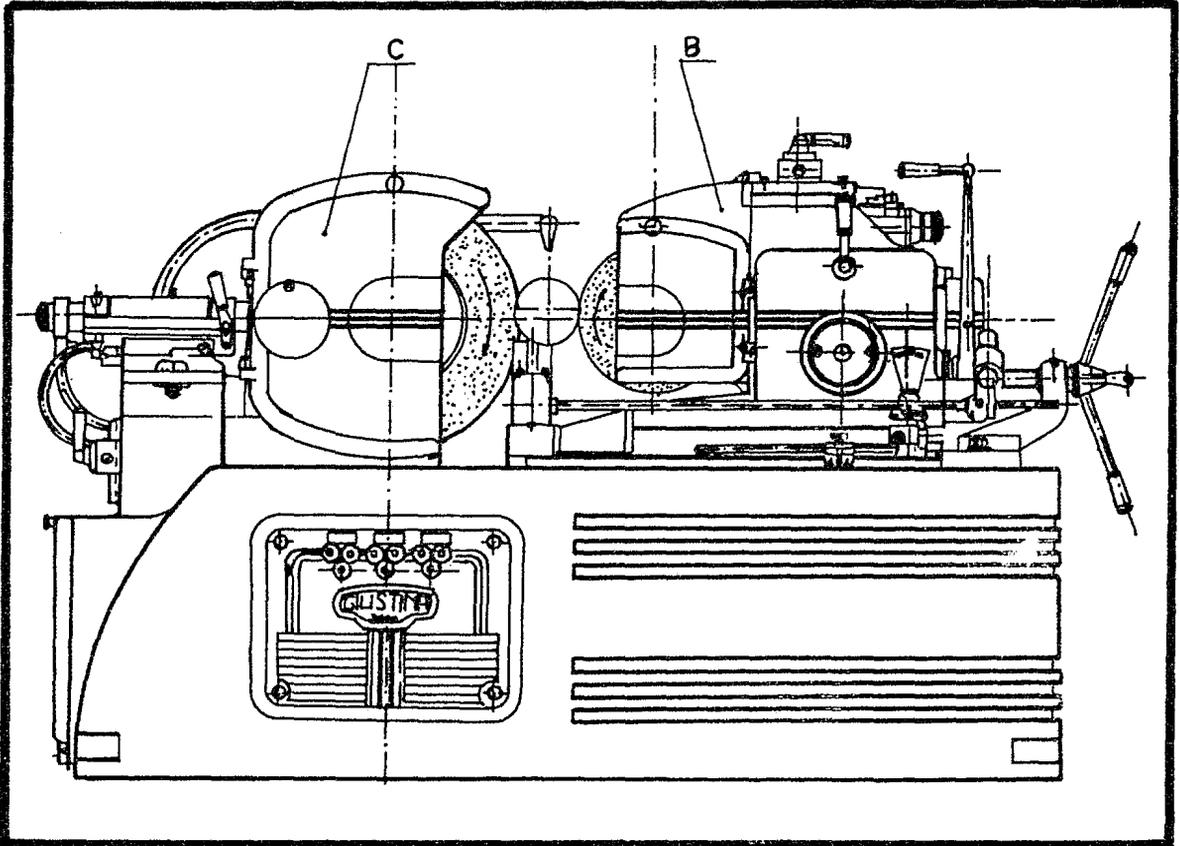


Fig. 3.25

Con el fin de obtener un rectificado perfecto se dispone de un mecanismo de accionamiento hidráulico que permite a la muela y al husillo, oscilar axialmente durante la operación.

En la misma Figura 3.25 se ve que el cabezal B lleva el husillo porta-

muela conducida. Este va anoyado radialmente sobre casquillos graduables y axialmente sobre un cojinete de bolas. El husillo lleva acoplado un engranaje cónico que recibe el movimiento por un variador de velocidad montado dentro del mismo cabezal. Dicho variador permite al husillo portamuela poder cambiar, de modo continuo, el número de revoluciones. Para el rectificado de la muela se puede excluir el variador y tener una sola velocidad.

3.3.4 RECTIFICADORAS DE SUPERFICIES PLANAS

Por medio del rectificado plano se obtienen piezas con superficies planas. Puede tratarse aquí de desbaste o de rectificado.

El rectificado plano tiene por objeto conseguir, en piezas previamente mecanizadas una mayor exactitud de medidas y una mayor calidad superficial de la que sería posible obtener por fresado o por cepillado. En muchos casos se consigue que en piezas en estado burdo se obtenga por medio del rectificado plano sus dimensiones exactas y además una calidad superficial buena.

Existen dos tipos básicos de superficies planas que se distinguen por la posición del husillo de la muela rectificadora, la cual puede ser horizontal o vertical. A continuación se describen cada una de éstas.

3.3.4.1 RECTIFICADORAS PLANAS VERTICALES

A este tipo de rectificadoras se les denomina verticales por el hecho de tener el eje de la muela rectificadora dispuesta en tal sentido. Se usan principalmente en el rectificado de superficies planas muy grandes. Dado que la herramienta (muela) tiene el movimiento principal de giro, y la pieza, fijada en la mesa, tiene el movimiento alternado de vaivén, se producen en la superficie plana de la pieza rectificada -- trazos visibles a contra luz, dichos trazos se muestran en la Figura - 3.26

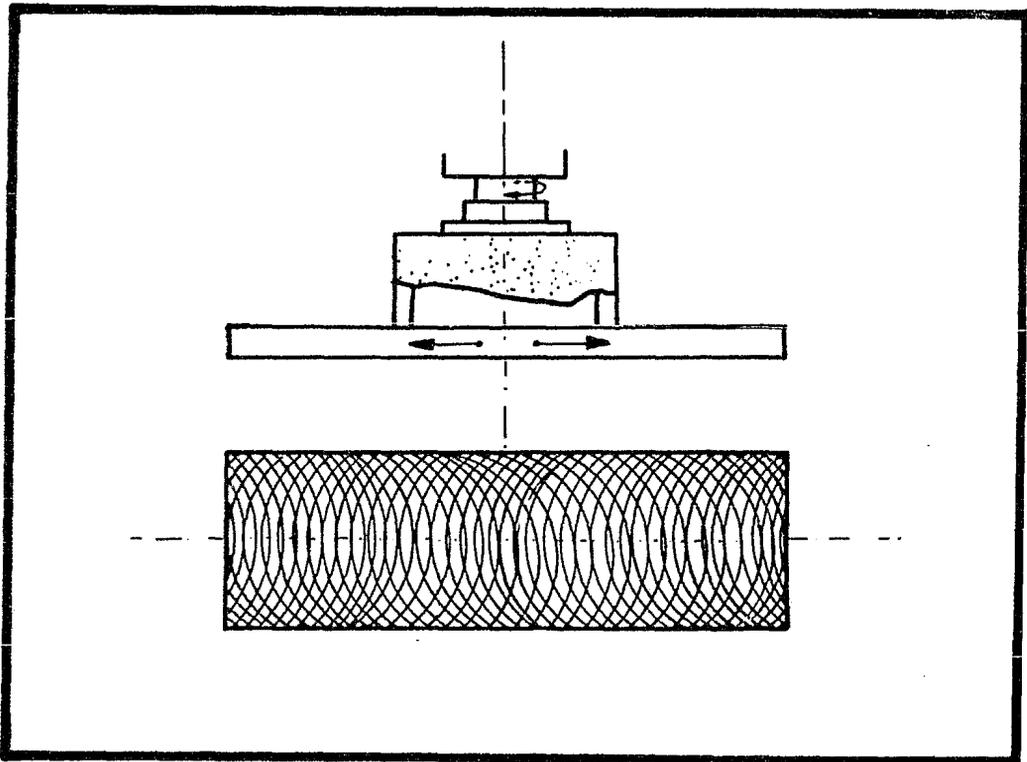
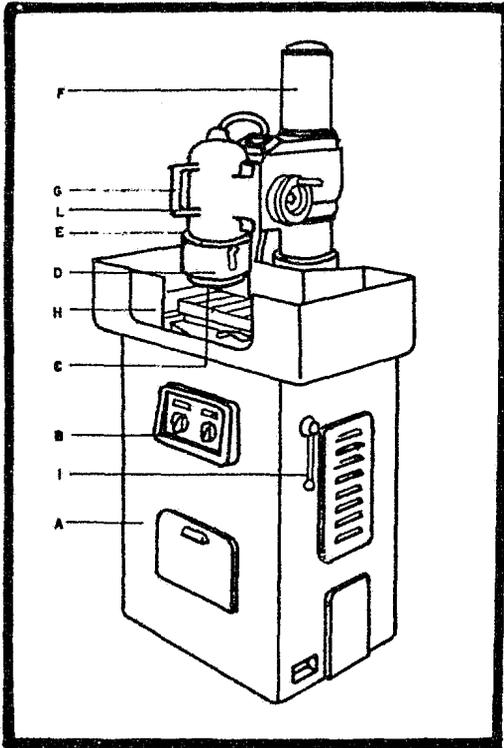


Fig. 3.26



- A Bancada
- B Interruptores eléctricos
- C Muela frontal (de copa recta)
- D Protección de la muela
- E Cabezal portamuela
- F Columna fijada a la bancada
- G Manivela de mando del movimiento vertical de la columna de la máquina
- H Protección de la zona de trabajo
- I Palanca de bloqueo del movimiento
- L Asa para mover el cabezal

Fig. 3.27

En la Figura 3.27 se muestra una rectificadora vertical, la cual está compuesta de una bancada que lleva distintos dispositivos y de la instalación hidráulica para el accionamiento de la mesa; en la parte delantera de la bancada van montadas las palancas para los mandos; en la parte posterior se levanta un montante que lleva el cabezal para la muela de copa. Dicho cabezal portamuela, que puede desplazarse verticalmente, es graduable en altura, con el fin de obtener de los elementos a rectificar. La velocidad de la mesa es graduable hidráulicamente.

Al husillo vertical se le pueden adaptar tanto muelas de copa entera (Figura 3.28) como de sectores insertados (Figura 3.29).

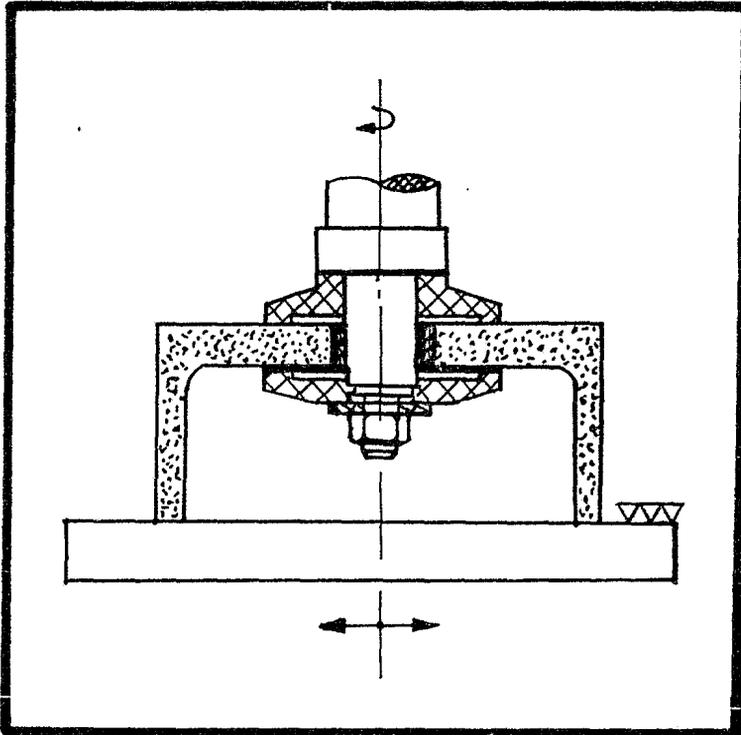


Fig. 3.28

En las rectificadoras verticales con mesa giratoria, el cabezal portamuela tiene directamente el motor que acciona el árbol central. La mesa portapieza es circular; la sujeción de las piezas se realiza electromagnéticamente. Debajo de la mesa va el arrollamiento de hilos que constituyen un selenoide que al momento de pasar la corriente, determina las líneas de fuerza. La rotación de la mesa se obtiene por un pi-

ñón y rueda dentada.

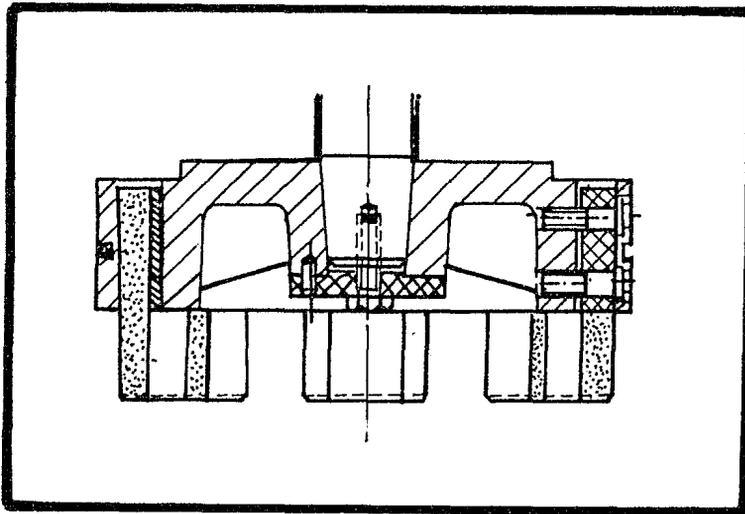


Fig. 3.29

La máquina es muy rentable, ya que pueden colocarse, sobre la mesa muchas piezas iguales que se rectifican simultáneamente.

Dentro de las máquinas más modernas, se encuentran las rectificadoras verticales de ciclo automático, con mesa giratoria.

La máquina mencionada está en condiciones de desarrollar una sucesión ordenada de fases una vez puesta en marcha. La secuencia de las fases está descrita como sigue:

- a) Colocación de la pieza sobre la mesa.
- b) Traslación de la plataforma magnética hasta colocarse debajo de la muela.
- c) Cierre de la defensa giratoria.
- d) Puesta en movimiento de la plataforma circular.
- e) Apertura del grifo de paso del líquido refrigerante.
- f) Descenso rápido del cabezal portamuela.
- g) Avance normal de pasada para el rectificado.
- h) Paro del avance.
- i) Pausa de igualado.
- j) Subida rápida del cabezal portamuela.
- k) Retorno de la mesa magnética para descarga de las piezas.
- l) Paro del giro de la mesa circular.
- m) Cierre del grifo del paso del líquido refrigerante.
- n) Apertura de la defensa giratoria.
- o) Desmontaje de las piezas.

Gracias al continuo perfeccionamiento de estas máquinas, ha sido posible introducir la medición automática al final del avance normal de pasada. En efecto, sobre las piezas colocadas en el plato magnético se sitúa automáticamente un palpador que controla la cota y asume el mando de la máquina hasta alcanzar la medida prevista. Al final se produce la pausa, la subida rápida del cabezal portamuela siguiendo el ciclo ya descrito.

Para el funcionamiento de estas máquinas no es necesario la mano de obra especializada; además, un solo operario puede hacer funcionar varias máquinas a la vez. La máquina descrita cuenta con dispositivos automáticos de seguridad que impiden la introducción de la mesa bajo la muela si la mesa no ha sido magnetizada; paran inmediatamente el movimiento giratorio de la mesa y elevan el cabezal portamuela si faltara de improviso la corriente continua en el plato magnético durante la operación; impiden la traslación de la plataforma portapieza bajo la muela si esta última no está levantada; paran el ciclo de trabajo y suben el cabezal portamuela en el caso de un avance excesivo, incapacidad de corte de la muela u otras causas.

En la Figura 3.30 se muestra la sección tanto del cabezal portamuela así como la mesa giratoria.

3.3.4.2 RECTIFICADORAS PLANAS HORIZONTALES

Mediante estas máquinas se efectúan trabajos tanto de desbaste como de rectificado de precisión de superficies planas, y toman el nombre de horizontales porque tienen el eje de rotación del husillo portamuela horizontal. Generalmente se aplican las muelas de discos o planas en el rectificado de entalles y árboles ranurados.

En la Figura 3.31 se pueden ver los componentes principales de la rec-

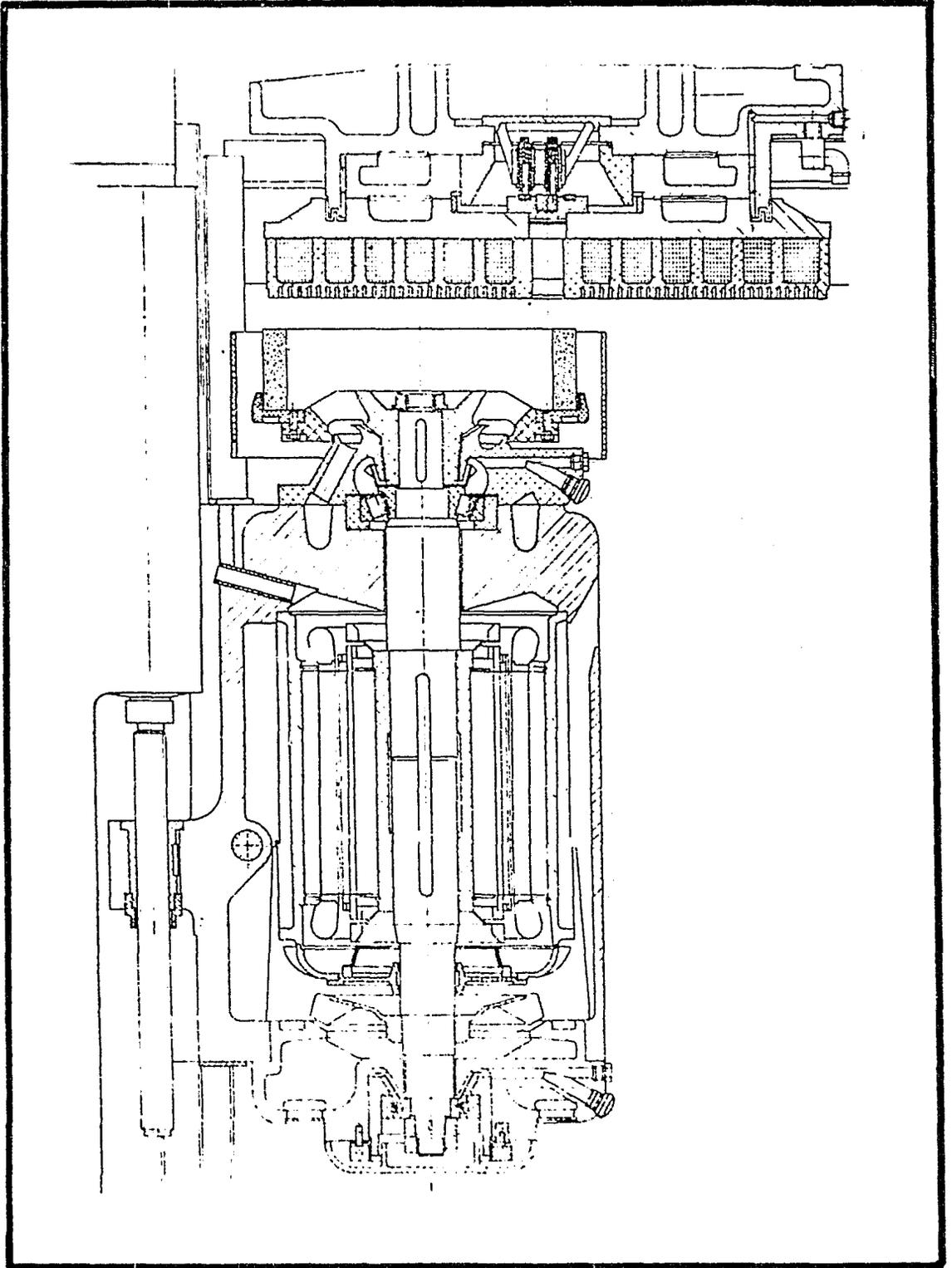


Fig. 3.30

tificadora plana horizontal, estos componentes son:

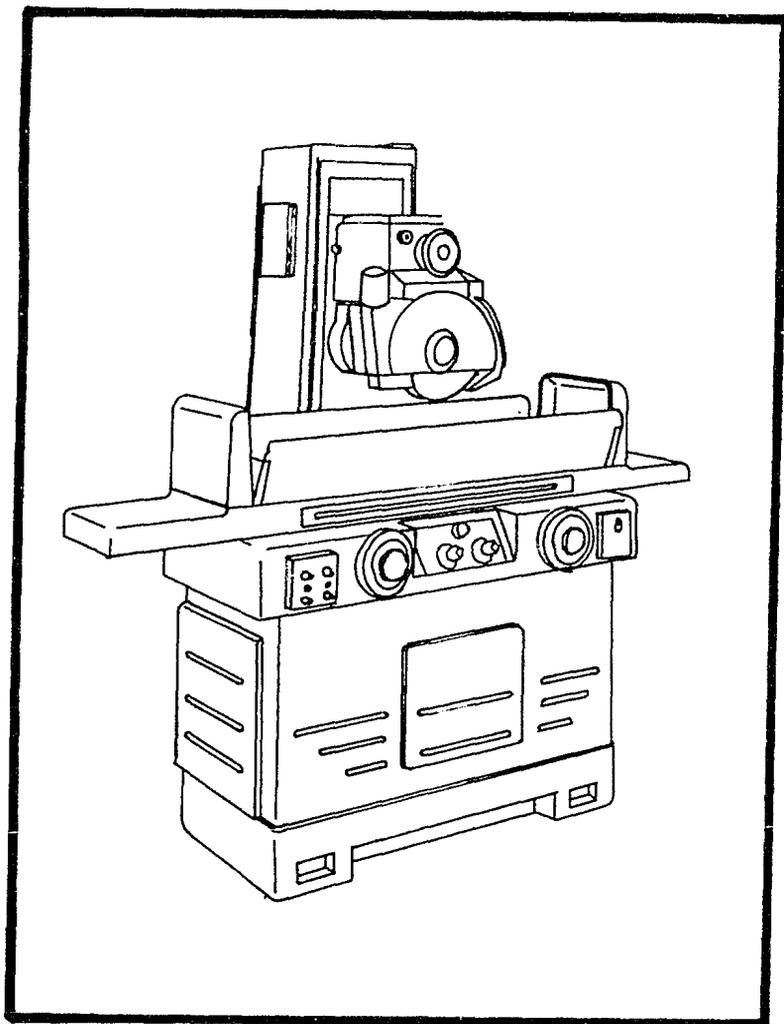


Fig. 3.31

La bancada en cuya parte posterior se levanta el montante; delante de éste puede deslizarse verticalmente el cabezal portamuela. La mesa - portapieza puede desplazarse longitudinalmente, con movimiento alternau

tivo de ida y vuelta, con el fin de hacer pasar, tangencialmente o de lado a la muela en movimiento, toda la superficie a rectificar. El accionamiento de las partes móviles se realiza por medio del flujo de aceite distribuido por la instalación contenido en el bastidor de la máquina, éste acciona automáticamente:

- a) La mesa portapieza en su movimiento alternativo.
- b) El carro que lleva dicha mesa en su movimiento de alimentación transversal.
- c) El cabezal portamuela en su movimiento de avance vertical.

Con las rectificadoras horizontales se pueden rectificar las superficies planas, haciendo actuar la muela periféricamente tal y como se muestra en las Figuras 3.32 y 3.33.

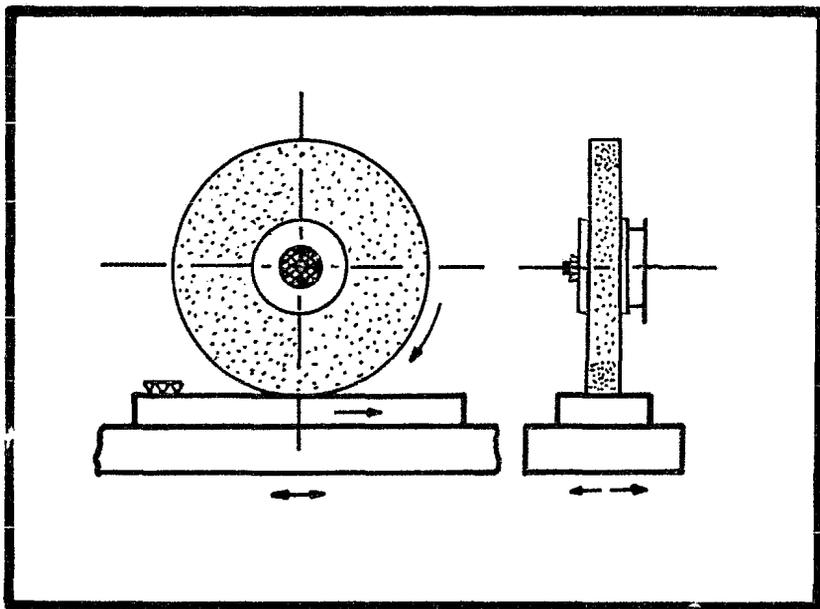


Fig. 3.32

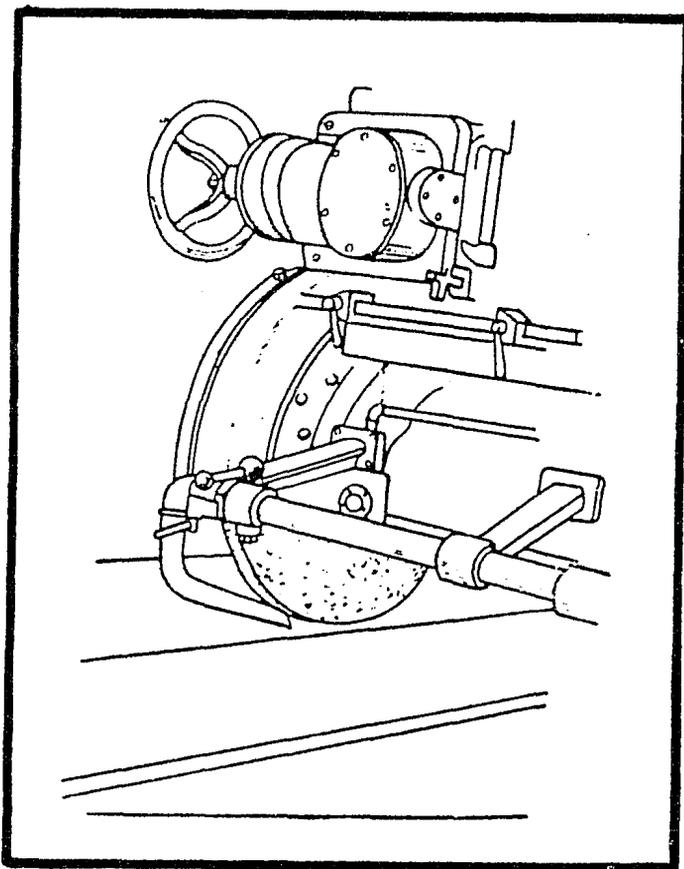


Fig. 3.33

Sobre la mesa de estas rectificadoras se puede montar: un divisor automático y un contrapunto, para el rectificado de árboles ranurados. - Esta operación de rectificado se hace indispensable para los acopla-- mientos con perfiles acanalados de precisión, donde deben existir jue-- gos mínimos y transmitir grandes esfuerzos. El árbol conducido por el carro y unido al divisor, se desliza por debajo de la muela para que - sean rectificadas cada una de las ranuras; al final de la carrera, - -

cuando el árbol está libre de la muela, se lleva a cabo la división y se presenta una nueva ranura. El disparo que se produce en el momento que se cierra el circuito eléctrico o hidráulico que lleva el divisor, es provocado por un contacto de final de carrera. Inmediatamente la mesa invierte el sentido de traslación y conduce nuevamente el árbol bajo la muela, que corresponde con una nueva ranura. Con este procedimiento se obtienen ranuras iguales entre sí y con gran precisión. En los casos en que trabaja con acero templado, el rectificado necesariamente tiene que realizarse en húmedo.

Para corregir las imperfecciones del perfil de la muela, debidas al desgaste de la misma, está provisto un aparato portadiamante aplicable al contrapunto, de tal forma que permite la corrección de la muela sobre la superficie cóncava y sobre los flancos.

En el husillo de la rectificadora puede aplicarse también una muela de copa para el rectificado frontal de superficies planas.

La mesa de traslación que se describió anteriormente puede ser sustituido por una mesa o plataforma giratoria según un eje vertical tal y como se muestra en la Figura 3.34. El plano de dicha mesa tiene la característica de realizar la sujeción electromagnética; ello se debe a la construcción especial de la mesa, que se magnetiza por la inducción de la corriente que pasa a través del devanado montado en el plano su-

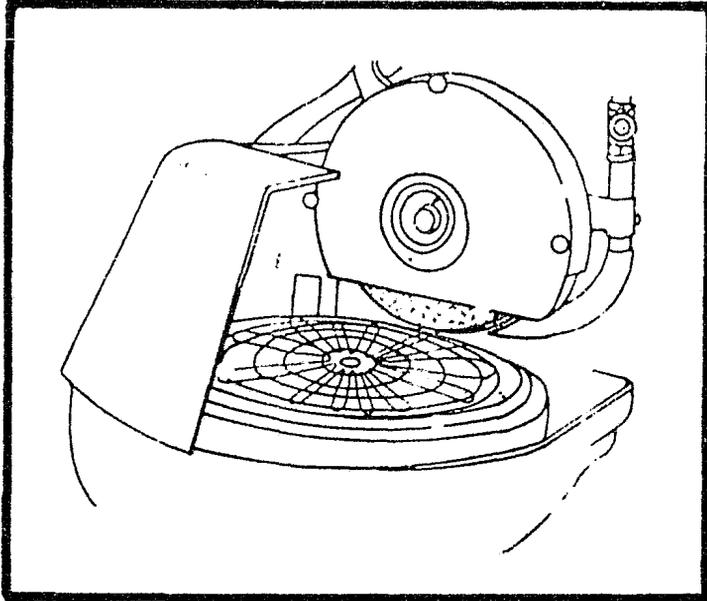


Fig.3.34

perior de atracción. Para poder retener la pieza, ésta debe apoyarse sobre una cara previamente trabajada. Sobre la plataforma se pueden - disponer a la vez varias piezas iguales. La misma base magnética puede sujetar un utilaje que lleve la pieza en su posición de trabajo.

3.3.5 RECTIFICADORAS ESPECIALES

Para realizar algunos rectificadores de superficies de piezas especiales o de forma especial, se ha recurrido al diseño y construcción de rectificadoras especiales. Así tenemos:

- a) Rectificadoras para árboles de levas
- b) Rectificadoras para roscas
- c) Rectificadoras para engranes
- d) Rectificadoras para pistones
- e) Rectificadoras para cigueñales

Obsérvese por la clasificación que las levas, cigueñales, engranes, -- tornillos y pistones son los órganos más empleados en la industria automotriz; estos órganos, debido a su función vital, requieren de una ejecución de precisión, por lo que justifica el empleo de máquinas especiales.

a) RECTIFICADORAS PARA ARBOLES DE LEVAS.- En la construcción de motores, sean éstos de explosión o de combustión gradual, se tiene la necesidad de aplicar ciertas partes vitales llamadas levas, que son sólidos delimitados por superficies policilíndricas unidas y que tienen -- las generatrices excéntricas respecto a un eje principal llamado eje de levas. La sección transversal tiene un perfil continuo.

Estos órganos sirven para producir el movimiento alternativo de los empujadores, los cuales, a su vez regulan la apertura o cierre de las -- válvulas de aspiración o descarga de los gases. La precisión según la cual deben estar constuidas las levas es un factor que influye sobre el rendimiento del motor; la superficie exterior de las levas, y prin-

Principalmente la de contacto con los empujadores, debe ser rectificada -- con cuidado. Para obtener este rectificado, se adoptan máquinas apropiadas, llamadas rectificadoras de levas. En la Figura 3.35 se muestra esquemáticamente el rectificado de una leva.

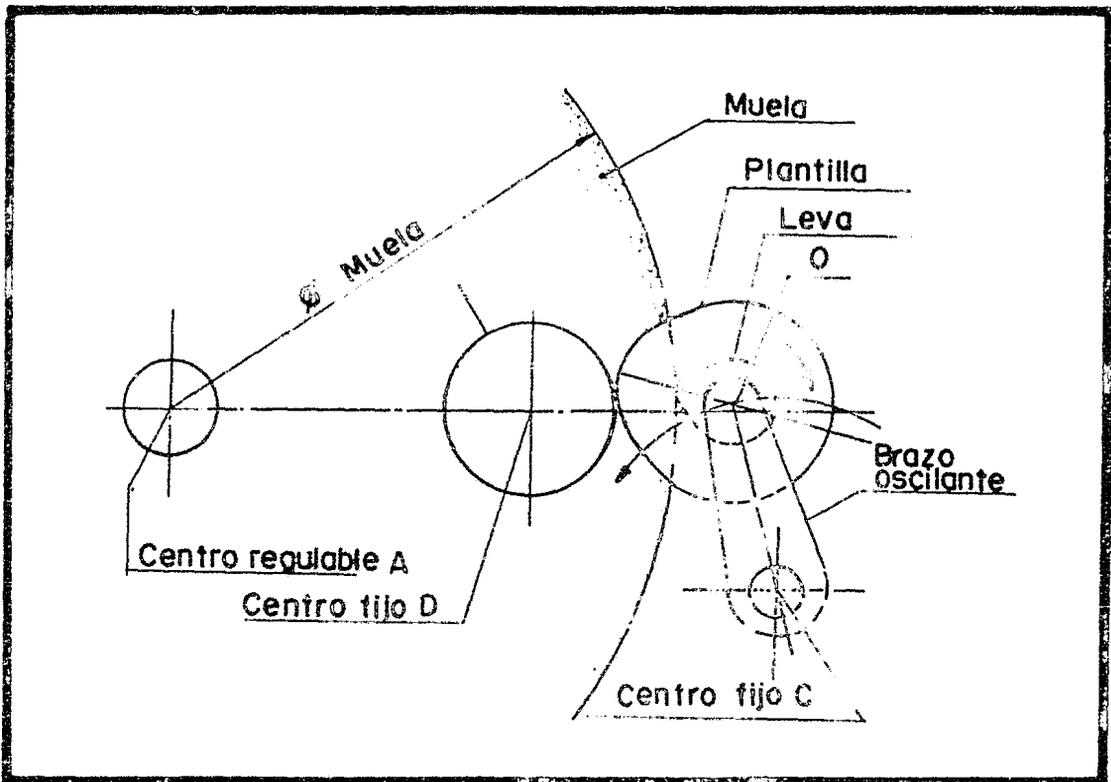


Fig. 3.35

El árbol de levas se monta horizontalmente y en posición sobre los con
trapuntos de la máquina. Sea 0 el eje de la leva, a un mismo lado de
la leva se monta una plantilla, en su posición, la cual debe reproducir
el perfil perfecto de la leva. Tanto el árbol de levas como la -
plantilla pueden girar a la vez alrededor del eje 0, manteniéndose ---
siempre unidos entre sí y en una misma fase. Este sistema va unido a
un brazo CC que puede oscilar libremente alrededor de C, que sirve de
punto de apoyo. La plantilla, girando alrededor del eje 0 y adheriéndose
con una cierta presión sobre el rodillo D, guía la oscilación pen
dular del brazo OC, obligando a la leva a separarse o acercarse a la -
muela que gira alrededor de A. El eje D del rodillo tiene una posi--
ción fija con respecto al apoyo C del brazo oscilante. La muela tiene
la posibilidad de acercarse a la leva para arrancar gradualmente el ma
terial hasta la medida deseada; por lo tanto el eje A de la muela debe
rá encontrarse al final de la operación a una distancia bien definida
respecto al eje D del rodillo. El acercamiento de la muela hacia el -
centro del rodillo se produce por el camino más corto y horizontalmente.

La Figura 3.36 muestra una disposición típica para rectificar un árbol
de levas; éste se soporta entre puntos y se sujeta con una chaveta, en
una posición precisa, a un plato de arrastre en el extremo del cabezal.
Generalmente, una o dos lunetas soportan el árbol a intervalos conve--
nientes y eliminan cualquier tendencia a flexar por la tensión de la -

muela. Todo el conjunto de la muela portapieza está montado en una cuna que oscila acercándose y separándose de la muela, para generar el perfil apropiado de la leva. El movimiento de la cuna es regulado por grandes levas maestras que giran en concordancia con la pieza. Unas guías longitudinales bajo la mesa permiten desplazar la pieza de leva a leva, y las guías transversales del carro portamuela permiten el avance en penetración de la muela en la pieza. Para cada una de las levas del árbol existe una leva maestra especial.

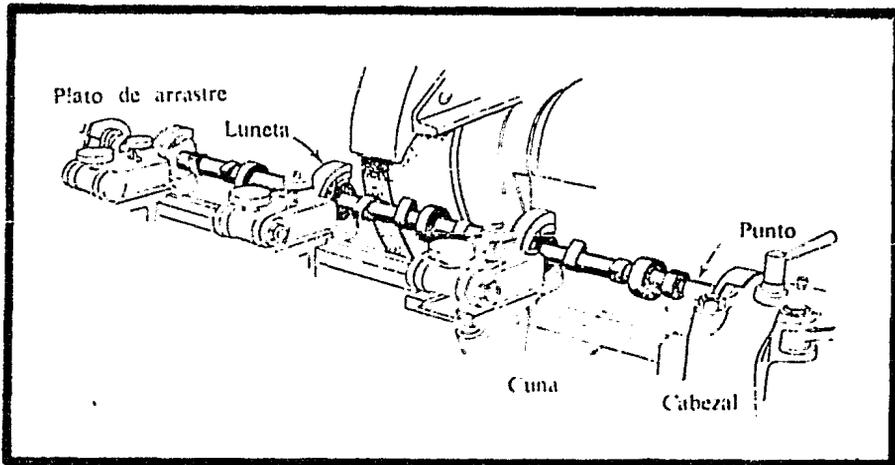


Fig. 3.36

A medida que la mesa portapieza pasa de una a otra leva, la leva maestra asume automáticamente el control de la cuna oscilante. Después -- del movimiento de cada leva a su debida posición, la muela se desplaza rápidamente a su posición de rectificado, disminuye su velocidad de -- avance para rectificar, y lo continúa hasta que se alcanza la dimen-- sión de acabado.

Después de rectificar cada árbol, se hace el repasado de la muela con diamante, y al mismo tiempo se reajusta automáticamente el avance de - la muela para compensar la disminución del diámetro de la misma. A medida que se acaba cada leva, se separa la muela de la pieza, la cuna - oscila hacia atrás, retirándose de las levas maestras, y la mesa portapiezas se desplaza longitudinalmente a su posición para rectificar la leva siguiente. Al mismo tiempo, el mecanismo de las levas maestras - cambia a la posición que le corresponde. Cuando se completa la última leva, la mesa vuelve a su posición de partida la muela es repasada para prepararla para la siguiente pieza a rectificar, y se detiene la máquina. El funcionamiento es totalmente automático, excepto la colocación y retiro de la pieza.

b) RECTIFICADORAS PARA ROSCAS.- Las exigencias de la técnica moderna, especialmente para los productos de calidad, empujan hacia la construcción de órganos mecánicos cada vez de más precisión. Es lógico pretende

der que elementos importantes, como los calibres de control para ros--
cas, machos y cojinetes de roscar, tornillos para micrómetros, deban -
tener las superficies lisas y de precisión después del temple. Esta -
pretención se satisface con el rectificado, dicho rectificado se mues-
tra en la Figura 3.37

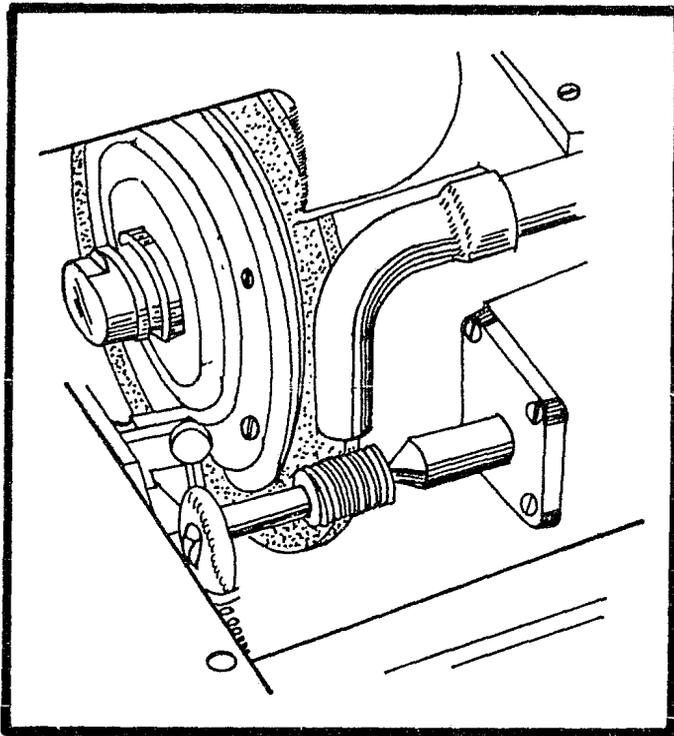


Fig. 3.37

En este tipo de rectificado se necesita emplear muelas de forma, tal y como se muestra en la Figura 3.38 a y b, también es necesario utilizar máquinas especiales, que permitan el roscado interior y exterior.

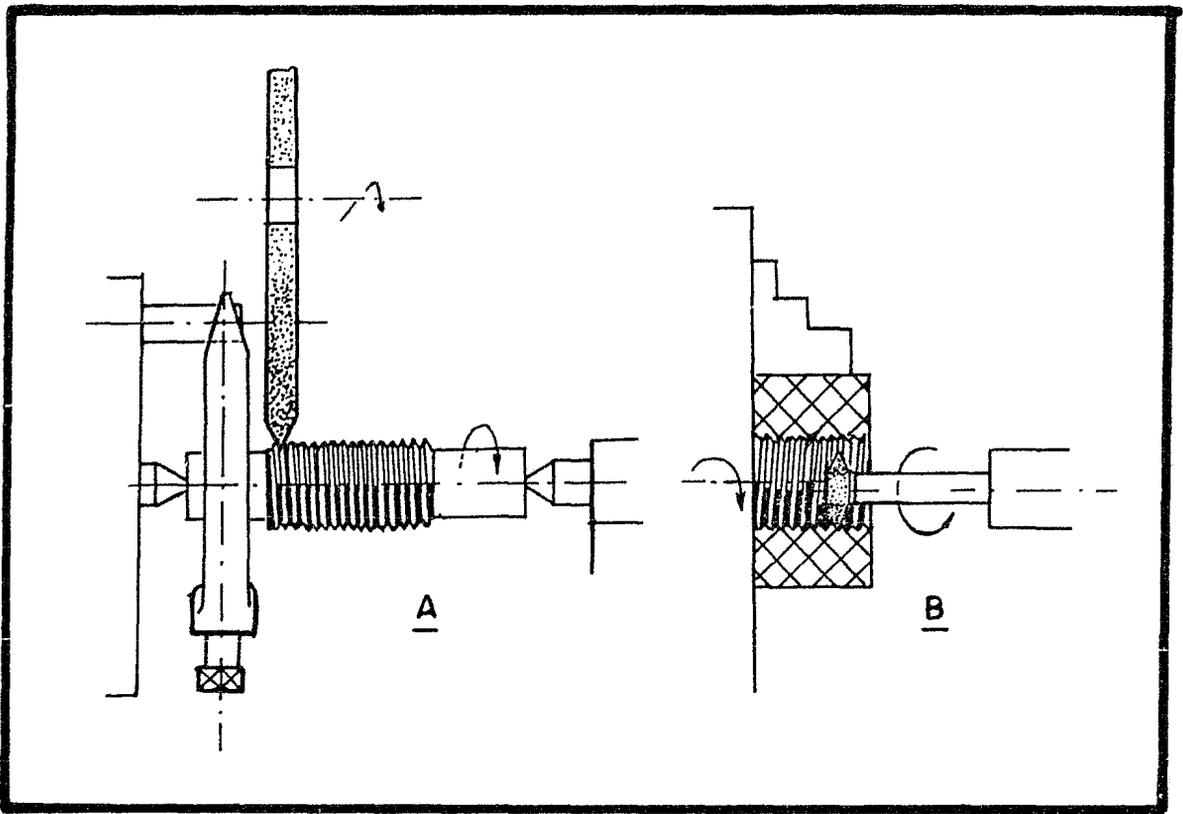


Fig. 3.38

El carro portamuela se puede inclinar un ángulo correspondiente al de la hélice media del cuerpo a rectificar; dicho carro puede también ---

una o dos pasadas; la segunda pasada conviene realizarla después de haber desplazado la muela.

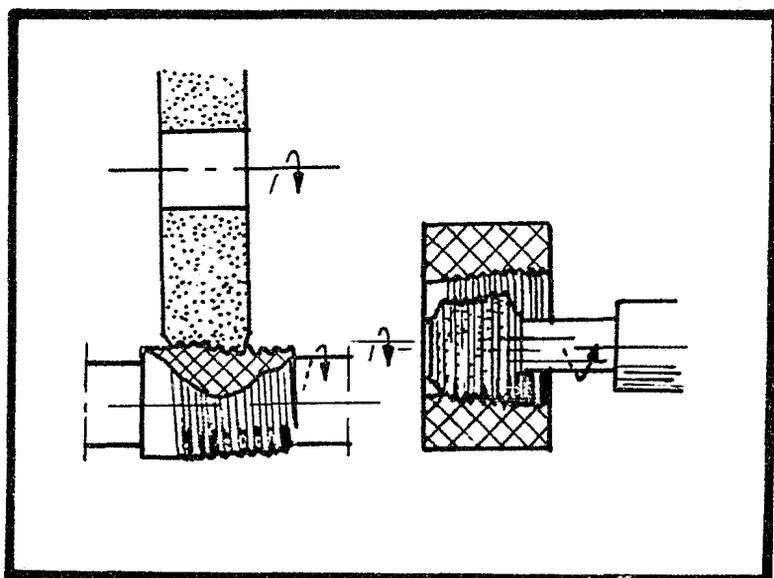


Fig.3.39

En los rectificadores de acabado, especialmente si se realizan con muelas de perfil simple, es necesario, de vez en cuando, repasar la muela con una punta de diamante industrial. Con este fin se emplea un aparato apropiado que obliga al portadiamante a seguir un camino determinado. Primero se rectifica un lado de la muela según el ángulo; después se corrige la curva según un cierto radio, y finalmente se rectifica -

avanzar transversalmente toda la profundidad del filete. La mesa portapieza, accionada por un husillo de gran precisión, se mueve longitudinalmente con movimiento alternativo, según un paso preestablecido.

El carro portapieza está dotado de un retroceso acelerado, mientras la velocidad de giro del husillo permanece inalterada. Debemos destacar también que la velocidad de dicho husillo puede tomar diversos valores. También la muela puede girar según varias velocidades diferentes. Con la misma máquina pueden destalonarse los filetes de los machos. Para realizar esta operación está previsto un aparato que recibe el accionamiento del husillo portapieza. Una leva actúa sobre el carro portamuela, imprimiéndole una oscilación que puede variar hasta 0.25 mm. El rectificado puede hacerse tanto en las herramientas con rosca a la derecha como en las de roscas a la izquierda. El rectificado con muela sencilla de perfil único, es usado generalmente para acabados que requieran de una gran precisión. Dicha operación también puede realizarse mediante un utillaje especial aplicado en un torno paralelo.

Para el rectificado de desbaste de una rosca es conveniente usar las muelas múltiples. Pueden ser labradas siguiendo una superficie cilíndrica o bien una cónica. El primer sistema conviene para el desbaste de piezas reconstruidas, con el objeto de reducir las deformaciones. Con el segundo sistema (Figura 3.39), se obtiene una penetración progresiva de la muela en el material, generando el perfil completo en --

el otro lado simétricamente al primero. Esta operación de repaso, por ser muy importante, debe realizarse con mucho cuidado. En la Figura - 3.40 se muestra esquemáticamente el rectificado de una muela para roscas.

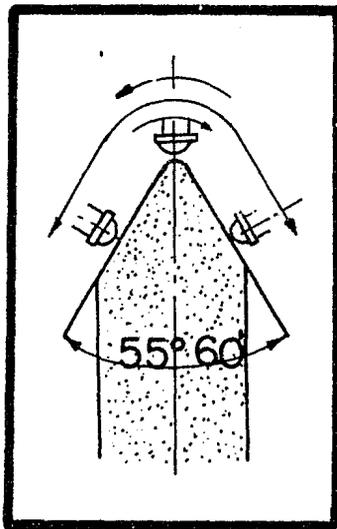


Fig. 3.40

c) RECTIFICADORAS PARA ENGRANES.- Las ruedas dentadas de precisión, - que transmiten esfuerzos importantes con velocidades tangenciales elevadas, requieren para su construcción el acero al cromo-níquel. La carga específica, especialmente sobre los flancos de los dientes, origina un fuerte rozamiento entre las superficies de contacto, que conduce a un rápido desgaste principalmente si se trabaja con un material dulce. -

Por eso surge la necesidad de someter a dichos engranes a una cementación y temple. Durante los tratamientos térmicos se generan tensiones internas capaces de deformar sensiblemente toda la masa metálica. Por lo tanto se hace necesario el rectificado como medio de corrección de las irregularidades y rugosidades superficiales, dejando al mismo tiempo las paredes pulidas.

Los engranes tratados de esta forma tienen la ventaja de ser precisos, de transmitir silenciosamente el movimiento cuando están en marcha y de durar más.

El rectificado es factible para el dentado recto o helicoidal de los engranes cilíndricos exteriores; en la actualidad no ha sido posible rectificar el dentado interior; difícilmente se rectifican los cónicos. El rectificado puede realizarse con muelas de formado y por generación natural.

El rectificado con muela de forma requiere un cuidadoso repaso con diamante del borde de la muela, esto con el fin de obtener un perfil -- igual al de los surcos delimitados por los flancos de los dientes de los engranes. El rectificado se realiza haciendo recorrer las muelas, con un movimiento de vaivén, toda la longitud del diente. La muela se rectifica periódicamente mediante un dispositivo acoplado a la máquina. Dicho procedimiento admite sólo el rectificado de dientes rectos de --

ruedas cilíndricas.

