

Unidad Temática N° 6: ESMERILADO Y RECTIFICADO

El esmerilado y rectificado son operaciones similares de corte con arranque de virutas. Se diferencian únicamente en la finalidad de cada una de ellas, ya que ambas se realizan con la misma herramienta de corte, denominada **muela**. El esmerilado tiene la finalidad de mejorar terminación de la pieza, obtenida por otro proceso de mecanizado, como sería por ejemplo la unión de dos materiales por soldadura o la eliminación de rebabas en piezas obtenidas por fundición. Por rectificación se logra una mejor terminación de la superficie mecanizada de una pieza. Es decir disminuir su “rugosidad superficial”. Por ejemplo la superficie exterior de un eje.

La muela, denominada comúnmente “piedra de esmeril”, si bien también corta material, presenta características completamente diferentes a las utilizadas en otras operaciones de mecanizado. En efecto en este caso la herramienta no presenta filos de corte, sino “granos” abrasivos, denominados “mordientes”. Por el nombre dado a la herramienta de corte, las operaciones de esmerilado y rectificado se las denomina también “amolado” y consecuentemente las máquinas herramientas, esmerilado, rectificadores y genéricamente amoladoras.

Su característica principal de trabajo, es que el corte se realiza por “raspado”, que permite que el espesor de corte pueda ser de centésimas de milímetros, imposible de conseguir con otro tipo de herramienta. Ello permite mecanizar piezas de gran longitud y poco diámetro sin que la misma experimente efecto de presión, que produciría flexión en la misma. También permite el trabajo sobre piezas de poca longitud que no pueden ser sujetas entre “puntas”.

Elementos constitutivos de una muela: Son los granos abrasivos o mordientes y el cemento aglutinante o ligante que los unen. Si bien tanto uno como otro son conocidos, no ocurre lo mismo la proporción en que se los utiliza, que constituye una exclusividad de las casas fabricantes (patente).

El mordiente o abrasivo puede ser natural o artificial:

- Naturales: cuarzo, gres, sílice, y arena cuyo componente principal es