El rectificando por generación natural del perfil es el más perfecto -- porque los flancos planos de las dos muelas especiales, colocados como un diente de una cremallera, actúan de correctores. Las dos muelas -- mantienen constantemente su posición mientras giran alrededor de su -- propio eje, que está inclinado respecto a la horizontal, un ángulo -- igual al de presión.

El círculo del dentado es puesto en condiciones de poder rodar sin resbalar, a lo largo de una recta imaginaria, tal y como se muestra en la Figura 3.41.

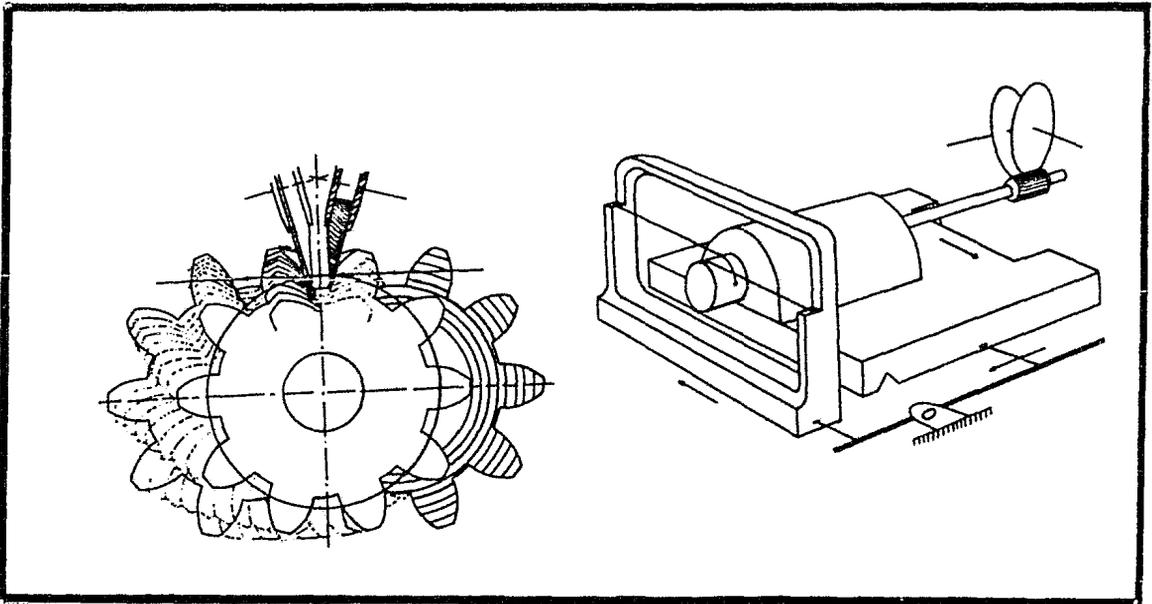


Fig. 3.41

El engrane va montado sobre un husillo unido a un cabezal especial de accionamiento. Al mismo tiempo el engrane es obligado a trasladarse axialmente un cierto espacio, según un movimiento periódico alternado en los dos sentidos. Durante este movimiento las muelas tocan los flancos por todo el ancho de los surcos. A continuación, cuando el engrane se separa de las muelas, el avance del carro es frenado automáticamente para poder efectuar la división. Un nuevo surco se presenta para ser rectificado de los flancos de la forma explicada anteriormente. El funcionamiento está representando esquemáticamente en la Figura 3.41 y se repite para cada diente de la rueda. La generación del perfil, se obtiene por dos flejes que tienen los extremos fijos y obligan al cilindro a rodar, sin resbalar, a lo largo de una recta ideal, cada vez que el carro se mueve transversalmente en un sentido u otro. Es evidente que los discos cilíndricos de desarrollo del fleje son intercambiables, para poder aplicar el diámetro más adecuado.

El continuo frotamiento de las muelas sobre las superficies de los flancos de los dientes provoca un desgaste que se manifiesta en una falta de contacto. En otros términos; los bordes activos de las muelas varían de su posición inicial, por lo que se hace necesario una aproximación de las muelas a los flancos de los dientes.

La máquina rectificadora puede verse en la Figura 3.42 tiene dos dispositivos automáticos de suspensión que actúan separadamente sobre cada muela.

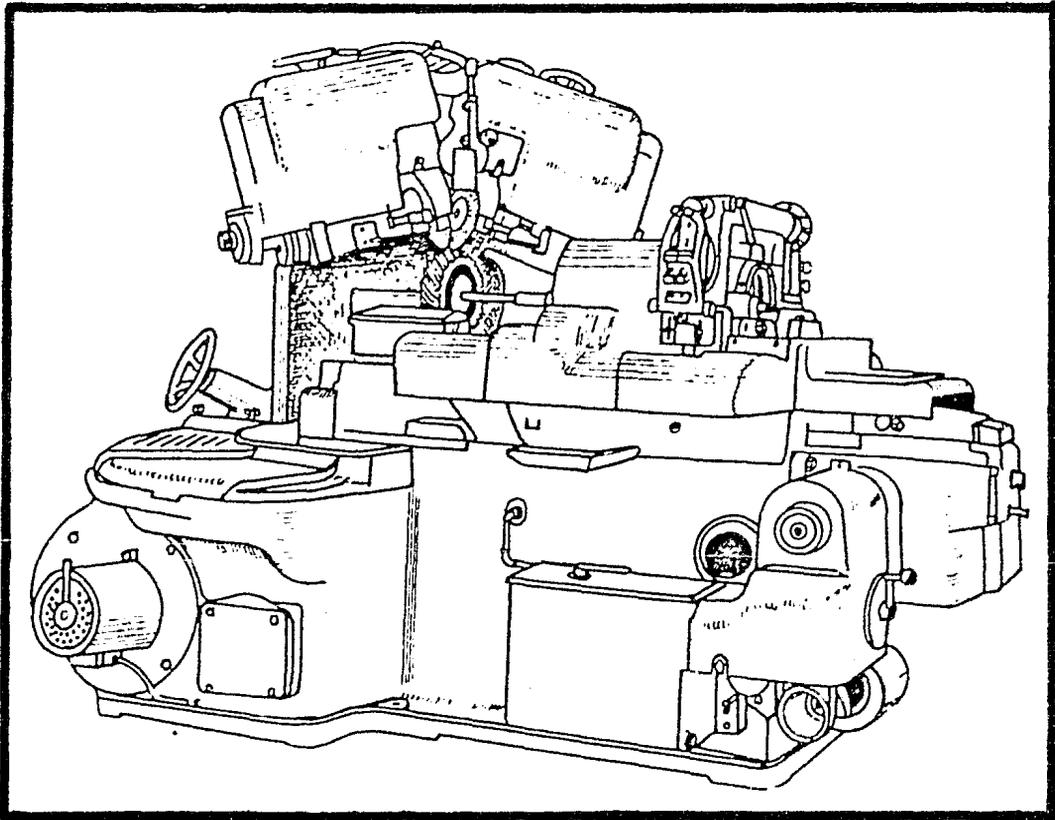


Fig.3.42

Dichos dispositivos soportan cada uno una placa de contacto, tal y como se muestra en la Figura 3.43.

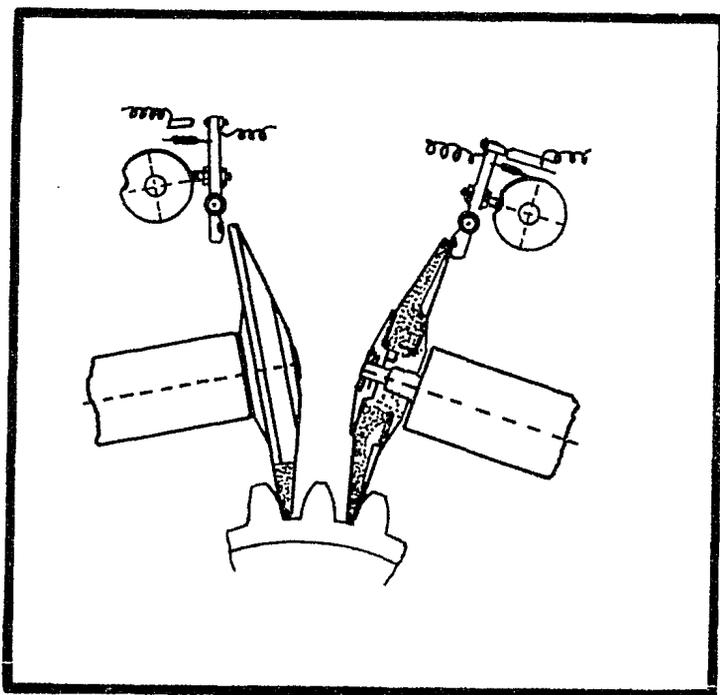


Fig.3.43

Dicha placa lleva insertado en el extremo, un diamante de cara plana. Cada tres o cuatro segundos la palanca oscila y el diamante toca el correspondiente borde de la muela. Si ésta última se encuentra en su posición exacta, las puntas de contacto eléctrico no se tocan y la muela permanece en su sitio. Si por el contrario, la muela se ha desgastado

la palanca oscila más de lo normal y provoca el contacto eléctrico que acciona un motor, el cual, por estar acoplado a un tornillo sin fin, - provoca el traslado del cabezal portamuela hasta llevarlo a su posición exacta. El desplazamiento es del orden de las milésimas de milímetro.

Con esta misma máquina se pueden rectificar tanto las ruedas cilíndricas con dentado recto como helicoidal. En este último caso la base -- portamuela debe estar inclinada según el ángulo de la hélice primitiva de los dientes a rectificar.

En la Figura 3.44 está esquematizado el modo según el cual se produce el rectificado de los dientes. Si se excluye el movimiento de generación observamos que, al final del desplazamiento f_1 del carro 2, se ha producido una traslación transversal f_2 del carro 1 portacinta que, en consecuencia ha hecho girar el sector de rodadura y la rueda dentada - en el sentido f_3 . El movimiento helicoidal, por tanto, es determinado por la traslación f_1 y la rotación f_3 . Es evidente que para obtener - la hélice mediante rodadura complementaria del mandril 3, la plataforma de guía del patín 6 debe ser inclinada según el ángulo de la hélice de los dientes. La rodadura complementaria, se añade a la de genera-- ción de la envolvente, y así permite el rectificado completo. Se hace notar que, para el rectificado de dientes helicoidales, no se puede -- utilizar el dispositivo compensador; la dificultad se debe al patín 6

que no permite el desplazamiento de la base portacinta.

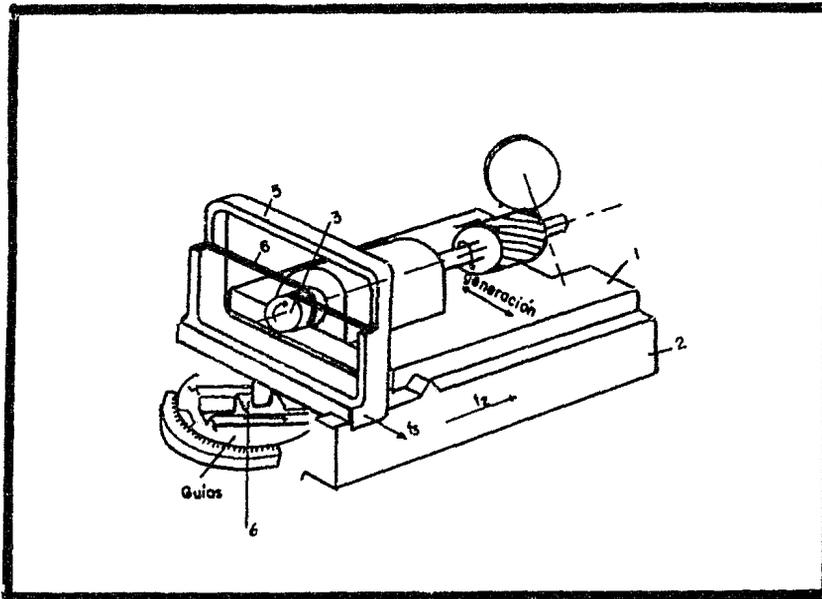


Fig. 3.44

d) RECTIFICADORAS PARA PISTONES.- La rectificadora de pistones para motores de combustión interna de alta velocidad constituye frecuentemente otra variante de la rectificadora de exteriores. Muchos de estos pistones no se rectifican exactamente cilíndricos, sino ligeramente elípticos, dejando más pequeño el diámetro paralelo al eje del muñón; además, a veces, se hacen ligeramente cónicos, es decir, se les da un diámetro más pequeño en la cabeza o parte superior, en donde experimenten mayor dilatación cuando están expuestos al calor de la combustión.

ción en el cilindro del motor.

En una rectificadora de pistones por consiguiente, se dispone de un mecanismo que, automáticamente y en sincronía, mueve el pistón giratorio acercándolo y retirándolo alternativamente, de la muela, rectificándolo así en una forma elíptica y al mismo tiempo, retirando la pieza progresivamente de la muela durante el recorrido longitudinal, dándole -- así la conicidad deseada.

En la rectificadora de pistones la pieza se monta entre un dispositivo de fijación en el cabezal y en el punto de un contracabezal. Estos cabezales de sujeción y las piezas que los mueven están montados en una cuna oscilante controlada por una leva maestra. A medida que la pieza gira, la leva hace oscilar la cuna, rectificando así la pieza en una forma ligeramente elíptica. La mesa portapieza se desliza sobre las guías que se extienden a lo largo de la máquina, y puede ser orientada para rectificar cónicamente en vez de hacer un cilindro perfecto.

e) RECTIFICADORAS PARA CIGUEÑALES.- Para ciertas clases de trabajo no se requiere el avance longitudinal de las rectificadoras, sino que únicamente, es necesario el avance de la rueda contra la pieza. Para eliminar las marcas de la muela en la pieza se dá avances al árbol, además del avance en penetración, un ligero movimiento alternativo longitudinal. La precisión en conjunto depende sobre todo de la exactitud

de la forma de la superficie de la muela.

Puesto que las muelas pequeñas se desgastan rápidamente y pierden muy pronto su precisión, las rectificadoras para el trabajo en penetración emplean generalmente grandes muelas hasta de 1 m. de diámetro.

En el rectificado de los muñones principales de un cigueñal, la anchura de la muela está limitada por las muñequillas situadas a cada lado del muñón principal. Se hace uso del avance transversal de la muela, sin desplazamiento longitudinal de la pieza. A fin de reducir al mínimo las marcas de la muela en los muñones terminados, se dá a la muela un ligero movimiento alternativo longitudinal.

En algunos casos, la muela es algo más estrecha que la muñequilla y en tonces se dá a la muela un movimiento alternativo longitudinal por toda la longitud de la muñequilla; en otros casos, la muela es bastante ancha para cubrir dicha longitud, y entonces se le dá solamente el --- avance en penetración en la pieza sin movimiento longitudinal. Se - - usan grandes muelas de hasta 1 m. de diámetro, reduciendo así el des-- gaste de la muela y haciendo posible conservar la precisión en la su-- perficie de la muela sin excesivo uso del diamante de repasar.

3.4 AFILADO DE HERRAMIENTAS

Una de las cualidades de un buen mecánico es su habilidad para reconocer una herramienta embotada o desafilada y ser capaz de reafilarla -- con precisión y rapidez. Una buena mano de obra depende de la agudeza de sus herramientas de corte.

3.4.1 BROCAS

Hace unas cuantas décadas, prácticamente todas las herramientas de corte, incluidas las brocas eran hechas de acero alto en carbono. Aunque este material podía ser amolado fácilmente en cualquier forma, las herramientas eran más caras comparadas con las de hoy en día; se embotaban rápidamente y tenían que ser afiladas muy a menudo, lo que retrasaba la producción.

Desde entonces, los fabricantes de herramientas de corte han desarrollado métodos de fabricación altamente técnicos para producir brocas, machos y escoriadores de resistente acero para herramientas.

Los escoriadores y las brocas espirales acanaladas de hoy en día duran de tres a cinco veces más que las herramientas de antaño. Pueden soportar velocidades y avances mucho más altos que las usadas con brocas de acero al carbono, permitiendo incrementar la carga de trabajo en -- las herramientas sin preocupación de doblarlas o romperlas. Esto es -

particularmente importante en las más grandes máquinas de transferencia y las de cabezales múltiples porque una herramienta dañada puede parar toda la cadena de producción.

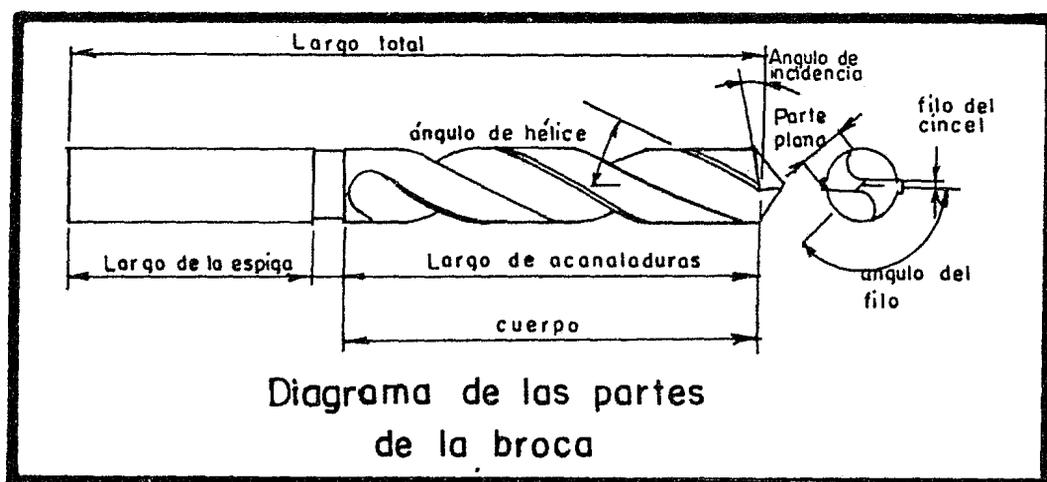


Fig. 3.45

HACIENDO LA PUNTA

La formación apropiada de las puntas de las brocas helicoidales para que sean herramientas eficientes y exactas, es fundamental. Esto permite que la broca penetre el metal más fácilmente y bien centrada asegurando que el agujero es redondo, y del tamaño deseado. La formación defectuosa de las puntas causa agujeros inexactos y costos excesivos -

de operación.

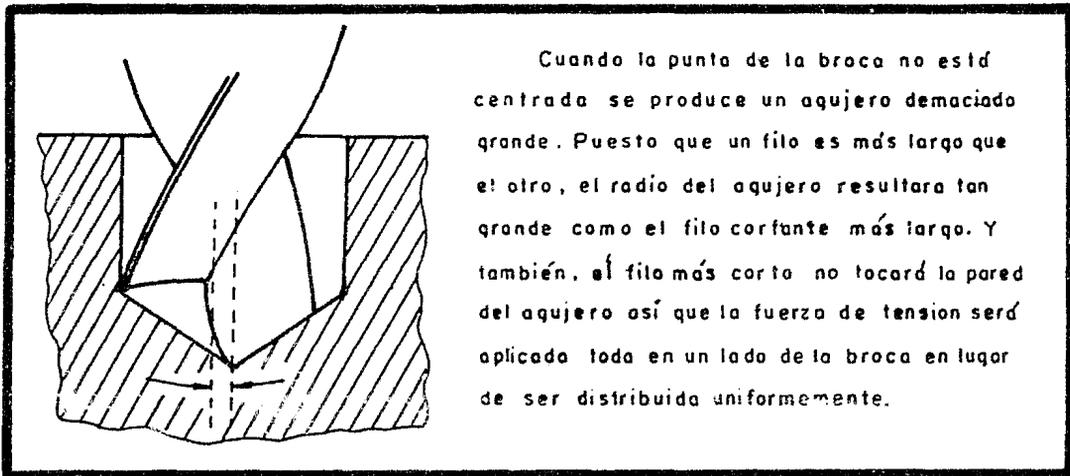


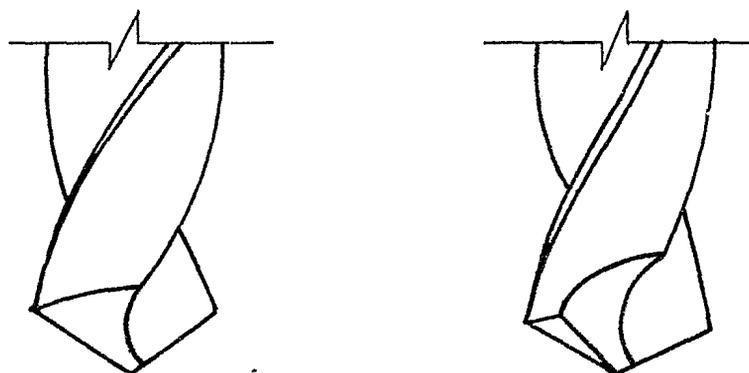
Fig.-3.46

Las máquinas semi automáticas y automáticas que se usan actualmente para producir puntas, han eliminado prácticamente la inexacta formación de las puntas.

No sólo las máquinas modernas producen puntas exactas sino también pueden producir una variedad de puntas diferentes.

Hay muchísimas clases de puntas para una gran variedad de operaciones

de perforación, que van de los cigueñales a las láminas de acero.



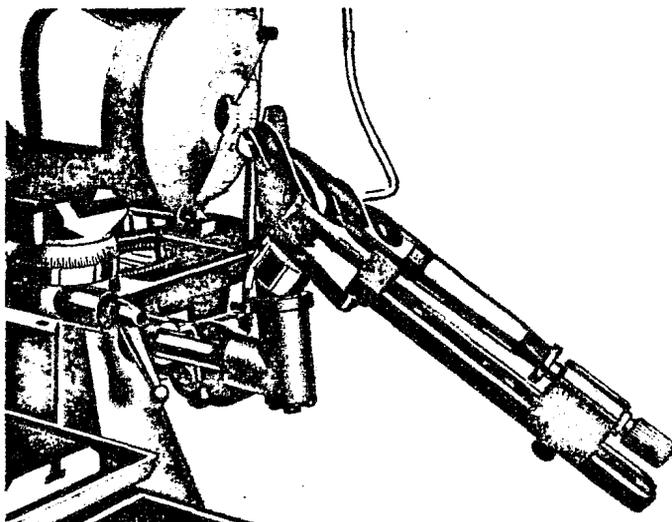
Punta normal, usada para brocas comerciales o de uso general, se emplea en taladrar aceros convencionales y lámina de acero. Penetra fácilmente el metal con un mínimo de distorsión de la superficie durante la penetración inicial.

Punta partida. Su diseño es básicamente lo mismo que la punta de cincel pero el alivio detrás de los labios ha sido amolado a un ángulo más agudo y el núcleo ha sido reducido. Esto ayuda a cortar viruta más pequeña mientras se remueve el metal.

Fig. 3.47

En aplicaciones especializadas se usan puntas diferentes de las partidas y las normales. El método básico para producir puntas es el mismo

en todas las máquinas. Un mandril sostiene la broca que es girada en un sentido cónico a través de la cara de una rueda biselada.



Centrado de la punta de una broca helicoidal

Fig. - 3.48

Los distintos movimientos de rotación determinan el tipo de punta que se producirá. En algunas brocas helicoidales para trabajos duros, el adelgazado del núcleo es la última operación antes de la inspección. - La razón de esta operación es que disminuye la superficie de la punta

que viene en contacto con el trabajo inicialmente, facilitando así la penetración.

Hay también otras operaciones después de hacer la punta, como amolar la lengüeta, lo que consiste en producir áreas planas en la espiga de la broca para poder sujetarla en el mandril. Esto se hace sólo en brocas especiales.

Después de inspeccionar por acabado, tolerancia y defectos, la broca - está lista para el uso. Una utilización correcta y buena técnica de - afilado prolongarán la productividad de la broca.

AFILADO DE LAS BROCAS

Aunque una broca puede hacer miles de agujeros, con el tiempo necesitará ser reafilada.

Por razones de economía, la mayoría de las brocas de más de 4 mm. de - diámetro son reafiladas.

Muchos fabricantes han descubierto que en el caso de algunas de las -- brocas de diámetro más pequeño cuesta menos desecharlas que reafilar-- las. El mejor método para reafilar brocas es a máquina y no a mano. - Cuando es bien afilada una broca, ésta normalmente cortará más rápido, durará más y producirá agujeros más precisos que la afilada a mano. --

Hay una gran variedad de afiladores de brocas, para reafilear los labios cortantes y adelgazar el núcleo.

AFILADO DE LOS LABIOS CORTANTES

El procedimiento corriente es el de afilar primero los dos filos cortantes, que habrán de tener la misma longitud y el ángulo correcto en relación al eje de la broca, y el alivio o destalonado correcto, detrás de los filos. La especificación de la rueda recomendada es abrasivo de óxido de aluminio especial con una pureza de 99-99.9%, como la cantidad que hay que rebajar es poca entonces se usará un grano fino - como lo es el de tamaño 80 con un grado intermedio como es el M, el tipo de liga recomendada para trabajos de gran precisión es vitrificada. Si el embotamiento es considerable los filos tendrán que ser amolados con una rueda de las mismas características pero de tamaño de grano 46 y acabados con una rueda de grano 80.

El alivio detrás de los filos cortantes debería de ser suficiente para que la broca corte libremente sin dejar de ser lo bastante fuerte para soportar los filos cortantes. Si el alivio no es suficiente, la broca cortará con dificultad, producirá un calor excesivo y funcionará como una broca embotada. Si el alivio es excesivo, los filos no tendrán -- bastante apoyo y se astillarán y romperán. Un alivio de 12° a 15° a la periferia de la broca es considerado normal para un tipo de trabajo

común. Cuando este ángulo es correcto la punta en forma de cincel en la intersección del núcleo estará a un ángulo de 124° a 130° al filo cortante.

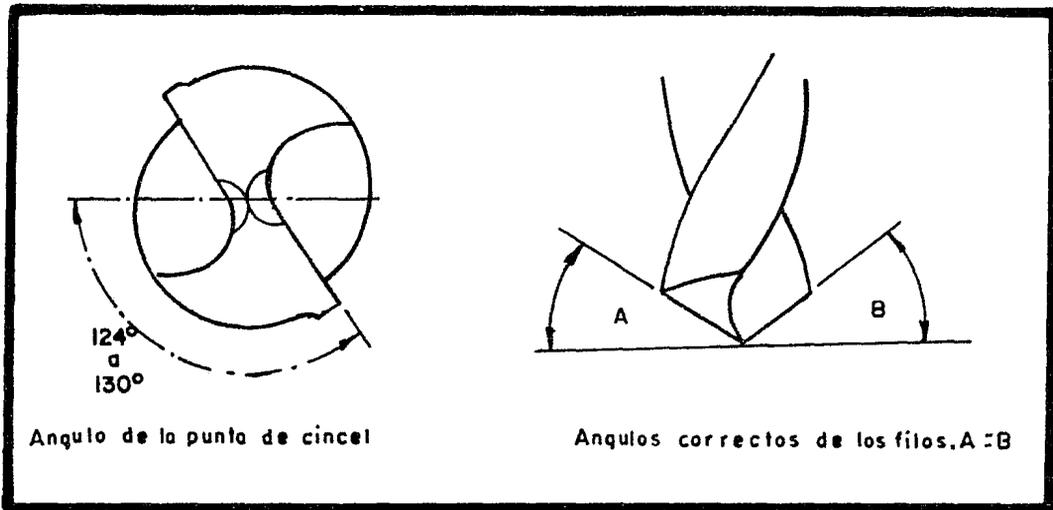


Fig.- 3.49

Además de tener alivio adecuado, ambos filos tendrán que ser inclinados al mismo ángulo con el eje de la broca y ser iguales en longitud. Si los dos filos no tienen el mismo ángulo, la broca fallará prematuramente, porque el filo del ángulo mayor hará todo el trabajo. Asimismo,

si los filos no son exactamente de la misma longitud, la punta de la broca será descentrada y el agujero producido será demasiado grande. Para trabajos generales, un ángulo incluido de 118° que es la norma comercial, es considerado el más satisfactorio. Para materiales más blandos y muy dúctiles como plásticos y metales no ferrosos, un ángulo algo más agudo, alrededor de 90° , dará mejor resultado. Para latón se puede usar el ángulo normal de 118° , pero la cara de los filos cortantes debería ser amolada ligeramente plana. Un ángulo de 135° se usa para materiales más duros y resistentes.

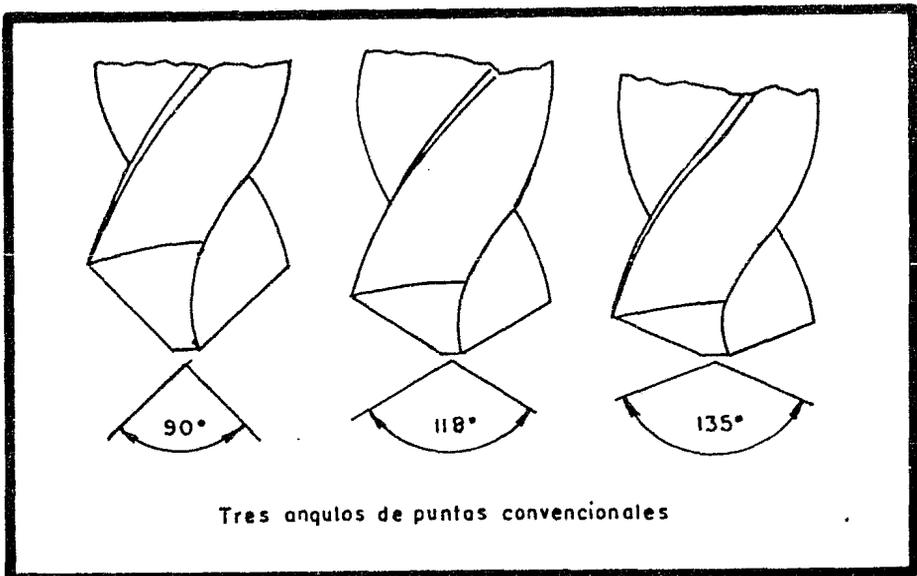


Fig.- 3.50

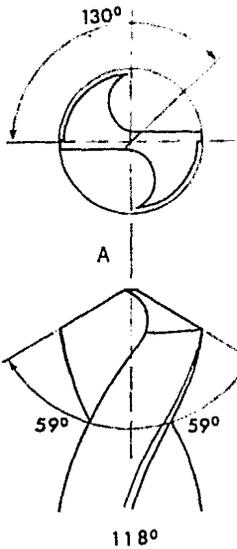
REDUCCION DEL NUCLEO

Después de amolar los filos cortantes puede ser necesario adelgazar la punta o el núcleo. Para esta operación deberá usarse la rueda de óxido de aluminio rubina con una pureza de 97-98% de grado J y grano 60, con liga vitrificada, para fresas radiales hechas de acero normal para herramientas. Un adelgazamiento adecuado del núcleo reduce la potencia necesaria para avanzar la broca, permitiéndole cortar más libremente.

Si el ancho de la punta es demasiado grande, se necesitará una presión excesiva para poner en marcha la broca y tenderá a girar sin cortar. - Por otra parte si el núcleo es demasiado delgado habrá tendencia a partirse. El adelgazamiento del núcleo es particularmente necesario cuando la broca está muy desgastada. Según la punta se sigue gastando hacia arriba, el espesor del núcleo aumenta. En este caso hay que reducirlo a su espesor original.

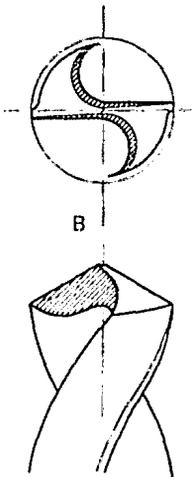
DIFERENTES TIPOS DE AFILADO EN RELACION CON LOS MATERIALES

A.- Punta Normal



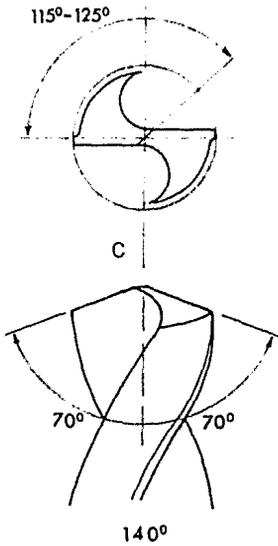
Tipo de punta con un ángulo de 118° ó 59° por lado, ha sido seleccionado para trabajos normales. Este filo trabaja bien en la mayoría de aceros al carbón y aceros aleados suaves.

B.- Reducción del Núcleo



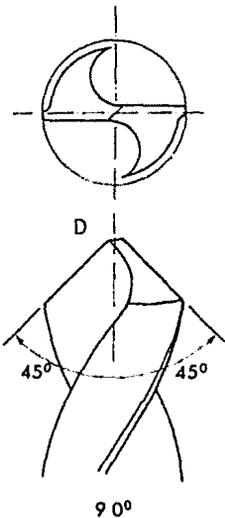
El adelgazamiento se hace con un esmeril delgado con los cantos redondos. Hay que tomar en cuenta que el núcleo quede centrado. Las brocas de $1/8''$ de diámetro deben tener un grueso del núcleo de un 20% de su diámetro bajando en proporción hasta arriba de $1''$ en que será el 11% de su diámetro.

C.- Punta Poma



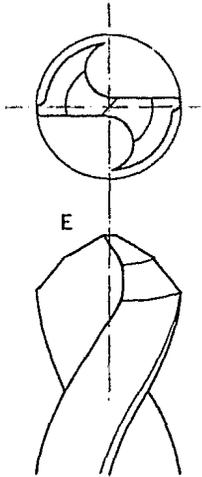
Este tipo de punta es usado con bastante ventaja taladrando materiales duros y tenaces. Un ángulo de la punta de 130° a 140° se recomienda para taladrar aceros al manganeso y aceros inoxidables (Austeníticos), para taladrar aceros tratados y aceros forjados se recomienda - un ángulo de punta de 125° a 130°.

D.- Punta Aguda



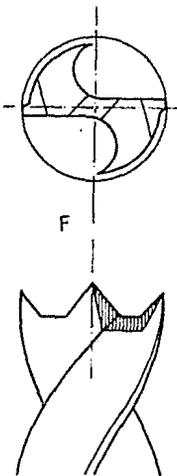
Este tipo de punta se usa para taladrar materiales suaves, madera, bakelita, fibras, etc. también es usado en hierro fundido suave y en algunos plásticos se usa un ángulo en la punta hasta de 60° con una hélice muy abierta y también pulidas las ranuras.

E.- Punta Doble Angulo



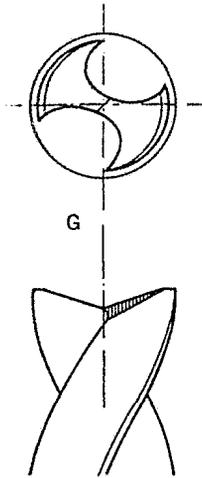
Este tipo de punta tiene mucho más duración -- cuando se está taladrando hierro fundido abrasivo. Este doble ángulo evita el desgaste en las orillas periféricas del filo de corte de la broca. En la práctica se ha visto que la vida del afilado se puede aumentar de 200 a -- 300% en algunos trabajos.

F.- Punta Espuela



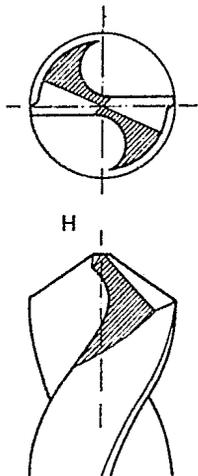
Este tipo de punta se usa para madera, bakelita, y algunas fibras donde se requiera un acabado perfecto; su ventaja está en que la punta central se usa como guía y las 2 puntas laterales son los filos de corte que no astillan el material al terminar de taladrar dejando el barreno bastante liso.

G.- Punta Cola de Pescado



Este tipo de punta se usa para barrenar láminas delgadas, en donde se necesita que solamente - los extremos corten, para evitar que la lámina se flexione y a su vez oponga resistencia al - endurecerse cuando se calienta la sección de - contacto. Para usar este tipo de afilado se - usará una guía para que la broca no baile. Al usar este afilado el acabado es perfecto y se hacen más barrenos que con cualquier otro tipo de filo.

H.- Punta Cigüeñal o Ranurada



Este tipo de punta fue especialmente diseñada para taladrar barrenos profundos en los cigueñales, se usa en brocas extralargas que tiene el núcleo más grueso que las brocas normales.

GEOMETRIA MEJORADA PARA BROCAS

ANGULOS DE ATAQUE Y DE LA ESPIRAL.- El ángulo de ataque de una broca se determina por el ángulo de la espiral y se modifica por el ángulo de la punta. El ángulo de ataque a lo largo del labio de corte es inconsistente y decrece considerablemente desde la orilla al alma.

Los ángulos standard de la espiral son normalmente de 26° a 28° , por lo que ofrecen el mismo ángulo de ataque efectivo en la orilla.

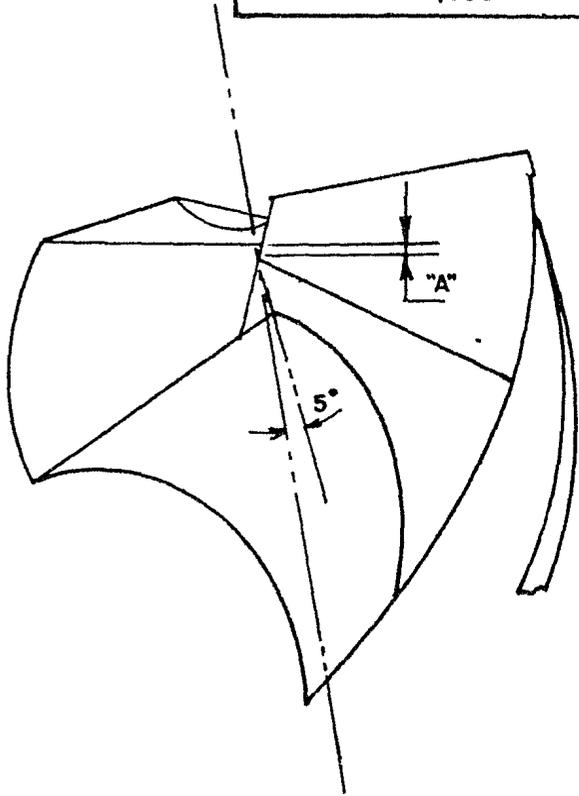
GRUESO DEL ALMA.- Cuando se compran brocas, se puede especificar con alma normal, mientras que las brocas de servicio pesado tienen un alma más gruesa y requieren un aguzado excesivo, por lo que el tiempo de afilado es mayor y no ofrece ningún rendimiento extra.

ANGULO DE LA PUNTA.- Los ángulos standard de la punta de brocas al comprarse son de 118° . A este ángulo, los filos de corte a lo largo de los labios resultan rectos, ya que el fabricante diseña el perfil del gavilán para obtener dicha rectitud.

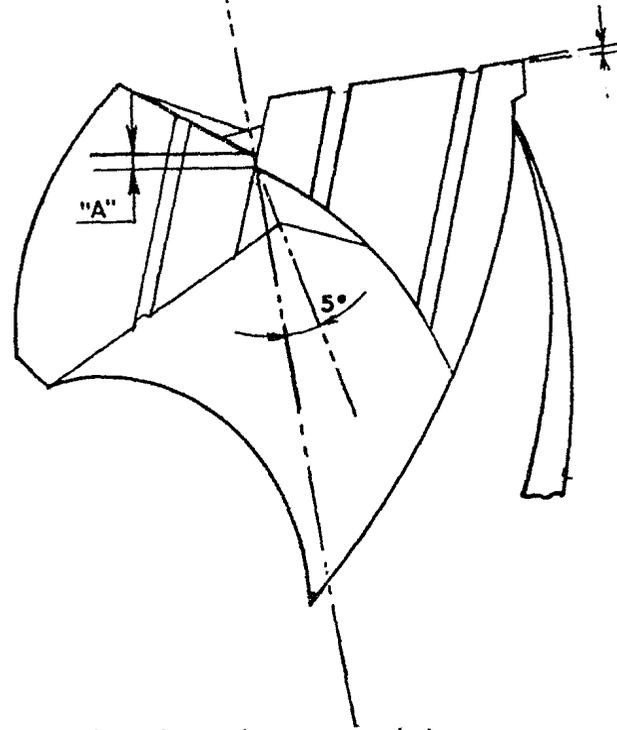
Sin embargo, un ángulo de la punta mejorado de 135° a 140° incrementa el ángulo de ataque efectivo a lo largo del filo de corte, y reduce la tendencia lateral permitiendo agujeros más rectos.

AGUZADO DE LA PUNTA.- El afilado de menor esfuerzo que se muestra en -

Hasta	DIAMETRO DE BROCA EN PULG.				
	1/2"	1"	1 1/2"	2"	3"
"A"	.020	.030	.045	.060	.090
DIM	.030	.045	.060	.090	.120

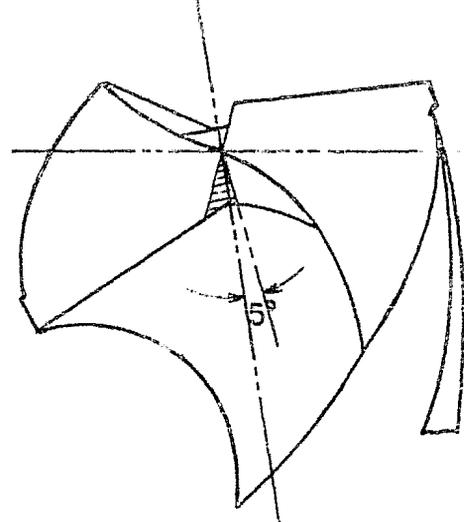
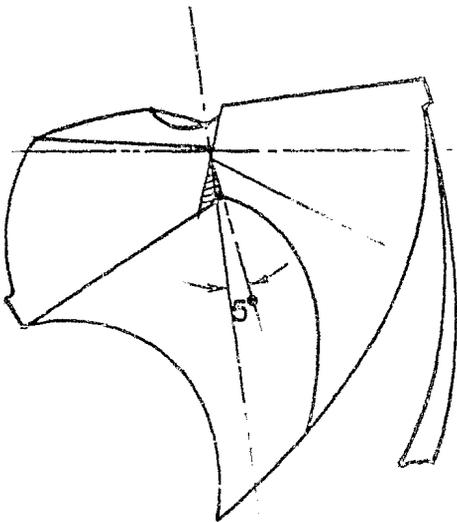
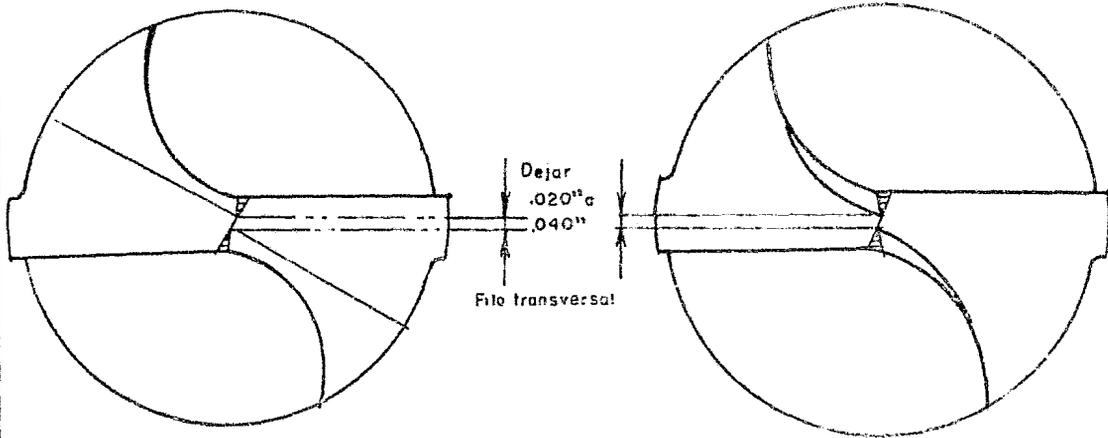


Aguzado sin esfuerzo axial para brocas hasta 3/4" diam



Aguzado sin esfuerzo axial para brocas mayores de 3/4" diam.

Fig.- 3.59



Aguzado sin esfuerzo axial para brocas pequeñas (hasta 1/2" Ø).

Aguzado sin esfuerzo axial para brocas mayores de 1/2" Ø.

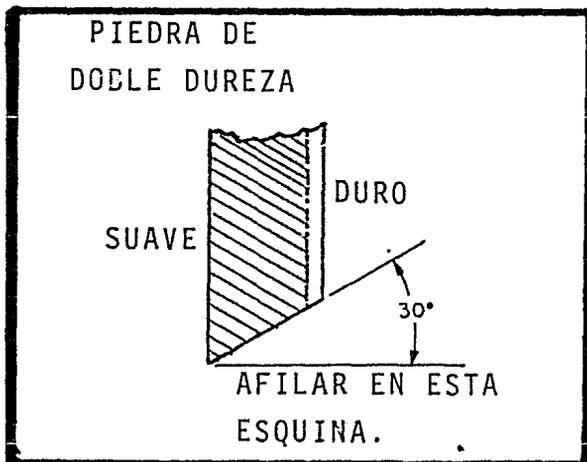
Fig. - 3.60

las Figuras 3.59 y 3.60, requieren de menor esfuerzo de penetración, --
permitiendo avances mayores; dando por resultado una producción más --
económica.

BROCAS ESPIRALES.- Todas las brocas, a menos que el diseño ingenieril
lo requiera, deberán afilarse en la punta a un ángulo de 135° . Esto --
se logra ajustando la máquina de afilado a dicho ángulo y afilando la
broca de la manera normal.

Todas las brocas arriba de $1/4''$ en diámetro deberán aguzarse en el fi-
lo de corte. Las brocas que se usen para barrenar agujeros que previau
mente llevan un agujero piloto no requieren de este afilado.

El afilado de menor esfuerzo se logra por medio de una piedra de geomeu
tría mostrada en la Figura 3.61



Es muy importante que este afilado adicional siga el borde del filo transversal desde ambos lados y que los dos afilados no se crucen o intersecten al centro. Una pequeña porción del centro del filo transversal, se deja como punta de penetración.

BROCAS DE FONDO PLANO

Todas las brocas de fondo plano se afilarán con un ángulo de entrada de 45° (90° ángulo incluido) a menos que sea especificado.

Las brocas de fondo plano usadas para medidas finales, podrán tener un radio de 0.040" aplicado a la superficie de guía para mejorar el acabado, este afilado se requerirá solamente para los casos especiales.

No deberá permitirse el afilado manual bajo ninguna circunstancia.

APLICACIONES ESPECIALES A BROCAS HELICOIDALES

Las brocas helicoidales tienen dos ángulos de corte principales, los cuales incluyen el ángulo de la punta (Figura 3.62 a). El filo de cada uno de los labios se forma por la superficie de los gavilanes.

La superficie de los gavilanes es helicoidal. El ángulo de la espiral influencia el ángulo de incidencia o ataque. El valor del ángulo de la espiral y el ángulo de incidencia o ataque en cada punto del filo de una broca helicoidal depende de la distancia de dichos puntos al --

Para el mismo paso, la línea de la espiral en el diámetro D_2 , tiene un ángulo mayor ψ_2 que la línea de la espiral en el diámetro D_1 , porque $D_1 < D_2$. Cuando $D_1 = 0$ la línea de la espiral coincide con el eje, y resulta una línea recta $\psi = 0$.

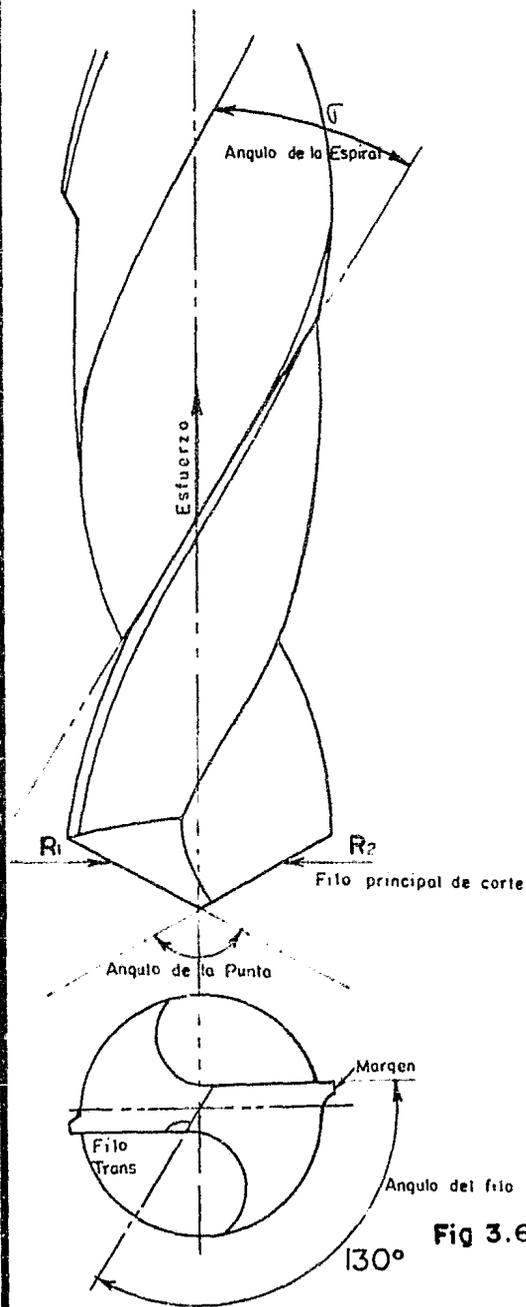


Fig 3.62 a

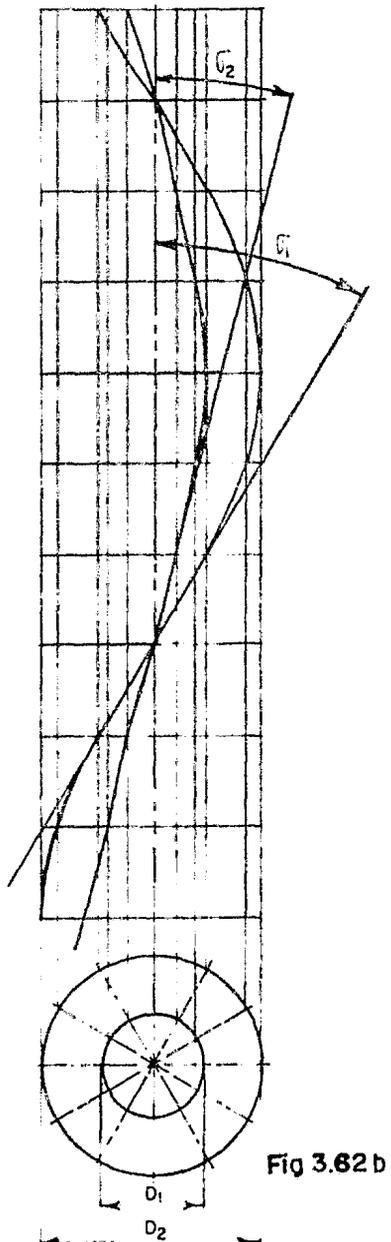


Fig 3.62 b

Fig.- 3.62

centro de la broca.

Este es el resultado de las características geométricas de una superficie helicoidal. Cualquier línea espiral en esta superficie incluirá - un ángulo de la espiral " Γ " con el eje de rotación. A un paso dado, este ángulo decrece cuando el radio de rotación decrece. El ángulo de la espiral es igual a cero en el ángulo de rotación, por ejemplo a una distancia "0" del eje.

El ángulo de la espiral está en relación al diámetro de rotación y al paso de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \Gamma &= \text{Angulo de la espiral} \\ D &= \text{Diámetro} \\ P &= \text{Paso} \end{aligned} \quad \text{tg} = \frac{\Gamma - D}{P}$$

El ángulo de incidencia o ataque real será medido entonces con un plano perpendicular al filo, y es dependiente del ángulo de la espiral.

Consecuentemente, el ángulo de incidencia o ataque de cualquier punto del filo será menor que el ángulo de un punto más distante. Por lo - que el ángulo de incidencia o ataque mayor se encuentra en el diámetro exterior de la broca.

El ángulo de incidencia o ataque real es menor que el ángulo de la espiral. Su magnitud depende del ángulo de la punta. Por lo que incre-

mentando el ángulo de la punta, el ángulo de incidencia se incrementa y viceversa.

Esta es la razón por la que se obtienen mejores resultados al maquinar materiales altamente plásticos con ángulos de punta mayores, y con ángulos de la hélice de 25° a 26° . Con un ángulo de la punta de 135° a 140° (en lugar de 118°) el ángulo real de incidencia o ataque se aproxima al ángulo de la hélice y consecuentemente se obtienen mejores resultados en el corte.

El ángulo convencional de la punta es de 118° . No existe una prueba concreta que demuestre que este es el óptimo. Un ángulo de 135° rinde igualmente bien y la cantidad de torque necesario generalmente es menor.

Es importante sin embargo que el filo de corte sea recto. El perfil del gavilán lo selecciona generalmente el fabricante, de tal manera que una línea de intersección pasa por el gavilán y esto se obtiene a 118° . Cuando se afila a un menor ángulo de la punta en tal tipo de broca, el filo de corte se vuelve convexo, mientras que incrementando el ángulo de la punta resulta cóncavo.

La mayoría de los casos un ángulo de la punta entre 118° y 140° trabajará satisfactoriamente, sin embargo agujeros más rectos se obtienen -

de 135° a 140° en lugar de 118° . Esto se explica por el hecho de -- que ninguno de los puntos de la broca es absolutamente simétrico. Ya que un filo es ligeramente más largo que el otro, por lo que las dos componentes de la fuerza radial R_1 y R_2 (Figura 3.62 a) están ligeramente fuera de balance. Esto causa deslizamiento. Para un avance dado R_1 y R_2 aumentan al disminuir el ángulo de la punta y su desbalan-- ceo aumenta.

Ángulos de la punta menores (90°) se usan al barrenar materiales muy - delgados. En este caso, solamente una parte del filo de corte actúa - durante el mismo. (La punta atraviesa el material antes de que el diá-- metro total de la broca lo haga). Por lo que reduciendo el ángulo de la punta el largo del filo que está en contacto con el metal disminuye. A su vez el esfuerzo axial baja, minimizando la deformación del mate-- rial y la formación de rebaba.

La acción de los filos de corte en una broca helicoidal no es diferen-- te de cualquier otra herramienta de corte. Para materiales que requie-- ren ángulos de incidencia o ataque mayores de 20° necesitarán brocas - de espirales "rápidas", por ejemplo espirales de paso corto.

Brocas helicoidales con ángulos de hélice de 40° dan con un ángulo de punta de 135° un ángulo máximo de incidencia o ataque real en su diáme-- tro exterior de 30° , muy apropiado, para aceros inoxidable austeníti-

cos, aleaciones de aluminio, y otros metales de alta plasticidad.

En contraste a esto, los materiales frágiles se taladran mejor con menores ángulos de incidencia o ataque. Por lo que brocas con ángulos de hélice de 15° se recomiendan, para hierro o bronce.

ALIVIOS EN LOS FILOS DE CORTE

Cada superficie de alivio de los dos filos principales de corte son -- parte de un cono, cuyo eje no intersecta con el eje de la broca. Consecuentemente el ángulo de alivio aumenta desde el diámetro exterior hacia el centro, creando un alivio casi constante, considerando que la superficie maquinada es a su vez helicoidal y por lo que el ángulo de hélice decrece hacia el centro.

EL ANGULO DE ALIVIO EN EL DIAMETRO EXTERIOR DE LA BROCA DEBERA SER DE 5°

Un ángulo de alivio mayor definitivamente va en detrimento de la vida útil de la broca.

SUPERFICIE DE GUIA

La superficie de guía es una porción delgada cilíndrica a lo largo del diámetro exterior de cada gabilán y determina el diámetro exterior de la broca.

En el extremo de trabajo de la broca, la superficie de guía participa en la acción de corte como un filo lateral, la profundidad de corte -- vendrá siendo la mitad del avance de trabajo (Figura 3.62 a) La superficie de guía no tiene alivio, esto crea rebaba, y en algunos materiales altamente plásticos destruye la broca; mientras que en los otros materiales causa agujeros mayores y rayas en los mismos. Un chaflán a 45° en las extremidades de los dos filos puede remediar esta situación y mejorar la calidad superficial del agujero.

FILO TRANSVERSAL Y AGUZADO DE LA PUNTA

La línea de intersección de las dos superficies de alivio de los dos filos principales de corte, forman el filo transversal. Viendo la broca desde su extremo de trabajo, el filo transversal debe incluir un ángulo de 130° con los filos de corte. Mientras que la longitud del filo transversal depende principalmente en el grueso del alma de la broca. El filo transversal atraviesa el centro de la broca. En este punto la velocidad de corte siempre es igual a cero. Todos los demás puntos del filo transversal giran alrededor del centro. El ángulo convencional de la punta de 118° , el filo transversal tiene un ángulo negativo de incidencia o ataque.

Esto explica el porqué el filo transversal no tiene ninguna acción de corte real. Pero si comprime o empuja el material hacia fuera, esta -

acción requiere de un gran esfuerzo axial. Se ha establecido experimentalmente que el 60% del esfuerzo axial total requerido por una broca, que tiene un alma con longitud del 20% de diámetro, lo causa el filo transversal.

La inhabilidad del filo transversal para cortar y el esfuerzo enorme -- que requiere en su penetración es obvio. Imaginemos por un momento -- que podemos reducir el diámetro de la broca a través de un afilado cilindrico hasta dejar solamente el alma, obtendríamos entonces una varilla con un ángulo de punta de 118° . Esta varilla girando como una broca se romperá antes de que se pueda lograr una penetración.

El esfuerzo axial es el factor más importante que limita una broca y -- un taladro. Si la broca opera a un avance mayor de su capacidad, la -- broca se parte a lo largo de su alma. Brocas de diámetro muy grande -- pueden soportar esfuerzos muy altos y en este caso el armazón del taladro se deforma y se rompe, por lo que el avance necesario para un cierto material dependerá del esfuerzo máximo que la broca o el taladro -- puedan soportar.

La cantidad de esfuerzo causado por el filo transversal depende de su longitud; por lo que la manera más rápida y útil de incrementar la capacidad de la broca es reduciendo el esfuerzo axial al disminuir la -- longitud del filo transversal. Este se logra por medio de un afilado --

adicional llamado "aguzado".

Muchos de los aguzados se extienden inevitablemente por una parte de los filos principales y deforman el ángulo de incidencia o ataque en esa zona. También, dejan una cierta cantidad de filo transversal; y aunque el esfuerzo se reduce no es a su mínimo.

La manera más eficaz y efectiva de mejorar el filo transversal se logra con el "afilado sin esfuerzo", conocido también como "cigüeñal".

Este afilado (Figura 3.60) transforma el filo transversal en un cortador circular; creándose dos nuevos filos de corte con un ángulo de incidencia de aproximadamente 5° , lo cual proporciona por mucho, una acción efectiva de corte en comparación al ángulo de incidencia de -50° . Los dos afilados casi se encuentran en el centro, aproximadamente .020" a .040" del filo transversal se deja para efectos de centrado de la broca.

Este afilado reduce el esfuerzo axial de un 50% a un 60% y permite la aplicación de avances dos veces mayores a los utilizados sin el aguzado.

Por lo tanto, la penetración se realiza en la mitad de tiempo sin incrementar el esfuerzo en la herramienta o en la máquina.

Todas las brocas deberán afilarse como anteriormente se menciona, para obtener su mayor rendimiento posible.

El método de aguzado reduce el esfuerzo axial a prácticamente el mínimo. Ningún otro método conocido puede competir con éste, sin embargo se ha desarrollado recientemente uno llamado "Punta en Espiral" que -- provee simultáneamente el ángulo en la punta y un afilado mejorado del filo.

Su mayor ventaja es que ambas operaciones se realizan en una; produciendo un esfuerzo axial considerablemente mayor que el obtenido con el aguzado que proponemos.

BARRENADO DE AGUJEROS PROFUNDOS CON BROCAS HELICOIDALES

Cuando más profundo es el agujero, mayor es la dificultad de proporcionar refrigerante a la punta de la broca. Si la profundidad del agujero excede dos veces su diámetro, la broca deberá sacarse para enfriar su punta y extraer las virutas.

Se encuentran disponibles brocas que tienen un agujero a toda su longitud de 1/2"; por el que el refrigerante se inyecta a los dos filos.

La desviación lateral de la broca se reduce grandemente usando el afilado sin esfuerzo, un ángulo de la espiral apropiado (ángulo de incidencia o ataque óptimo) y un ángulo de la punta de 12°.

3.4.2 RIMAS DE ACERO RAPIDO

La rima es una herramienta para super acabados y resulta abusivo usarla para remover viruta gruesa; se usa para dar una dimensión final a tolerancias cerradas ($\pm .002''$), obteniendo acabados superficiales del orden de 16 a 4 micropulgadas RMS.

El rimado de materiales de baja y media plasticidad se obtendrán afinando las rimas con dos inicios diferentes. El primer inicio, de 30° , se usa primordialmente para guiar la herramienta dentro del agujero --
Figura 3.63

El segundo inicio de 3° a 7° provee los filos de corte, debiendo tener estos sus respectivos alivios.

Para materiales de alta plasticidad, aleaciones al niquel, habrá que usar en lugar del segundo inicio un radio de $.040''$ a $.080''$.

La cantidad de metal a remover está influenciada por las propiedades plásticas del material y la rugosidad obtenida, por la herramienta usada previamente al rimado. La alta plasticidad del material permite mayor remoción de metal y evita la cristalización de la superficie, así como la destrucción de los filos de corte. Es conveniente que la herramienta utilizada previamente, deje un acabado de 125 micropulgadas como mínimo.

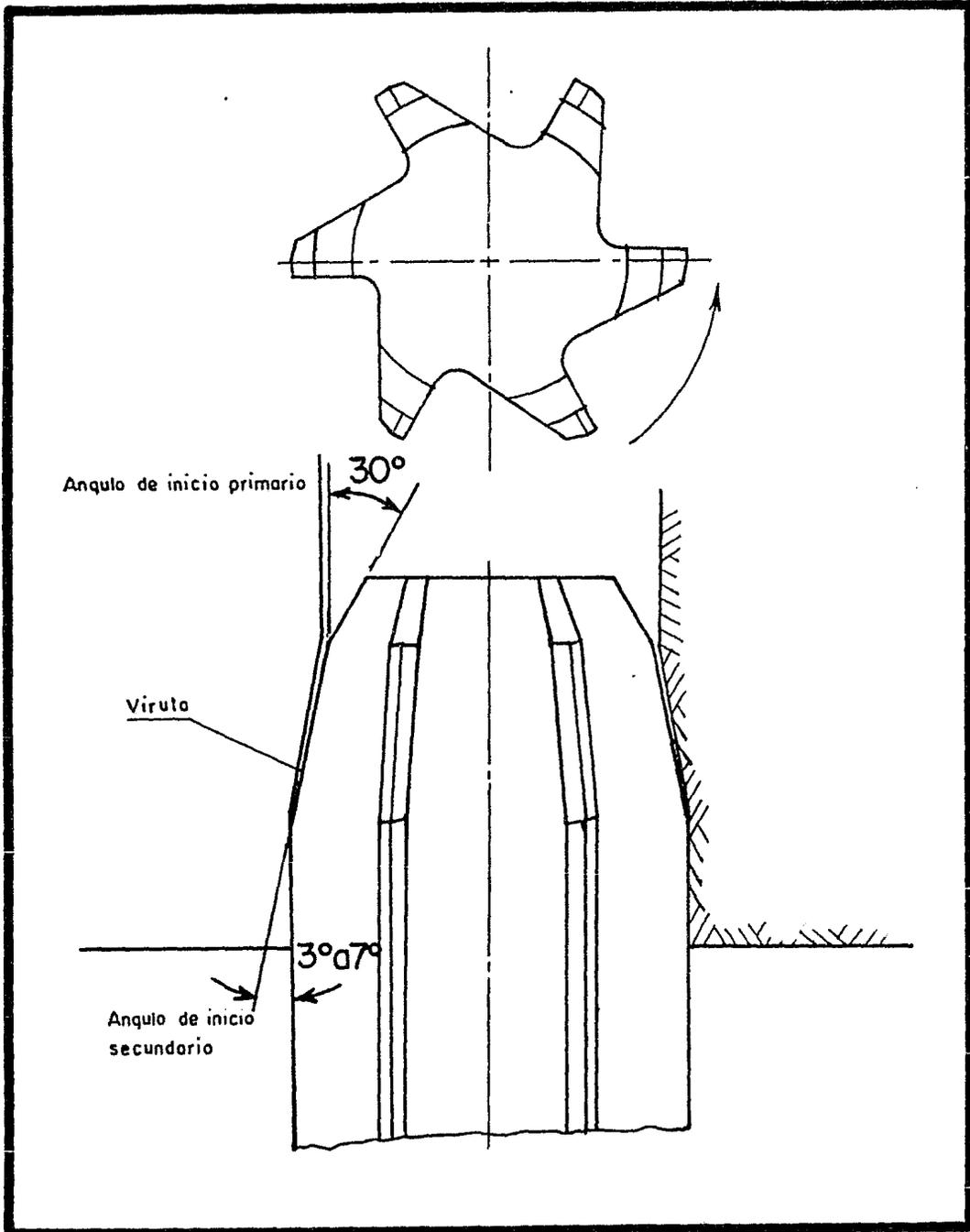


Fig. - 3.63

Las siguientes reglas se pueden aplicar en forma general, en operaciones de rimado.

Se asume que la herramienta utilizada previamente al rimado ha sido --- una broca o una herramienta de mandrilado.

- Material a remover:

- . Materiales frágiles .005" en diámetro en materiales de mediana plasticidad .007" en diámetro.
- . En materiales de alta plasticidad .008" en diámetro.

- Velocidad de corte:

- . Un tercio de la velocidad de corte utilizada en la broca o herramienta de acero rápido.

- Avance:

- . De 4 a 6 veces el avance utilizado en la broca o herramienta - previa de acero rápido.

- El ángulo de la espiral influye muy poco en el ángulo de incidencia o ataque, porque la posición del filo de corte, la cual incluye un - ángulo muy pequeño con respecto al eje de la rima, mientras que el - perfil de las cavidades determina el ángulo de incidencia. Para materiales altamente plásticos el perfil de las cavidades debe proveer un ángulo de incidencia o ataque radial de 20°, dichas rimas no se -

pueden conseguir comercialmente.

- La rima puede ser con cavidades rectas o cavidades helicoidales y -- una espiral negativa (mano izquierda) de 10° . Las rimas espirales - de mano derecha, cortan arriba de la medida deseada.
- Un número non y división inigual de cavidades ayuda a prevenir la vibración de la herramienta.
- Las rimas seguirán el agujero previamente maquinado, por lo que, de-berán sujetarse por medio de un corta rimas flotante del tipo de - - unión universal. Las rimas sujetas en porta herramientas rígidos, - no se pueden ajustar al agujero cuando éste está fuera de alineación.
- En máquinas (como tornos revólver y automáticos) donde la herramien-ta está quieta y la parte en movimiento, el arreglo flotante es fá--cil de aplicar.
- En taladros, donde la herramienta gira y la pieza está fija, el arreglo flotante requiere que la rima sea guiada a través de un bushing sin que se salga de éste cuando la herramienta se levanta. De otra forma la herramienta chicotea como resultado del efecto de la fuerza centrífuga, lo cual hace la operación imposible.
- De la misma regla aplica a máquinas en las que la herramienta y la -

pieza giran.

- Cuando el arreglo flotante no es posible, una alineación entre herramienta y pieza muy precisa, es mandatoria.
- Los filos de las rimas deben super acabarse por medio de bruñido y mantenerse en condiciones perfectas. Velocidades de corte bajas son indispensables para aumentar la vida útil de la misma.

La piedra que se recomienda para su afilado es en forma de taza del Tipo G (ver anexo) con un abrasivo de carburo de silicio verde, el grano será de un tamaño mediano (60) para el desbaste y fino (100) para el acabado.

La dureza de la rueda debe ser blanda por ejemplo la H ya que la rima es de un material duro, por lo que el aglutinante debe de soltar más fácilmente los granos ya utilizados y dejar que se presenten nuevos granos afilados que efectúen un buen corte.

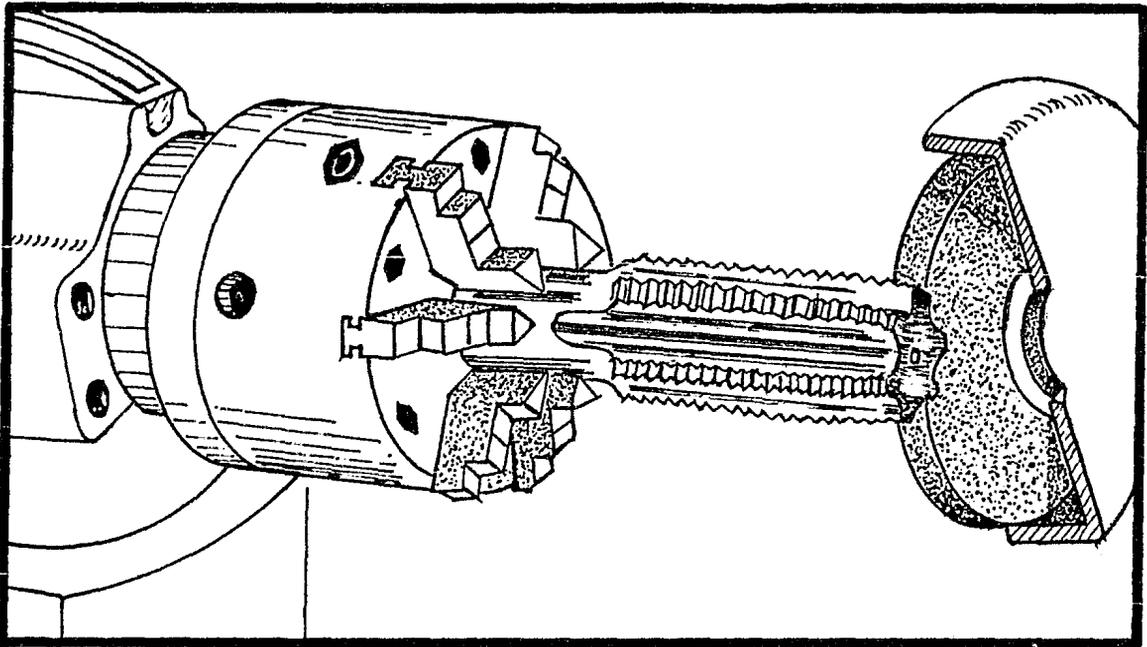
El aglutinante para esta rueda serán vitrificados con una estructura porosa definida por el número 8.

3.4.3 MACHUELOS

Tanto los machuelos como los peines de roscado operan basadas en el mismo principio, por lo que sólo una de ellas se discutirá en detalle.

El machuelo es básicamente un tornillo, y los hilos del mismo están interumpidos por cavidades paralelas al eje; machuelos de diámetro pequeño tienen de dos a tres cavidades, mientras que el número de cavidades se incrementa al incrementar el diámetro del mismo.

El extremo de trabajo del machuelo, las cuerdas son truncadas por un afilado cónico llamado "Inicio" (Figura 3.64)



Afilado del inicio, las cuerdas son truncadas con un afilado cónico
Fig.-3.64

Solamente aquellos dientes que se encuentran dentro de este "Inicio" - (más un hilo completo) realizan el corte. Los filos principales de -- corte son las líneas truncadas. Los dientes arriba del "Inicio" no -- cortan, ellos solamente guían la herramienta por los hilos previamente cortados.

La sección de la viruta (carga) a remover es igual al perfil de un hilo. Esta carga es distribuida sobre el número de dientes, cuyo número depende de la longitud del inicio (número de hilos en el inicio y el número de cavidades). El número de virutas "N", en la cual la carga - se subdivide es igual:

N + Número de hilos en el inicio por el número de cavidades.

Por lo que el grueso de la viruta " T_h " por diente puede calcularse dividiendo la altura " H " de la cuerda entre el número de virutas " N "

$$T_h = \frac{H}{N}$$

Al seleccionar los números de dientes, " N ", para un rendimiento óptimo sobre el cual la carga debe ser distribuida, confrontamos dos condiciones contradictorias:

- Si la carga efectiva "Th" es efectiva, o carga por diente es muy alta (cuando "N" es pequeña) cualquier diente se romperá.
- Si la carga efectiva "Th" es muy pequeña, la fuerza específica de corte será muy alta, por lo que el torque será también alto y el machuelo se romperá.

Por ejemplo: Un machuelo de 1/2" con 4 cavidades y un inicio de 10 dientes, no podrá operar y se romperá.

Se ha encontrado experimentalmente que el mejor compromiso entre "Th" y torque para una mayor vida útil de la herramienta, "Th" deberá ser:

$$Th = .005" \text{ a } .0065"/\text{diente}$$

En machuelos de 4 cavidades esto se logra con inicios de 3 1/2 a 4 -- dientes de longitud, mientras que en un machuelo de 6 cavidades los -- inicios serán de 2 1/2 a 3 1/4 dientes de longitud.

En el caso en que las especificaciones de diseño requieran muy corto inicio, se escogerá un machuelo que tenga mayor cantidad de cavidades para compensar la carga. En machuelos de diámetro pequeño el número de cavidades es limitado, sin embargo deberá dejarse espacio para la viruta.

"Los Ingenieros de Diseño generalmente no están familiarizados con los

principios de maquinabilidad, y frecuentemente diseñan agujeros roscados ciegos en los que únicamente $1\frac{1}{2}$ hilos incompletos son especificados".

Las consideraciones anteriores se aplican a agujeros roscados los cuales son más profundos que la longitud del inicio, con lo cual todos -- los dientes del inicio están cortando simultáneamente.

Cuando se rosca, por ejemplo una tuerca, solamente los dientes que cortan simultáneamente son iguales a los hilos de la tuerca.

Por lo que, en este caso, un inicio de mayor longitud se puede usar. -- Aquí el torque decrece al incrementar la longitud del inicio, porque -- un número limitado de dientes corta simultáneamente, dando por resultado cargas pequeñas por diente y un torque menor al entrar en acción menos dientes, compensando así el incremento de la fuerza específica de corte.

En la Figura 3.65 se muestra el diagrama de torque del inicio de 3 hilos comparado con el inicio de 6 hilos, ambos con un machuelo de 4 cavidades, trabajando en un agujero profundo. Las virutas tomadas por -- cada diente se muestran a su vez.

En ambos casos el torque crece gradualmente a medida que el machuelo -- penetra en el agujero y logra su tamaño final después que todos los --

dientes del inicio están cortando. El machuelo con mayor inicio crea el torque mayor.

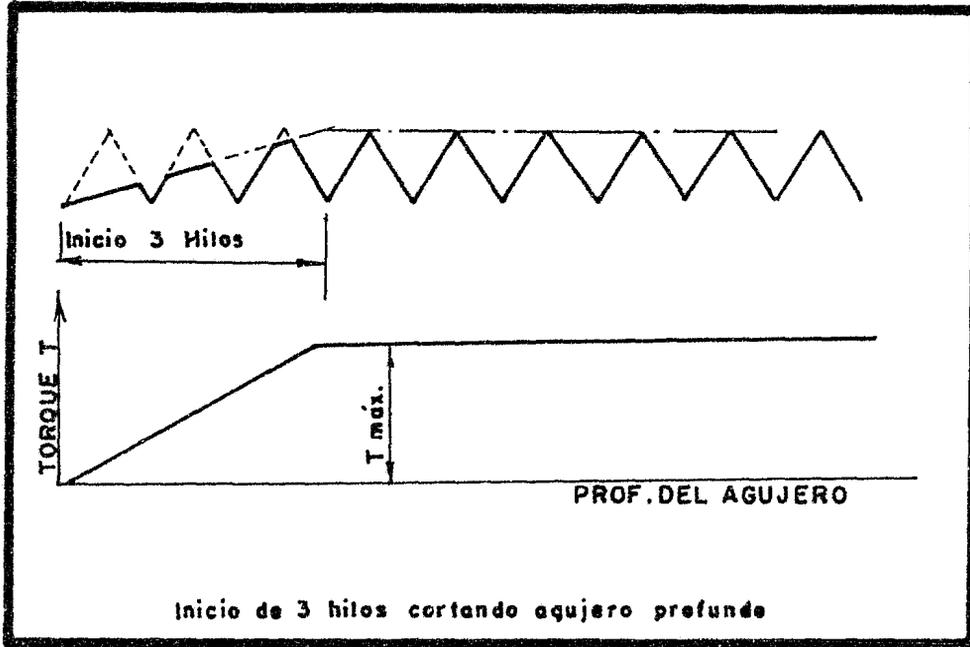


Fig. - 3.65

En la Figura 3.66 se muestra el diagrama de torque de un machuelo rosando una tuerca; aunque el inicio tiene más de 10 hilos, sólo 4 de ellos cortan simultáneamente. El torque aumenta a medida que los primeros 4 hilos penetran la tuerca y alcanza su máximo (que es muy pequeño) cuando los 4 hilos están cortando. El torque decrece tan pronto como el último hilo ha penetrado la tuerca, por lo que el número de hilos de corte en acción decrece con cada revolución.

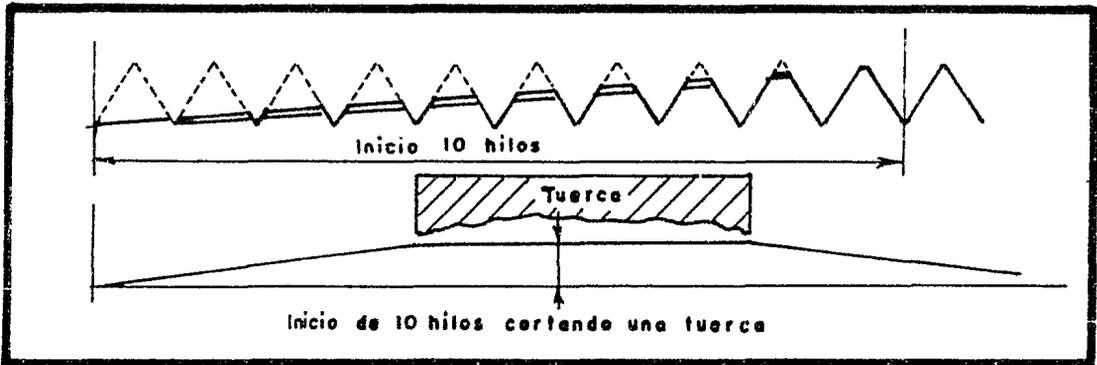


Fig.- 3.66

En este caso, el inicio mayor produce un torque menor. La longitud práctica del inicio se que limitarla porque:

- a) Cuando la curva de la viruta por diente baja a menos de $.01''$, la herramienta empieza a enlazar con la superficie de corte.

b) El tiempo de maquinado se incrementa al aumentar la longitud del inicio subiendo los costos de producción.

Por lo tanto, en el roscado de tuercas, la longitud de inicio económica deberá seleccionarse tomando en cuenta lo siguiente:

- 1.- Calidad del hilo
- 2.- Vida de la herramienta
- 3.- Tiempo de corte

Se ha encontrado que en los machuelos para roscar tuercas su inicio económico es de 8 a 10 hilos.

CALIDAD DEL HILO EN FUNCION DE LA GEOMETRIA DE LA HERRAMIENTA

La acción de corte y las condiciones para cada filo individual de un machuelo están gobernadas por las mismas reglas que rigen las demás herramientas de corte.

El filo principal de corte es la línea truncada del diente. Dos filos laterales se encuentran en los dos flancos del diente, y participan en el corte según el grueso de la viruta.

El ángulo de incidencia o ataque del filo principal de corte es el "Cancho" de la cavidad.

Los ángulos de incidencia o ataque de los filos laterales de corte son iguales a 0 en un machuelo de cavidades rectas.

El gancho de la cavidad es generalmente muy pequeño y deberá corregirse la incidencia para materiales plásticos por medio del afilado, para obtener un ángulo de incidencia óptimo.

Esto es muy importante para asegurar la producción de hilos limpios, - evitando al máximo el transroscado.

Las razones prácticas en la economía del afilado, requieren que se afile solamente el extremo de trabajo de la cavidad que se extiende a lo largo del machuelo con un ángulo de incidencia corregido.

Por lo tanto, la corrección del ángulo de incidencia, se realiza a una inclinación ligeramente negativa al eje del machuelo; esto, sin embargo, modifica los ángulos de incidencia de los dos filos laterales de corte en cada diente, los superiores serán positivos y los inferiores negativos, lo cual no es bueno. Otra desventaja es que la posición negativa de este afilado tiende a empujar las virutas en el fondo del -- agujero en vez de guiarlas hacia la superficie.

La necesidad de eliminar las virutas ha llevado a ciertos fabricantes a fabricar machuelos con cavidades espirales de mano derecha. Estos - machuelos no funcionan correctamente cuando son usados tal como el fa-

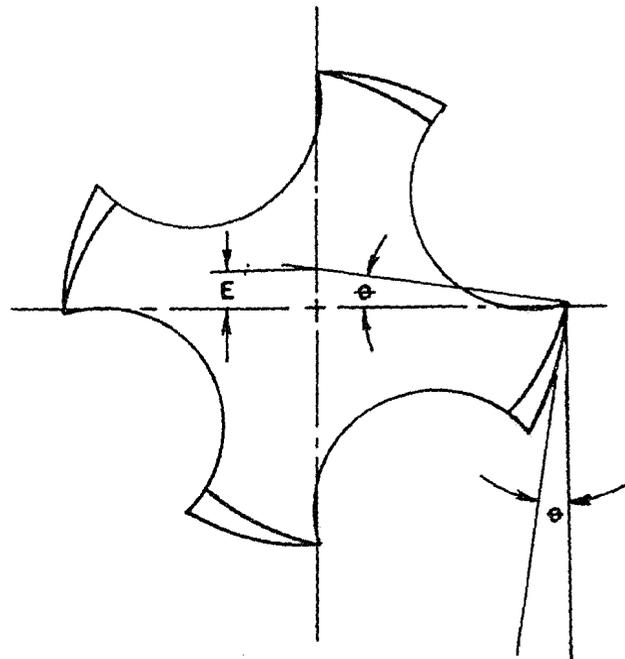
bricante los envía, porque uno de los dos filos laterales de corte tiene un fuerte ángulo de incidencia negativo igual al ángulo de la espiral. Esto causa rugosidad en los flancos de los hilos cortados del lado opuesto al avance; en agujeros ciegos este lado no es visible y el observador se confunde al ver la suavidad de los flancos visibles (que fueron cortados con ángulos de incidencia laterales positivos). Esta diferencia en el acabado de los dos flancos se puede observar fácilmente en una tuerca.

Hemos desarrollado un afilado que no solamente remedia lo anterior -- sino que optimiza el machuelo espiral y hace de éste una herramienta superior desde el punto de vista de acabado, remoción de viruta, y afilado.

La corrección del ángulo de incidencia se aplica a una inclinación positiva muy pequeña de 5° a lo largo del inicio. El ángulo de incidencia se selecciona según el material a cortar.

Las virutas se mueven hacia arriba a través de la inclinación positiva de 5° del ángulo de incidencia y empujadas a la cavidad para rápida -- eliminación.

El afilado en este caso es muy sencillo porque la superficie rectificadora termina en el espacio de la cavidad.

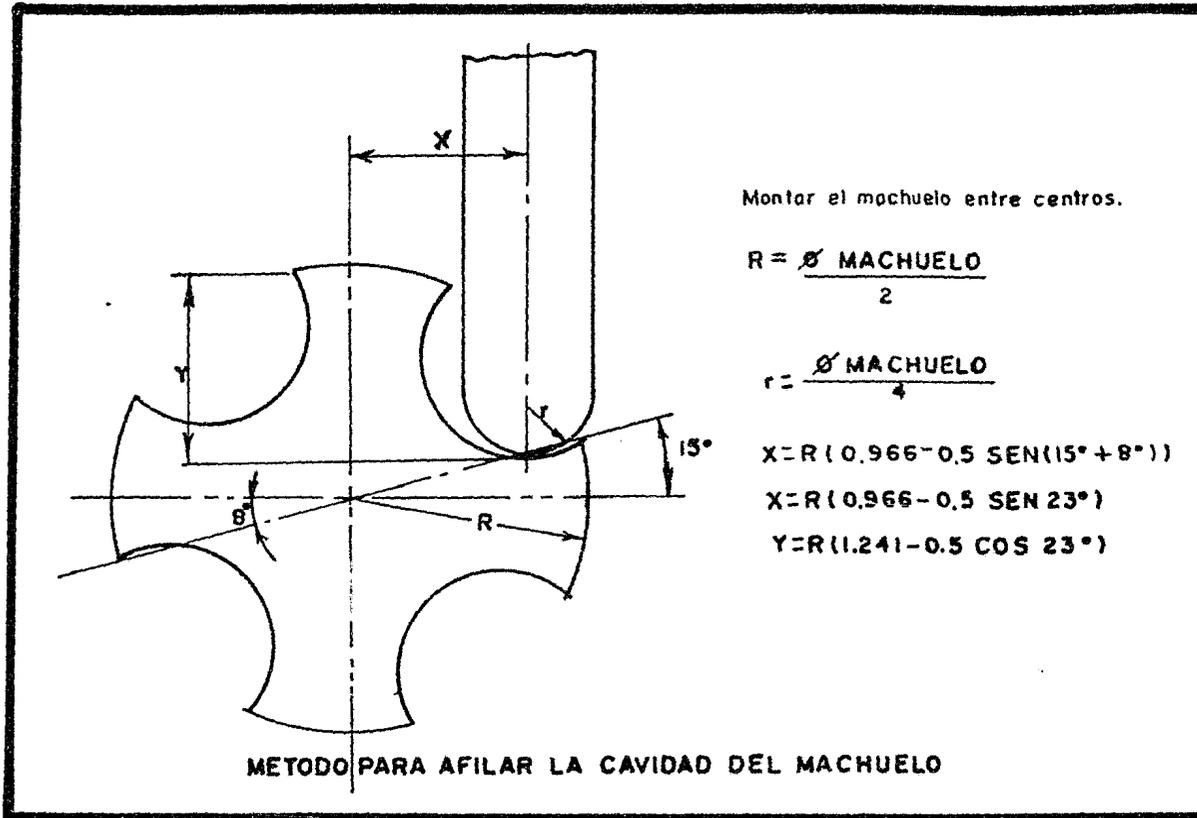


EXENTRICIDAD "E"	
TAMAÑO DE MACHUELO	$\theta = 8^\circ$
1/4	0.017
5/16	0.022
3/8	0.026
7/16	0.030
1/2	0.034
9/16	0.039
5/8	0.043

$$E = \frac{\text{DIA. EXT. MACHUELO}}{2} \times \text{SEN } \theta$$

PARA OBTENER EL ANGULO DE ALIVIO EFECTIVO RESTAR A θ EL ANGULO DE LA HELICE DE LA ROSCA.

Fig.- 3.67



Montar el machuelo entre centros.

$$R = \frac{\varnothing \text{ MACHUELO}}{2}$$

$$r = \frac{\varnothing \text{ MACHUELO}}{4}$$

$$X = R (0.966 - 0.5 \text{ SEN}(15^\circ + 8^\circ))$$

$$X = R (0.966 - 0.5 \text{ SEN } 23^\circ)$$

$$Y = R (1.241 - 0.5 \text{ COS } 23^\circ)$$

Fig.- 3.68

ALIVIO

Para obtener el mayor rendimiento, el perfil de la rosca del machuelo debe estar rectificado y el perfil de cada cavidad contar con su alivio. Esto significa que los hilos del machuelo no es una superficie concéntrica al eje, pero sí una superficie que incluye un ángulo de alivio con el cilindro.

El inicio se rectificará simétricamente en todas las cavidades con un ángulo de alivio de 5° . Esto se puede lograr solamente en máquinas especiales para afilar machuelos, el afilar a mano los machuelos no resulta adecuado.

Para el afilado del machuelo se recomienda una piedra de abrasivo de óxido de aluminio mono cristalino no fragmentado durante su proceso de fabricación, de dureza muy alta y sumamente frágil. Con un tamaño de grano entre mediano y fino (70-80) con dureza de rueda blanda (I-J), estructura mediana y liga vitrificada.

3.4.4 PEINES

Los peines son las herramientas de corte de los cabezales de roscado.

Dos sistemas básicos son conocidos y dependen de la posición relativa a la pieza a trabajar:

1.- Peines Tangenciales

2.- Peines Radiales

Los Peines Tangenciales son muy sencillos de afilar a cualquier ángulo de incidencia o ataque para distintos materiales. Su afilado y mantenimiento son de bajo costo, sin embargo existe la idea generalizada -- que para alta precisión los peines radiales o geométricos son superiores.

Los Peines Radiales o Geométricos requieren alta precisión en su afilado para que funcionen correctamente.

Los principios de afilado son los mismos que los expuestos para machuelos, la distribución de la carga total sobre el número de dientes que cortan simultáneamente y la corrección del ángulo de incidencia se realiza de la misma manera.

Hilos defectuosos se obtienen principalmente por las siguientes causas:

- 1.- Insuficiente ángulo de incidencia
- 2.- Inicio muy corto
- 3.- Insuficiente alivio

Las fallas de la herramienta se deben a:

- 1.- Inicio muy corto
- 2.- Alivio muy largo (dientes débiles)

Hilos de mal acabado se deben a:

- 1.- Angulo de incidencia muy pequeño
- 2.- Velocidad excesiva
- 3.- Falta de lubricación
- 4.- Alivio insuficiente
- 5.- Los hilos completos alejados de la línea de centro (2% del diámetro se permite y es favorable para un buen acabado).

3.4.5 LAS HERRAMIENTAS DE ACERO RAPIDO

Poseen una elevada insensibilidad a los golpes y a los choques y resisten muy bien el desgaste. La temperatura admisible de corte, según sean los componentes de la aleación y la temperatura de temple, está situada entre 530 y 600°C, el filo se puede poner al rojo sin que pierda en capacidad de corte.

Los aceros rápidos constan de carburos unidos a los metales de aleación: (W) Tungsteno, (Mo) Molibdeno, (Cr) Cromo, (V) Vanadio, (Co) Cobalto, etc.

Para economizar en lo posible estos metales poco comunes, se han seguido 2 caminos: por un lado, el de los llamados Spermétallos para aceros rápidos, en los cuales aún cuando se procura mantener las propiedades más favorables para el trabajo, se reduce a un mínimo el contenido de

los metales de difícil adquisición.

La Tabla 3.2 que a continuación se ilustra muestra la composición de estos nuevos aceros rápidos.

Marca de Acero	C (%)	Co (%)	Cr (%)	Mo (%) Valor Máximo	V (%)	W (%)
ABC III	1,00	-	4,3	2,5	2,5	3,0
ABC II	0,80	-	4,3	1,5	1,7	9,0
B 18	0,75	-	4,3	-	1,2	19,0
D	0,85	-	4,3	1,5	2,0	12,5
DMo 5	0,85	-	4,4	5,55	2,0	6,75
EV 4	1,20	-	4,5	1,5	4,0	12,5
ECo 3	0,80	5,0	4,5	1,5	2,0	12,5
EV 4 Co	1,35	5,0	4,5	1,5	4,0	12,5
E 18 Co 5	0,80	5,0	4,5	2,0	1,5	18,5

Tabla.- 3.2

La otra posibilidad de hacer economía consiste en soldar plaquitas de acero rápido sobre mangos de acero corriente para herramientas.

Para soldar se necesitan metales de soldadura especial de alto punto de fusión; la temperatura de fusión de estas soldaduras ha de coincidir, en lo posible, con la temperatura de temple de las plaquitas de acero rápido.

AFILADO ADECUADO DE HERRAMIENTAS DE ACEPO RAPIDO

Existe una amplia tolerancia para el afilado de las mismas, y aunque no sea exacto la herramienta no se rompe de la misma manera que le ocurre a las herramientas de carburo sinterizado, cuando están mal afiladas, tienen bajo rendimiento, pero no una falla espectacular. Con lo anterior no queremos decir que las herramientas de acero rápido no deben afilarse con el mismo cuidado y precisión que las de carburo sinterizado, para obtener de ellas el mayor rendimiento.

A continuación se describen las técnicas de afilado más apropiadas, máquinas y medios del mismo abrasivo y máquinas para llevarlo a cabo.

Dos abrasivos están disponibles en el mercado:

- 1.- Carburo de Silicio
- 2.- Diamante

El costo de afilado está en función del costo de la rueda abrasivo y del tiempo que esta operación requiere.

Las ruedas de carburo de silicio son bajas en costo, pero quitan o remueven el material muy despacio desgastándose rápidamente la rueda abrasiva.

Las ruedas abrasivas de diamante tienen un costo mucho más elevado, --

sin embargo, remueven rápidamente el material sin sufrir desgaste prematuro.

Dependiendo de la carga a que está sujeta la rueda abrasiva se puede lograr un afilado mucho más económico si se toman en cuenta los siguientes parámetros:

a) Desbastes fuertes en herramientas grandes:

Hacer uso de ruedas abrasivas de carburo de silicio con un aglomerante suave (J) de textura porosa, grano No. 45 y refrigerante en abundancia.

b) Desbastes ligeros o semi acabados:

Hacer uso de ruedas abrasivas de diamante, de un aglomerante metálico o resinoide (muy poroso, grano 180 a 200) y usando un lubricante como la querosina o similar.

c) Super Acabado:

Con pasta de diamante.

El afilado en seco con ruedas abrasivas de Carburo de Silicio no deberá permitirse, ya que causa grietas debidas al calor. Haciendo uso de una afiladora tipo pedestal con una mesa inclinable y un transportador son buenos elementos para afilar el contorno de la herramienta, y sus ángulos de alivio.

Sin embargo la superficie de incidencia no se puede afilar en esta máquina.

El ángulo de incidencia deberá afilarse en una afiladora universal -- (Cincinnati), equipada con un tornillo de sujeción tridimensional, que imparten a la herramienta un afilado completo.

El proceso más reciente de afilado consiste en descargas eléctricas -- que usan un metal aglomerado a la rueda abrasiva de diamante y un electrolito, con lo cual se logran afilados muy superiores que los métodos anteriores, ya que proporciona:

- Remoción rápida
- Bajo desgaste de la rueda abrasiva
- Bajo costo de reemplazo
- Mejor acabado de la herramienta
- Secuencia de afilado

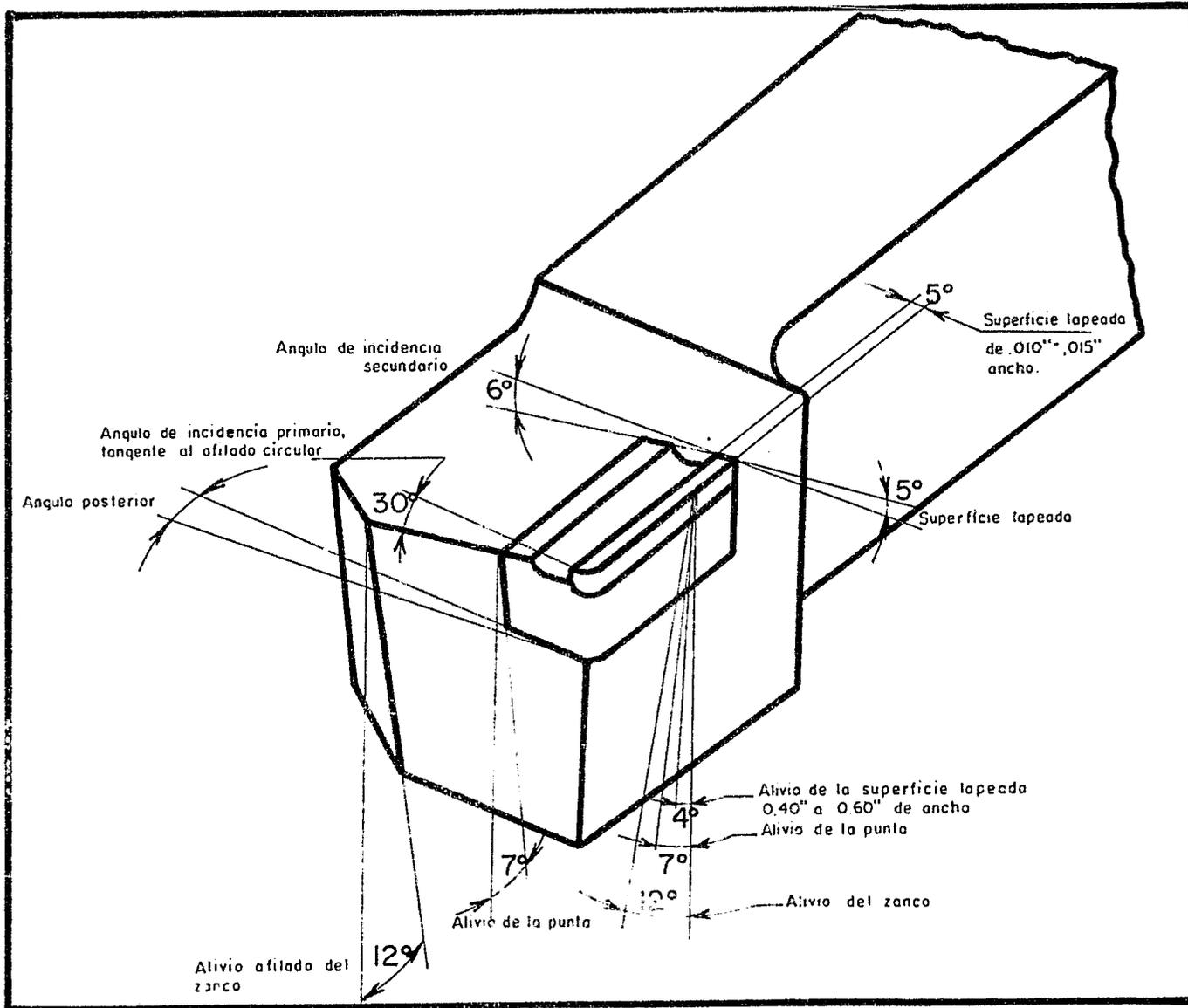
En todas las herramientas de torneado, la secuencia de afilado incluye las operaciones a, b y c.

En cortadores de fresado y herramientas de forma con insertos de carburo, sólo se realiza la operación b, seguida de un bruñido a mano con una bruñidora de diamante manual.

El afilado de las superficies de la herramienta y el super acabado en

herramientas con pastillas soldables de carburo, se obtiene de la siguiente manera:

- 1.- Afilar un alivio de 12° en el zanco con rueda abrasiva de óxido de aluminio. Esto evita el contacto en la operación subsiguiente entre la rueda abrasiva de diamante y el zanco de acero al carbón, - lo cual tapa el grano de la rueda abrasiva de diamante, reduciendo la efectividad de la misma.
- 2.- Afilar los alivios en la punta del carburo, con rueda abrasiva de diamante a 7° (usar grano 180).
- 3.- Afilar la superficie de incidencia.
- 4.- El lapeado para el super acabado de un campo delgado (0.060"), en el alivio superficial del filo principal y en la punta usar 4° . - Este pequeño ángulo en el campo delgado, provee buen soporte al - filo de corte, de esta manera el afilado final se reduce a un mínimo, ya que el super acabado se aplica directamente en la superficie.
- 5.- Brufir un campo delgado de 5° negativos en la superficie de incidencia adyacente al filo de corte a mano, para obtener un super -- acabado de 4 micropulgadas en la incidencia.



I
 2
 3
 I

Fig.-3.69

- 6.- Aplicar, como operación final, un bruñido a 45° en la incidencia, matando suavemente el filo de corte.
- 7.- El super acabado del filo de corte se realiza lapeando a mano (bruñidora manual de diamante y grano de 240) para un máximo de vida útil de la herramienta.

3.4.6 CORTADORES VERTICALES EN ACERO RAPIDO

Los cortadores verticales realizan dos tipos de cortes:

- Corte a Profundidad
- Corte Lateral

- 1.- En trabajos de gran profundidad los filos laterales de corte son los hilos principales.
- 2.- Cuando se perfila sin usar el fondo del cortador sólo los filos laterales trabajan.
- 3.- Cuando se trabaja a profundidades pequeñas el fondo del cortador es el que remueve la mayor cantidad de material.

En los casos 1 y 2, el avance por diente y ancho del corte está generalmente limitado por la rigidez del cortador, usualmente bajo, porque la desproporción largo/diámetro del cortador es grande. Por lo que es

de suma importancia que la fuerza radial se mantenga al mínimo. Esto se logra de varias maneras; seleccionando el ángulo de ataque óptimo - manteniendo el ángulo de la espiral abajo de 30° y/o usando filos ranurados.

El alivio en el margen de 7° a 8° es satisfactorio para avances hasta de .008" por diente. Un alivio mayor debilita inicialmente el filo - y reduce la vida de la herramienta.

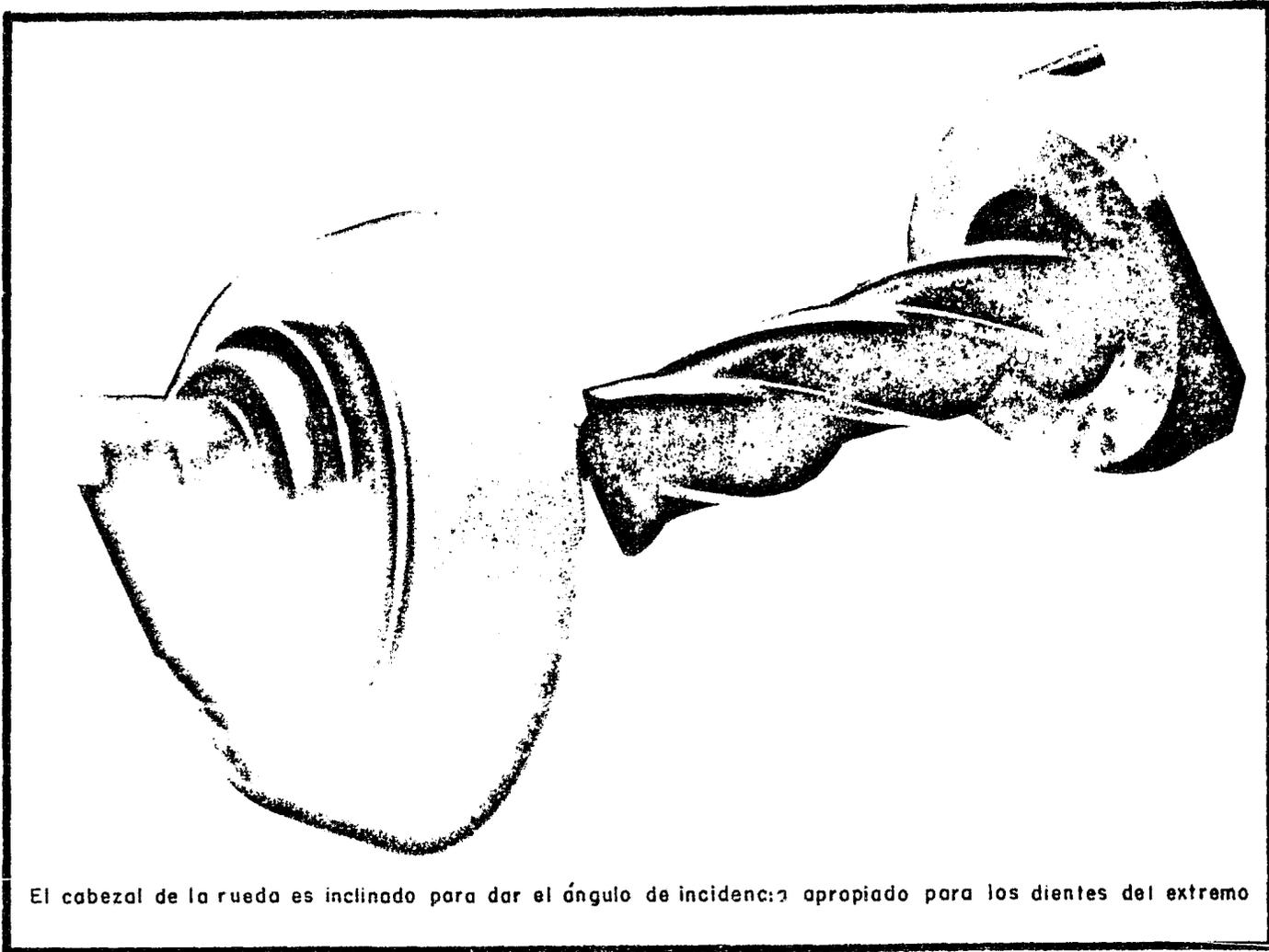
Se ha encontrado que la mayor remoción de metal se logra cuando: el - ancho del corte es mayor que un tercio y menor que la mitad del diámetro del cortador.

El número óptimo de dientes está en función del diámetro del cortador y del material a maquinar, se ha encontrado que en aceros es conveniente un número grande de gabilanes, por ejemplo:

Un cortador de 2" de diámetro tendrá 6 gabilanes y uno de 3", 8 gavilanes.

Métodos para afilar las fresas radiales:

- Afilado de rebajo plano
- Afilado de rebajo excéntrico



El cabezal de la rueda es inclinado para dar el ángulo de incidencia apropiado para los dientes del extremo

Fig.- 3.70

AFILADO DE PEREJO PLANO

La mayoría de los usuarios reafilan las fresas helicoidales destalonando los bordes cortantes periféricos o laterales alrededor de 0.80 mm.- mientras mantienen el necesario ángulo plano de incidencia de la fresa. Este método es ventajoso para el usuario que frecuentemente reafila -- fresas radiales.

Las siguientes etapas asegurarán un trabajo de reafilado bien ejecutado, cuando el reafilado se hace con una amoladora universal para herramientas y cortadores.

1.- Seleccione una rueda acampanada de tipo 11 para reafilar fresas radiales.

Use una rueda abrasiva de óxido de aluminio blanco con una pureza de 99-99.8% de grado "J" y grano 60, con liga vitrificada, para -- fresas radiales hechas de acero normal para herramientas.

2.- Monte la rueda y rectificuella para reducir la desviación a un máximo de 0.025 mm. para asegurar que el borde cortante sea recto.

3.- Posicione el cabezal de la rueda a un ángulo de 5° de inclinación. Esto asegurará un ángulo de incidencia en el borde cortante de la fresa de acuerdo con las recomendaciones de la mayoría de los fabricantes.

4.- Monte la fresa radial en el porta herramientas y gire el mismo a un ángulo de 90° respecto al cabezal de la rueda.

Nivele la fresa radial desde el frente hacia atrás. El eje del cortador y la línea del recorrido tienen que ser paralelas o sea perpendiculares al eje de la rueda de amolar.

El mantener los dientes alineados y nivelados elimina la posibilidad de amolar un borde cortante cónico y asegura que la fresa producirá una superficie plana durante la operación de corte.

5.- Los operarios desarrollan sus propias tasas de alimentación y avance transversal. En el caso de reafilado de fresas radiales, la alimentación elegida puede variar desde 0.07 mm. hasta 0.20 mm. según los límites de la rueda que se está usando y la resistencia encontrada en la pieza de trabajo.

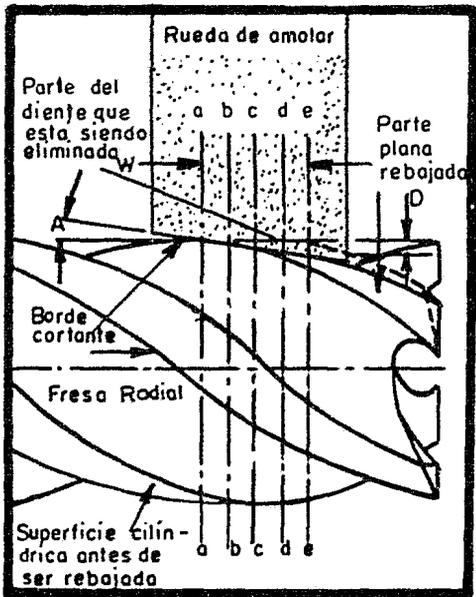
AFILADO DE REBAJO EXCENTRICO

Los usuarios de fresas radiales con acanaladuras helicoidales con rebajo excéntrico tendrían que reafilar sus herramientas de manera que la geometría original de la herramienta sea duplicada. Así lograrán un acabado de calidad superior y bordes cortantes más filosos y fuertes, que darán por resultado mayor duración de la herramienta y acabados más lisos. Por ejemplo: imaginemos que hay que reafilar una radial -

de 38 mm. con cuatro acanaladuras helicoidales y extremo cuadrado, hecha de acero rápido. Tiene un ángulo helicoidal de 30° y rebajo primario excéntrico de 7 grados.

Para Afilarla:

- 1.- Use una rueda recta de 180 mm. de diámetro de óxido de aluminio -- blanco con una pureza de 99-99.8% de grado "J", liga vitrificada y un tamaño de grano 60. El ancho de la cara de la rueda que hay -- que usar es determinado por el ángulo helicoidal y los diámetros -- de la fresa radial. El ancho mínimo tiene que ser igual al ancho de la parte plana entre acanaladuras, medido paralelo al eje de la fresa. Si la cara de la rueda es demasiado ancha, es posible que haya interferencia con los dientes adyacentes. Para esta fresa, -- un ancho seguro es de 10 mm.
- 2.- Seguidamente, bisele la cara de la rueda de manera que adquiriera la forma de un cono truncado. El ángulo del cono que hay que rectificar en la rueda puede ser calculado matemáticamente como A, donde la tangente $A = \frac{D}{W}$. Observe la Figura 3.71 para la posición de estas dimensiones. D = el rebajo radial. Esta es la cantidad de -- "caída" que se necesita más allá del ancho del rebajo primario, W, que es el ancho del eje de la parte plana que hay que amolar.



La fresa radial es avanzada con un movimiento en espiral. El área de contacto ha sido dividida en secciones marcadas desde "a" hasta "e"

Fig.-3.71

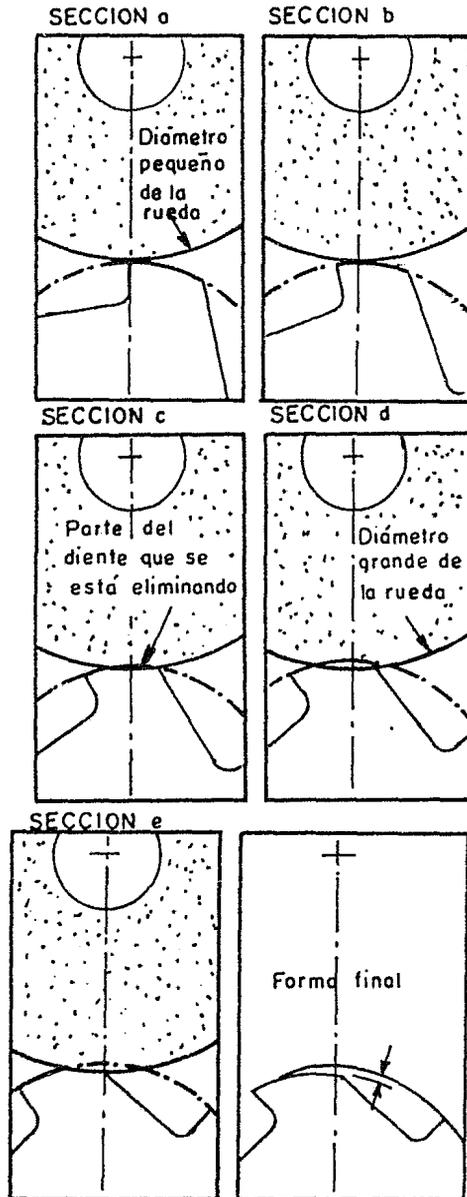


Fig.-3.72

El ángulo que se necesita para generar el rebajo excéntrico se puede lograr también girando el cabezal de la rueda en lugar de rectificar la cara de la misma. En este caso, gire el cabezal de la rueda 4 grados.

Cuando la rueda, ya rectificada, es girada en contacto con un diente de la fresa de acanalado helicoidal, el diente cortante será --amolado en profundidades diferentes, a lo largo del ancho axial -- del diente y radialmente detrás del borde cortante, que corresponde al deseado rebajo excéntrico.

La mayoría de los fabricantes de fresas radiales indican la cifra correcta de "caída" para el indicador y los ángulos de la cara de la rueda en los gráficos que acompañan sus herramientas. Refiriéndose a dicho gráfico, los 180 mm. con un ángulo primario de rebajo de 7 grados y una hélice de 30 grados pueden requerir un ángulo de la cara de la rueda de 4 grados.

Rectifique la cara de la rueda a este ángulo, con el diámetro grande a la izquierda. El cabezal de la rueda debe ser girado luego -- hacia atrás hasta la posición cero o paralelo al trabajo.

4.- Use un apoyo de dientes sencillo al punto de contacto, pero asegúrese que el punto de contacto está en el mismo plano que las lí--

neas centrales de la fresa y del centro de la rueda.

Si los dientes son más grandes en diámetro que la espiga, habrá -- que usar un apoyo de dientes formado según el ángulo helicoidal de las acanaladuras y por lo menos tan ancho como la rueda de amolar, de manera que se conserve un grado de rotación constante hasta que el diente deja la rueda.

- 5.- Según la fresa viaja a través de la rueda, la cara del diente que es sujeta contra el apoyo de dientes por el movimiento de rotación de la rueda, con una leve presión manual adicional, hará girar la fresa con el hélice del diente. El amolado del borde cortante es efectuado en el diámetro pequeño de la rueda de forma -- cónica, con los elementos detrás del borde cortante siendo amolados por diámetros sucesivamente más grandes.

Después de amolar, haga una pasada muy ligera en vacío para crear un acabado lo más liso posible, esto prolongará aún más la vida - de la herramienta y mejorará el acabado del trabajo.

El método de rebajo excéntrico para afilar fresas radiales con acanaladuras helicoidales, incluyendo fresas horizontales y fresas -- huecas. Para todas estas herramientas el característico acabado - fino de la parte plana del rebajo primario producido por este método de afilado, se traduce en bordes cortantes más fuertes y mayor

duración de la herramienta.

REAFILADO DE LOS DIENTES DEL EXTREMO

Un trabajo de reafilado completo de una fresa radial incluye también - el reafilado de los dientes del extremo. Estos dientes son los que -- aguantan la mayor parte del contacto directo y constante con la pieza de trabajo.

Las etapas en el reafilado de una fresa con cuatro acanaladuras y ex-- tremo cuadrado incluyen:

- 1) El afilado del extremo cuadrado de la herramienta para eliminar la mayor parte del desgaste.
- 2) El amolado de la cara anterior de cada diente un poco más allá del centro axial.
- 3) El amolado del huelgo del diente secundario del extremo casi hasta el borde cortante.
- 4) El amolado del rebajo primario del extremo en grado suficiente, de manera que ambos bordes cortantes se unan al punto del eje de la fresa.

El rebajo plano primario del extremo es producido sujetando la fresa -

radial en un cabezal universal, como en el afilado de los dientes externos, y usando una rueda acopada, inclinando el cabezal de la rueda o el cabezal del trabajo para lograr el ángulo de incidencia deseado. El apoyo de dientes es sujetado al cabezal del trabajo.

Cuando se usan fresas radiales para cortar ranuras, escariar o refrenar, es imprescindible que los bordes cortantes de los extremos sean entallados cuidadosamente para la adecuada eliminación de la viruta, y reafilados tan pronto como estos bordes cortantes y las esquinas muestren señales de desgaste normal.

3.4.7 FRESAS CIRCULARES CILINDRICAS

Este tipo de cortadores se utilizan para remover grandes cantidades de metal. Para obtener una acción de corte suave y evitar vibraciones se debe utilizar cortadores con dientes helicoidales, ya que los cortadores de dientes rectos provocan vibraciones.

En efecto si los dientes son rectos, estos serán paralelos al eje del cortador y toda la longitud del filo de corte de cada diente, estará en contacto con el material simultáneamente, creando choques severos. Los dientes helicoidales evitan grandemente esta acción de choque ya que el filo de corte penetra en el material en forma gradual. Por otro lado los dientes helicoidales crean un esfuerzo axial que se re-

fleja en los lados de la parte maquinada; por lo que será necesario colocar dos cortadores de espirales opuestas montados en el mismo árbol de la fresadora para cancelar ambas componentes axiales.

Partes de un cortador para fresadora

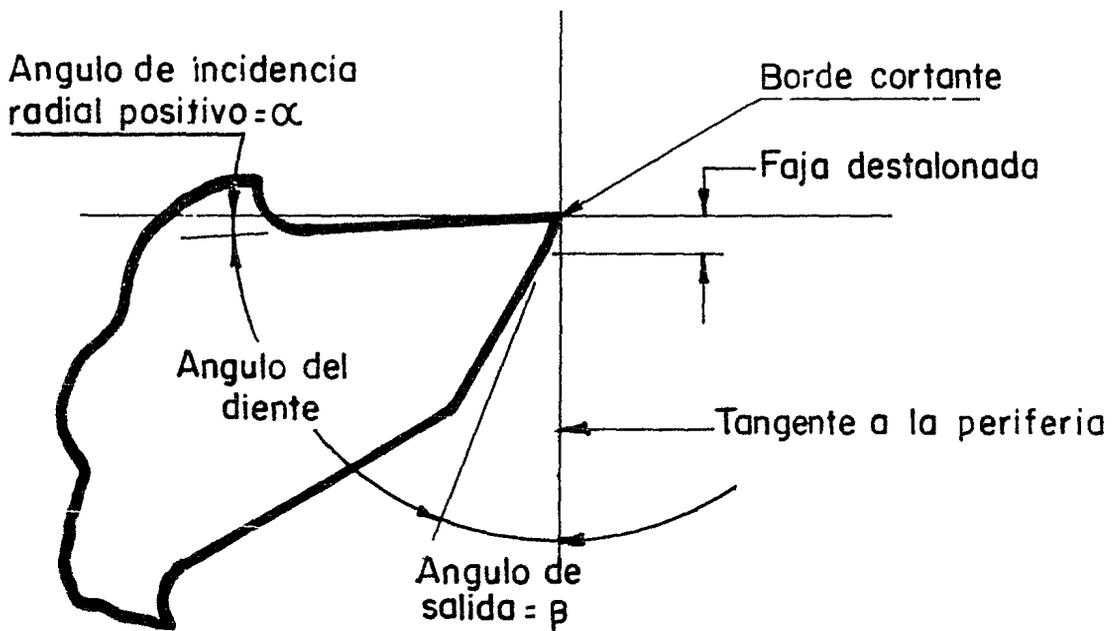


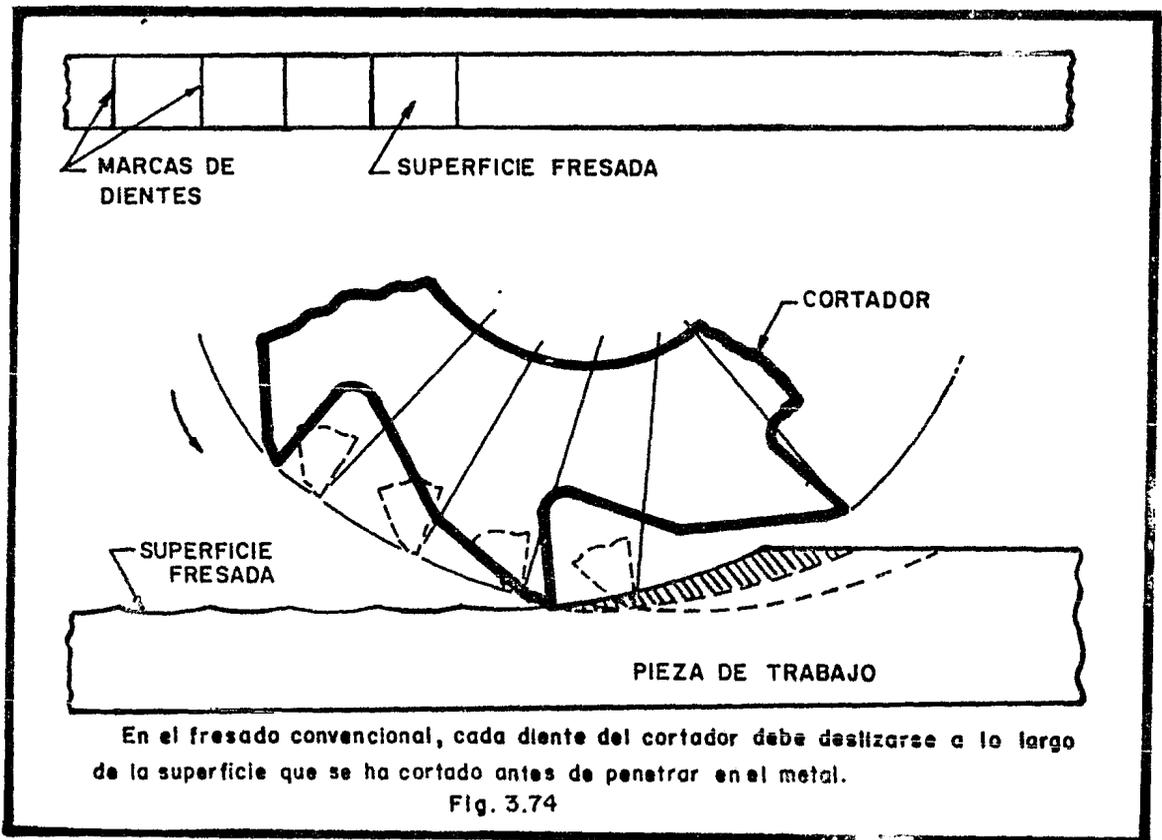
Fig. - 3.73

La rotación del cortador en combinación con el avance lineal de la mesa de la fresadora generan una curva similar a la cicloide.

La viruta que se obtiene es en forma de coma mientras que su espesor - varía de cero a el valor del avance por diente.

Dependiendo de la dirección del sentido de rotación existen dos técnicas de corte:

- Fresado Convencional (Figura 3.74): Los dientes del cortador penetran el material en la superficie y depositan el material cortado - en la superficie a remover. Es decir que el cortador gira en dirección al avance.



- Fresado Trepando (Figura 3.75): Los dientes del cortador penetran el material en la superficie a remover y depositan las virutas en la superficie que va a ser cortada. El cortador gira en dirección opuesta al avance.

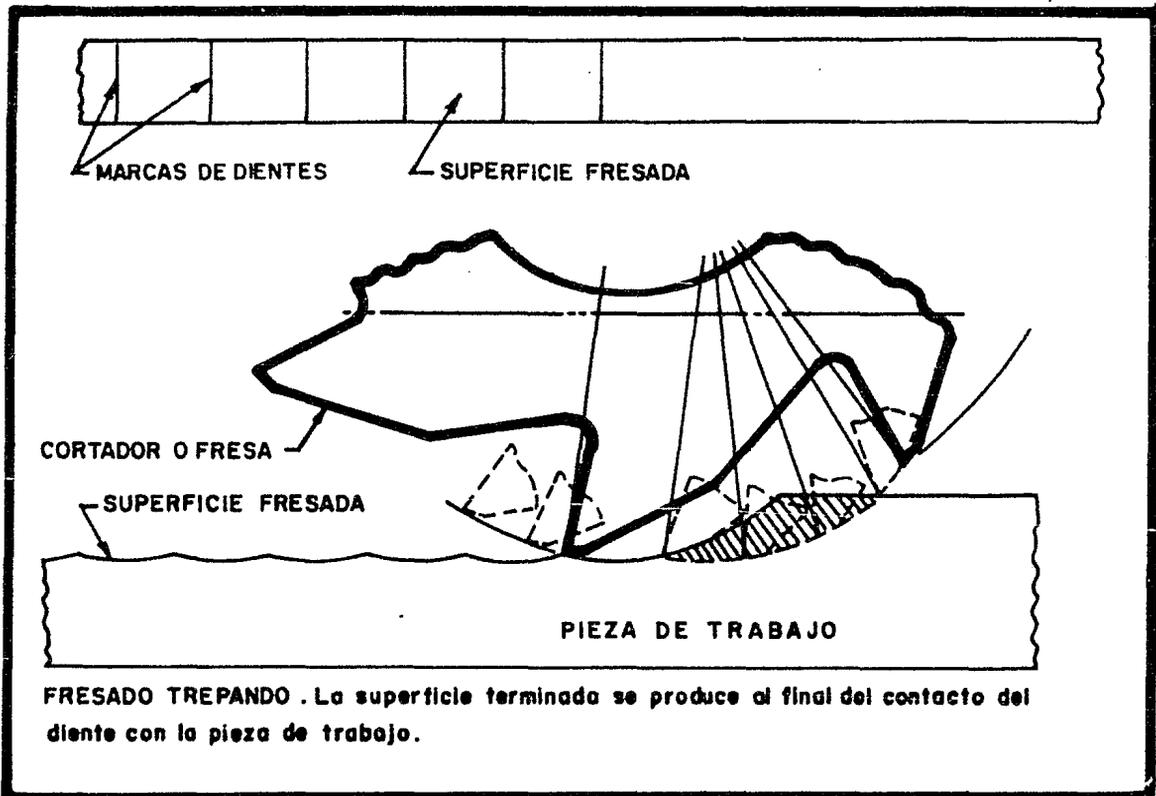


Fig.-3.75

En el Fresado convencional los dientes penetran el material cuando el espesor de la viruta es cero. Este es el punto de tangencia entre la trayectoria del diente y la superficie a ser cortada. Por lo tanto, - el choque al inicio del corte es muy pequeño. La fuerza resultante -- del corte tenderá a flexionar el cortador hacia afuera del material y opuesto a la dirección del avance. Esto es ventajoso.

Cada diente inicia el corte con un espesor de viruta infinitamente pequeño. Esto produce una fuerza específica de corte en ese instante -- tremendamente elevada, lo que provoca el endurecimiento y cristalizado del material a ser cortado, creando consecuentemente un desgaste muy - fuerte en la herramienta por lo que esta primera técnica va en detri-- mento de la vida de la herramienta.

En el Fresado Treparando los dientes del cortador penetran el material - en el punto de mayor espesor de viruta. El choque es mayor que en el fresado convencional y la fuerza de corte tiende a flexionar el corta-- dor en la dirección del avance. Por lo tanto, el cortador tiene la -- tendencia a trepar sobre la superficie a maquinarse haciendo mandatoria el uso de máquinas más rígidas para absorber esta fuerza sin dañar el cortador.

Sin embargo, la gran ventaja del fresado treparando es la obtención de - una vida mucho más larga de la herramienta. El corte se inicia con el

espesor mayor de viruta; el grado de deformación y endurecimiento del material es el menor en este punto. Cuando el diente progresa hacia la superficie que va a ser cortada, la viruta se rompe antes que el diente alcance el punto de tangencia con la superficie maquinada.

Consecuentemente, se minimiza el endurecimiento del material.

El ángulo de ataque radial medido en un plano perpendicular al eje del cortador es menor que el ángulo de ataque real medido a la perpendicular del filo de la espiral.

A mayor ángulo de la espiral mayor será el ángulo real de ataque; esta ventaja unida a una penetración gradual del diente helicoidal ayuda grandemente en la obtención de cortes suaves al hacer uso del cortador circular cilíndrico.

El ángulo de la espiral no deberá ser mayor de 35° si se incrementa el ángulo de la espiral la componente de la fuerza radial se incrementa y causa una flexión excesiva en el árbol de la fresadora arriba de 35° .

Los cortadores circulares cilíndricos se fabrican en acero de alta velocidad y con filos de carburo los cuales son difíciles de aplicar y el precio de la herramienta puede llegar a ser excesivo, por lo tanto los cortadores circulares cilíndricos se usan a bajas velocidades pero con parámetros fuertes de avance cuando se afilan a los ángulos de atq

que óptimos resulta citados. Los cortadores convencionales se fabrican generalmente con ángulos de ataque muy pequeños, debido a que los fabricantes de los mismos temen que los usuarios los traten muy rudamente. Los ángulos de ataque mayores necesitan mayor cuidado en su manejo.

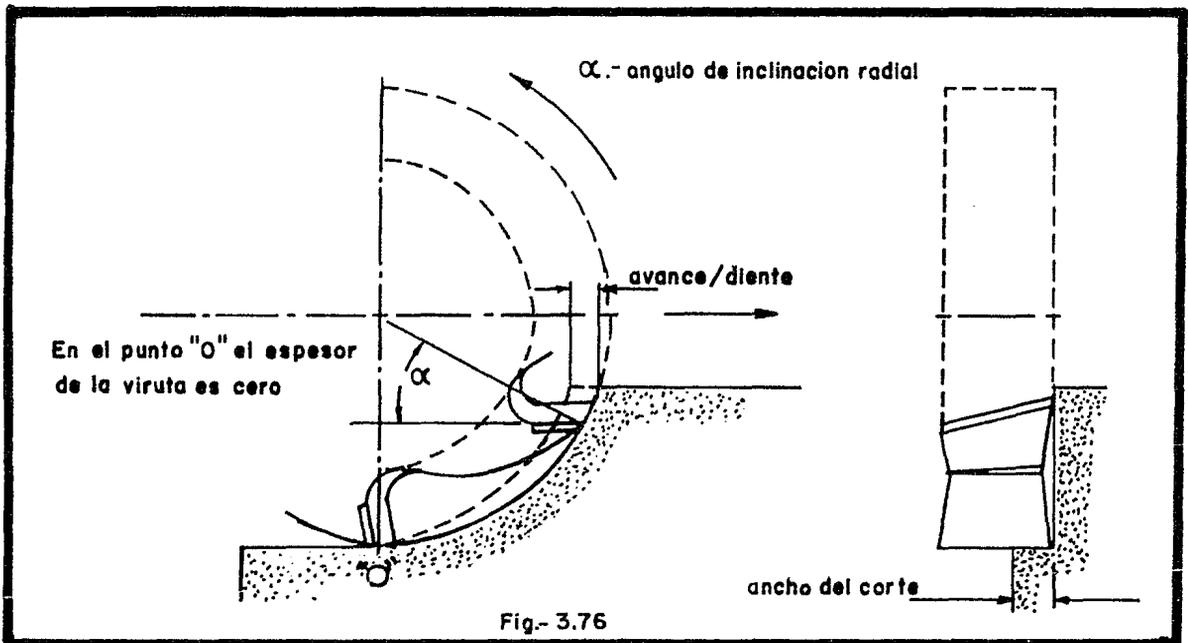
Este tipo de cortadores deberán usarse para desbastes a profundidades muy grandes mientras que es más ventajoso el uso de cortadores de planear y escuadrar cuando las profundidades de corte no son tan grandes.

3.4.8 AFILADO DE FRESAS CIRCULARES Y FRESAS CIRCULARES PARA RANURAS

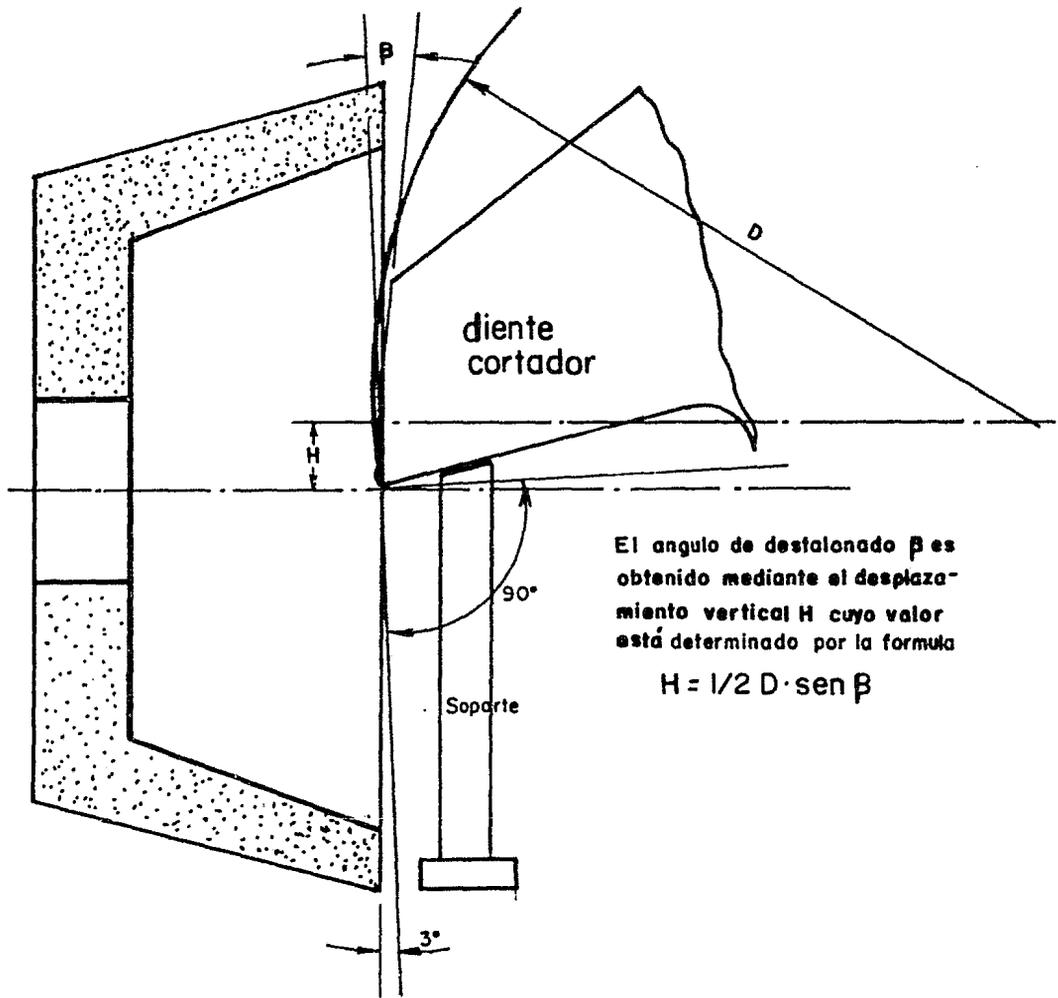
Como podrá observarse en la Figura 3.76 los filos circulares de corte de una fresa circular son los filos frontales. Los filos laterales sólo cortan una longitud igual a la del avance (avance/diente), por lo que ángulos radiales de ataque positivos brindarán el óptimo rendimiento de la herramienta.

Generalmente se espera que el acabado dejado por los cortadores circulares sea abajo de las 125 micropulgadas. Lo cual se logra solamente con ángulos de ataque axiales positivos. Este ángulo es igual a la inclinación del filo de corte o ángulo de incidencia secundario de las herramientas de un sólo filo. Cuando se cortan ranuras, dos paredes -

opuestas son cortadas simultáneamente y para producir un acabado superficial bueno en ambas paredes, es necesario usar el cortador con los dientes salteados y ángulos alternados ofreciendo un ángulo de ataque positivo y ambas paredes.



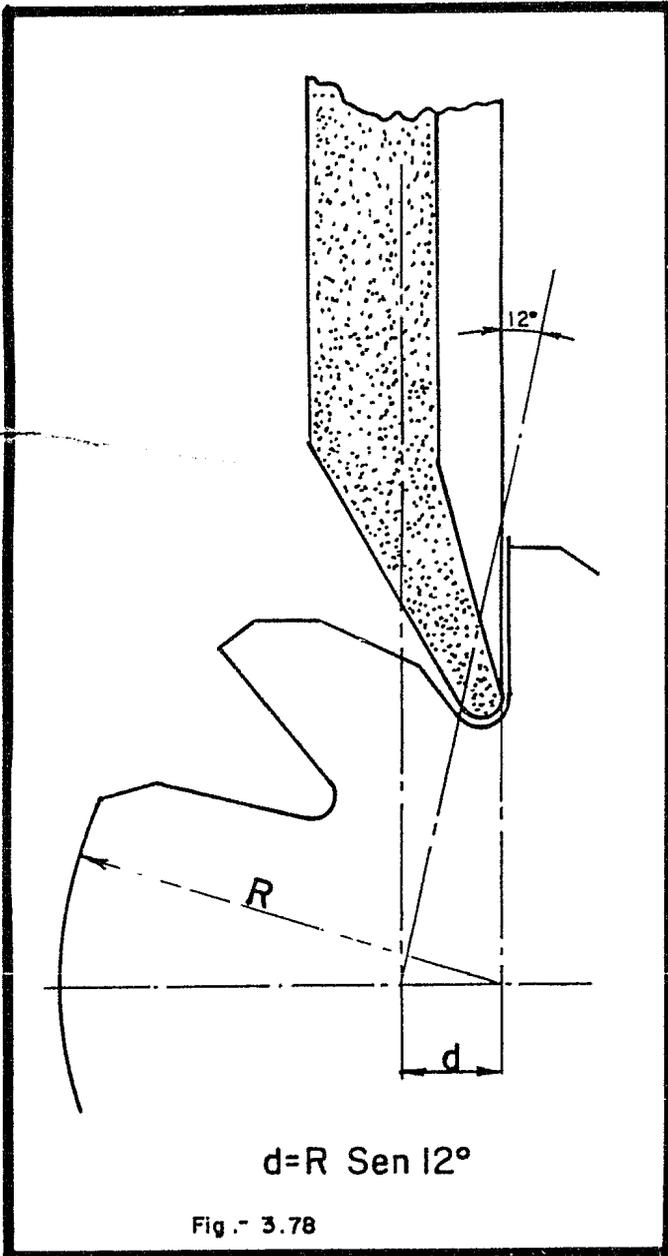
Los cortadores circulares generalmente cumplen ambos propósitos: cortes laterales o ranurados, por lo que es conveniente adquirir cortadores con dientes salteados. Cortadores con dientes rectos sólo son apropiados



El ángulo de desfilonado β es
obtenido mediante el despla-
zamiento vertical H cuyo valor
está determinado por la fórmula

$$H = 1/2 D \cdot \text{sen } \beta$$

Fig.- 3.77



das para el corte de metales frías: estos cortadores se pueden adquirir con insertos de carburo desechables con un diámetro de 3 1/2" de diámetro. Los cortadores para ranuras se pueden considerar como el caso extremo de los cortadores circulares para cortes laterales, es decir, de un espesor muy pequeño en relación a su diámetro. Los ángulos tanto de incidencia como de alivio no deben ser mayores a 7°. La creencia de que usando ángulos mayores ayudan al corte es errónea ya que se debilita innecesariamente el soporte del diente sin conseguirse mayores ventajas en el corte.

En las Figuras 3.77 y 378 se muestra la correcta geometría para estos cortadores y además muestra que debe dársele suficiente espacio a las virutas para poder ser removidas. Por lo tanto, el paso del cortador deberá seleccionarse tomando en cuenta lo anterior y generalmente un paso pequeño no resulta útil, ya que no permite un flujo adecuado de las virutas; un paso pequeño sólo traerá como consecuencia una subdivisión mayor del avance y un incremento de la fuerza específica de corte ofreciendo un par mayor, y menor vida útil de la herramienta.

Las fresas circulares para ranuras se deben afilar con ruedas abrasivas tipo cona para proveer el correcto alivio lateral. La ausencia de este alivio lateral, provocará el despostillamiento de la herramienta.

SELECCION DE LA RUEDA DE AMOLAR

El material con el que está construida la fresa es de acero rápido, es sensible al calor que se genera en el amolado (se quema fácilmente). - El abrasivo que se debe escoger es uno que corte sin recalentamiento y que se conserve afilado por más tiempo, por ejemplo: Oxido de Aluminio Especial con una pureza de 99-99.9%

Como la cantidad de material que se va a rebajar es pequeña; la exactitud y el acabado son importantes. La rueda debe conservar su tamaño a fin de que todos los dientes de la fresa sean amolados a la misma altura. Entonces debe escogerse un grano medio fino por ejemplo 60.

Siendo éste un trabajo de precisión para el que se requiere una rueda que conserve su tamaño y corte en frío, el grado no debe ser muy blando como el "H", la rueda se desgasta excesivamente, y si es demasiado duro, los bordes cortantes de la rueda se embotan y requeman, debe ser un grado medio blando como el "J".

La experiencia indica que un espaciamiento de los granos como el de la estructura No. 8, rinde óptimos resultados para amolar herramientas cortantes, cuando se combina con el grano 60 y la liga vitrificada.

Deberán emplearse ruedas de liga vitrificada juntamente con grano abrasivo de óxido de aluminio especial. La velocidad de las amoladoras de

herramientas y fresas es de 22.86 a 30.48 metros superficiales por segundo, lo cual está dentro de los límites recomendados para las ruedas de liga vitrificada.

3.5 TRABAJOS CON BANDAS SIN FIN

Las bandas sin fin son sin duda las formas más utilizadas de abrasivos aplicados; aunque los discos y cepillos abrasivos influyen cada día -- en el desarrollo de dichos abrasivos, el porcentaje dentro del total -- de las bandas es considerable, debido principalmente a las ventajas -- que ofrecen de su facilidad de cambio en las máquinas empleadas, lo -- que permite obtener un elevado rendimiento al cortar considerablemente los tiempos no productivos.

Aunque algunos trabajos se realizan a banda libre o sobre platina, por lo general la manera habitual de operar es aplicar la pieza sobre la -- banda abrasiva, utilizando como apoyo una de las poleas de la banda -- que recibe el nombre de "polea de contacto", ello tiene una enorme importancia por cuanto la forma y dureza de la superficie de dicha polea incluye de modo decisivo en el rendimiento que se obtiene en el trabajo; es pues uno de los puntos principales a considerar al trabajar con bandas abrasivas. Otro de los aspectos fundamentales es, naturalmente, el abrasivo empleado y el tamaño de sus granos, ya que influyen direc-

tamente en el acabado de la pieza trabajada.

Analizaremos en primer lugar el comportamiento de la polea de contacto, sus variantes e influencia en la obtención de resultados.

En primer lugar, vamos a describir los conceptos fundamentales de las poleas de contacto:

- Agresividad.- Es la intensidad de corte de la banda abrasiva apoyada sobre una determinada polea. Así pues, una misma banda cortará mejor o peor según la polea con la que trabaje.
- Dureza.- Es la resistencia a la deformación que ofrece la polea cuando se ejerce presión sobre ella. La dureza de las poleas se acostumbra a indicar de acuerdo con la escala Shore.
- Ranuras.- Es el dentado regular que suele poseer la superficie de trabajo de la polea. La relación ranura/diente puede variar en cada tipo de polea, así como el ángulo que dichas ranuras forman con el lado de la polea. La forma de ranurado y la dureza de la polea son los factores que influyen más directamente en el rendimiento, duración y acabado conseguidos con una determinada banda abrasiva.

Si hacemos una sencilla comparación con una muela abrasiva, veremos que el ranurado de una polea influye sobre la banda de la misma forma

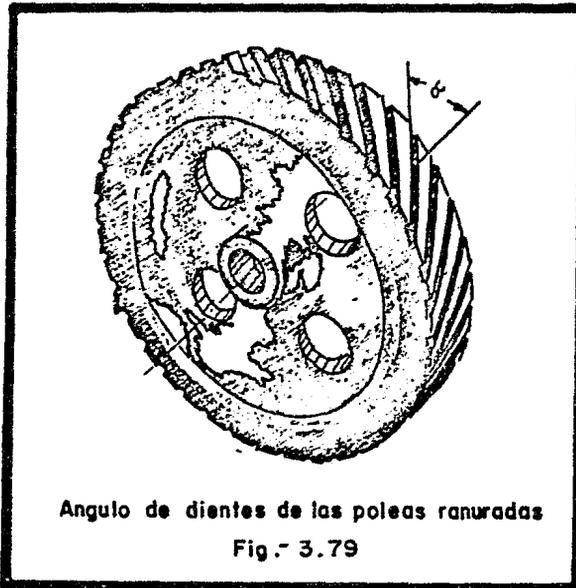
que la estructura actúa sobre la muela y asimismo la dureza de la polea la afecta como la dureza en la muela, por ello podemos hacer que se comporte de muy distinta manera una banda abrasiva, modificando las características de su polea de contacto.

Cuando más basta sea la superficie de la pieza, tanto más resistente debe ser el anclaje del grano abrasivo (ligamento de dicho grano) y se requerirá una polea de contacto que proporcione menor agresividad para evitar que el grano se desprenda. Por el contrario, cuando la superficie de la pieza se alisa, la polea de contacto deberá ejercer mayor agresividad para que el grano actúe más enérgicamente sobre dicha superficie.

Seguidamente consideramos los factores de la polea que incluyen en el rendimiento de una banda abrasiva.

- Dureza.- Cuanto mayor dureza tenga la polea, más enérgico será el corte, dando una superficie más basta para un determinado tamaño de grano. También cuando más dura es una polea, más alargada la vida de la banda; naturalmente, en el supuesto que el resto de los factores de la polea permanezcan invariables.

- Angulo de los dientes.- El diente forma un ángulo con el lado de la polea (Figura 3.79).



El ángulo que da mayor agresividad es el de 90° , si bien no suele utilizarse, ya que produce una excesiva rotura del ligamento de la banda, así como un desagradable sonido al girar. Para la mayor parte de trabajos se emplea un ángulo de 45° , puesto que proporciona un corte enérgico, buena duración de la banda y poco ruido. Ángulos menores de 30° dan un excelente acabado superficial, pero en detrimento de la duración y del rendimiento de la banda.

- Número de dientes.- La experiencia ha demostrado que para cada diáme

tro de polea hay un número ideal de dientes. Excesiva cantidad de -
dientes reduce la agresividad, produciéndose con mayor facilidad el
abrillantamiento y por consecuencia una mayor vida de la banda. Por
el contrario, si la polea tiene pocos dientes, produce una mayor ro-
tura del ligamento y arranque del grano.

- Relación ranura/diente.- La relación de anchos entre el diente y la
ranura influye sobre el resultado del trabajo: una polea con diente
estrecho y ranura ancha es generalmente más agresiva que otra polea
con diente ancho y ranura estrecha, puesto que la presión actúa más
enérgicamente sobre una pequeña superficie (diente estrecho) que so-
bre un área mayor (diente ancho).
- Presión de trabajo.- La presión de trabajo hace que el grano penetre
en el material y produzca la viruta. Al aumentar la presión penetra
más el grano y arranca más material; ello hasta el límite impuesto
por el tamaño específico del grano. Si vamos aumentando la presión
que ejerce la banda contra la pieza que se trabaje, se llegará a al-
canzar el límite óptimo de acuerdo con la granulometría del abrasivo,
pasado el cual cualquier incremento de presión será a costa de la du-
ración de la banda.

Para obtener el máximo rendimiento de una polea de contacto, una vez
elegida para el trabajo de acuerdo con las orientaciones antes dadas

hay que tener en cuenta además los aspectos siguientes:

- 1º La polea de contacto debe estar perfectamente equilibrada
- 2º El trabajo deberá hacerse a la velocidad periférica adecuada al tipo de la banda.
- 3º La máquina empleada debe estar en buenas condiciones de funcionamiento.

Si se observan defectos al trabajar, piénsese que sin necesidad de cambiar de tipo de banda abrasiva, podemos corregir notoriamente dichas diferencias cambiando la polea de contacto.

La Tabla 3.3 indica varios resultados inadmisibles para un determinado trabajo y los cambios que pueden ayudar a corregir dichos defectos.

PARA CORREGIR	EMPLEAR							
	Polea más dura	Polea más blanda	Ranura más ancha	Ranura más fina	Rectificar velocidad	Mayor velocidad (Mayor ω polea motora)	Menor velocidad (Menor ω polea motora)	Polea de contacto mayor (más superficie)
ABRILLANTAMIENTO	X	X					X	X
EMBUZAMIENTO		X						X
ABRASIVIDAD EXCESIVA	X	X					X	
ABRASIVIDAD INSUFIC	X	X			X			X
RAVADO PROFUNDO	X	X					X	
FALTA DE ADAPTABILIDAD	X	X						
LINEAS UNIMODAS	X						X	
MANCHAS DE VIBRADO	X		X				X	

Modo de solucionar problemas de lijado
Tabla 3.3

Como datos complementarios al uso de las poleas de contacto y bandas abrasivas, hacemos las siguientes sugerencias:

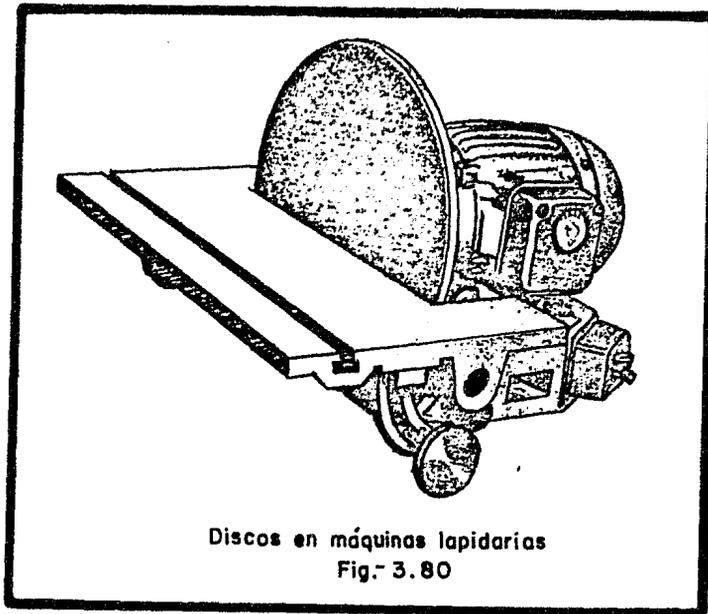
- Utilizar siempre una banda lo menos flexible que permita el trabajo. Una banda muy flexible reduce la resistencia del ligamento que sostiene a los granos abrasivos y como consecuencia se podrá efectuar menos presión de trabajo, con la consiguiente reducción de rendimiento.
- El tipo de unión debe ser el adecuado para el trabajo a realizar; una unión no sólo debe poseer siempre la suficiente resistencia para aguantar toda la vida de la banda, sino que también debe estar hecha de tal forma que no deje huella sobre el trabajo, en particular cuando éste sea de pulido.
- Muchas veces, cuando se utiliza un solo tamaño de grano para realizar un trabajo de una determinada rugosidad, puede lograrse un ahorro de coste aplicando una polea de contacto lisa cuando la banda es nueva, y posteriormente empleando una polea ranurada cuando la banda esté a medio usar, para conseguir una mayor agresividad que compense el desgaste del grano.
- Cuando una banda abrillantada ya no corta, puede lograrse que lo haga de nuevo empleando otra polea que dé mayor agresividad.
- Al lijar superficies más anchas que la banda utilizada, aparecen a menudo señales de los bordes de la banda sobre el trabajo; esto --

puede evitarse en gran parte redondeando ligeramente los ángulos de la polea de contacto, con lo cual se evitará que el borde de la banda abrasiva no trabaje a la misma presión.

- Vigilar la velocidad periférica de la polea. Hay que tener en cuenta que un grano fino cortará algo más bastamente si se aumenta la velocidad de corte y viceversa. También una polea dura se comportará como más blanda si se reduce la velocidad. Variando los diámetros de las poleas pueden obtenerse distintas velocidades periféricas.

3.6 TRABAJOS CON DISCOS ABRASIVOS

Existen dos formas fundamentales de utilizar los discos flexibles. Una de ellas consiste en emplearlos en máquinas fijas, tipo lapidario (Figura 3.80) para las cuales se emplea básicamente el disco de tela o papel de gran diámetro y el trabajo en máquinas portátiles de tipo eléctrico o neumático, sistema éste que tiene su mayor campo de aplicación en el sector metalúrgico para el desbaste, rebarbado, preparación de superficies metálicas, extracción de óxido y pintura, etc., empleándose preferentemente discos con soporte de fibra de varios gruesos y también se emplean discos de papel y tela en el repasado y acabado de carrocerías de automóviles.



Discos en máquinas lapidarias
Fig.- 3.80

En el primer caso o sea, utilizando los discos en máquinas lapidarias, por lo general sirve de apoyo a los discos un soporte metálico, contra el cual se sujetan dichos discos por medio de encolado o bridas periféricas. Los trabajos que se efectúan con tales máquinas consisten en - el lijado a ángulos determinados de los extremos de piezas de madera o perfiles metálicos. Al trabajar con ellos, hay que tener la precaución de no hacerlo siempre por la misma zona del disco, a fin de utilizarlo en su totalidad.

No obstante, donde más se emplean los discos abrasivos es en las máquinas portátiles y en este aspecto si que tiene gran importancia el plato de soporte que se utiliza, puesto que el empleo de uno u otro plato influye notablemente en la calidad del trabajo efectuado. Existen diversos tipos de platos soporte, en los que interviene fundamentalmente su grado de elasticidad y la forma de la superficie de contacto con el disco.

Los platos rígidos distribuyen la presión de trabajo sobre una mayor superficie y, cuanto mayor sea su rigidez, permiten efectuar un mayor desbaste de material, empleándose por tal motivo en el repaso de soldaduras o en operaciones de grandes retoques; por lo general es el plato adecuado para trabajar con granos gruesos. Los discos más flexibles se emplearán para trabajos en los que el disco deba mecanizar contornos de piezas y también para planchas de poco espesor en aquellos casos en que se precise un mejor acabado superficial. Para superficies planas y acabados de piezas se acostumbra a emplear unos platos fabricados con fieltro duro, y cuando se trata del lijado de carrocerías de automóvil, lo ideal es el empleo de goma esponjosa como soporte y discos de papel o tela impermeable, a fin de poder trabajar en húmedo.

En trabajos en que el excesivo calentamiento producido por frotamiento entre el abrasivo y la pieza dañe el material a trabajar, es conveniente la utilización de platos soporte ranurados, a fin de refrigerar el

el disco. El ejemplo clásico es el trabajo de acero inoxidable.

Las dos dimensiones más corrientes en máquinas portátiles son los discos de 178 y de 230 mm. de diámetro. Cuando estos discos son de fibra y resina sintética, pueden trabajar a velocidades periféricas del orden de 50 m/s, por lo que en el primer caso deben trabajar a unas 5,400 -- r.p.m. y cuando sea de 230 mm. de diámetro a 4,250 r.p.m.

Algunas veces hay discos que giran a velocidades mayores que las recomendadas y no es extraño encontrar discos de 178 mm. de diámetro que -- giren a 7,000 r.p.m., velocidades que pueden resistir perfectamente di chos discos, siempre y cuando se cumplan unas determinadas condiciones de trabajo que salen del control de los fabricantes, por lo que se recomienda velocidades más bajas, a fin de que los usuarios dispongan de un margen de seguridad.

Ya que los discos trabajan por lo general sólo unos milímetros de su -- periferia, algunos talleres obtienen un ahorro en su consumo cortando los discos de 230 mm. a 178 mm. una vez utilizados los mismos. Con -- ello se consigue una nueva superficie de corte, ya que puede emplearse la periferia del nuevo disco cortado. A fin de obtener una larga vida de los discos cortados, se deben tener en cuenta dos condiciones:

- Deben tomarse precauciones para no dañar el recubrimiento en el ángulo del disco durante la operación de corte.

- El disco debe girar a las revoluciones necesarias para conseguir -- los 50 m/s en su periferia.

En general, la lubricación sobre cualquier producto abrasivo aumenta la vida de éste, evita su embozamiento y mejora el grado de acabado. El lubricante puede aplicarse, bien al disco o a la superficie de la pieza, y debe ser aplicado antes de que se efectúe el primer lijado. Los lubricantes empleados son:

- Aceites de corte
- Barras de grasa de bajo punto de fusión
- Ceras

En el rectificado plano, la máquina lijadora portátil debe llevarse de un lado a otro sobre la pieza, a una velocidad aproximada de unos 60 a 80 cm/s. En piezas de superficie irregular debe aumentarse esta velocidad de manejo, puesto que el punto de contacto entre el disco y la pieza es menor, y la presión aplicada suele ser mayor. Un manejo defectuoso de la máquina podría producir quemaduras y rayado en la pieza trabajada. Cuando se cambia de rectificado basto a fino, es muy importante realizar el trabajo en cruz, pues así se evitan posibles formaciones de estrías y rasguños en el material.

En resumen puede decirse que la calidad del rectificado con discos abrasivos de fibra depende no sólo de la calidad del disco, sino también -

de la velocidad de giro correcta, de la adecuación del plato soporte, de la presión de trabajo conveniente y de la conducción uniforme de la máquina.

3.7 TRABAJO CON CEPILLOS

Los cepillos o ruedas abrasivas están constituidos esencialmente por una serie de hojas de tela abrasiva resinada de forma rectangular, fijadas fuertemente por uno de sus extremos a un núcleo central de materia plástica, reforzado, en el caso de los de núcleo, mediante unas -- piezas metálicas adecuadas que unen fuertemente las hojas, a la vez -- que facilitan el montaje en máquina. En el caso de los cepillos de -- eje, este mismo núcleo de materia plástica sirve para alojar y sostener fuertemente el eje con el que se realiza la fijación a la máquina. De esta forma se obtiene una disposición radial de las hojas abrasivas, -- de manera que su eficacia es igual y constante hasta el desgaste com-- pleto del cepillo, tanto si se utiliza lubricante como sin él. Gracias a su particular estructura, este producto abrasivo trabaja sin embozamiento ni calentamiento y por tanto sin deformar la pieza, por delgada que ésta sea. A su vez realiza un trabajo "progresivo", yendo del desbarbado al pulido, hasta el pulido final y glaseado.

Los cepillos abrasivos tienen su campo de aplicación en el trabajo y pulido de todo tipo de aceros principalmente, y también en el campo de

la madera y plásticos.

Consejos generales de utilización:

- Grano.- Tomar uno o dos granos más bastos de los que se tomarían para una banda abrasiva.
- Velocidad.- Aumentando la velocidad de giro del cepillo, un mismo grano produce un pulido más fino.
- Presión.- La presión ejercida por el cepillo sobre la pieza debe ser moderada. Para aumentar el mordiente es necesario tomar un grano más basto.
- Sentido.- La cara abrasiva de las hojas es la que trabaja, debe ser pues este lado el que gire en el sentido de trabajo.
- Lubricantes.- En los casos en que sea necesario la utilización de un lubricante, grasa o aceite de pulir, aumenta la rentabilidad.

CEPILLO ABRASIVO CON NUCLEO

El cepillo con núcleo se monta en máquinas portátiles a transmisión directa o con eje flexible, ya sean eléctricas o neumáticas. Normalmente estas máquinas tienen una potencia comprendida entre 0,5 y 2,5 HP.

- Velocidad.- La velocidad de trabajo debe estar comprendida entre 30 y 45 m/s y puede considerarse proporcional a la presión ejercida; a baja velocidad es necesaria una reducida presión, que puede aumentarse a medida que aumenta la velocidad de rotación. A continuación se dan las velocidades en r.p.m. adecuadas, según el diámetro del cepillo:

Diámetro (m/m)	165	250	350	400
Vel. máx. (rpm)	5.200	3.400	2.400	2.100
Vel. min. (rpm)	3.400	2.300	1.600	1.400

- Presión.- Para obtener un rendimiento óptimo es necesario que las hojas que componen el cepillo trabajen solamente por las aristas de los extremos libres, para que cada una actúe independientemente. Para conseguir esto, es pues necesaria una presión muy débil sobre la pieza de trabajo, para no inclinar excesivamente las hojas, lo que, aparte de bajo rendimiento, podría deteriorar seriamente el cepillo. Téngase muy presente que, en trabajos con cepillos abrasivos, es un error intentar modificar el resultado a base de exagerar la presión. Es el grano el que ha de cambiarse cuando se quiere modificar el trabajo.

- Sentido de trabajo.- Para no deteriorar el cepillo es necesario prestar atención al sentido de trabajo. En los casos en que el ma-

terial a trabajar avanza automáticamente, es indispensable que el cepillo gire en sentido contrario al avance del material. En caso contrario se produciría una rotura inmediata de las hojas abrasivas.

CEPILLO ABRASIVO CON EJE

Su principal característica es su eje de acero de diámetro adecuado para el montaje en máquinas portátiles y especialmente en ejes flexibles. Estos cepillos de pequeño diámetro constituyen un útil complementario ideal para el trabajo de pequeñas superficies, redondeado de pequeñas dimensiones, tubos, orificios matricería, moldes, etc.

Las condiciones generales sobre presión y su relación con la velocidad expuestas anteriormente son igualmente útiles para el trabajo con cepillos con eje.

A continuación se indican las velocidades de trabajo en r.p.m., para distintos diámetros, velocidades que no pueden sobrepasar nunca los 25 m/s.

Diámetro (mm)	30	60	80
Vel. máx. (r.p.m.)	15.000	8.000	6.000

El cepillo de eje es una herramienta delicada. Deben evitarse los golpes.

pes y contactos bruscos con cantos vivos durante el trabajo. Si se -- aplica en rincones o interiores cónicos, no debe forzarse el cepillo - con una presión hacia la parte interior de las piezas, pues se expone el cepillo a una casi segura rotura. Para trabajar interiormente en piezas cilíndricas o cónicas debe utilizarse siempre un diámetro de ce pillo inferior al mínimo de la pieza a pulir, evitándose así que el ce pillo trabaje forzado y se "clave" en el interior de la pieza.

4 ACABADO SUPERFICIAL

4.1 CONCEPTO

Al proyectarse un conjunto mecánico, máquina, motor o dispositivo de cualquier tipo, el diseñador determina las dimensiones y formas de las piezas que lo constituirán. Estas dimensiones y formas ideales, especificadas en los planos han de materializarse en las piezas fabricadas.

Dejando de lado la calidad de las ideas que produjeron el diseño, la calidad del conjunto mecánico resultante y su correcto funcionamiento, dependerán en gran manera, de la precisión con que las formas y dimensiones de las piezas fabricadas se aproximen a las ideales, especificadas en los planos.

El estado de acabado de las superficies de las piezas, tiene en la construcción mecánica actual, un papel de considerable importancia, ya que con el mismo, se encuentran relacionados factores tan importantes como el desgaste, la resistencia al roce, el comportamiento frente a la lubricación y la resistencia a la fatiga de los distintos elementos mecánicos.

Si bien en los elementos sometidos a esfuerzos estáticos, - el esfuerzo superficial parece no tener gran importancia, - en las piezas cuyas superficies están sometidas a rozamientos o en aquellas otras sometidas a esfuerzos de fatiga, - el estado de la superficie puede jugar un papel decisivo - sobre el comportamiento en servicio, y en determinadas - - circunstancias éste será tanto mejor cuanto mayor sea el - grado de acabado.

Por otra parte, sin embargo, el alcanzar un alto grado de acabado superficial, representa siempre un mayor costo de fabricación; de aquí el interés que presente el establecimiento y adopción de métodos de medición precisos del estado superficial, cuyo empleo se está extendiendo de forma - rápida en la industria de la construcción mecánica.

El estado superficial tiene por otra parte, influencia en los resultados de medición mecánica, especialmente cuando se trata de medición de precisión.

La calidad superficial que deben tener determinadas piezas una vez terminadas, importando su uso posterior, deberá - ser medida, controlada y cuantificada. Cualquiera que sea el acabado de una pieza y por lisa que esta parezca a nues

tra vista, siempre presentará una gama de desigualdades como rayas, ranuras o salientes las cuales se pondrán de manifiesto al ser comprobadas éstas, mediante equipos de medición apropiados.

Esta desigualdad presente en la superficie de las piezas recibe el nombre de RUGOSIDAD, la cual será tanto mayor -- cuanto más pronunciados estén en la superficie los puntos más salientes y más hundidos estén los más profundos.

La manera más rápida de detectar este fenómeno, se logra -- pasando la uña transversalmente a las ranuras dejadas en -- la pieza, como consecuencia de la herramienta usada en el mecanizado. A pesar de ser una forma muy subjetiva de medir la rugosidad, se sigue empleando en talleres ya que sólo se basa en la experiencia.

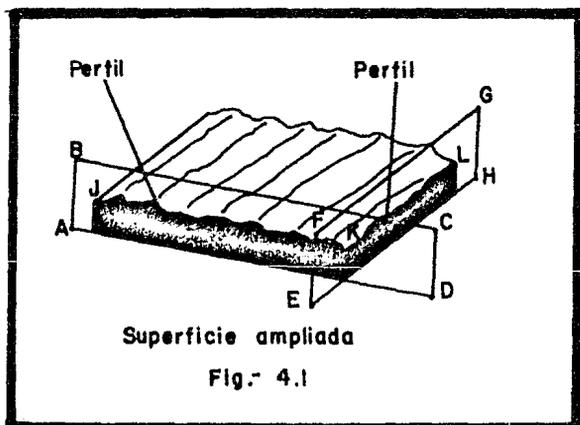
En otros casos y usando el mismo principio, dicha rugosidad es medida por comparación con la ayuda de modelos establecidos, los cuales poseen un valor de rugosidad ya conocido. Estos modelos son conocidos con el nombre de plaquetas metálicas.

Cuando se desea un determinado acabado en la superficie de

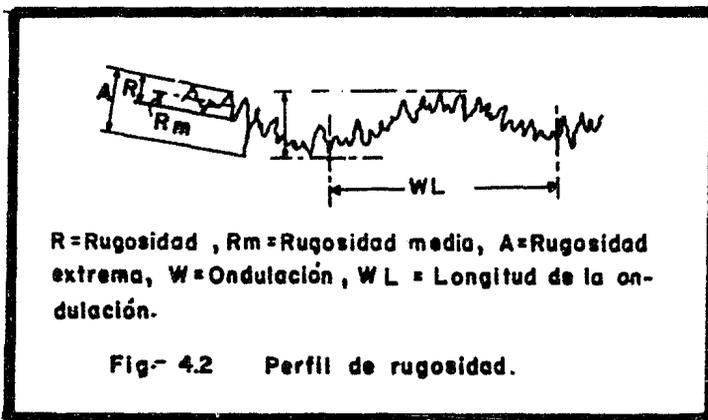
una pieza, sólo tiene que seleccionarse la plaqueta adecuada y comparar ésta con la superficie de la pieza que se -- trabaja.

Estos métodos, hasta cierto punto son eficientes, razón -- por la cual su uso es limitado, ya que cuando se requieren acabados muy finos, en los que a simple vista parece existir una superficie completamente lisa, resultan ineficaces, por lo que es necesario emplear otros métodos, los cuales requieren equipos especiales que permitan valorar y cuantificar rugosidades dentro de límites muy estrechos.

Si observamos una superficie mecanizada de una pieza, por medio de aparatos que nos permitan observar sus menores detalles, notaremos un perfil como el de la Figura 4.1



Comprobando esta superficie por medio de un instrumento -- palpador de punta muy fina, hecha de zafiro o de diamante, para evitar el desgaste y haciéndolo pasar transversalmente a las líneas de rugosidad superficial de la pieza, podemos obtener una vez ampliado, un perfil semejante al de la Figura 4.2



Como puede verse, la superficie detectada no es totalmente lisa en ningún caso, sino que presenta unas ondulaciones -- más o menos profundas, las cuales están formadas por puntos y ranuras.

Cuanto mayor sea la distancia existente entre los puntos y las ranuras, tanto más grande será la rugosidad. Además -- de estos puntos y ranuras observamos que éstas no se producen según una línea recta media, sino que van siguiendo --

una oscilación más o menos pronunciada.

Antes de estudiar los métodos corrientemente utilizados para la determinación y medición del estado superficial, será útil definir algunos conceptos fundamentales relacionados con éste.

Superficie.- Es el límite que separa un objeto de otro objeto o sustancia contigua. Los planos de las piezas definen una superficie geométrica ideal para las mismas, a la cual se le dá el nombre de Superficie Nominal, pero los medios técnicos utilizados para la fabricación de las piezas no producen nunca una superficie real, coincidente con una superficie nominal.

Las desviaciones entre la superficie nominal y la superficie real de la pieza, es lo que se denomina irregularidades de superficie, diferenciándose en éstas, dos tipos: las RUGOSIDADES y las ONDULACIONES.

Se denominan Rugosidades de una superficie a las irregularidades finamente repartidas, cuya altura, anchura, paso o dirección, determinan el estado de acabado superficial; como tal pueden ser consideradas las irregularidades produci

das por el avance del filo de las herramientas de mecanización, junto con velocidades y avances.

Las Ondulaciones son irregularidades de las superficies mucho más separadas que las rugosidades, y son las que definen la forma macrogeométrica de la superficie.

Estas son producidas por causas ajenas totalmente a la - - herramienta usada, resultando siempre indeseables.

Estas Ondulaciones pueden ser el resultado de factores tales como:

- Excesiva presión de corte, la cual modifica la forma de la pieza.
- Inadecuado afilado de las herramientas.
- Poca mecanización, la cual no llega a cambiar la forma - de la pieza.
- Mala fijación o arrastre de la pieza en la máquina.
- Vibraciones producidas por desequilibrio de la pieza o - malas condiciones de la máquina.

Para la determinación de la calidad de acabado de una superficie se tiene en cuenta la rugosidad del perfil, entenden

diéndose por perfil, la intersección entre la superficie y un plano normal a la misma, Sección ABCD de la Figura 4.1

4.2 APARATOS Y UNIDADES DE MEDIDA

Unidades de Medida

De lo expuesto anteriormente se ha hecho incapié en el concepto de rugosidad y la manera en que ésta se ha representado para su fácil comprensión, esto es, mediante la proyección del perfil en una sección dada de la superficie; con ello se tratará la forma de medir dicha rugosidad así como también exponer las unidades empleadas para la medición de la misma.

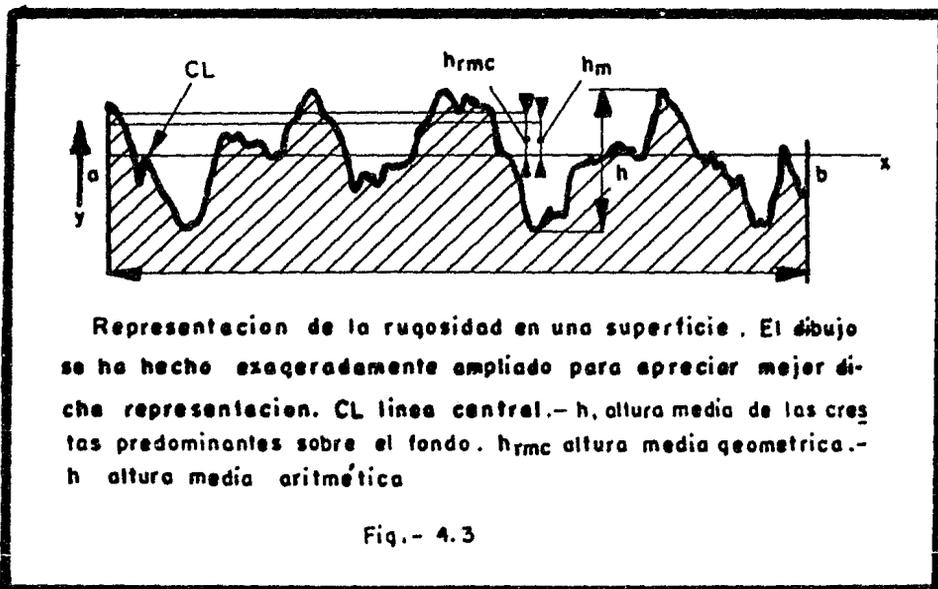
En los países que han adoptado el sistema métrico decimal, la unidad de medida es la micra (μ), que equivale a una milésima de milímetro (0.001mm).

En los países anglosajones, la unidad de medida es la milipulgada (mil), y equivale a 0.0254 mm, que equivale a una milésima de pulgada.

Existen distintas maneras de medir las rugosidades y la forma de calcularlas e indicarlas. Puesto que cada país -

tiene sus normas al respecto, se adoptará un sistema de fácil interpretación.

Para tal caso, se ha representado en forma esquemática y ampliada, la rugosidad superficial de una pieza, según la Figura 4.3



- CL Línea Central
- h Altura media de las crestas predominantes sobre el fondo.
- h_{rmc} Altura media geométrica
- h_m Altura media aritmética

La línea CL denominada Línea Central, es aquella para la -

cual la superficie de los huecos situados en su parte inferior es igual a la superficie de los espacios llenos situados sobre ella.

A partir de la Figura 4.3 podemos determinar la rugosidad de las siguientes maneras:

- 1.- Por la altura de las rugosidades
- 2.- Por la altura media aritmética
- 3.- Por la altura media geométrica o cuadrática

POR LA ALTURA DE LAS RUGOSIDADES

En realidad es la altura máxima, que si bien es significativa, no es la que se utiliza más comunmente.

Esta se indica por las siglas:

R_t en micras (μ)

R en milésimas de pulgadas

POR LA ALTURA MEDIA ARITMETICA

Este método se emplea más comunmente en la práctica, cuya forma de proceder puede verse en la Figura 4.3; el cual -- viene dado por la siguiente fórmula matemática:

$$h_m = \frac{1}{2} \int_a^b |y| dx$$

POR LA ALTURA MEDIA GEOMETRICA

Este método quizá sea el de más uso dentro de la técnica - metalúrgica, el cual se define mediante la siguiente fórmula matemática:

$$h_{\text{rmc}} = \sqrt{\frac{1}{2} \int_a^b y^2 dx}$$

En la siguiente tabla se ejemplifica un cálculo de rugosidades.

L	y	L ²	y ²
a	4	a ²	16
b	12	b ²	144
c	18	c ²	324
d	13	d ²	169
e	9	e ²	81
f	7	f ²	49
g	8	g ²	64
h	9	h ²	81
i	16	i ²	256
j	7	j ²	49
k	5	k ²	25
l	2	l ²	4

$$\text{Media Aritmética} = \frac{110}{12} = 9.1667 \mu \text{ (Ra)}$$

$$\text{Media Cuadrática} = \sqrt{\frac{1262}{12}} = 10.2551 \mu \text{ (Rs)}$$

Cuando la diferencia entre ambos cálculos es mínima se - -
 acepta uno a otro sistema de medición, esto es, cuando:
 RMS = 1.11CLA *

En la Tabla 4.1 se resumen las unidades empleadas para las
 diversas rugosidades y su equivalente entre ellas.

CONCEPTOS	DESIGNACION SEGUN NORMA		
	DIN	BSA	ISO
Altura media de la rugosidad	Ra (micras)	CLA (milipulgadas)	Ra (micras)
Rugosidad media cuadrática	Rs (micras)	RMS (milipulgadas)	RMS (micras)
Altura máxima de las rugosidades	Rt (micras)	R (milipulgadas)	Rt (micras)

Tabla 4.1

* PMS (Root Mean Square Average)

No existe una relación exacta entre los valores de Ra y Rt ni entre CLA y RMS; como puede verse en la Tabla 4.2; estos valores sólo son aproximados.

Ra μ	CLA milipulgadas	RMS milipulgadas	Rugosidad absoluta Rt μ
0,02	0,80	0,90 - 1,00	0,10 - 0,30
0,04	1,60	1,80 - 1,90	0,20 - 0,50
0,06	2,40	2,60 - 2,90	0,30 - 0,70
0,08	3,20	3,50 - 3,80	0,40 - 0,80
0,10	4,00	4,40 - 4,80	0,50 - 1,00
0,12	4,80	5,30 - 5,80	0,60 - 1,20
0,14	5,60	6,20 - 6,70	0,65 - 1,40
0,16	6,40	7,00 - 7,70	0,70 - 1,60
0,18	7,20	7,90 - 8,60	0,80 - 1,70
0,20	8,00	8,80 - 9,60	0,90 - 1,90
0,25	10,00	11,00 - 12,00	1,10 - 2,30
0,30	12,00	13,20 - 14,40	1,30 - 2,70
0,35	14,00	15,40 - 16,80	1,50 - 3,00
0,40	16,00	17,60 - 19,20	1,70 - 3,40
0,45	18,00	19,80 - 21,60	1,90 - 3,80
0,65	26,00	28,60 - 31,20	2,70 - 5,20
0,90	38,00	39,60 - 43,20	3,70 - 7,00
1,10	44,00	48,40 - 52,80	4,50 - 8,20
1,30	52,00	57,00 - 62,00	5,20 - 9,50
1,50	60,00	66,00 - 72,00	6,00 - 10,50
1,80	72,00	79,00 - 86,00	7,10 - 12,50
2,50	100,00	110,00 - 120,00	9,60 - 16,50
3,50	140,00	154,00 - 168,00	13,00 - 22,00
4,50	180,00	198,00 - 216,00	17,00 - 28,00
5,00	200,00	220,00 - 240,00	18,00 - 30,00
6,00	240,00	264,00 - 288,00	22,00 - 35,00

Tabla 4.2 Equivalencias

En los planos y especificaciones de fabricación se indican los valores deseados para el grado de acabado de las distintas superficies, esto se hace utilizando un símbolo. En la Tabla 4.3 se muestran los diferentes signos superficiales.

Aparatos de Medición

La necesidad creciente, en la industria de la construcción mecánica, de efectuar mediciones de gran precisión, principalmente cuando se trata de comprobar los calibres e instrumentos de medida que se utilizan para el control de las fabricaciones, ha dado lugar al desarrollo y construcción de aparatos especiales, destinados a realizar tales mediciones.

Estos aparatos que reunimos bajo la denominación de máquinas de medición, son conjuntos complejos, formados por la agrupación de diversos dispositivos de mediciones ópticas y mecánicas, a las que además, pueden generalmente acoplarse gran variedad de accesorios, con el fin de adaptarlos a los más diversos casos de medición.

Para la medición de la rugosidad pueden utilizarse diferentes métodos más o menos precisos. Los métodos actualmente

INDICACION EN EL DIBUJO	PROFUNDIDAD DE RUGOSIDAD MEDIA	EXIGENCIAS DE LA CALIDAD SUPERFICIAL	EJEMPLOS DE APLICACION
	0,1 0,16-0,25-0,4	Fines especiales Exigencia máxima	Superficies de medición de los calibres, superficies de deslizamiento altamente fatigadas, ajustes de presión desmontables
	0,60-1,00-1,6 2,50-4,00-6,0	Alta exigencia Exigencia media	Superficies de deslizamiento muy fatigadas, ajustes de presión desmontables. Piezas fatigadas por flexión y torsión, ajustes normales de deslizamiento y presión.
	10-16-25	Poca exigencia	Ajustes de reposo sin transmisión de fuerza, ajustes ligeros de presión en acero, superficies de deslizamiento poco fatigadas, superficies sin mecanizar de piezas prensadas de precisión.
	40-63-100	Sin exigencia particular	Superficies desbastadas, superficies sin mecanizar de piezas prensadas y de forja precisa. Fundición a presión.
	160-250-400 630-1000	Superficies en bruto	Cáscara de fundición colada en arena, piezas estampadas y de forja libre.

Tabla 4.3

en uso pueden clasificarse básicamente en tres grupos:

- Método basado en la observación óptica y que fotografían los resultados.
- Instrumentos de medición equipados con estilete o punta trazadora mecánica e instrumento indicador.
- Dispositivos de medición con estilete trazador electromecánico, amplificador electrónico e instrumento indicador.

Los aparatos ópticos para la medición de la rugosidad, se reserva generalmente para su uso en los laboratorios y salas de metrología, esto es, por la delicadeza de su manejo, aún cuando se han desarrollado algunos modelos para su uso en el taller.

Los instrumentos puramente mecánicos, tienen el inconveniente de requerir normalmente un utilaje especial de medición y el corte de muestras apropiadas.

Los instrumentos electromecánicos y electrónicos, son empleados corrientemente para la verificación y medición de la rugosidad en el taller; por su facilidad de manejo y adaptabilidad a los distintos tipos de las superficies cuya rugosidad se desea medir.

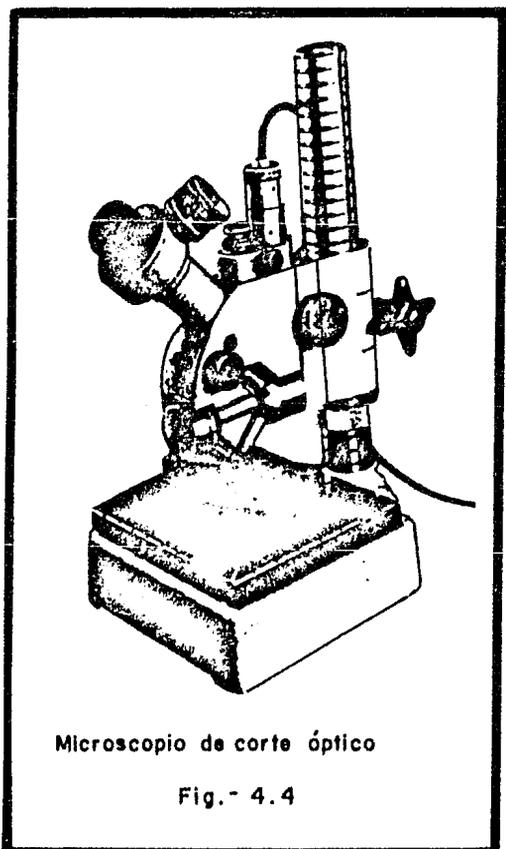
Aparatos Ópticos para la Medición de la Rugosidad.

En la Figura 4.4 se muestra el aspecto de un microscopio - de corte óptico ZEISS para tal efecto. El funcionamiento de este se basa en el principio de corte óptico, consistente en hacer incidir un haz luminoso y muy delgado sobre la superficie a observar como se muestra en la Figura 4.5; -- queda de esta manera iluminado un perfil de la superficie, y este trazo luminoso se observa por medio de un microscopio.

El esquema de la Figura 4.6 muestra la disposición de este aparato. La lámpara de incandescencia Q ilumina la rendija Sp, de la que el objetivo O_1 forma la imagen sobre la superficie a examinar en forma de un fino trazo luminoso. La observación de este trazo se efectúa por medio de un microscopio cuyo objetivo O_2 , tiene exactamente el mismo aumento que el objetivo O_1 , que forma la imagen. En el ocular OK aparece una retícula M que puede desplazarse en el campo visual por medio de un tambor graduado. Los microscopios de iluminación y observación, son exactamente perpendiculares entre sí e inclinados a 45° con respecto a la superficie que se observa.

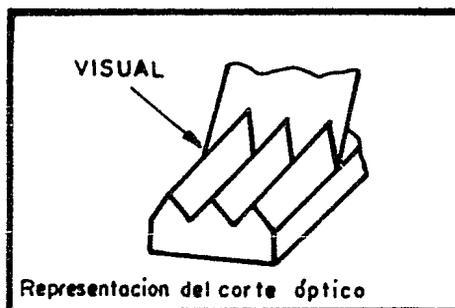
Los valores de medición se leen en μ sobre el tambor de la retícula. Primeramente el trazo horizontal de la retícula se lleva a coincidir con el punto más alto del perfil, y después con el punto más bajo de éste; la diferencia de las dos lecturas en el tambor graduado dá la rugosidad en μ medida por la cifra de altura de las rugosidades. El trazo vertical de la retícula permite determinar la forma análoga, la diferencia o paso entre rugosidades.

Una pequeña cámara fotográfica acoplable al microscopio, como se muestra en la Figura 4.7, permite la toma de clichés con fines de control y comparación.



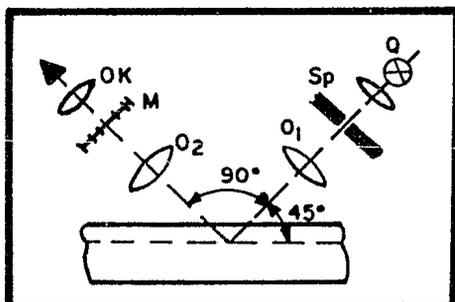
Microscopio de corte óptico

Fig.- 4.4



Representacion del corte óptico

Fig.- 4.5



Representación esquemática de un microscopio de corte óptico-Q,lampara-Sp,rendija por la que pasa la luz-O₁,objetivo del microscopio-M,retícula-OK,ocular

Fig.- 4.6

El microscopio está dotado de un doble juego de objetivos que permiten realizar la observación con 200 ó 400 aumentos, según la altura de la rugosidad. La observación con 400 aumentos se emplea para la medición de rugosidades de 1 a $4\ \mu\text{m}$, y la observación con 200 aumentos para la medición de rugosidades de 3 a $100\ \mu\text{m}$.

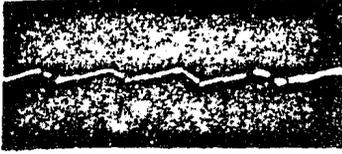
La Figura 4.8 muestra el aspecto de algunos clichés, tomados sobre superficies de distinta naturaleza.

Otros métodos de observación óptica y medición de superficies es el de interferencias, por medio del cual se consigue dar a la superficie a comprobar, un aspecto de líneas y sombras semejantes a las curvas de nivel que aparecen en los planos topográficos.

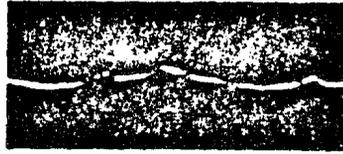
Este método se aplica a pequeñas superficies lapidadas que tengan un pulido especial tales como: caras de referencia de galgas patrón, topes planos de calibres, palpadores de medida, platinas de aparatos de medición, etc.

La medición se logra dirigiendo los rayos de luz en un ángulo adecuado por medio de espejos o prismas.

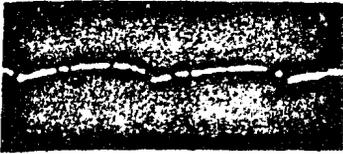
La superficie a comprobar se pone en contacto con un plano



Aluminio torneado con
herramienta de vidrio
Rugosidad 25μ



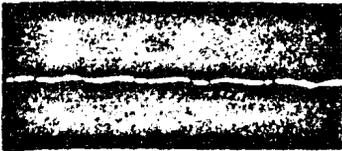
Latón desbastado
Rugosidad 32μ



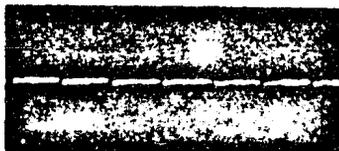
Latón rectificado en
torno
Rugosidad 20μ



Acero estirado
Rugosidad 4μ



Acero rectificado en
torno
Rugosidad 4μ



Acero rectificado en
torno
Rugosidad 3μ



Cliché
Profundidad de trama 50μ

Varios clichés tomados sobre superficies de distinta naturaleza, con una cámara incorporada en un microscopio óptico.

Fig. 4.8

Óptico (superficie de un disco de vidrio completamente plano) y se ilumina con luz monocromática, la luz de una lámpara de sodio, por ejemplo. En esta forma aparecen una serie de líneas oscuras, alternando con líneas claras, correspondientes a las líneas de la superficie a comprobar - que se encuentran a igual distancia de la superficie de referencia de vidrio, es decir, a las distintas líneas de nivel con respecto al plano óptico.

Este método permite mediciones cuantitativas de las diferencias de la superficie a comprobar, con respecto al plano óptico que se toma como patrón, del orden de 0.003 micras.

La ventaja de tales aparatos, es que dan valores tridimensionales de la rugosidad superficial.

En la Figura 4.9, se muestran esquemáticamente las formas y disposiciones de las franjas de interferencia para distintos casos de superficies no planas.

Algunas veces por la forma de la pieza (interior de agujeros) es difícil realizar las mediciones, para esto es necesario utilizar métodos de impresión, en los cuales se emplea un producto reblandecido químicamente, el cual es --

aplicado sobre la superficie a controlar, dejándolo endurecer un tiempo necesario y después realizar la medición una vez fuera de la pieza; en otras ocasiones se utilizan plásticos.

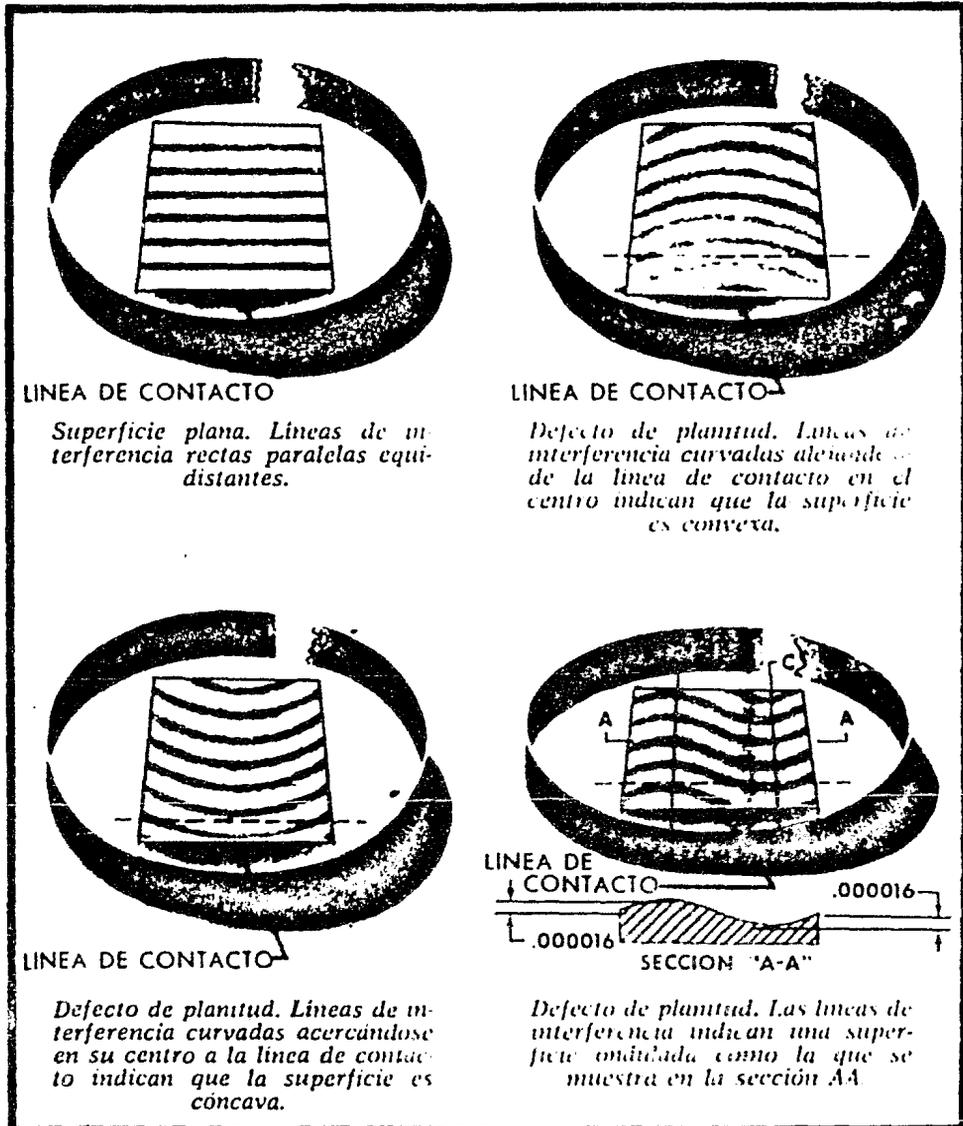


Fig. 4.9

Procedimientos Electromecánicos y Electrónicos.

Los aparatos que actúan con base mecánica, básicamente consisten en un palpador que se desliza sobre la superficie de la pieza y de un indicador que muestra los valores detectados con la suficiente ampliación para poder determinar sus magnitudes.

Existe una gran variedad de modelos que van desde un pequeño indicador de cuadrante, hasta aparatos con amplificadores electrónicos; estos aparatos son conocidos con el nombre de perfilómetros o rugosímetros. Estos aparatos poseen un palpador constituido por una punta de zafiro o diamante, con un radio de 0.002 mm. que desliza uniformemente sobre la superficie a controlar. La palanca del palpador actúa sobre una bobina que traduce las rugosidades detectadas en una señal eléctrica de intensidad variable, que es transmitida al aparato indicador, provisto de un instrumento trazador que va dibujando las rugosidades en forma de diagrama, como puede verse en la Figura 4.10

El aparato trazador determina las ondulaciones de la superficie medida, aumentándolas de 20 a 400 veces, mientras que para la medición de la rugosidad se emplean aumentos que -

van de 1000 a 1,000,000 de veces.

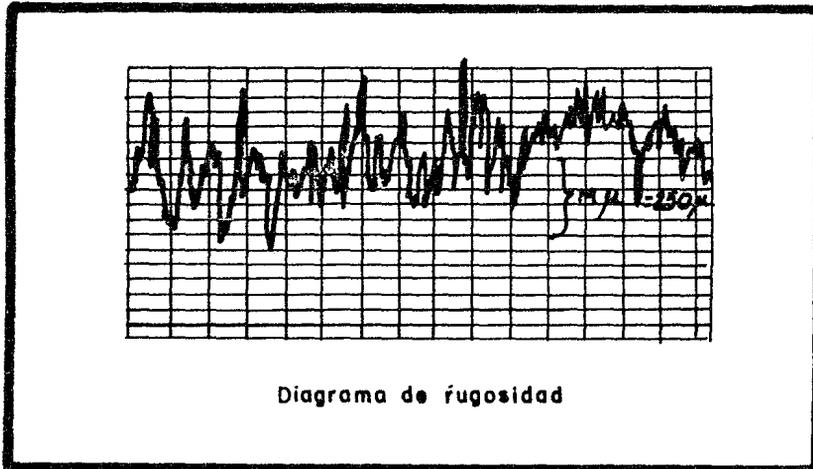
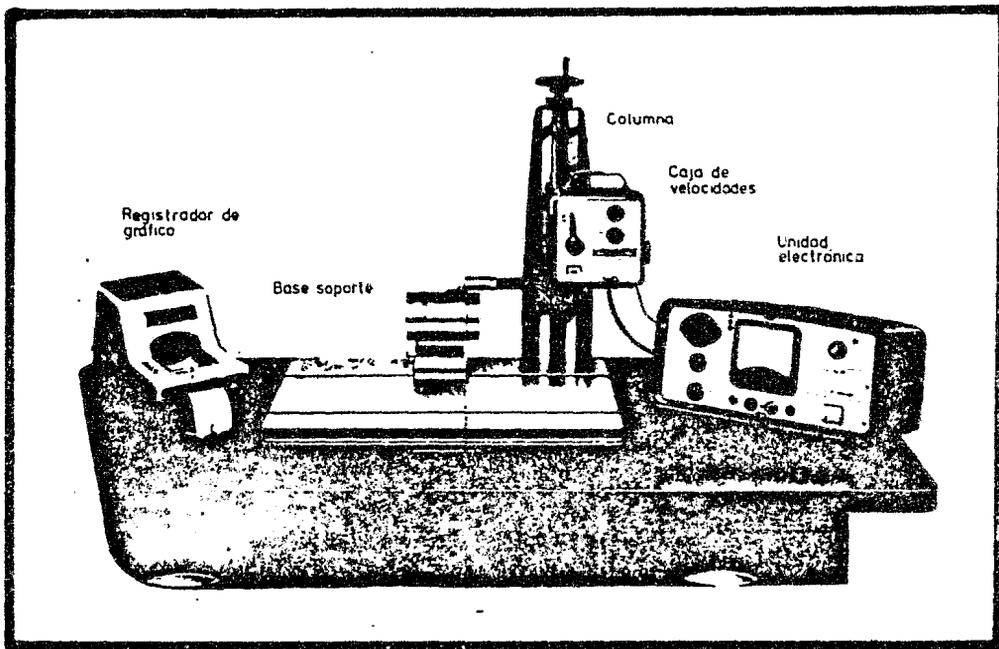


Fig.- 4.10

Se dispone de una gran variedad de palpadores, ya sea para la medición de aristas afiladas o de agujeros profundos, - etc.

Los palpadores normales pueden penetrar hasta una profundidad de 12.7 mm. en agujeros de 8 mm. de diámetro y hasta -- 152 mm. en agujeros de 32 mm. de diámetro.

En los aparatos más modernos se acoplan unidades electrónicas para el cálculo directo de rugosidades y superficies de contacto.



Aparato para la medición del acabado superficial, modelo Talysurf 4 con indicador y registrador de gráfico. Fig.- 4.11

En uno de los tantos equipos propios de esta especialidad, - como el de la Figura 4.11, se presentan las irregularidades en dos formas:

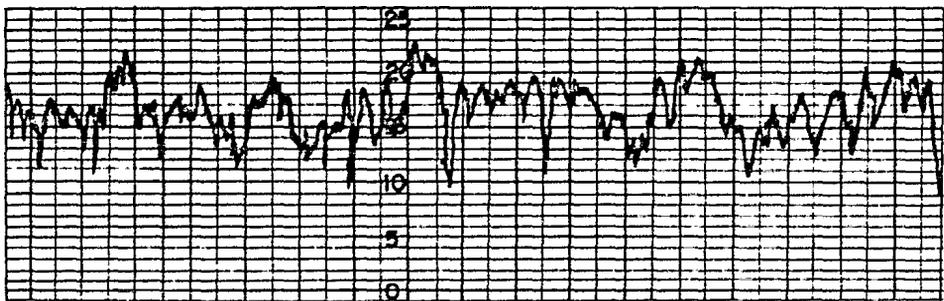
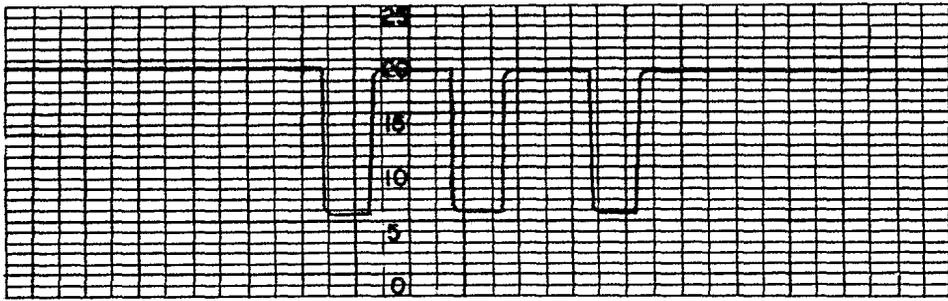
- a) Por lectura en un indicador, del valor medio de la línea central.
- b) Un gráfico del perfil que presenta una sección normal de las irregularidades de la superficie que se estudia.

El registrado obtiene gráficos en coordenadas rectangulares, es decir, en las cuales las coordenadas son rectas y la escala es lineal.

En la Figura 4.12 se presentan tres gráficos obtenidos por el registrador del rugosímetro Talisurf 4. Los dos primeros gráficos ilustran el recorrido del estilete sobre las líneas del patrón de rugosidad que suministra la forma para el reglaje de la ampliación pluma/estilete y para la calibración del aparato medidor del valor medio sobre la línea central (CLA). El tercer gráfico, el de la parte inferior, corresponde a un ejemplo que permite ver claramente las irregularidades del perfil de una probeta cilíndrica de acero, acabada por un proceso de rectificado normal.

En la actualidad con la ayuda de la electrónica se han obtenido grandes adelantos referentes a la medición de la rugosidad, permitiendo con ellos el desarrollo de aparatos o máquinas de gran precisión que permiten una medición más completa y segura, no sólo de la redondez sino también de la concentricidad, cilindricidad, perpendicularidad a un eje y planidad de una trayectoria.

La firma Rank Taylor - Hobson fabrica varios modelos de es-



GRAFICOS OBTENIDOS CON UN APARATO TALYSURF 4

Fig. 4.12

tos aparatos, entre ellos el modelo Tatylin 20 el cual es - un aparato de medida de alta precisión que utiliza un palpador sensitivo montado en un soporte que es desplazable en - sentido horizontal. Dicho palpador es sensitivo, es decir, que sufre deformaciones si la pieza que se comprueba no es completamente recta. Estos cambios de forma del palpador se transmiten en forma de fluctuaciones de corriente eléctrica a un amplificador remoto que procesa la señal y luego, a un registrador rectilíneo que dibuja un gráfico rectangular en el que queda reflejada la rectitud de la pieza; la escala de la gráfica es 1:1 en sentido horizontal, pero en la vertical la ampliación es de 10,000 veces, de manera que cada división representa 0.2μ m, como puede verse en la Figura 4.13

Además se tienen otros tipos de aparatos, tales como el Talyrond 3, que está diseñado para la verificación de superficies cilíndricas, el cual se integra por cuatro unidades básicas: una unidad de captación con un palpador montado - en la columna de la máquina, sobre la mesa portapiezas; una unidad electrónica, un computador de referencia y un registrador polar, conectados entre sí. La pieza que se desea - comprobar se coloca sobre la mesa, la cual es desplazable -

transversal y longitudinalmente para su centrado.

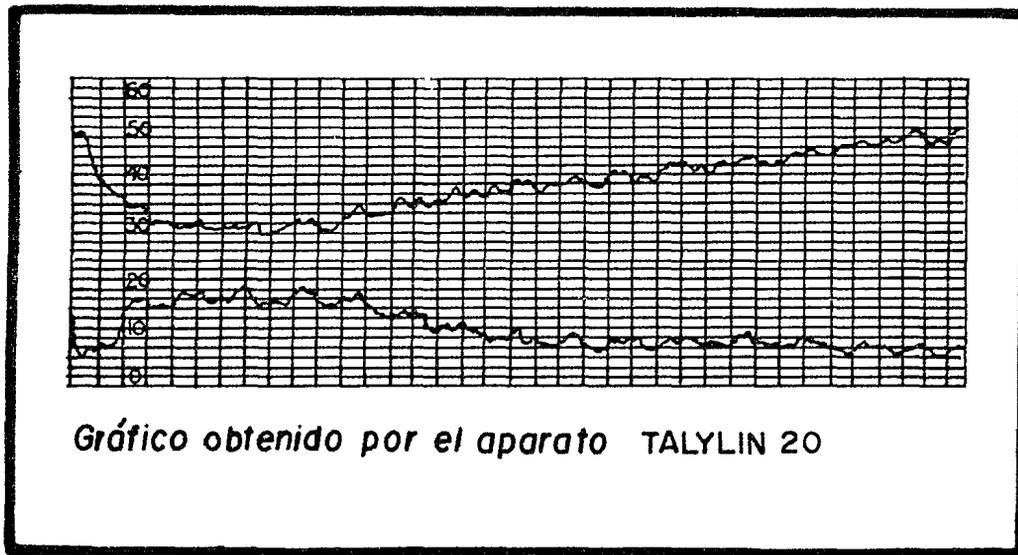


Fig. 4.13

La unidad de captación con su palpador, va montada en un husillo de precisión giratorio y desplazable verticalmente, - con el giro se obtiene el centrado y registro de la pieza, - con el movimiento vertical la rectitud, la concentricidad en los planos separados y la cilindridad. Esta unidad consta - de un transductor de bobina con núcleo de ferrita para aumentar la estabilidad y la sensibilidad. Los estiletes palpadores son intercambiables y se dispone de distintos tipos -

según las necesidades.

La unidad electrónica integrada por circuitos estabilizados empleando semiconductores, permite ocho etapas de ampliación que van de 100 a 20,000 veces. Si se emplean palpadores de mayor o menor longitud, la ampliación disminuye o aumenta proporcionalmente.

El computador de referencia analiza la señal y levanta gráficamente un círculo de mínimos cuadráticos, centrado o no; en cualquier caso permite una valoración concluyente de la redondez de la pieza medida, esta valoración es muy útil para realizar verificaciones cuantitativas y para el control de fabricación.

El registrador polar traza gráficos polares que permite la correcta representación de la pieza, por dentro si se trata de una pieza exterior y por fuera si el gráfico corresponde a una superficie interior.

Como puede apreciarse en la Figura 4.14 las desviaciones con respecto a una forma circular perfecta son visibles.

En los gráficos con divisiones métricas, cada división radial representa 0.5μ m.

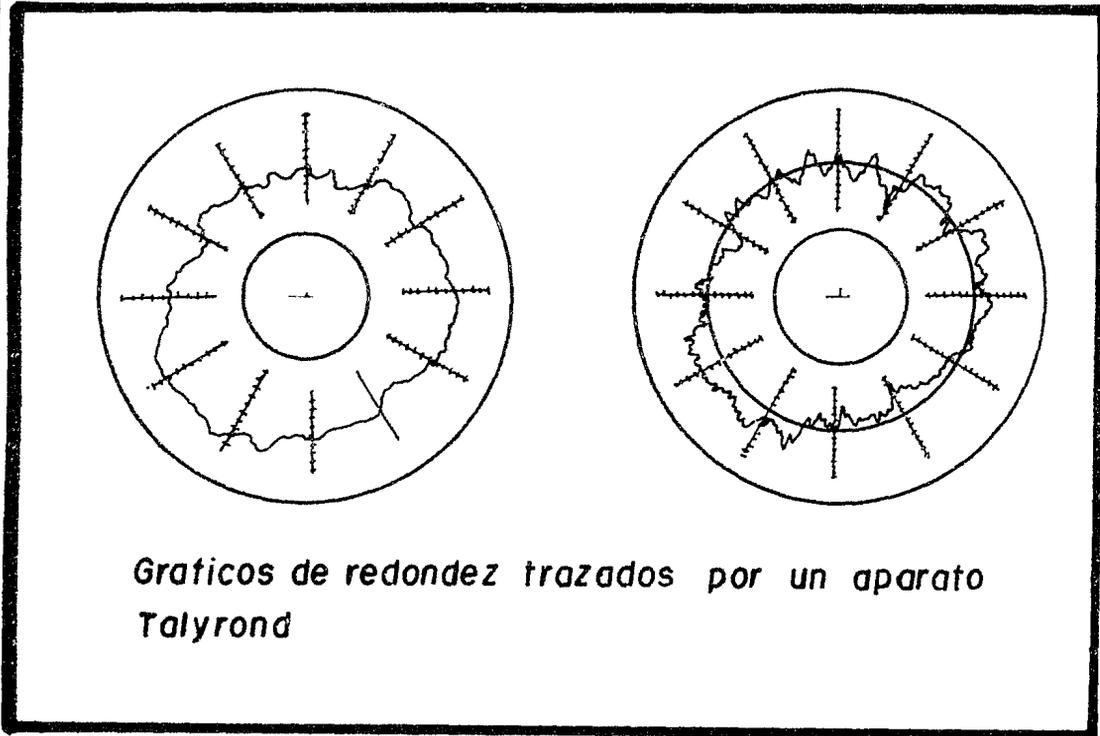


Fig. - 4.14

4.3 CONDICIONES DE TPABAJO PARA LOGRAR UNA DETERMINADA FUGOSIDAD.

Al tratar de darle forma y dimensiones a una pieza, sin importar la operación de mecanizado seleccionada con arranque de viruta, se pretende en síntesis los siguientes tres factores:

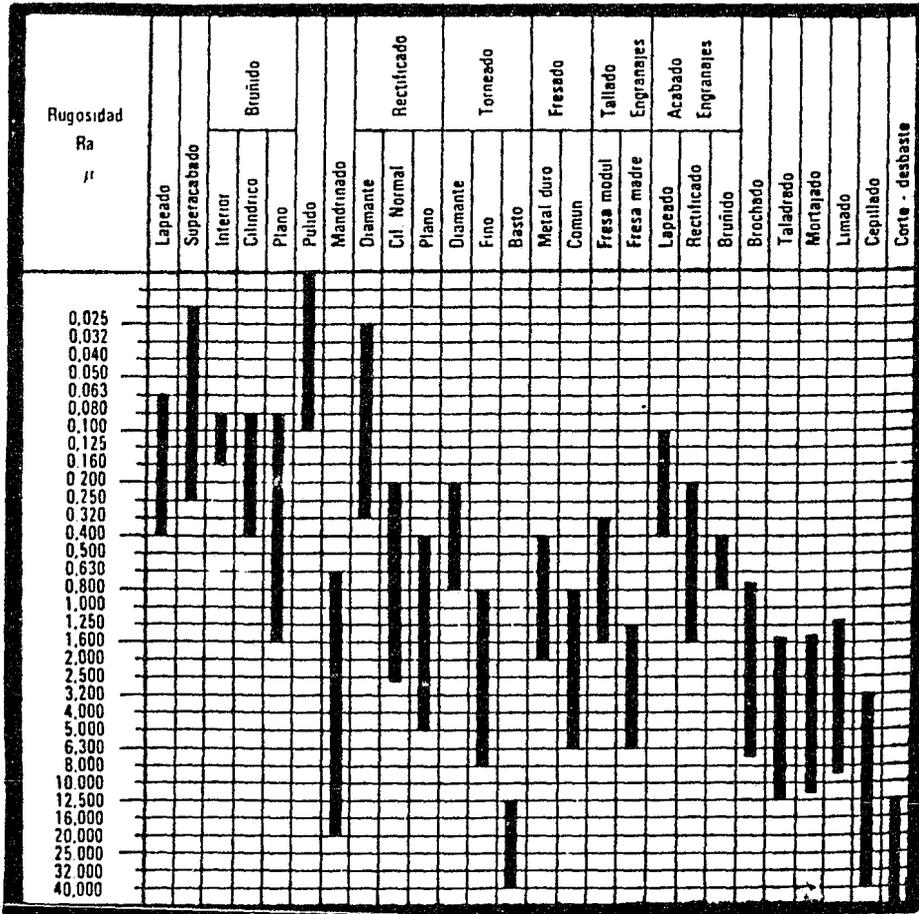
- 1) Arranque de material
- 2) Finalidad de dimensiones exactas
- 3) Obtención de una determinada calidad superficial.

Aunque si lo que ocurre es que de acuerdo a las particularidades del trabajo se pretende en especial uno de los tres - puntos anteriormente mencionados; con ello elegimos el método de trabajo y la máquina adecuada al objetivo deseado.

Como se dijo al principio, cada operación de mecanizado con herramientas de corte convencionales, o las propias utilizadas para mecanizados con abrasivos, nos permite conseguir - rugosidades con diferentes dimensiones, las cuales pueden - tener límites muy amplios. Como se comprenderá, dicha calidad superficial no es igual en todos los procesos de mecanizado, por lo que ante un determinado trabajo es recomendable conocer esos límites "normales" de rugosidad.

La Tabla 4.4 nos permite visualizar cada uno de los valores que teóricamente pueden conseguirse con distintas técnicas.

Cuando se realiza un trabajo se puede tener uno u otro límite, esto depende de la elección de la máquina, así como también la herramienta empleada o la habilidad que tenga el -- operario en estos menesteres.



Rugosidades (normales) con distintos procedimientos
 Tabla - 4.4

Tratándose de procesos de mecanización con productos abrasivos por ejemplo, no es conveniente en ningún aspecto obtener una determinada calidad superficial en un rectificado - plano o cilíndrico, o un rectificado cilíndrico y un lapea-

do, con esto diremos que es conveniente saber que es lo que más tiene aceptación para obtener el fin deseado.

SUPERFICIES		TOLERANCIAS ISA								
		IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14
		RUGOSIDAD Ra								
Superficies Cilíndricas en diámetro	≤ 3	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8
	3 a 18	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12
	18 a 20	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20
	80 a 250	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30
	> 250	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50
Superficies planas		1.2	2	3	5	8	12	20	30	50

Tabla -4.5 Rugosidad máxima en superficies con tolerancias

En la Tabla 4.5 se indican las rugosidades máximas obtenidas en las superficies mecanizadas a las que se ha exigido tolerancias.

4.4 TIPO Y FORMA DE ABRASIVO PARA CONSEGUIR UN GRADO DE ACABADO.

Las posibilidades de aplicación de los diversos tipos de abrasivos son inmensas; día con día los fabricantes introducen continuos cambios para mejorar el rendimiento de sus

productos, haciéndolos a la vez más versátiles en su aplicación.

El trabajo que se puede hacer con cada tipo de abrasivo como es sabido, es consecuencia de la intención que se pretende, pues depende totalmente de la calidad de la superficie que debe tener la pieza mecanizada y de la cantidad de material a elevar.

En la Figura 4.15 se representa gráficamente y de forma muy esquemática el tipo de abrasivo más adecuado, en función del arranque de material y de la calidad superficial.

Existe una cierta lógica (dada las particularidades de cada tipo de abrasivo) en emplear abrasivos aglomerados cuando se precisen grandes arranques de material, a los que tendríamos que añadir que cuando tengamos que mantener gran cantidad de medidas y formas, los abrasivos aplicados o flexibles son tal vez los que ofrecen una amplia zona de trabajo, por cuanto se adaptan a notables desbastes (sin llegar a desbastes tan espectaculares como los obtenidos con una muela) y también se usan con resultados muy buenos a los trabajos de pulido.

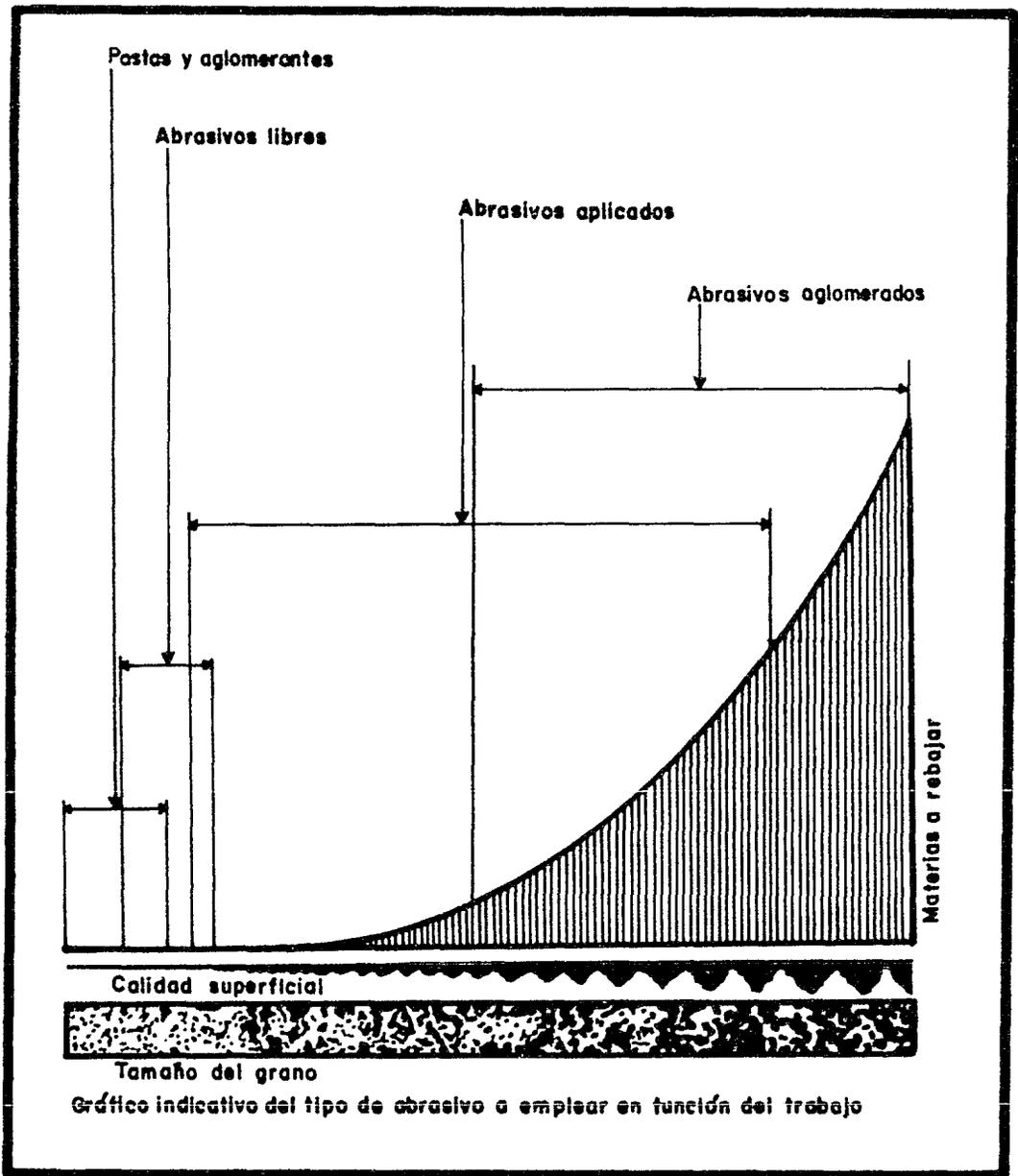


Fig.- 4.15

Cuando lo que se pretenda sea una mejora de la calidad o - aspecto de la pieza, más que una elevación del material o una conservación de medidas, debemos escoger abrasivos sin soportes, aquellos en que dichos soportes sean pastas o -- aceites y en algunos casos fibras no tejidas.

Para conseguir ciertos acabados especiales usaremos granos abrasivos proyectados por chorreado sobre la pieza. Cuando se precise exactitud en medida, recurriremos al super-- acabado, utilizando de nuevo abrasivos aglomerados.

Basándonos en el esquema planteado, clasificaremos las máquinas que usan abrasivos para cada trabajo, tal como se - detalla en la Tabla 4.6

El número de factores que en una herramienta abrasiva afectan o pueden llegar a afectar la consecuencia de la rugosidad deseada son grandes, ya que los elementos que intervienen en una operación son en gran cantidad, con ello diremos que sólo se podrá obtener una rugosidad aceptable o -- justa después de obtener una larga experiencia práctica.

De lo expuesto anteriormente se intentará con ello dar una orientación de las posibilidades más idóneas para obtener - una determinada rugosidad, de sobre qué factores podemos -

TRABAJOS CON ABRASIVOS AGLOMERADOS

A : Para trabajos de desvaste

- A₁-1 Desbaste, de piezas de fundición
- A₁-2 Rebarbado de piezas en bruto de fundición o forja
- A₁-3 Descascarillado de lingotes y productos laminados
- A₁-4 Tronzado
- A₁-5 Preparación de superficies planas para una posterior mecanización

A .- Para trabajos de acabado

- A₂-1 Rectificado cilíndrico exterior entre puntos
- A₂-2 Rectificado cilíndrico exterior sin puntos
- A₂-3 Rectificado cilíndrico interior
- A₂-4 Rectificado superficies planas
- A₂-5 Rectificado de roscas
- A₂-6 Rectificado de perfiles
- A₂-7 Rectificado de árboles de levas y cigueñales
- A₂-8 Rectificado de engranajes

A . - Afilado

B.- TRABAJOS CON ABRASIVOS APLICADOS

B.-Lijado con bandas

- B - 1 Bandas estrechas
- B - 2 Bandas anchas
- B - 3 Trenes de lijado
- B - 4 Máquinas portátiles

B.-Lijado con discos

- B - 1 Maquinas estacionarias
- B - 2 Maquinas portátiles

B.-Otros trabajos

- B - 1 Maquinas para cepillos
- B - 2 Otras máquinas

C.-TRABAJOS CON OTROS TIPOS DE ABRASIVOS

- C.- Bandas para pulido
- C.- Máquinas para proyectar abrasivos
- C.- Máquinas para superacabados y otros procesos

CLASIFICACION DE MAQUINAS PARA ABRASIVOS

Tabla.- 4.6

realizar correcciones que nos permitan acercarnos a nuestros propósitos.

Grano.- Como se dijo en capítulos anteriores, todo cuerpo abrasivo está constituido por partículas abrasivas de un tamaño específico o granulométrico. Para llegar a una determinada rugosidad debemos aceptar como factor fundamental el tamaño del grano abrasivo empleado en cada trabajo.

Esto no significa que dicho grano haga de una sola vez una ranura igual a su tamaño, puesto que salvo en muy pocos materiales de baja dureza no les es posible penetrar sin rotura en su totalidad, tanto en los cuerpos aglomerados como los aplicados, los granos unidos a aglomerantes o ligantes presentan diversos comportamientos, de ahí que en la práctica sólo guardan una relación con dicho tamaño, pero son mucho menores (de 1 a 5%) y en ciertos casos incluso menores.

Material.- Este factor es otro de los puntos de suma importancia a tener en consideración en una operación de mecanizado para conseguir una determinada rugosidad en dicho material; en igualdad de condiciones un material dúctil y de baja dureza dejará penetrar más el grano abrasivo, produ-

ciéndose ranuras de mayor profundidad en su superficie.

Tipo de abrasivo.- Es importante hacer notar que la selección adecuada de un abrasivo marcará la pauta para obtener resultados óptimos; por ejemplo, como el grado de precisión exigido en las modernas máquinas actuales.

Lógicamente no producirá la misma huella un abrasivo friable, cuyos puntos se van presentando perfectamente afilados contra la superficie, que un abrasivo tenaz que una vez haya desgastado su filo inicial presenta una cara más recia, lo cual hará que la rugosidad sea menor.

Aglomerante y Ligante.- Puesto que no todos poseen la misma elasticidad, cada uno de ellos se comportará de distinta manera, razón por la cual, particularmente tendrán un fin determinado.

Por ejemplo en los rectificadores finos, se acostumbran utilizar muelas con aglomerantes cerámicos o vitrificados, en algunos casos especiales se consiguen menores grados de rugosidad con aglomerantes de resina o caucho; en igualdad de tamaño del grano abrasivo, su penetración en el material resulta inferior.

Dureza de la Muela o del Soporte.- Según sea la dureza de un cuerpo abrasivo, éste cortará más o menos material, lo cual es importante, esto repercutirá en una mayor o menor frecuencia de reavivado y con ello, en la calidad superficial de la pieza.

En la forma que se reavive un cuerpo abrasivo (pasada lenta o rápida, con diamante u otra herramienta) se cortarán o arrancarán los granos de manera distinta, variando la superficie del cuerpo abrasivo y en consecuencia su efecto sobre la pieza mecanizada.

Estructura y Espaciado.- La distancia existente entre los granos abrasivos que recibe los nombres de estructura en los abrasivos aglomerados y de espaciado en los abrasivos aplicados, tienen su influencia en el acabado, puesto que cuanto menos granos haya por unidad de superficie, más porcentaje de la carga aplicada actuará sobre ellos y en consecuencia penetrarán más profundamente en el material.

Condiciones de Trabajo.- Después de haber mencionado una serie de factores que influirán de distinta manera en una operación de mecanizado; las condiciones en que se esté efectuando dicha operación tendrán también consecuencias

en los resultados finales como son: el estado de la máquina y sus rodamientos; la velocidad de trabajo en combinación con los avances y presiones ejercidas puesto que de la combinación de dichos factores depende el número de veces que el grano ataque la superficie.

La propia lubricación o refrigeración de la operación influye sobre la calidad superficial, ya que actúa como protección al ataque directo del grano abrasivo sobre el material.

De lo mencionado, se comprende que cualquier pretensión de determinar por medio de patrones o fórmulas el abrasivo -- adecuado y las condiciones de trabajo para conseguir la rugosidad requerida, es prácticamente imposible; para ello -- debemos partir del factor que consideremos más importante (generalmente el tamaño del grano) y dejarnos aconsejar -- por la experiencia adquirida, no desdeñando cualquier -- oportunidad de efectuar pruebas sobre el mismo caso que -- nos ocupe.

5.1 CONCEPTO DE PULIDO

El empleo de los abrasivos no se limita al mecanizado de superficies con muela o lijado con abrasivos flexibles, sino que con ellos se -- confeccionan una serie de productos destinados fundamentalmente al - acabado o mejora de la calidad superficial y la apariencia de piezas de todo tamaño, forma y material, aplicándose no sólo a piezas individuales sino de modo especial a producciones de grandes series.

La eliminación de rebabas en piezas forjadas, troqueladas o fundidas, la consecución de aristas redondeadas, la mejora del acabado superficial para un posterior recubrimiento electrolítico o su pintado, la obtención de superficies planas, circulares o complejas dentro de estrechas rugosidades, la presentación de piezas en calidades mates o brillantes, etc., son algunas de las operaciones realizadas con los abrasivos, empleándolos adecuadamente en máquinas e instalaciones especiales, tales como bombos rotativos o vibratorios, máquinas para - el chorreado en seco o en húmedo, honing, lapeado, superfinish, operaciones estas últimas que permiten conseguir altos grados de acabado en piezas seriadas.

Tampoco hay que olvidar las posibilidades que nos ofrecen los abradivos aplicados sobre fibras "no tejidas" para el acabado de piezas, - los cuales pueden obtenerse en varias calidades y en cualquiera de -

las formas habituales de los abrasivos flexibles (bandas, discos, ce pillos, hojas, etc.)

Al entrar más de lleno en estos métodos de acabado con abrasivos, -- puede ser conveniente definir la diferencia existente entre los conceptos de rectificado y pulido, ya que en sí el rectificado es un método de arranque de viruta, es decir, un sistema de mecanizado que -- elimina material y por el contrario el pulido consiste en suprimir -- las rugosidades, pequeñas rebabas, puntos y hendiduras que aparecen aún en los rectificados más finos; en este proceso la superficie del material se reblandece, de forma que las puntas caen dentro de las -- hendiduras, produciéndose una igualación de toda la superficie.

Para aclarar conceptos debemos recordar que los metales poseen una -- cierta elasticidad. La Figura 5.1 muestra una huella típica de rec-
tificado en un metal. Puede verse que el metal se ha deformado bajo la presión del grano abrasivo y los bordes de la huella dejada por -- el grano son relativamente lisos y afilados.

Estos materiales elásticos, al ser mecanizados por el grano abrasivo forman también virutas, como puede verse en la Figura 5.2

De muy diferente manera se comportan los materiales más frágiles. La Figura 5.3 muestra una huella de rectificado en una superficie de -- barniz poliéster.



Fig. 5.1

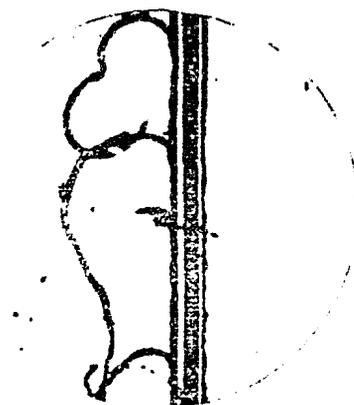


Fig. 5.2



Fig. 5.3



Fig. 5.4

La imagen muestra con claridad que estamos tratando una sustancia más frágil, como si se trabajara con cristal. Al rectificar no conseguimos ningún borde liso en la huella dejada por el grano, tal como ocurre con los metales, sino que la ranura es desigual y ondulada en sus bordes.

El microscopio electrónico nos muestra en la Figura 5.4 un tramo de la huella de la Figura 5.3 ampliada unas 2.800 veces, después de eliminados los residuos del rectificado. Imágenes semejantes a las mostradas en las Figuras 5.3 y 5.4 se obtendrían al rectificar materiales sintéticos. Se puede ver con claridad que la posición del grano no produce en este caso una viruta larga, sino glebas y trozos de su superficie quebrada. La huella del abrasivo está llena de simas y hendiduras y no produce la impresión de que el material sea elástico o plástico, aunque también en este caso se alcanzan elevadas temperaturas de corte. Debido a la mala conductividad del calor de estos materiales, prácticamente no se funden cuando se les rectifica, sino que se destruyen y quebrantan y de esta manera es como se arranca material de la superficie.

Los abrasivos se caracterizan por su dureza y estructura puntiaguda, lo que permite penetrar en la superficie de los materiales, formar surcos y arrancar parte del material de la superficie.

Tales abrasivos son por ejemplo, los conocidos esmeril, corindón, -- carburo de silicio, etc., que se obtienen en diversos tamaños o granulometrías (36, 40, 80, 120, 220, 320, etc) y también varios tipos que podríamos denominar polvo abrasivo que llega a alcanzar tamaños de grano 1.000 ó 2.000.

La clase o tipo de abrasivo (corindón, carburo de silicio, etc.) y el tamaño del grano del mismo, así como la forma de la herramienta (bandas, muelas, pastas, etc.) a emplear, dependerá del trabajo que se realice y del esfuerzo que se exija a cada una de las puntas de sus granos. Cada problema de rectificado requiere una experiencia que sólo se consigue con la práctica y aún así, a veces es preciso realizar algunas pruebas antes de acertar el resultado.

El rectificado de materiales elásticos (metales) o quebradizos (plásticos, pintura, vidrio) con una u otra herramienta puede realizarse con abrasivos aplicados sobre tela en forma de banda sin fin, o encolados sobre disco de fieltro, cuero o madera, o también con muelas formadas por granos abrasivos aglomerados y con abrasivos mezclados con pastas o ceras, o emulsiones para impregnar tejidos, sisal, fibras, etc.

En el lapeado se hace deslizar la pieza y la herramienta, una sobre la otra y entre ambas se coloca abrasivo en grano. El lapeado puede

considerarse pues como un sistema de mecanizado especial, el cual, - no obstante, entra dentro del rectificado, puesto que si observamos la pieza en el microscopio después de efectuada la operación se ven huellas cruzadas debidas al grano abrasivo. Evidentemente, cuando - más fino sea el grano, tanto menores serán las huellas dejadas. El lapeado es, pues, fundamentalmente un método de mecanizado con arranque de material.

Básicamente puede decirse que en el proceso de rectificado, el tamaño inicial del grano debe ser escogido de modo que las huellas que - deje sobre la superficie del material, no sólo sirvan para arrancar el grueso requerido, sino que también permitan, bien directamente o por medio de posteriores mecanizados con tamaños menores de granos, - obtener el grado de calidad superficial requerido.

Se tiene la errónea opinión de que el pulido es un rectificado muy - fino. Con el microscopio electrónico se ha demostrado que un pulido correcto no deja ninguna huella sobre la pieza, se trata pues, de -- una deformación plástica, que tiene lugar tanto sobre materiales metálicos como plásticos, vidrios y pinturas.

En la práctica, no obstante, se produce algo de eliminación de material de la pieza, ya que al igualar la superficie se produce un ligero desgaste de la misma, producido por el propio frotamiento de pulir.

La mayoría de materiales poseen una estructura formada por una red de cristales; tal es el caso de los metales y sus aleaciones, aluminio, latón, oro, etc., mientras que en el caso de plásticos y lacas, están formados por una cantidad de hilos de moléculas o cadenas de micromoléculas. Por medio del calor y la presión del proceso de pulido se consigue que estos cristales o moléculas se separen más entre sí, alcanzando un estado tal que llegan a volverse fluidas. La fluidez o fusión superficial consiste en que un número de moléculas o partículas elementales se desplazan entre sí. Como confirmación de lo dicho, se puede observar en tres fotografías realizadas en el microscopio electrónico las etapas de un proceso de pulido, con aumentos cada vez mayores.

La Figura 5.5 muestra una plancha de cobre que fue rectificada con una banda abrasiva del grano 380 y se preparó para el pulido con pasta de trípoli, aplicada con un disco de pulir. Pueden verse claramente las ranuras del rectificado y cómo se ha reblandecido ligeramente la superficie del material. Se ven todavía las huellas dejadas por la banda abrasiva, junto con las más finas ranuras dejadas por la pasta.

Las Figuras 5.6 y 5.7 tomadas con el microscopio electrónico, muestran la misma superficie del cobre después de un nuevo pulido y el -

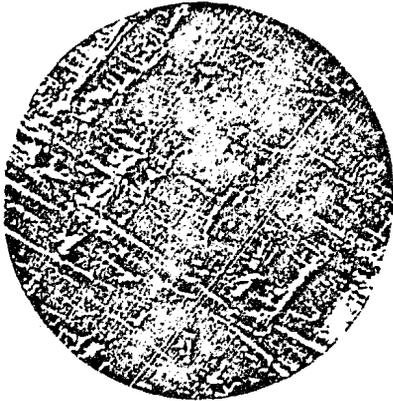


Fig. 5.5

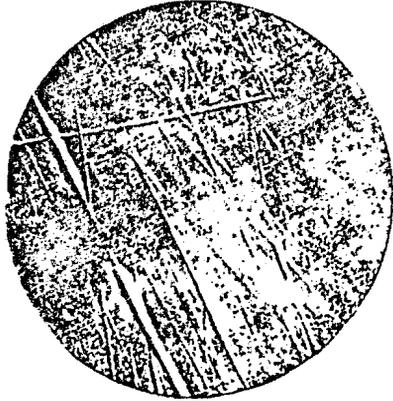


Fig. 5.6



Fig. 5.7

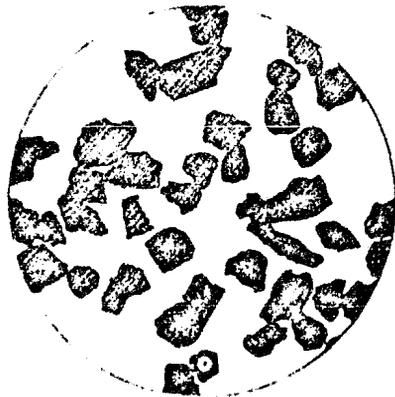


Fig. 5.8

pulido final respectivamente. La situación de la plancha de cobre - en la Figura 5.6 muestra un pulido incompleto con algunas de las huellas de la Figura anterior que permanecen aún. El proceso de pulido no permite eliminar de forma regular todas las huellas.

La Figura 5.7 muestra la superficie ya pulida, quedando una pequeñísima falta en el centro que no se ha podido eliminar. Especialmente en esta última figura, obtenida con 20.000 aumentos, se ve que el pulido no es ningún proceso de rectificado fino, ya que con estos grandes aumentos se verían todavía las señales dejadas por el abrasivo, por pequeñas que éstas fuesen.

Hay que tener en cuenta, no obstante, que en el proceso de pulido no sólo tiene lugar un desplazamiento o movimiento de los restos cristalinos del material, sino que al analizar una superficie pulimentada se hallan siempre residuos del polvo de pulir y también metal oxidado, puesto que cualquier metal sufre una oxidación en un tiempo más o menos corto (desde décimas de segundo hasta varios minutos) y hasta una determinada profundidad, no obstante en muchos casos esta misma oxidación protege el metal en su capa superficial e impide un progreso del óxido hacia el interior de la pieza.

Hemos tratado anteriormente de los abrasivos, los cuales tienen la propiedad de quebrarse durante el proceso de trabajo y presentar ---

nuevas aristas vivas de corte.

La Figura 5.8 muestra un abrasivo habitual; cada grano presenta aristas y puntas agudas con las cuales realiza los surcos en el material. Al trabajar con un abrasivo, hay que considerar que a igual dureza, tiene importancia el tamaño del grano, puesto que cuanto mayor sea éste, más grande será la profundidad de la huella. No ocurre lo mismo en los productos para pulir, puesto que el tamaño del grano no -- tiene prácticamente influencia y tan sólo afecta la dureza.

La Figura 5.9 muestra una alúmina de pulir, que corrobora lo dicho.-- No hay aristas vivas, sino que se trata de partículas redondeadas -- que no pueden arrancar ningún material y que sólo ruedan sobre la superficie a pulir a una determinada presión, para igualarla.

Por lo general las alúminas de pulir se encuentran aglomeradas en pequeñas partículas, como puede verse en la Figura 5.10. Al presionar sobre estos grupos de granos, se distribuyen por toda la superficie a pulir.

Para aclarar más la diferencia entre abrasivo y productos para el pulido, en la Figura 5.11 se observan en su mitad izquierda unas alúminas, que si bien son productos típicos para pulir, presentan propiedades prácticamente nulas para el rectificado. El tamaño medio del

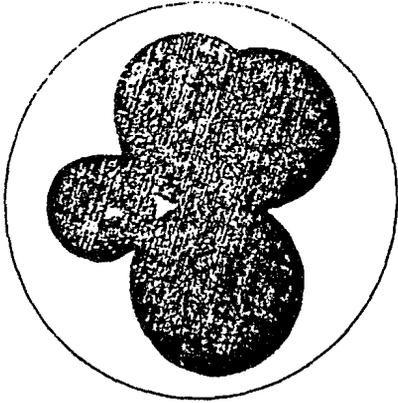


Fig. 5.9

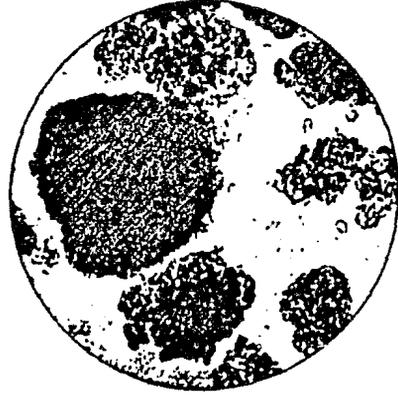


Fig. 5.10

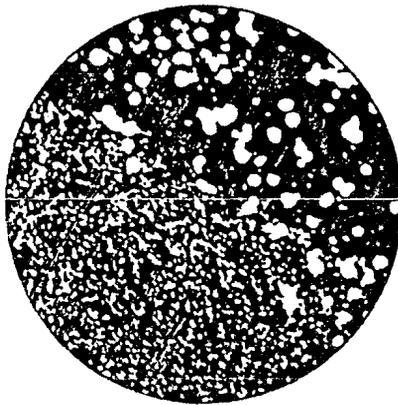


Fig. 5.11

grano de esta alúmina es de 45 a 50 μ . En la mitad derecha de la figura puede verse carburo de silicio grano 1.000, el cual es de tamaño casi 10 veces menor que el anterior, pues tiene de 5 a 10 μ . Si se emplean ambos productos en una máquina de lapear bajo idénticas condiciones, se consigue en ambos casos una rugosidad de aproximadamente 0.4. Hay que hacer notar que, a pesar de haber conseguido las mismas rugosidades, existe una gran diferencia en las granulometrías de estos dos productos.

Una característica fundamental de los abrasivos para rectificar y -- los productos para pulir consiste, pues, en que para el pulido el tamaño del grano no influye prácticamente, siendo importante la dureza mientras que en el rectificado, a igualdad de dureza, el abrasivo -- resulta totalmente afectado por el tamaño del grano.

Al igual que sucede con el rectificado, también en el pulido hay que determinar qué tipo de producto habrá que utilizar en cada trabajo -- para obtener el mejor acabado en el tiempo más corto posible. Para cada material habrá un tipo de producto con el que se obtendrán los mejores resultados.

5.2 TRABAJOS CON BOMBOS

Unos de los métodos más utilizados para el acabado superficial de -- piezas consiste en el pulido con bombo, dentro del cual se colocan -

las piezas a trabajar junto con productos abrasivos y algunas veces también con compuestos químicos destinados a ejercer algún tipo de tratamiento o protección de dichas piezas. Transmitiendo movimiento al bombo, se consigue que el abrasivo y el compuesto ataquen las superficies de las piezas, lográndose el acabado requerido.

El proceso de trabajo a bombo se conoce desde hace más de 75 años, - en los comienzos se utilizaba para el bruñido y pulido de piezas de relojería y joyería, no obstante hace sólo unos 35 años que se ha incorporado dentro de los métodos industriales. El progreso en los últimos años ha sido verdaderamente espectacular, pudiendo decirse que lo que en un principio era un proceso rutinario y primitivo, ha evolucionado hasta convertirse en un proceso de alta tecnología.

La principal característica de los trabajos a bombo es la extraordinaria uniformidad que se consigue dar a una serie de piezas, trabajándolas simultáneamente. Otro factor importante es el elevado rendimiento hombre hora que se consigue, ya que el proceso lo efectúa-- totalmente la máquina interviniendo el operario sólo para las operaciones de carga y descarga.

La posibilidad de introducir cambios en las carcas abrasivas y en -- los compuestos hace que en los bombos puedan efectuarse trabajos tales como relumbrado de anillas, deslante, pulido, decasacarillado, eli

minación de tensiones producidas por tratamientos, limpieza, desoxidado, bruñido, mejora de presentación de las piezas, etc.

El principio básico del trabajo con el bombo consiste en mantener en movimiento una mezcla de piezas y materiales abrasivos. La acción abrasiva es producida por el deslizamiento de la parte superior de la carga con las piezas, deslizamiento que tiene lugar cuando se produce la rotación o movimiento vibratorio del bombo. Más del 90% de la acción abrasiva tiene lugar directamente bajo la capa superior.

La altura y grueso de la capa y la amplitud de la acción abrasiva variará con la velocidad y el tamaño del bombo. Por ejemplo, un trabajo efectuado en un bombo de 750mm de diámetro, girando a una velocidad de más de 18 r.p.m., tendrá una capa de trabajo de unos 75 mm. de grosor. La velocidad correcta para cada trabajo será aquella que produzca la mayor capa de abrasión, sin que dañe las piezas tratadas.

Aunque existen varios sistemas para el tratamiento de piezas en bombos -pieza a pieza (sin carga) con carga abrasiva, con carga metálica, en húmedo, en seco, etc-, la forma más usual de trabajo es, sin duda, la que emplea carga abrasiva, la cual puede ser natural o artificial, y en este último caso puede tratarse de carga triturada procedente de abrasivos aglomerados o carga moldeada de diversas formas y calidades (Figura 5.12)

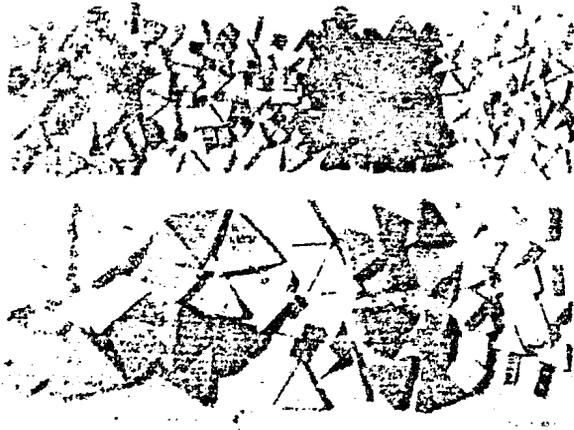


Fig. 5.12

El tamaño de la carga tiene gran influencia en el trabajo, y también la forma de ella, por cuyo motivo, para un más exacto control de resultados, hay que optar por cargas moldeadas, que se fabrican principalmente en formas triangulares y redondas. Las cargas triangulares se emplean para el desbaste o chaflanado de agujeros y para el pulido de piezas que presentan ángulos interiores; por otra parte, las cargas de forma cilíndrica se utilizan para el pulido de piezas curvadas o con agujeros redondeados. Como se ha dicho al principio, no sólo es importante la forma de la carga, sino que en los resultados que se persiguen influye de manera notable el tamaño de dicha carga.

Como cualquier abrasivo aglomerado, una carga moldeada puede estar fabricada con distintos tipos o calidades de abrasivo y con diferentes tamaños de grano. Por lo general todos los tipos están hechos -

con aglomerantes cerámicos o plásticos, existiendo los tres tipos siguientes:

- a) Oxido de Aluminio
- b) Oxido de Aluminio y Carburo de Silicio (mezclados en diversas -- proporciones).
- c) Carburo de Silicio.

La Figura 5.14 indica los granos suministrados por uno de los princi pales fabricantes de estos productos, así como el uso que se da a ca da uno de los distintos tipos.

Como la carga sirve para proteger a las piezas del roce entre ellas, resulta evidente que cuanto mayor cantidad de carga exista con res-- pecto a las piezas, tanto más protegidas se hallarán. La Figura 5.15 da una somera orientación sobre las relaciones carga/pieza para los trabajos más habituales. Pero en los resultados, además de lo indi-- cado, influye el volumen de carga total del bombo. Si el volumen de ocupación del bombo es superior a 50% de su capacidad, se produce -- una violenta abrasión y por tanto gran corte, pero también esta ac-- ción enérgica puede dañar piezas delicadas, lo cual habrá que tener en cuenta. La Figura 5.16 indica los porcentajes de ocupación del - volumen del bombo, recomendados para los trabajos más habituales.

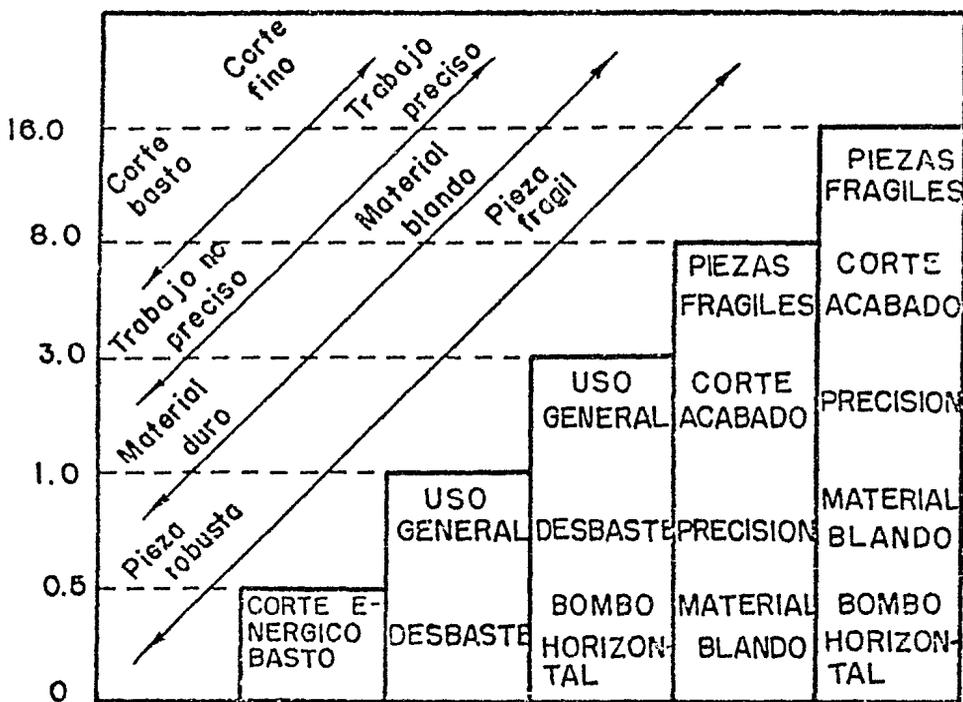
De todas maneras, cada pieza y cada acabado precisarán una determinada

	GRANOS					
	36 80	46 100	60 120	80 220	100 320	240 320
Oxido de aluminio (buena combinación de capacidad de corte y duración, empleándose para todo tipo de metales, plásticos y caucho.)	X				USO GENERAL	
Oxido de aluminio y carburo de silicio mezclado (buena capacidad de corte, poca duración, emplease para materiales ligeros y blandos)			X			
Carburo de silicio (mucho capacidad de corte, menos duración, empleándose para materiales ligeros y blandos)		X				

Granulometría de los cargos y uso

Fig. 5.14

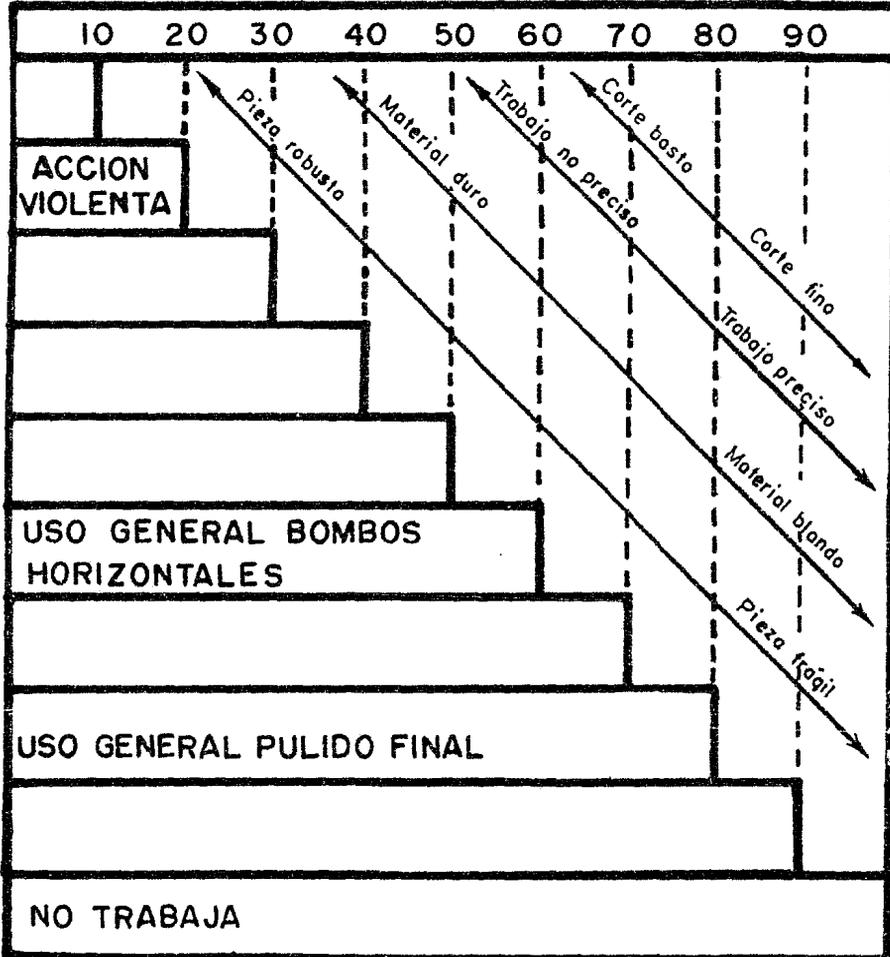
RELACION DE CARGA / PIEZA (PESOS)



Relación entre carga y pieza

Fig. 5.15

Volumen de piezas y cargas
(% volumen del bombo)



Porcentajes de volumen en el bombo

Fig. 5.16

da experimentación para fijar las condiciones más idóneas de la operación; por tanto, los datos anteriores sólo deben aceptarse a título orientativo sirviendo sólo como punto de partida en las pruebas a efectuar.

El empleo de compuestos químicos adecuados evita el embozamiento de la carga abrasiva, sirviendo también de regulador del grano de acabado, puesto que si se deja brillantar, por una parte no se desgastará tanto el material de la pieza, pero por otra parte se conseguirá un acabado superficial más fino.

5.3 CHORREADO CON ABRASIVOS

El abrasivo en grano es uno de los numerosos materiales que se utilizan en el chorreado de piezas. Tanto el óxido de aluminio como el carburo de silicio tienen unas características particulares que los hacen muy adecuados para este tipo de trabajos. Otros de los productos empleados con: granalla metálica, abrasivos naturales, productos agrícolas, etc. Este apartado sólo tratará de los abrasivos en grano producidos por sistemas artificiales y concretamente de los óxidos de aluminio y carburo de silicio.

El chorreado a presión es un procedimiento para la limpieza, preparación o modificación de superficies por medio de la proyección de un chorro de producto sobre la pieza, utilizando un líquido como prope-

lente.

Las cualidades más importantes de los abrasivos artificiales en este proceso son su larga duración, su dureza y la facilidad de corte. -- Tanto el óxido de aluminio como el carburo de silicio son mucho más duros que los otros tipos de productos empleados en el chorreado, -- cortando al propio tiempo, tanto los metales tratados como los carburos métalicos. La forma de las partículas abrasivas facilita el corte y eliminación del material, contrariamente a otros productos que tan sólo abollan o desplazan el metal.

Se pone un énfasis exagerado al tratar de la duración del producto. Muchas veces se confunde este factor al no tener en cuenta el tiempo necesario para efectuar la operación. Los abrasivos artificiales no sólo tienen más larga duración que otros productos de chorreado, sino que cortan mejor el material.

La mayoría de las veces, los abrasivos artificiales efectúan la totalidad del trabajo en menos tiempo y con ello reducen el ciclo de trabajo. Al seleccionar el producto de chorreado es muy importante considerar la naturaleza del trabajo, los gastos del mismo, el material de chorreado y el aire empleado, en términos de la producción hora--ria conseguida.

Otra importante característica de los abrasivos naturales es su peso por unidad y volumen. El óxido de aluminio y el carburo de silicio son aproximadamente un 50% menos pesados que la granalla metálica; así, para un tamaño de grano determinado, el abrasivo tiene más cantidad de partículas por kilogramo. Asimismo, puede emplearse con mayor seguridad que otros productos para el chorreado de piezas delicadas o delgadas, en que la distorsión puede representar un problema; los productos de chorreado pesados tienen más tendencia a producir deformaciones en las piezas que los productos ligeros. El menor peso y alto poder de corte de los abrasivos artificiales hacen muy pequeño el riesgo de la deformación. Otros abrasivos naturales como la arena, si bien son bastante livianos, requieren mayor volumen, debido al menor poder de corte.

Hay todavía otra importante característica de los abrasivos artificiales y es que no se trata de productos metálicos, no siendo por tanto afectados por la atmósfera, los álcalis o los ácidos. Ni el óxido de aluminio ni el carburo de silicio ocasionan oxidación o impregnación en piezas metálicas tales como bronce, aluminio, acero o piedra.

Debemos tener en cuenta cinco factores para conseguir el máximo de ventajas al chorrear con abrasivo:

- 1.- Tipo de abrasivo
- 2.- Tamaño del grano
- 3.- Presión del chorreado
- 4.- Angulo de chorreado
- 5.- Distancia de la boquilla a la pieza

Entre el óxido de aluminio y el carburo de silicio, el primero es el más utilizado en la práctica; por regla general da un acabado más fino y tiene mayor duración que el carburo de silicio, lo que hace que este último se emplee solamente para materiales muy duros.

El tamaño del grano ideal para un determinado trabajo depende naturalmente del acabado requerido. La Tabla 5.1 indica cómo afecta el tamaño del grano a la calidad de la superficie.

TAMAÑO DEL GRANO	<u>RUGOSIDAD EN MICRAS</u>		
	PRESION ₂ 5 kg/cm ²	PRESION ₂ 3 kg/cm ²	PRESION 1.5 kg/cm ²
20	12	9	7
60	5	4.5	3.5
150	3	3	2.5
240	2.5	2.5	2

Tabla 5.1

También influye en el acabado el equipo disponible, así como el tiempo de operación. La tabla indica que para una mayor rugosidad se emplean granos bastos, mientras que los finos se utilizan para acabados. Para una mayor efectividad se ha comprobado que las mejores granulometrías para el chorreado se hallan entre los granos 30 y 60. A fin de obtener una regularidad en el chorreado, se deberá añadir periódicamente nuevo abrasivo para reemplazar al que se haya roto o desgastado. La presión de soplado puede ser considerablemente reducida si se emplean abrasivos artificiales. Debido a la enérgica acción de corte de dichos abrasivos, puede ser aplicada menor presión de aire, lo cual representa un ahorro de energía.

La mayor parte de trabajos requieren una presión entre 3 y 4 kg/cm^2 para trabajo en directo y entre 4 y 6 kg/cm^2 en los trabajos por gravedad o succión. Mayores presiones reducirían el tiempo o duración del ciclo de trabajo, pero ocasionarían una mayor rotura del abrasivo. El ángulo de dirección del chorro proyectado influye mucho en el acabado; con un ángulo de chorreado de 45° se consigue la mayor rugosidad superficial y la máxima capacidad de corte, todo lo cual es necesario para facilitar la adhesión en piezas que deban ir pegadas. Un ángulo de 30° entre el chorro y la pieza producirá una superficie más fina que la anterior, mientras que uno de 90° efectuará una superficie lisa con una amplia huella de chorreado. La

mayoría de chorreados con abrasivos se hacen perpendicularmente a la pieza o en dirección muy aproximada a ésta, con objeto de lograr mayor uniformidad en las huellas dejadas por el abrasivo y conseguir una acción enérgica.

La distancia entre la boquilla de chorreado y la pieza a trabajar es fundamental, y para lograr resultados económicos y uniformes se recomienda una distancia fija para cada trabajo. La mayoría de trabajos de chorreado con abrasivos se hacen a una distancia entre 15 y 25 cms. Esta distancia debe ser algo menor que la requerida en el chorreado con otros productos más pesados, a causa que el menor peso relativo de los abrasivos produce más rápida desaceleración de las partículas.

La enérgica acción de corte de los abrasivos artificiales hace económicamente recomendable el uso de boquillas de elevada resistencia al desgaste, empleándose a tal efecto materiales como el carburo de boro. Es importante hacer notar que el orificio de la boquilla aumenta a causa del desgaste, produciéndose como consecuencia una reducción de la velocidad de salida, un cambio en la huella dejada sobre la pieza y un incremento del consumo de aire.

5.3.1 INSTALACIONES DE BOMBOS Y MAQUINAS DE CHORREADO

Para obtener el máximo rendimiento de una instalación de bombos o -- chorreado es necesario que tanto dicha instalación como el local don -- de se halle ubicada reúnan una serie de condiciones que deberán te-- nerse en cuenta en el proyecto y organización de los mismos.

El piso de la planta es uno de los factores más importantes, ya que por lo general se utilizan grandes cantidades de agua, que en muchos casos se halla mezclada con compuestos de tipo jabonoso, por lo que el piso debe ser antideslizante y a prueba de humedad, para evitar -- accidentes por resbalamiento. Resultan muy apropiados los suelos de hormigón que ofrezcan buena adherencia. Asimismo debe tener una -- cierta pendiente (del orden de 1% a 3%) que conduzca las aguas hacia un canal de desague de una anchura de unos 300mm. y unos 100 mm. de profundidad con la correspondiente inclinación para la evacuación de las aguas. Dicho canal se tepará con planchas perforadas de fácil -- extracción para limpiarlo. Otro punto importante en este tipo de -- instalaciones es disponer de un buen suministro de agua con tuberías hasta pie de máquina, provistas de las correspondientes llaves de pa -- so. En ciertos trabajos puede ser conveniente disponer de instala-- ción complementaria de agua caliente.

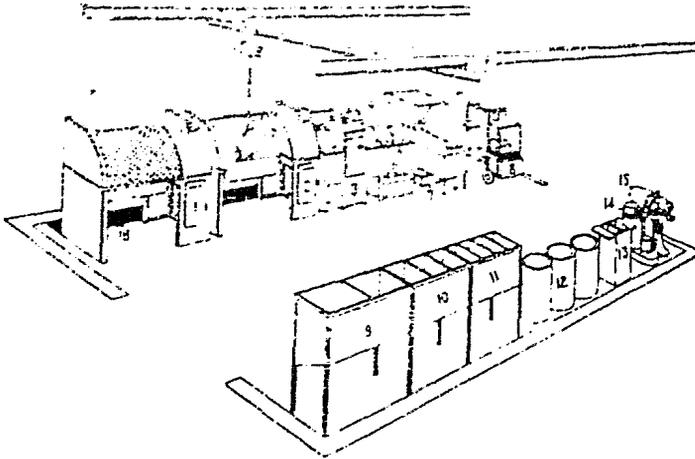
Según las características de las máquinas de la instalación, puede --

ser necesario disponer de aire comprimido, que sea también utilizable para soplado de piezas y para ciertos tipos de polipastos. Independientemente del tipo de energía que se emplee para un elevador, - en tales instalaciones es éste un elemento indispensable cuando hay que manejar grandes cantidades de piezas. El tipo más aconsejable - es el grúa-puente con polipasto de unos 1.000 Kg de capacidad, con - accionamiento a nivel del operario.

Las cargas abrasivas deben almacenarse en silos diseñados especialmente para ello, que permitan la clasificación de las mismas y su -- descarga por gravedad. Los recipientes que contengan compuestos deben colocarse en plataformas elevadas unos 15 ó 20 cms. del suelo, - para evitar la humedad.

También hay que destinar una zona al almacenamiento de las piezas, - diferenciando entre aquéllas en que aún deba realizarse la operación y las terminadas, las cuales se tendrán clasificadas en cajones adecuados.

La Figura 5.17 muestra una instalación de bombos de pulir.



1, 2, 3, 4, 5 Bombos, 6 Separador dimensional 7. Cajón cargador; 8: Separador magnético; 9, 10 11 Silos de 2, 3 y 4 compartimientos, 12: Compuestos; 13: Baños antioxidantes, 14. Secador centrifugo, 15 Campana secadora, 16. Grúa puente, 17. Polipasto eléctrico, 18 Canal de desagüe

Fig. 5.17

5.4 LAPEADO

En el uso industrial el término lapeado designa una forma de acabado por abrasión que incluye los siguientes elementos y movimientos.

- 1.- Una herramienta llamada el Lapo (The Lap), con una operación superficial la cual tiene la forma inversa de la superficie del trabajo a producir. Generalmente el papel del lapo es soportar y guiar el abrasivo, sin tomar parte en el desarrollo de la superficie del trabajo.

- 2.- Una fuerza, la cual es aplicada para producir la presión de contacto o requerida entre el lapo y la superficie de trabajo.
- 3.- Una combinación de diferentes movimientos relativos los cuales son importantes e impartidos al lapo y al trabajo.
- 4.- Una substancia abrasiva, retenida generalmente en un medio fluido, designado como el vehículo, el cual es introducido entre las superficies de contacto, previendo una acción de corte.

Las variaciones que pueden resultar entre los sistemas de lapeado comunmente usados son:

- 1) El lapo puede ser cortado para servir en un trabajo singular o representar un área extendida la cual contiene la superficie trabajada en una serie de partes procesadas.
- 2) La fuerza aplicada puede ser el resultado del plano de gravedad del paso del trabajo posiblemente suplementada por el peso del plato superior.
- 3) El movimiento puede tener solamente dos elementos aplicados en una relación constante.
- 4) Generalmente el abrasivo libera granos retenidos en un medio viscoso o por un vehículo líquido. El propósito del lapeado, es el de impartir características específicas a el trabajo -- con respecto a una forma, tamaño y condiciones superficiales.

- 2.- Una fuerza, la cual es aplicada para producir la presión de contacto o requerida entre el lapo y la superficie de trabajo.
- 3.- Una combinación de diferentes movimientos relativos los cuales son importantes e impartidos al lapo y al trabajo.
- 4.- Una substancia abrasiva, retenida generalmente en un medio fluido, designado como el vehículo, el cual es introducido entre las superficies de contacto, previendo una acción de corte.

Las variaciones que pueden resultar entre los sistemas de lapeado comunmente usados son:

- 1) El lapo puede ser cortado para servir en un trabajo singular o representar un área extendida la cual contiene la superficie trabajada en una serie de partes procesadas.
- 2) La fuerza aplicada puede ser el resultado del plano de gravedad del paso del trabajo posiblemente suplementada por el peso del plato superior.
- 3) El movimiento puede tener solamente dos elementos aplicados en una relación constante.
- 4) Generalmente el abrasivo libera granos retenidos en un medio viscoso o por un vehículo líquido. El propósito del lapeado, es el de impartir características específicas a el trabajo -- con respecto a una forma, tamaño y condiciones superficiales.

En general los términos en procesos de lapeado tienen las siguientes características las cuales sin embargo varían de acuerdo a sistemas particulares y equipo:

- a) El rango de material removido es bajo, debido a las bajas velocidades de corte y a la profunda penetración de los granos abrasivos en la superficie de trabajo.
- b) El lapeado se efectúa sin una generación significativa de calor y es considerado un proceso frío el cual no causa un peligro térmico.
- c) Las fuerzas ejercidas sobre el trabajo son relativamente bajas, el lapeado es a menudo aplicable con buen éxito a materiales quebradizos y partes frágiles.
- d) La forma general de las superficies trabajadas por lapeado son limitadas, tales como superficies planas, cilíndricas y esféricas.
- e) La exactitud de la forma producida por el lapeado es excelente particularmente en superficies planas.
- f) Superficies con bajos grados de rugosidad pueden ser producidos por sistemas específicos de lapeado, siempre en un sentido general la superficie lapeada es muy lisa. Los materiales suaves usualmente tienen baja reflectividad y lucen una superficie mate.

- g) El control del tamaño puede ser excelente debido al bajo mate rial removido, condición que permite controlar la reducción - tamaño para limitar el tiempo en el cual la acción uniforme - del proceso es aplicado.
- h) Los beneficios económicos pueden también ser derivados cuando el lapeado es aplicado a desarrollar superficies de trabajos que también pueden ser producidos por otros métodos, depen-- diendo únicamente del control de reducción de tamaño sin una instrumentación cara.

5.4.1 PROCESOS Y HEPRAMIENTAS DE LAPEADO

Los métodos y equipos usados en lapeado son determinados por la fun ción a desempeñar de las piezas, dividiéndose en 2 categorías gene-- rales:

- 1.- Lapeado de igualación
- 2.- Lapeado de formado

1.- Lapeado de igualación es aplicado para producir una forma entre las superficies de contacto. Los proceso de esta categoría se ca racterizan por la participación de ambos miembros en el perfec-- cionamiento de la forma y acabado superficial, esto toma lugar - como remoción mutua de material en la superficie de trabajo. La forma de la superficie puede ser debida a razones funcionales

pudiéndose establecer las siguientes divisiones

- a) Contacto deslizante (el pistón y su cilindro)
- b) Contacto estacionario (la galleta de una válvula con sus asientos)
- c) Contacto por rodadura (engranes) en ciertos rodamientos el lapeado puede mejorar resistencia en uso y por lo tanto contribuye a extender la vida de servicio. Este método es caracterizado por el mejoramiento mutuo de superficies de los componentes participantes.

2.- Lapeado de forma.- Esta imparte a la superficie de trabajo una forma particular por medio de la acción de corte, la cual es físicamente incorporada en la herramienta del proceso.

El lapo también mejora la textura superficial del trabajo, este no se limita para corregir errores de forma y textura superficial como en el caso de lapeado de igualación pero sí puede ser usado como un proceso de producción.

El lapeado de forma desarrolla el perfil correcto de la superficie de trabajo, el exceso de material es removido y distribuido de una manera no uniforme, el proceso es diseñado para concentrar un stock de remoción del trabajo.

En el lapeado de igualación no se necesita herramientas especiales solamente el medio abrasivo ayudado a moverlo por un movimien

to de dirección y en ciertos casos por una fuerza adicional que incrementa la presión de contacto. En el lapeado de forma, el lapa lleva a cabo un papel fundamental ya que la generación de la forma terminado y material son de efectos significativos sobre el resultado de la operación.

El material más utilizado es el hierro fundido con una estructura de grano cerrado y una superficie libre de porosidad.

Los metales como cobre, latón, acero, aluminio, plomo, se utilizan menos frecuentemente.

Los abrasivos usados en lapeado son en la mayoría granos de carburo de silicio u óxido de aluminio variando el tamaño de las partículas de 90 a 600 y para terminado extrafino de 800 a 1000.

Para el lapeado de acero duro se utiliza carburo de silicio, partículas de diamante o partículas de boro.

Las máquinas de lapeado se desarrollan para uso de producción, en las Figuras 5.19 se puede apreciar el area de operación en donde se encuentra el plato del lapa, éste tiene un movimiento de rotación el cual es efectuado por un motor de conducción.

En lo alto del plato del lapa se ven tres anillos designados como anillos condicionados, los cuales rotan libremente aunque sin conduc

ción individual confiando sólo en la acción friccional del lapo.

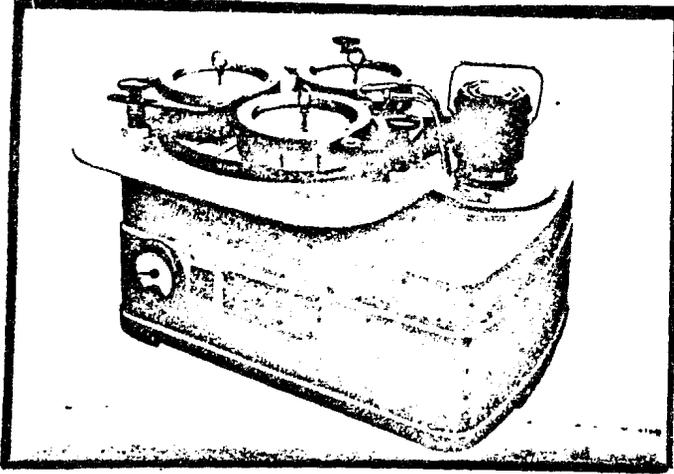
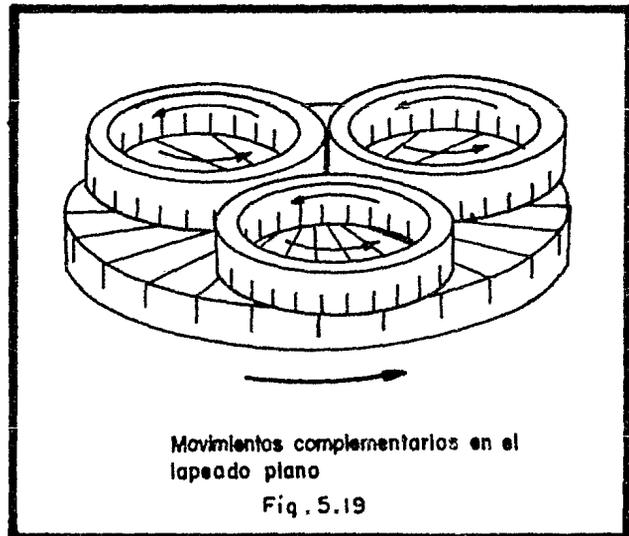


Fig. 5.19

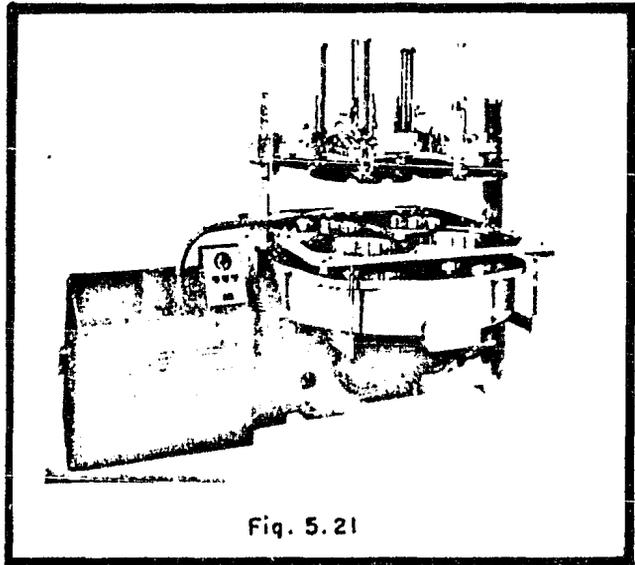
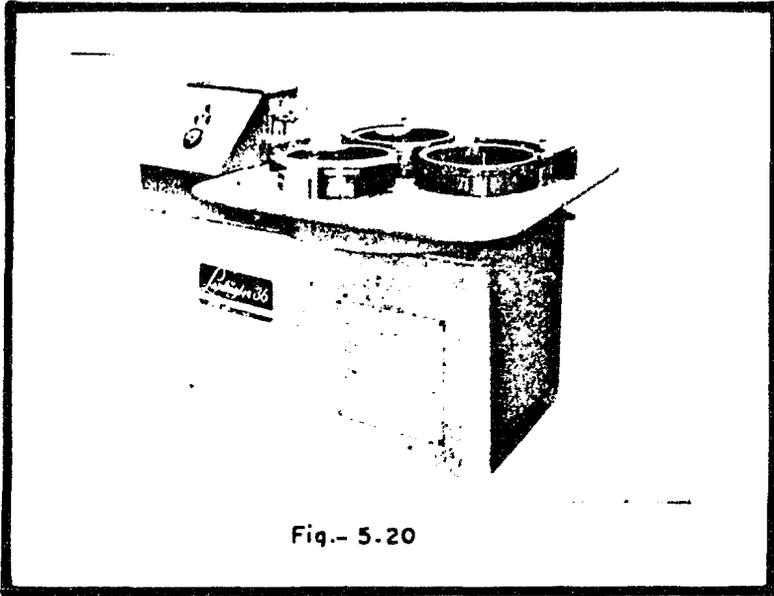


El lapo está hecho de grano cerrado de hierro fundido, tiene unas en-
diduras radiales para remover el abrasivo y material gastados, los -
anillos condicionados tienen ranuras profundas para imprimir la ac-
ción de corte, asegurando el corte continuo del plato lapo que de --
otra manera mostraría trazos no uniformes debido al uso. Las piezas
de trabajo son puestas dentro de los anillos generalmente sueltas, -
las piezas son sostenidas por medio de arreglos simples pero sólo pa-
ra piezas muy delgadas.

La función del rodete es distribuir la presión uniforme sobre la pie-
za variando el peso y también protegiendo la superficie de trabajo -
los levantadores neumáticos pueden ser implementados en máquinas - -
grandes para levantar y bajar los anillos estos sirven a conveniencia
del operador, pueden acortar el tiempo de carga y descarga, particu-
larmente cuando son partes pequeñas las cuales requieren manejo cons-
tante.

Las máquinas de lapeado que utilizan este sistema son fabricadas a -
una variedad de tamaños; los modelos pequeños con 3 anillos y los --
grandes con 4. En la Figura 5.20 podemos apreciar una máquina de la-
peado con 3 anillos y en la Figura 5.21 una de 4 anillos.

Algunos datos de producción para manufactura son dados enseguida con
propósitos de información general.



las partes de la máquina son de fundición de aluminio o magnesio con una tolerancia de $-0.002''$ y los mejores terminados son a 8 micropulgadas AA (0.005mm), las partes de la válvula son de latón, acero y - hierro fundido con una textura de $0.000030''$ (0.75 micras) y acabados de 6 micropulgadas, los engranes llevan un lapeado en la cara de los dientes.

Para mostrar la variedad de operaciones de las máquinas de lapeado - en la Figura 5.22 se muestran diversas piezas que fueron lapeadas. - Para producción las máquinas de lapeado pueden ser auxiliadas de varios aditamentos manuales, el cual asegura una operación semiautomática.

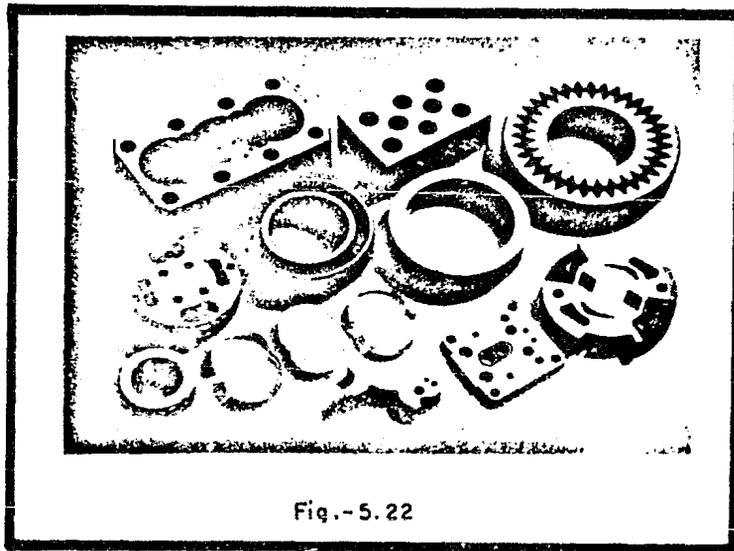
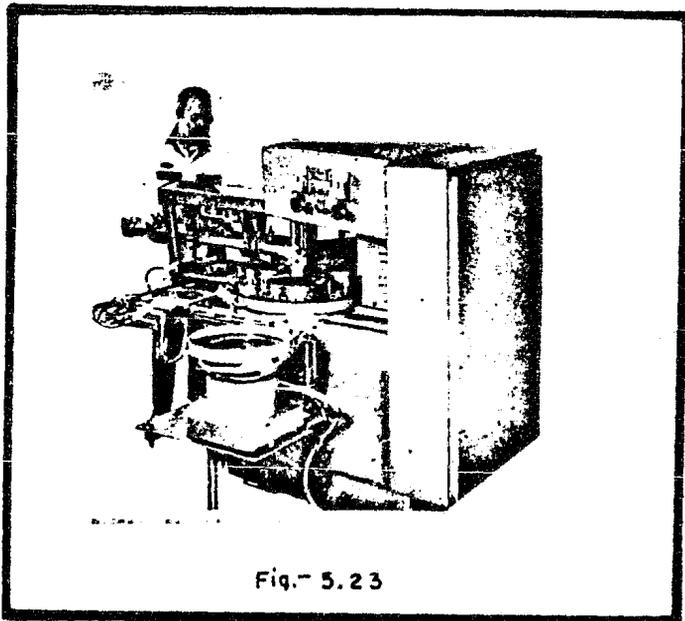
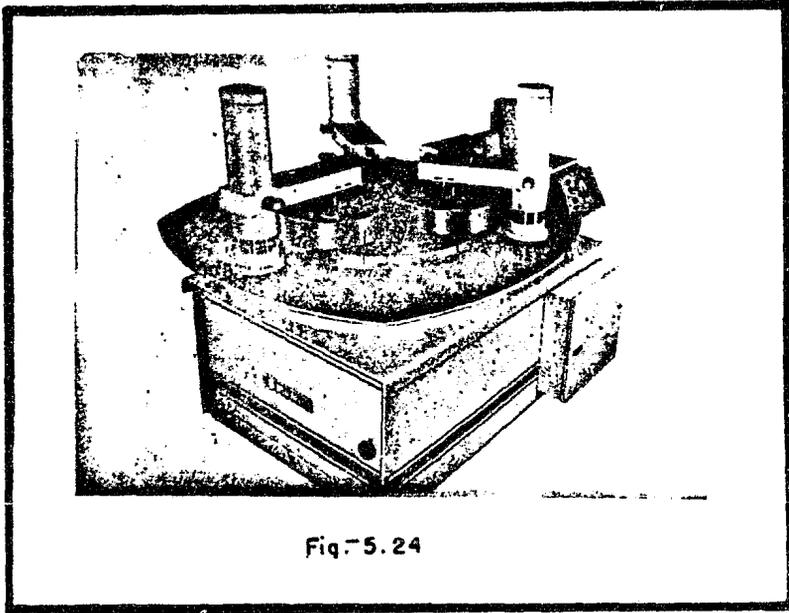


Fig.-5.22

En la Figura 5.23 se muestra un aditamento diseñado para ser usado - en partes pequeñas de un diámetro no mayor de 50.8 mm (2"), otro diseño es mostrado en la Figura 5.24.

Este diseño consta de 3 brazos que ejercen una presión individual en cada uno de los anillos retenedores, los brazos oscilan alrededor de 360° facilitando la carga y descarga de las partes. Cada brazo se -- puede ajustar individualmente. Este diseño ha tenido una mejor aceptación en modelos pequeños.





5.4.2 LAPEADO DE CARAS PLANAS CON MOVIMIENTO CONTROLADO.

Este método es usado en piezas que tienen caras paralelas para así - poder lapearlas simultáneamente, el trabajo se sostiene entre 2 platos de lapo que se encuentran opuestos y paralelos que van a remover una misma cantidad de material en ambos lados del trabajo.

Este sistema de lapeado es aplicado en particular en partes muy delgadas y frágiles que requieren una excelente textura y bajos índices de rugosidad, por ejemplo en elementos usados en electrónica, pequeñas partes de mecanismos para uso industrial, etc. anteriormente es

te sistema era usado sólo para la manufactura industrial de cristales de cuarzo, pero actualmente se usa en muchos productos.

Las piezas de trabajo son colocadas para ser lapeadas abriendo una dimensión adecuada del portador, los portadores tienen un espesor algo menos que la parte terminada para que no interfiera con el trabajo ni con los platos del lapo, los dientes del engrane sobre la periferia de los portadores son movidos por medio de un engrane conductor interno, este arreglo que consta de portadores y conductores puede verse en la Figura 5.25 los cuales muestran dos diferentes combinaciones con 5 y 8 platos portadores recomendado para piezas con un espesor de 0.20mm (0.008") y 0.13mm (0.005") respectivamente.

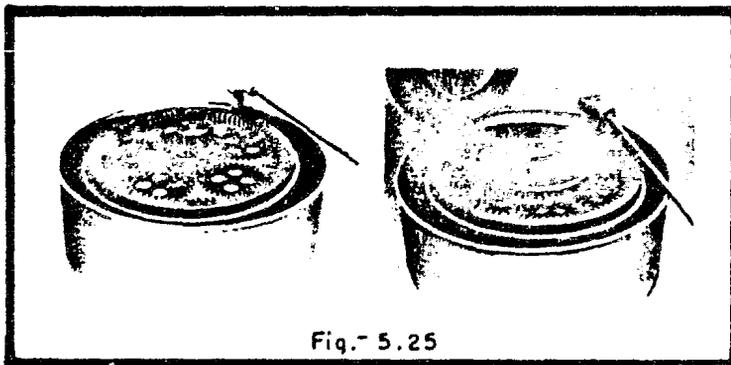


Fig.- 5.25

Para el lapeado se utiliza por lo general abrasivo en grano que se introduce entre la pieza a mecanizar y el soporte de lapear, que se mantiene en constante movimiento entre sí, durante todo el proceso.

El abrasivo no se utiliza en seco, sino que se acostumbra a mezclarlo con aceites, grasas o agua. En este trabajo se utilizan los abrasivos menos duros para los materiales más blandos, y los abrasivos duros para los materiales duros, contrariamente a lo que se acostumbra en los demás procesos con abrasivos. Los tipos más empleados son: Carburo de Silicio.- para lapeado de piezas metálicas endurecidas.

Oxido de Aluminio.- Lapeado de metales blandos como el cobre, bronce y algunos tipos de aceros inoxidable.

Oxido de Aluminio Friable.- Para lapeados extraordinariamente finos.

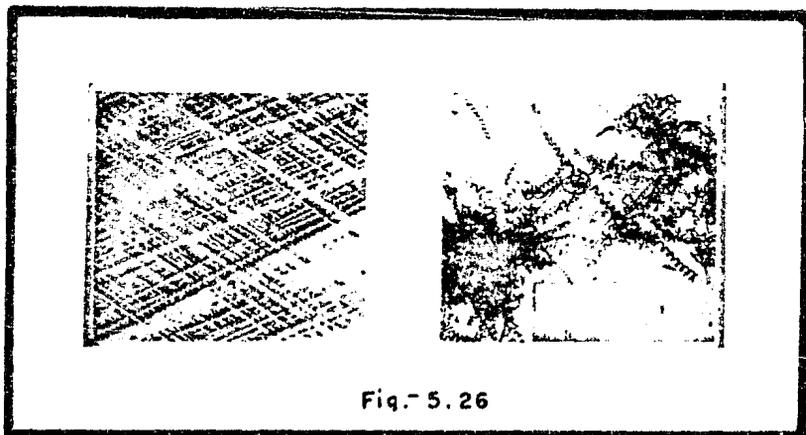
Granate.- Lapeados de limpieza en piezas metálicas y lapeado de vidrio.

En general resulta difícil conseguir buenos lapeados sobre materiales blandos, y aún más al mecanizar piezas formadas por dos materiales de distintas durezas, ya que se conseguirán rugosidades muy distintas entre sí. Cuando más duro sea el material del soporte de lapear, tanto menor será la capacidad de corte y el grado de acabado conseguido, pero por otra parte se conseguirá una mayor exactitud geométrica. En la práctica, el soporte de lapear se hace de un material más blando que la pieza a mecanizar. La velocidad de trabajo en el lapeado es del orden de 1 a 3 m/s.

5.5 HONEADO

Es un método de acabado que se realiza por medio de barritas o li--
mas abrasivas que se aplican a presión contra la superficie a mecaniz
ar, con la que permanecen en constante contacto a la vez que van mov
viéndose en sentido rotativo y longitudinal, de forma simultánea.

La aplicación más común es en superficies internas de forma cilíndric
a. Existe una similitud entre honeado y amolado en ambos métodos -
se cortan porciones de material (virutas) sin embargo son más largas
las de honeado que las de amolar, como puede apreciarse en la Figura
5.26.



La velocidad de corte es la resultante de dos componentes del movimiento uno rotativo y otro longitudinal que deben ser adecuados para mantener las mismas propiedades de labrado siempre cortando en cruz, como puede apreciarse en la Figura 5.26, generalmente las velocidades aplicadas en honeado son dentro de los siguientes rangos:

- a) Por rotación: una velocidad periférica de 15 a 40 m/min.
- b) Longitudinal: una velocidad lineal de 1.5 a 25 m/min.

Ante cualquier trabajo de honing para determinar las características más adecuadas hay que tener en cuenta los factores siguientes:

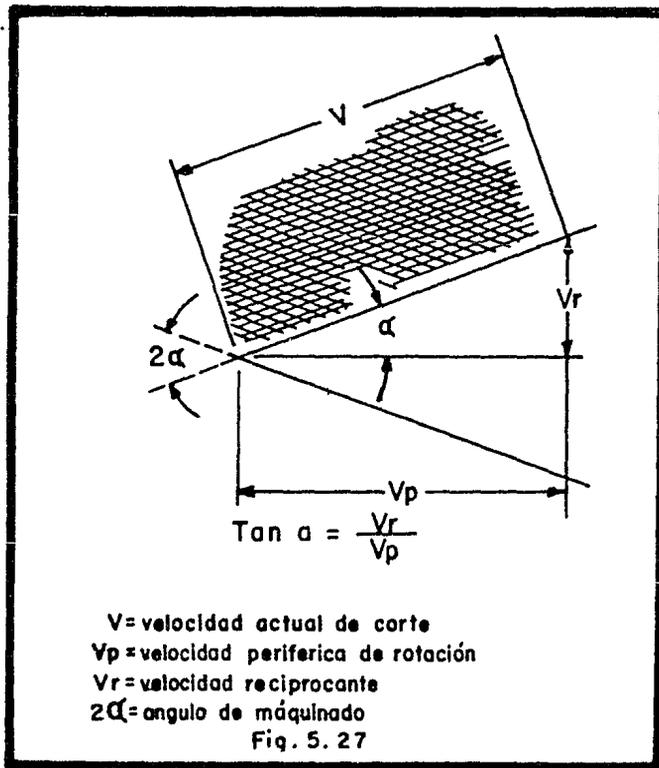
- a) Material a mecanizar
- b) Dureza aproximada del material
- c) Cantidad de material a eliminar
- d) Estado superficial de la pieza antes del mecanizado
- e) Tolerancias y exactitud geométrica.

La experiencia indica que las siguientes características intervienen para ajustar la velocidad periférica, será incrementada para material suave, para superficies de trabajo que ejercen una acción de labrado sobre la piedra, para piezas que presentan interrupciones debido a diseño o distorsiones por tratamiento térmico, la velocidad periférica será decrementada en relación de la superficie de la piedra.

Si la velocidad longitudinal es alta incrementa la acción de labrado

causando poca rugosidad, la velocidad longitudinal es la que tiene - por propósito producir el ángulo del cruzado-rayado en la mayoría de las aplicaciones se utiliza un ángulo de 20 a 40° produciendo una superficie antifricción con buenas propiedades de lubricación. La Figura 5.27 muestra la relación entre la velocidad periférica y la longitudinal incluyendo el ángulo de cruzado-rayado. La velocidad de corte de estos dos componentes puede ser calculada con la siguiente fórmula:

$$V = \sqrt{V_p^2 + V_r^2}$$



Las características de las limas, ya sean vitrificadas o de resina, son similares a las del resto de abrasivos aglomerados, es decir, intervienen los cinco factores.

- 1.- Abrasivo
- 2.- Tamaño del grano
- 3.- Dureza
- 4.- Estructura
- 5.- Aglomerante

1.- Abrasivo.- Los tipos de abrasivos de corindón o carburo de silicio tienen diversa composición química, dureza y resistencia al desgaste, debiendo adaptarse a las características del material a trabajar.

Debido a las menores presiones de trabajo de superacabado "honing" - en comparación con el rectificado con muela, se utilizan abrasivos - que tienen una rotura más fácil que los que se emplearían en el caso de rectificar los mismos materiales. Si bien la resistencia al desgaste y a la rotura del aumento del coeficiente de fricción que se produce en las limas "honing" representa una desventaja, ya que tiende a un calentamiento de la pieza. No obstante, se emplea en los casos de bastante arranque de material y cuando se aplican altas presiones de trabajo.

Para permitir un corte más friable que el requerido en un rectificado deben emplearse principalmente los abrasivos de mayor facilidad de rotura, tales como el carburo de silicio negro y verde y los corindones semifriables y friables, aglomerados en cerámica.

La resistencia a la rotura del corindón blanco es casi el doble que la del carburo de silicio, pero esta diferencia se va igualando a medida que disminuye el tamaño del grano. Es por tanto en los granos finos donde el carburo de silicio es más efectivo, por su mayor capacidad de corte. Además, con los granos más finos la presión de corte queda distribuida sobre un mayor número de granos, con lo que cada grano recibe una carga menor.

Por todo ello, a partir del grano 280 y más finos, cuando se trabaja con limas de superacabado, se emplea el carburo de silicio, independientemente del material de que se trate.

No obstante, prescindiendo de la forma más afilada del grano, el carburo de silicio da a la superficie un aspecto más basto que el producido por el corindón, ya que este último tiene su forma más redondeada, razón por la cual para el superacabado se emplea corindón blanco, preferentemente con aglomerante de resina, alcanzándose por ello rugosidades inferiores a la de 0.5 micras. Se puede incorporar grafito, no como materia de relleno para el abrasivo, tal como se ha

ce algunas veces, sino para que sirva de agente pulidor junto con el abrasivo.

Es un hecho bien conocido que cuanto más fino es el grano de la lima resulta más difícil ajustar exactamente la profundidad de corte o -- las presiones de trabajo para que dichas limas se autorreaviven. Las limas de superacabado, que están fabricadas con aglomerantes de resina, tienen más tendencia a "lubricar" el trabajo. Si además se añaden algunos agentes pulidores como el grafito, se reduce la concentración del grano, aumentando la distancia entre grano y grano, de acuerdo con la cantidad de producto añadido, con lo cual el esfuerzo de cada grano es mayor y pueden ser arrancados más fácilmente.

2.- Tamaño del grano.- La selección del grano de las limas de superacabado depende, aparte de la rugosidad deseada, de las tolerancias de la máquina y de la cantidad de material a arrancar. La gama de granos va del 120 al 500.

En el rectificado cilíndrico entre puntos o rectificado de superficies es muy difícil determinar con exactitud el grano adecuado para una determinada calidad superficial.

De hecho hay una gran cantidad de factores que pueden atribuirse a las condiciones de las máquinas y que, por lo general, tienen más influencia en el resultado del trabajo que el mismo tamaño del grano.

En el caso del superacabado "honing", donde las condiciones de trabajo son más favorables que en los rectificadores por ser posible mantener una presión constante y poder controlar la duración del trabajo, la exactitud de éste depende mucho del tamaño del grano utilizado.

3.- Dureza.- Como en la mayoría de las muelas, la dureza depende del aglomerante. En las limas para superacabado que emplean granos bastos (hasta 180) se utilizan aglomerantes cerámicos con una gama de durezas comprendida entre las letras K y P, mientras que con aglomerantes de resina, las durezas son más elevadas, empleándose una gama comprendida entre N y Q. Para granos más finos (280 hasta el 500) se emplean aglomerantes cerámicos con durezas comprendidas entre H e I y para resina sintética, las durezas están comprendidas entre M y O. En dos limas con idéntico tamaño de grano, la dureza ejerce gran influencia en el acabado superficial.

4.- Estructura.- Pruebas efectuadas con herramientas múltiples para "honing" han demostrado que la estructura 5 es la mejor para las limas, por asegurar un espacio entre granos adecuado al volumen de viruta arrancada y por garantizar un buen contacto con la superficie de la pieza.

Si por alguna causa la cantidad de viruta arrancada demuestra que el espacio entre granos no es suficiente (a pesar de que el trabajo se

realice con un intenso chorro de refrigerante), será necesario adoptar una estructura más abierta.

La porosidad o estructura sintética ha demostrado poseer ventajas -- muy limitadas. Cuando se pasa de la estructura 6 a la 10, por ejemplo se incrementa el desgaste con merma de la duración de la lima. - Además, con limas de porosidad excesiva se produce un reavivado desigual, que en algunos casos produce embozamiento en una parte de la - lima, causando desigualdades. Este fenómeno aparece casi exclusivamente con limas vitrificadas, llegando en algunos casos a romper las limas por efecto de la presión que ejercen las virutas. Para combatir esto, la única posibilidad consiste en utilizar limas de menor - dureza y estructura más densa.

En conclusión puede decirse que el 99° de todas las limas "honing" se producen en estructura n.º 5 a 7.

5.- Aglomerante.- Se emplean únicamente dos tipos de aglomerantes para las limas de superacabado. que son los vitrificados y los de resina.

Vitrificado.- Este aglomerante proporciona durante las etapas de mezcla una mayor regularidad que los aglomerantes de resina. Como consecuencia, la estructura de las limas con aglomerante cerámico es mu

cho más regular que las limas con aglomerante de resina.

Los aglomerantes vitrificados tienen unas características químicas y físicas similares a las de la porcelana. Debido a su baja elasticidad y alta dureza, son adecuados para la fabricación de limas muy rígidas. Con ello se consigue una estructura que permite una buena capacidad de viruta y un corte excepcionalmente frío.

Por las características antes indicadas, los aglomerantes cerámicos son particularmente adecuados para la fabricación de abrasivos de precisión, especialmente en aquellas limas que están en contacto con la pieza en zonas muy grandes. Su estructura rígida garantiza un arranque de material, dentro de límites muy precisos.

Por sus bajas velocidades de corte se eliminan prácticamente todas las vibraciones y, en consecuencia, cualquier posibilidad de error mecánico que pudiera transmitirse a la pieza.

Resina.- Se utilizan resinas líquidas y en polvo para este aglomerante, pero últimamente se han empleado también resinas termoplásticas. Por su naturaleza viscosa y adhesiva, no es posible alcanzar una distribución tan regular de la mezcla con el grano como en el caso de los aglomerantes vitrificados.

5.5.1 MAQUINAS DE HONEADO

No hay clasificación aceptada en máquinas de honeado, se han dividido tomando en cuenta algunas características que las distinguen.

Máquina de Honeado Manual.- El uso de estas máquinas es limitada a piezas que por su peso, dimensiones y diseño son fáciles de adaptar a la carrera en una posición horizontal, el eje principal guarda una posición horizontal, el eje principal guarda una posición estacionaria, éste sostiene el mandril el cual facilita el diseño y fabricación de varios elementos de la máquina teniendo un efecto favorable sobre el precio del equipo, las máquinas de este tipo son operadas por carrera manual, método bien aceptado para piezas de poco peso -- particularmente cuando el proceso envuelve un número limitado de piezas, la Figura 5.28 muestra un modelo en posición horizontal, el rango de trabajo de estas máquinas expresado en términos del diámetro del barrenado de la pieza es de 3 a 95 mm.

Máquina de Honeado Simple con Herramientas Recíprocantes.- El honeado de barrenos en piezas de trabajo las cuales no se pueden adaptar a la carrera requieren de un honeado, en el cual se ejecute un movimiento de rotación y un recíprocante en conjunto con la pieza, sostenida en una posición estacionaria.

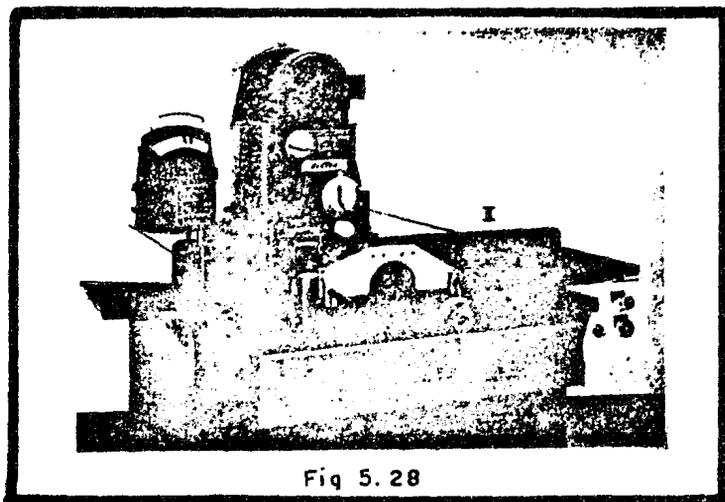
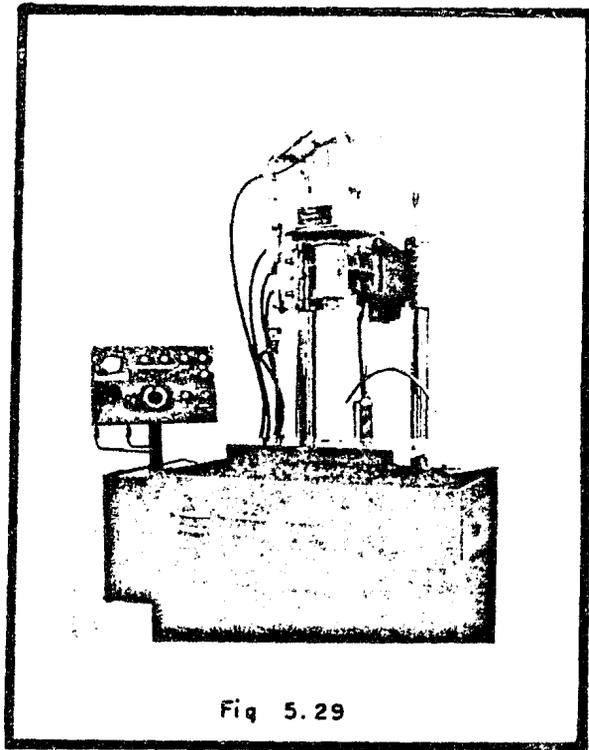


Fig 5.28

En la Figura 5.29 se muestra una máquina honeadora vertical simple - que opera con herramienta reciprocante, tiene una capacidad de honeado de 150mm. a 300mm. de diámetro con control hidráulico del movimiento de la carrera y dilatación de piedra.

Máquinas de Honeado de Tipo Vertical.- Se utilizan generalmente para acabados en donde hay baja producción de barrenos de diámetros pequeños, las máquinas de honeado vertical con carrera mecánica son a menudo preferidas ya que se pueden adaptar a arreglos de carga y descarga manual y a equipo para una alimentación automática. Un modelo representativo de estas máquinas se muestra en la Figura 5.30 tiene una capacidad máxima de 32 mm. en diámetro del barreno y 76mm. en la



profundidad.

La máquina vertical de honeado para producción con una longitud media de carrera y de manejo hidráulico tienen las siguientes capacidades:

- El rango del diámetro del barreno es de 32mm. a 100mm.
- La carrera del mandril va de 304 mm. a 381
- El motor del mandril es de 1hp a 3hp., estas máquinas tienen un control automático de expansión de la herramienta.

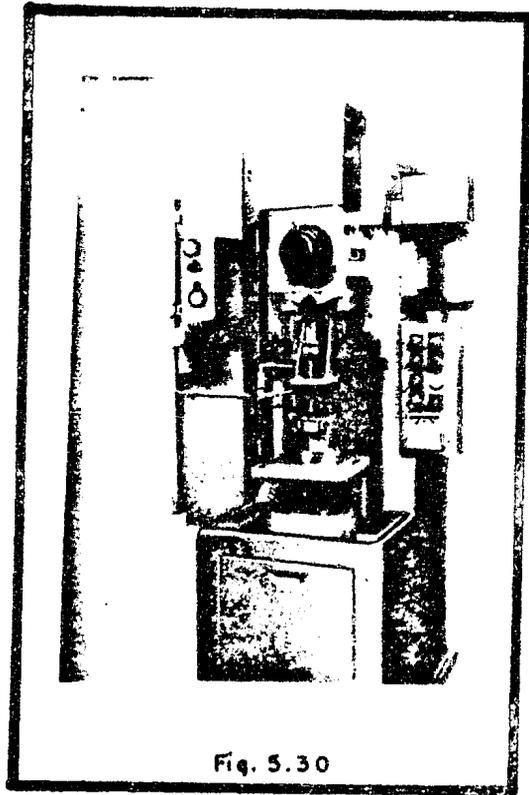
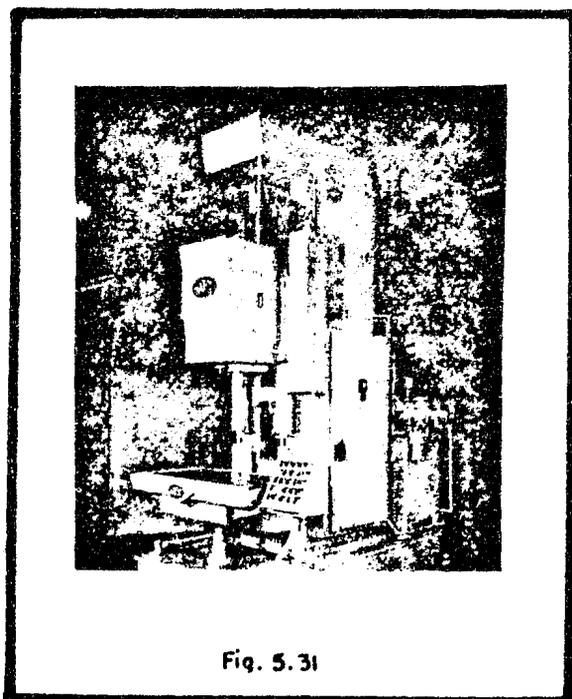


Fig. 5.30

Máquinas Pesadas de Honeado Vertical.- Este tipo de máquina es la -- usada para el rectificado de barrenos en piezas muy grandes debido a sus dimensiones y capacidad, para el control del mandril se pueden -- adaptar con un motor de 12 a 15 hp. Tienen un rango en los diáme--- tros de los orificios a trabajar de 10 a 400 mm., las velocidades -- del mandril van de 75 a 409 rpm.

La Figura 5.31 nos muestra una máquina de este tipo.



Máquina de Honeado Horizontal para Producción.- Aparte del arreglo -
general del diseño y la operación, estas máquinas se parecen a las -
de producción vertical, utilizan un sistema hidráulico para efectuar
el movimiento recíprocante de la herramienta y para la expansión de
la piedra abrasiva.

Un modelo pequeño de esta categoría tiene una carrera máxima de 305mm los modelos grandes como el de la Figura 5.32 tiene un eje sobre el mandril, la máquina ilustrada tiene una carrera del mandril de 406mm; son construidas máquinas de una capacidad similar pero de mayor tamaño con 1219 mm. de longitud de la carrera.

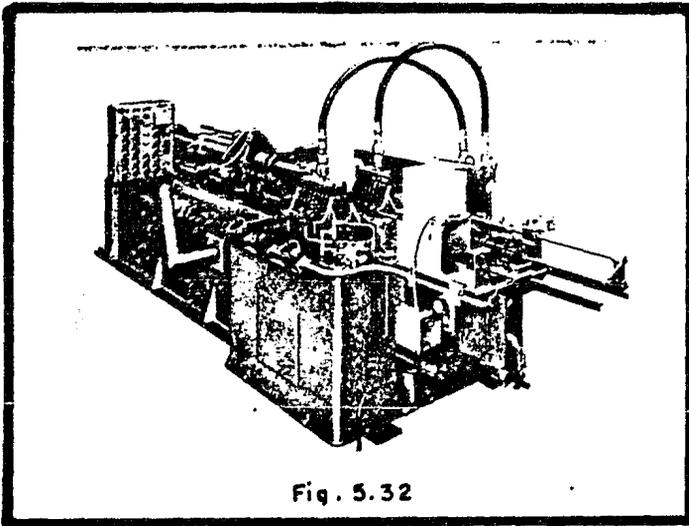


Fig. 5.32

5.6 MICROHONEADO (MICROHONIG)

Definición del método.- El título de este capítulo no es generalmente el término aceptado, ha sido seleccionado para designar un método de acabado fino, este es similar al honeado, pero este también tiene características particulares distintas que lo pone aparte del otro - método abrasivo.

El término Microhoneado es considerado una designación descriptiva - para un método, el cual usan "hones" (piedra de afilar) para herramientas y produce una superficie exacta, controlada, cuyos parámetros son medidos en micro (muy pequeños) unidades.

La falta general de aceptación de este término es probablemente debido a esfuerzos, sobre la parte de varias manufacturas, al desarrollo de métodos y equipos para generar (en un proceso de acabado) superficie de trabajo de excepcional alta calidad con respecto a la regularidad de las formas geométricas, varios parámetros de la textura superficial, exactitud dimensional e integridad superficial. Muchos - de los métodos desarrollados durante las recientes dos o tres décadas son designados esencialmente como resultados idénticos, y aplicando principios muy parecidos, por lo que la construcción de equipo para la implementación de estos métodos difieren en varios aspectos de diseño, calidad y capacidad.

Muchas de las manufactureras envueltas en el desarrollo de trabajo - difieren en las designaciones para el método, tales como super acabado (super finishing), microsuperficie (microsuperfing), microacabado (finishing micro), micropiedras (microstoning). Estos nombres son - los más conocidos.

Esencialmente, el método es aplicado para las superficies redondas, - ambas internas o externa, de formas generalmente cilíndricas, cónicas o esféricas, menos frecuentemente en superficies planas con áreas limitadas. Todos estos contienen elementos superficiales los cuales - son también líneas derechas o arcos circulares.

El método opera con herramientas hechas de abrasivos aglomerados con activas superficies teniendo formas complicadas con el área contactadas de la superficie de trabajo. Las herramientas abrasivas son sostenidas contra la superficie de trabajo rotando con un controlador, baja fuerza y generalmente realizando una carrera corta de rápido movimiento recíprocante (oscilando) en una dirección paralela con -- los elementos superficiales de la pieza procesada.

Características comunes de Honeado y Micrononeado

- a) El uso de abrasivos aglomerados para herramientas.
- b) Operación con bajas velocidades de corte y produciendo bajas -- fuerzas de corte.

- c) La combinación de una relativa rotación y movimiento lineal entre la herramienta y el trabajo; ambos producen un patrón de cruzado-rayado (cross-hatch), pero en el microhoneado es menos distinguido.
- d) Los objetivos del proceso, proveen la forma, tamaño y textura superficial de la superficie de trabajo sin causar daño metalúrgico.

Diferencias Particulares entre Honeado y Microhoneado

- a) Longitud de la Carrera.
 - El honeado es esencialmente un método de larga carrera, capaz de producir superficies de trabajo largas. Durante el proceso las piedras viajan una distancia substancial (usualmente expresada como una fracción de la longitud de la piedra) sobre el final de la pieza de trabajo procesada.
 - En microhoneado la piedra reciprocante es sobre una muy corta longitud, típicamente en el orden de cerca de 0.040 a 0.160 -- pulgadas (cerca de 1 a 4mm.) Por esta razón el movimiento de la piedra es a menudo referida como una "oscilación".
- b) La frecuencia de la reciprocación
 - En honeado, el número de carreras por minuto varían de muy pocas, en el caso de muy largas carreras, arriba de 100 a 200 -- operaciones generalmente. La carrera, usualmente actuada hi--

dráulicamente, en el caso de máquinas de producción baja o media, pueden ser también manuales.

- El microhoneado opera con un muy bajo movimiento recíprocante variando frecuentemente, de acuerdo al sistema aplicado y longitud de la carrera, en el rango de 300 a 2,500 ciclos por minuto. El movimiento recíprocante tiene manejo mecánico o neumático.

c) Miembro Rotatorio

- En honeado su herramienta está rotando (con la rara excepción del honeado externo de varias partes largas).
- En microhoneado es siempre la pieza la que rota en frente de la herramienta, cuya reciprocación es sólo un camino arreglado.

d) Area de Contacto

- En honeado, usualmente varias piedras en distancia circunferencialmente uniformes, hacen contacto simultáneo con la superficie de trabajo, cada piedra toma parte en el material removido.
- En microhoneado, una singular piedra, excepto para raras aplicaciones de multi-piedras sobre largos diámetros, cubren solamente un segmento de la superficie de trabajo, por consiguiente el ancho de la piedra produce un efecto de redondez enrollada.

e) Configuración de la Superficie de Trabajo

- En honeado la carrera es siempre sólo una carrera de línea rec

ta, la cual limita la forma general de la superficie adaptada a honeado. La longitud de la carrera de honeado también excluye superficies las cuales no permiten libertad de carrera, por consiguiente el honeado de superficies con orificios ciegos, - es posible. Usado exclusivamente para orificios.

- El microhoneado el cual opera con carrera muy corta, puede ser aplicado también para superficies con contorno circular de -- sección cruzada, tales como esféricas o cónicas. Igualmente - adaptadas para superficies externas e internas, la carrera corta también permite el microhoneado de superficies limitadas - por salientes sobre ambas terminales, requiriendo solamente un muy reducido bajo corte, comparable a la aplicada en amolado - interno o en cilíndrico.

f) Cantidad de material removido.

- El honeado puede ser usado para remover eficiente y substancial mente cantidades de material, en honeado rugoso en el orden de 0.25 a 0.38 mm., siempre más considerablemente en el honeado - de acabado, cerca de 0.05 a 0.15 mm. de la parte diametral. Es ta capacidad de remover el método de honeado permite corregir varios tipos de formas irregulares de orificios.

- En microhoneado el material removido es usualmente en el orden de 0.0025 a 0.0075 mm. de la superficie, consecuentemente las

irregularidades de las formas irregulares, ovalidad, cónico, - etc. son solamente corregidas en muy limitada cantidad.

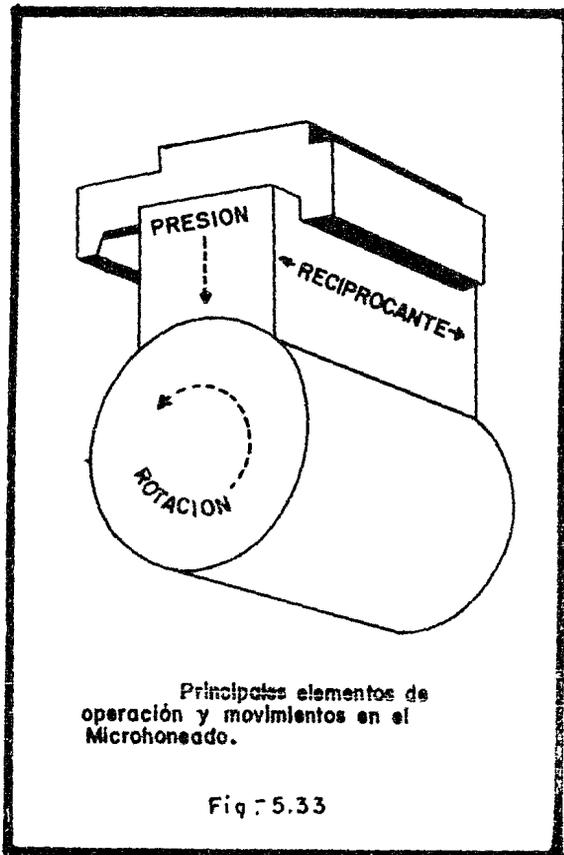
g) Características de la Superficie de Trabajo Producida

- En honeado es generalmente usado para producir acabado superficial en el rango de 0.8 a 0.2 micrómetro Ra. Tales valores de textura superficial siendo adecuados siempre deseables para muchos tipos de orificios acabados por honeado. A menudo son requeridas por superficies rugosas, o en otros casos raros, un acabado en el orden de 0.10 micrómetro Ra. es especificada. Es factible producir valores de acabado fino por honeado, pero generalmente en el precio es rápidamente decrementada por la productividad.
- El microhoneado puede producir en operación eficiente, acabados superficiales en el orden de 0.1 a 0.05 micrómetro Ra. excepcionalmente fino. Este parámetro singular, el promedio de la rugosidad superficial, no cubre, sin embargo todas las importantes características superficiales, las cuales pueden ser desarrolladas en producción regular por microhoneado.

5.6.1 PRINCIPIOS DE OPERACION DEL PROCESO DE MICROHONEADO

Los principios de operación del proceso de microhoneado son explicados por el diagrama clásico de método desarrollado, el cual se muestra en la Figura 5.33. El diagrama ilustra una piedra abrasiva, cu-

ya cara operando cumple con la forma general de la superficie de trabajo, es forzada contra la pieza rotando ejerciendo una presión específica mientras realiza una carrera corta de movimiento recíprocante.



En operación la piedra abrasiva primero hará contacto y actuará sobre los elementos sobresalientes de la superficie de trabajo. Las protuberancias pueden resultar de la forma superficial tal como lobulado, - marcas pronunciadas, ondas, etc. y también puede constituir los picos y crestas de una superficie rugosa.

Para gastar por abrasión los elementos sobresalientes de la superficie; la acción de la piedra de microhoneyado será gradualmente igualada la superficie de trabajo, corrigiendo algunas irregularidades de forma y reduciendo la rugosidad. Las mayores protuberancias de la superficie serán abrasionadas primero por la acción concentrada de la presión total de la piedra, el mayor desbaste será la primera fase de la operación, el rango de operación de penetración de la piedra será baja, parcialmente porque la presión específica sobre las áreas contactadas decrecen y parcialmente porque la superficie de trabajo comenzará a alisarse debido a la reducción de la acción abrasiva de la superficie de trabajo.

La última condición de la habilidad abrasiva de la piedra, es beneficiar en el desarrollo de un mejor acabado sobre la superficie de microhoneyado, el cual es el primer objetivo de proceso. El óptico balance entre la efectiva abrasión y la dependiente habilidad de lisura puede ser controlada por la selección propia de los procesos variables tales como velocidades recíprocantes y rotación en la presión aplicada, las formas las dimensiones y la composición de la piedra, etc.

Sin embargo tomará un largo tiempo para una piedra la cual tiene rápida capacidad de acción abrasiva, sin perder su habilidad de corte a un grado el cual producirá una superficie lisa.

Por esto o por otras razones retendrá sin obstáculos la capacidad de abrasión de la piedra, el proceso de microhoneyado es operado en su rango de su alta eficiencia.

Configuraciones Superficiales adaptables a Microhoneyado.

A menudo con menores modificaciones, pueden también ser adaptadas a varias otras superficies y condiciones. Estas adaptaciones serán -- ahora adaptadas en grupos definidos por la configuración general de la superficie de trabajo.

Superficies Cilíndricas.- Estas son procesadas por rotación de la -- pieza alrededor de un eje, la dirección de la piedra reciprocante es paralela con este eje.

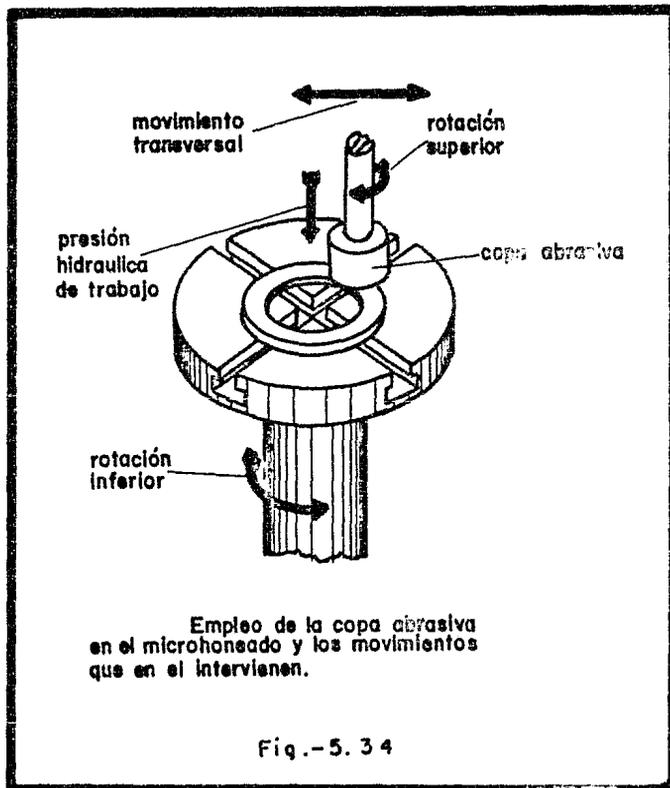
- Superficies Cilíndricas Cortas con Terminales Abiertas.- Estas son superficies cuyo ancho es menor que el largo de la piedra aplicada. El máximo recomendado de la piedra es cerca de tres veces su ancho, el cual es siempre menos que la parte diametral, pero generalmente no más de una pulgada.

- Superficies Cilíndricas Largas con Terminales Abiertas.- En este caso un movimiento transversal podrá ser sumado a los movimientos básicos del proceso, expondrá la entera longitud de la superficie de trabajo rotando a la acción de la piedra reciprocante. Tal movi--

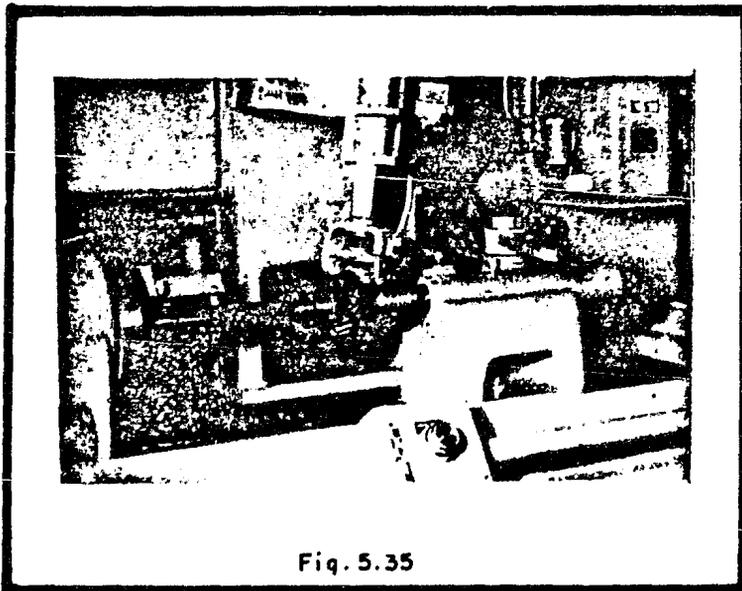
miento transversal es usualmente realizado sobre máquinas de microhonedo por la pieza montada sobre una pieza transversal, será soportada sobre roles en posiciones conocidas, las cuales impartirán el movimiento transversal requerido al trabajo, en suma a su rotación.

- Superficies Cilíndricas Cortas con uno o dos Apoyos.- El ancho de la piedra aplicable es menor, por la longitud de la carrera. Entonces el ancho de la superficie de trabajo o esta porción de ella podrá ser expuesta a la piedra de contacto. El microhonedo puede ser excelentemente usado para el acabado de tales superficies cilíndricas.
- Superficies Cilíndricas Internas.- Esta operación es similar a la aplicada a superficies externas cortas con la diferencia de que la piedra no es montada directamente sobre el mandril reciprocante -- del microhonedo, pero sí sobre un brazo atada, este sostendrá la piedra incidiendo la pieza, como se muestra en la Figura 5.33
- Superficies Planas.- La aplicación del microhonedo es usualmente limitado a estas superficies planas, las cuales debido a su localización son porciones necesitadas de la pieza que no son adaptadas al lapeado plano, las cuales han sido desarrolladas en una relación controlada a varios elementos de la pieza, esto puede ser usado para localizar la parte durante el proceso de microhonedo. Tales superficies planas son comúnmente de forma anular y, por consi

guiente el microhoneado es realizado por rotación de la pieza, alrededor de un eje normal a la dirección de la piedra reciprocante. Las superficies planas pueden ser microhoneadas con piedras reciprocantes las cuales son de forma rectangular. Por varias razones técnicas, sin embargo, incluyendo un mayor control del área afectada, las piedras aplicadas que tienen la forma de copa, son las más comúnmente usadas. Los principios de los movimientos y su correspondiente dirección son mostradas en la Figura 5.34



- Superficies Cónicas.- Conos de ángulo agudo y conos de ángulo ancho, ambos tipos pueden ser eficientemente procesados por microhorneado cuando el ancho de la superficie de la piedra no excede el rango, el cual puede ser cubierto por una piedra reciprocante. -- Usualmente tales operaciones son realizadas por inclinación de la cabeza del microhorneado al ángulo de inclinación de la superficie cónica de trabajo, con respecto a la parte del eje de un ángulo cónico agudo y con respecto a un plan normal a la parte del eje para un ángulo ancho cónico. Un ejemplo de un tipo de cabeza microhorneada es mostrada en la Figura 5.35



- Superficies de Conicidad Interna.- Son procesadas en una manera si milar al mismo tipo de equipo, pero unido en un brazo de extensión al mandril de la cabeza de microhoneado o sobre máquinas diseñadas para superficies internas.

Una de las más frecuentes y variadas aplicaciones de superficies de conicidad de microhoneado, es en el campo de la manufactura de baleros cónicos, donde este método es ampliamente usado para acaba do de ambas superficies cónicas internas y externas, en un proceso de alta precisión automatizada.

- Superficie Toroidal.- Estas superficies tienen la forma básica de un anillo cuyas secciones cruzadas radiales tienen un contorno de arco circular. La superficie toroidal cuyo acabado de microhoneado es más comúnmente utilizado, tiene un contorno cóncavo, tal como los canales de los anillos de los baleros, o las fajas de las bases de apoyos sobre una flecha.

- Superficies Esféricas.- Tales superficies pueden ser generadas rotando una rueda abrasiva de formado de copa, con su cara en contac to con una pieza rotando. Un acercamiento visto de tal arreglo es mostrado en la Figura 5.36 en un proceso automatizado.

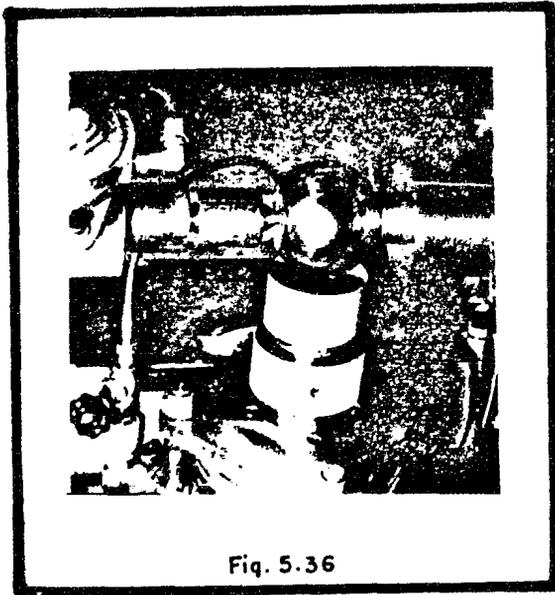


Fig. 5.36

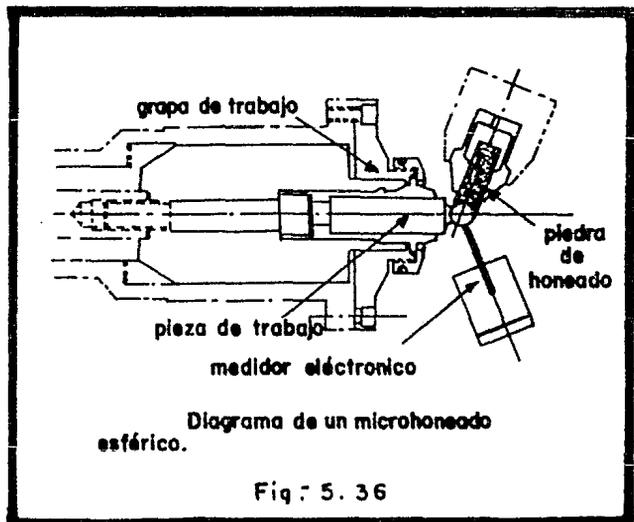


Fig. 5.36

Durante el proceso la cabeza rota a baja velocidad, mientras la -- piedra rota a alta velocidad. Para la fase de acabado de la operación, estas relaciones de velocidad son reversibles, el trabajo rota a alta velocidad y la velocidad del eje de rotación, junto con la presión de la piedra contra la superficie de trabajo, son reducidos substancialmente.

Para producir una superficie esférica, un movimiento oscilante tiene que ser sumado a la rotación de la pieza y de la rueda abrasiva.

- El Formado de Barril y otras Superficies Curvadas.- El microhoneado es excelentemente aplicado para el acabado de varios tipos de - superficies con elementos curvados, es suma de estas de forma toroidal y esférica.

Unos pocos ejemplos son mencionados del campo antifricción de baleros, por consiguiente los métodos de aplicación no son limitados a tales componentes, formas de barril, particularmente rolados en barril ambos de tipo simétrico o asimétrico, tales como los muestrados en la Figura 5.37 y sectores esféricos en zonas largas, como -- las caras de varios tipos de baleros.

- Piedras Abrasivas.- Ambos tipos de materiales abrasivos son usados para piedras de microhoneado: a) Abrasivos de óxido de aluminio,

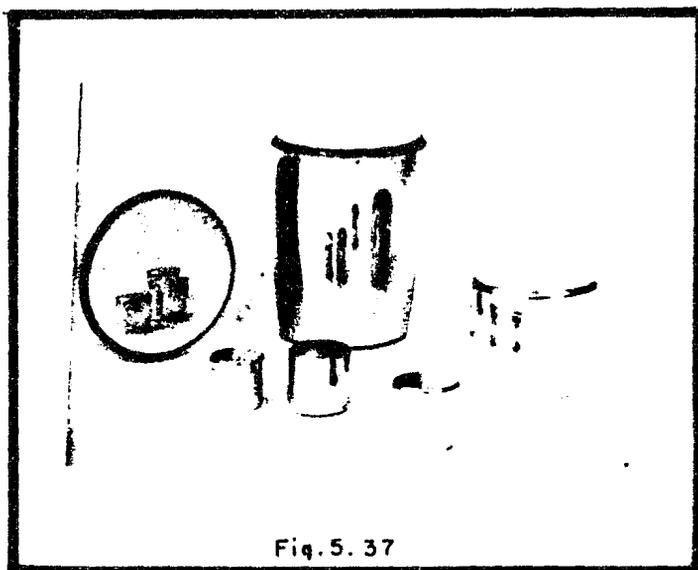


Fig. 5. 37

de menos facilidad de fractura, con ciertas características son seleccionados para aleaciones de acero. b) El Carburo de Siliceo es más friable y se encuentra adaptable para muy suaves tipos de aceros, también hierro colado y más tipos de metales no ferrosos. La dureza de las piedras empleadas en el microhoneyado, controlada por el porcentaje de aglomerante varía de J (muy suave) a P (muy duro). El primer tipo es usado para aleaciones extremadamente duras, hojas cromadas, mientras los aglomerados duros son necesarios para hierro colado y metales no ferrosos.

Las dimensiones de la cara de la piedra activa, es de acuerdo de los tamaños de la superficie de trabajo. Para superficies cilíndri

cas externas, el ancho de la piedra es cerca de 60% a 80% de la -- parte del diámetro, pero generalmente no más cerca de 1 pulgada -- (cerca de 25mm.)

Para diámetros de trabajo de cerca de 6" (cerca de 150mm.), las ca bezas de microhoneyado, con varias piedras arregladas a lo largo de un arco en cumplimiento con la superficie de trabajo son frecuente mente usadas. La longitud de la piedra es usualmente algo menos - que la longitud de la superficie de trabajo, pero no más que tres veces el ancho de la piedra.

Cuando la composición de la piedra y los datos de operación son co rrectamente seleccionados entonces un subsecuente reafilado de la piedra es innecesario durante su vida de servicio.

- Presión de la Piedra.- Una de las características del método de -- microhoneyado es el uso de una baja presión de la piedra, evita una profunda penetración en la superficie de trabajo, el cual dejaría surcos y produciría calor. El efecto de corte del grano está limi- tado a los elementos sobresalientes de la superficie y esa acción puede ser ejecutada para causar que las piedras carguen contra la pieza con una baja fuerza. Para el promedio de trabajo, la presión de la piedra está en el rango de 1.41 a 2.81 kg/cm²) es generalmen te usada la presión para rugosidad que debe ser cerca del doble de

estos valores. Para muy fino acabado, particularmente para material suave, la presión de la piedra es baja de 0.14 a 0.35 kg/cm². La baja velocidad de trabajo del proceso de microhoneado genera un muy fino pero aún distinguible patrón de cruzado-rayado (cross-hatch), el cual puede ser la condición superficial en muchas aplicaciones, por lo que reduce la reflectividad o brillantes de la superficie de trabajo. Una alta velocidad de trabajo el patrón desaparece y una superficie brillante es desarrollada.

Las máquinas de microhoneado diseñadas para aplicaciones generales, tal como el modelo mostrado en la Figura 5.38 están operando con una cabeza de microhoneado transversal.

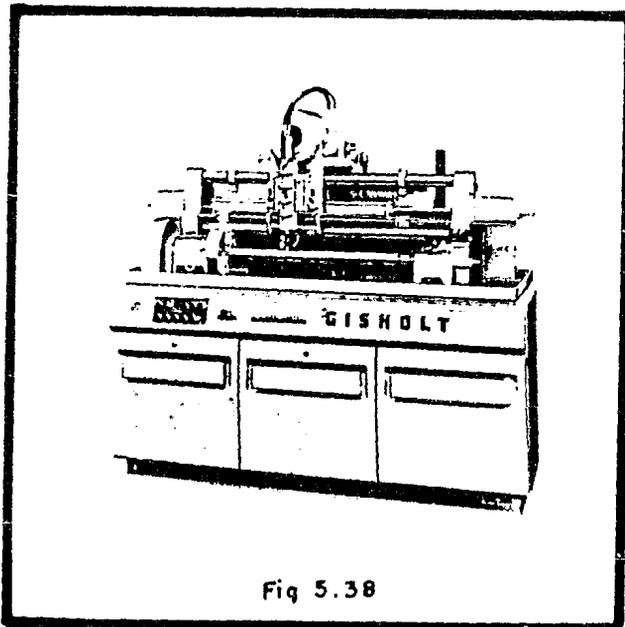
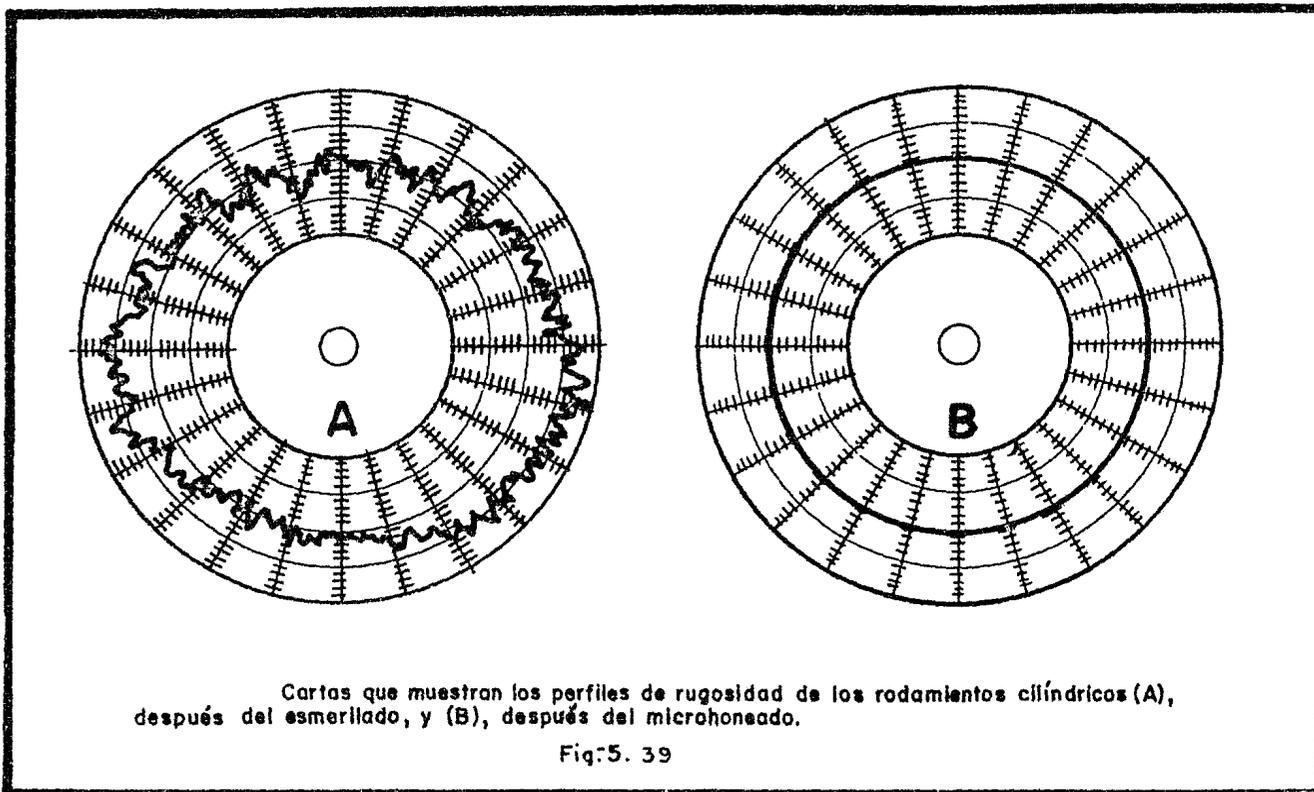
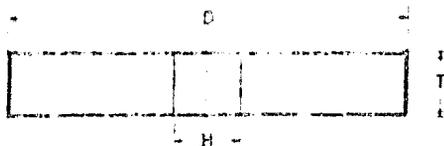


Fig 5.38

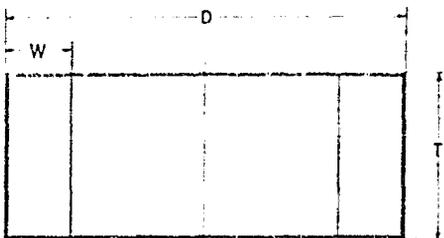


A N E X O S

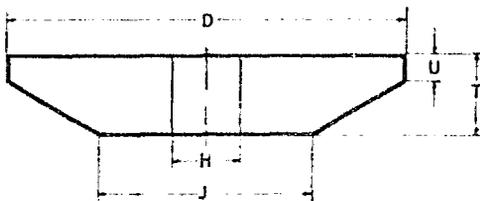
TIPO 1



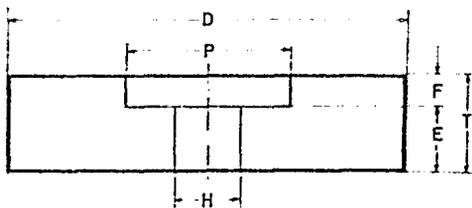
TIPO 2



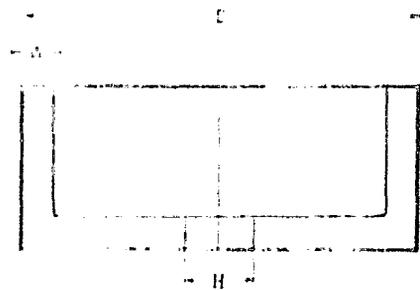
TIPO 3



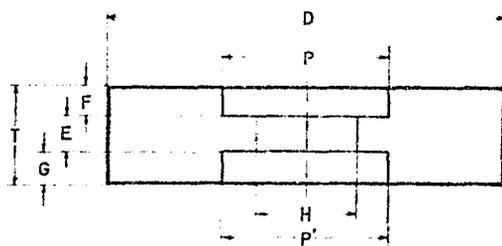
TIPO 5



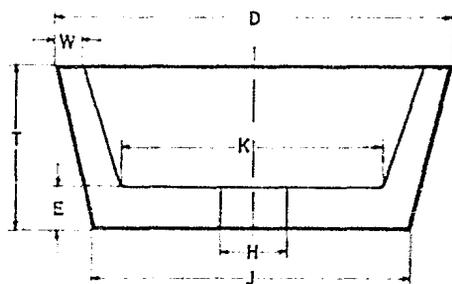
TIPO 6



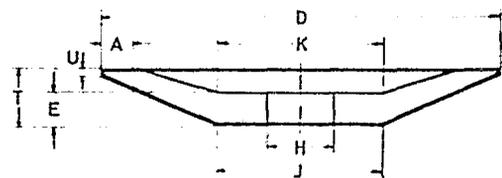
TIPO 7



TIPO 11



TIPO 12



CLAVE DE LAS DIMENSIONES

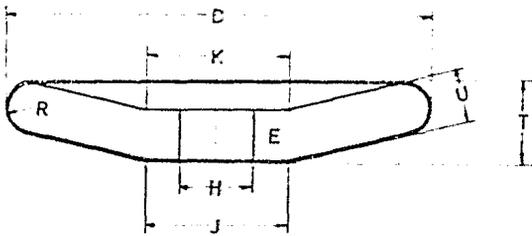
- A Ancho del Plano en la periferia
- B Profundidad del inserto roscado
- D Diámetro total
- E Grosor en el Barreno
- F Profundidad de la caja en la cara 1

- G Profundidad de la caja en la cara 2
- H Diámetro del barreno
- J Diámetro del Plano externo
- K Diámetro del Plano interno
- N Profundidad del relieve en la cara 1
- O Profundidad del relieve en la cara 2

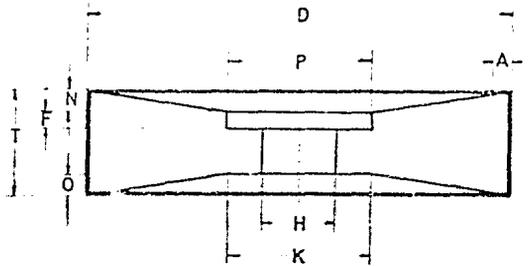
- P Diámetro de la caja
- R Radio de curvatura de la cara
- S Longitud de la sección cilíndrica
- T Grosor total
- U Grosor del borde
- W Grosor de la pared angular

TIPOS DE RUEDAS ABRASIVAS

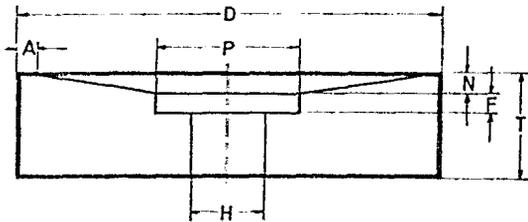
TIPO 13



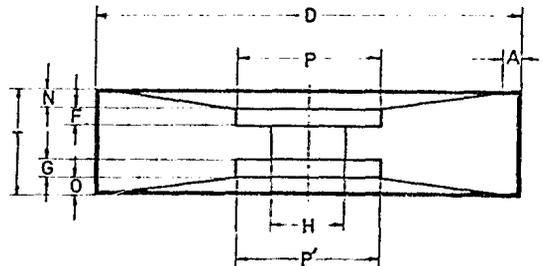
TIPO 25



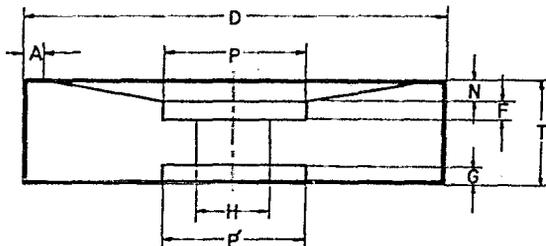
TIPO 23



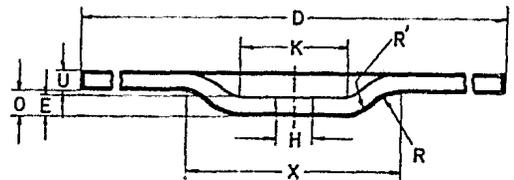
TIPO 26



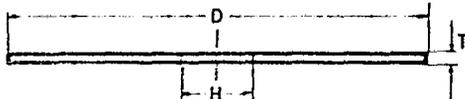
TIPO 24



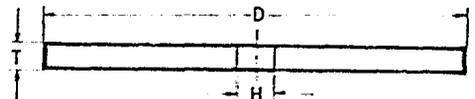
TIPO 27



TIPO DC



TIPO DE



CLAVE DE LAS DIMENSIONES

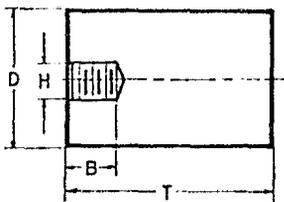
- A Ancho del Plano en la periferia
- B Profundidad del inserto roscado
- D Diámetro total
- E Grueso en el barreno
- F Profundidad de la caja en la cara 1

- G Profundidad de la caja en la cara 2
- H Diámetro del barreno
- J Diámetro del Plano externo
- K Diámetro del Plano interno
- N Profundidad del relieve en la cara 1
- O Profundidad del relieve en la cara 2

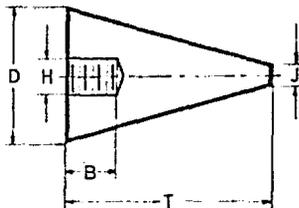
- P Diámetro de la caja
- R Radio de curvatura de la cara
- S Longitud de la sección cilíndrica
- T Grosor total
- U Grosor del borde
- W Grosor de la pared anular

TIPOS DE RUEDAS ABRASIVAS

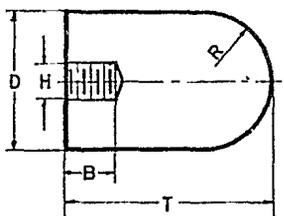
TIPO 18



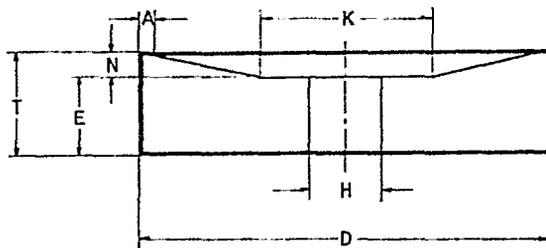
TIPO 17



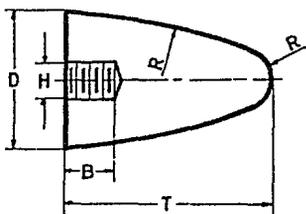
TIPO 18R



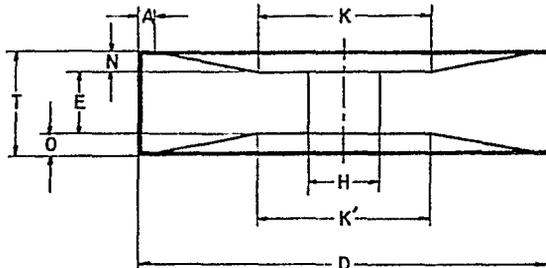
TIPO 20



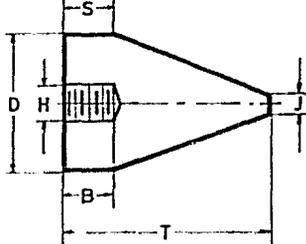
TIPO 16



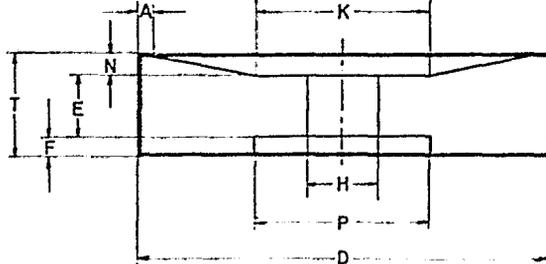
TIPO 21



TIPO 19



TIPO 22



CLAVE DE LAS DIMENSIONES

- A. Ancho del Plano en la periferia
- B. Profundidad del inserto roscado
- D. Diámetro total
- E. Grosor en el barreno
- F. Profundidad de la caja en la cara 1

- G. Profundidad de la caja en la cara 2
- H. Diámetro del barreno
- J. Diámetro del Plano externo
- K. Diámetro del Plano interno
- N. Profundidad del relieve en la cara 1
- O. Profundidad del relieve en la cara 2

- P. Diámetro de la caja
- R. Radio de curvatura de la cara
- S. Longitud de la sección cilíndrica
- T. Grosor total
- U. Grosor del borde
- W. Grosor de la pared angular

TIPOS DE CARAS DE RUEDAS ABRASIVAS

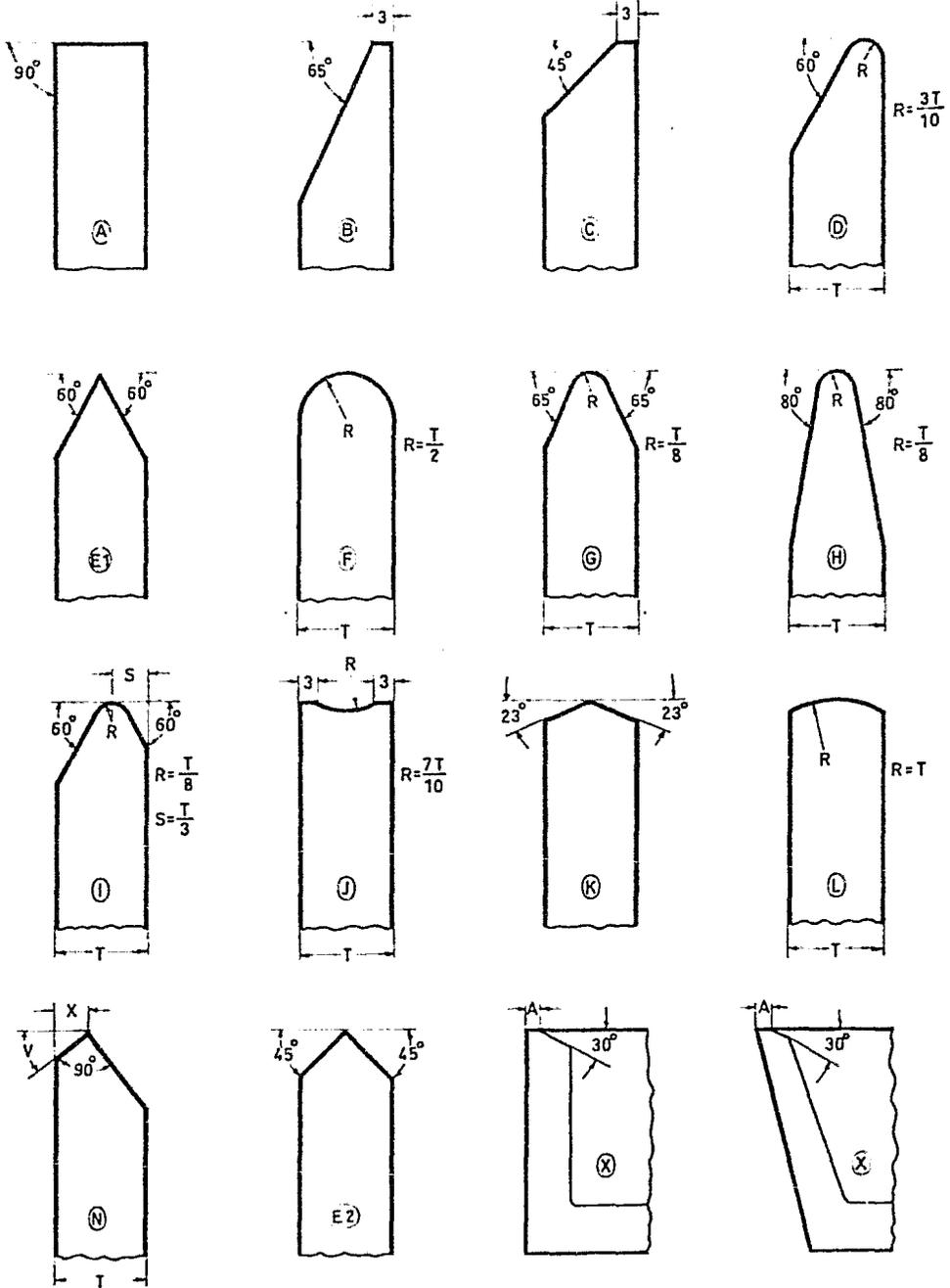


TABLA DE EQUIVALENCIAS DE GRANOS ABRASIVOS

TIPO DE ABRASIVO Y PUREZA	GRAF	TYROLIT	NORTON	CARBO-RUNDUM	BAY STATE	SIMONDS	UNIVERSAL	NAXOS UNION	A. P. DE SANNO	ATLANTIK
Oxido de Aluminio Regular 95-96%	PA	A,10A	A	A,3A	A,1A	A	A	NK	A	NK
Oxido de Aluminio Sinterizado para Alta Presión		15A	75A	WA	15A	ZA			XA	
Oxido de Aluminio Semifriable 97-98%		52A	57A	GA	3A	JA		HKC	7A	HK
Oxido de Aluminio Rosa 98-99%	RUA	88A		FA	8A	NA		EKd		EK
Oxido de Aluminio Blanco 99-99.8%	WA	89A	38A	AA	9A	WA	WA	EK	10A	EDw
Oxido de Aluminio Rubina 97-98%		91A	25A	5A	5A	RA				
Oxido de Aluminio Especial 99-99.9%		92A	32A	PA		SA		EKa	RA	EKs
Oxido de Aluminio Regular Oxido de Aluminio Semifriable		30A								
Oxido de Aluminio Regular Oxido de Aluminio Blanco	RWA	50A	19A	DA	2A	NA	MA	HK	JA	NKEK
Oxido de Aluminio Semifriable Oxido de Aluminio Especial		70A	23A	HA	16A				97A	
Oxido de Aluminio Blanco Oxido de Aluminio Rosa	RUW	87A								
Oxido de Aluminio Blanco Oxido de Aluminio Especial		90A								
Carburo de Silicio Verde 99.6-99.7%	GC	C	39C	GC	1C	GC	C	SCg	GC	30g
Carburo de Silicio Negro 99.4-99.5%	GS	IC	37C	CBC	C	C	RC	SC	C	30d
Carburo de Silicio Verde Carburo de Silicio Negro	GSC	50C		RC	3C				GCC	
Carburo de Silicio Negro Oxido de Aluminio Regular	AC	AC	AC	CA	CA	CA			CADA	NC

BIBLIOGRAFIA

MYRON L . BERGMAN - AMSTAEAD
PROCESOS DE FABRICACION

JOHN L . FEIRER
MAQUINADO DE METALES CON MAQUINAS HERRAMIENTAS

A. CHEVALIER
TECNOLOGIA DE LAS FABRICACIONES MECANICAS

E. KIRK - F. OTHMER
ENCICLOPEDIA DE TECNOLOGIA QUIMICA

OBERG - JONES
MANUAL UNIVERSAL DE LA TECNICA MECANICA

ING. TONI HEILER
DICCIONARIO TECNICO ILUSTRADO DE HERRAMIENTAS DE CORTE

GEOPGE S. BRADY
MANUAL DE MATERIALS

AMERICAN SOCIETY OF TOOL AND MANUFACTURING ENGINEERS
TOOL ENGINEER'S HANDBOOK

RUPERT LEE GRAND
THE NEW AMERICAN MACHINIST'S HANDBOOK

CARBORUNDUM COMPANY
SELECCION, IDENTIFICACION DE LOS ABRASIVOS

LUCCHESI DOMENICO
RECTIFICADO Y ACABADO

LIONEL S. MARKS
MANUAL DEL INGENIERO MECANICO

ARAGONES J.
ACABADOS

ENCICLOPEDIA BRITANICA

SELECCIONES GRITS & GRINDS

CATALOGOS

TYROLIT , WINTER, GREENFIELD, CARBORUNDUM

NORTON INTERNACIONAL INC.

PUBLICACIONES TECNICAS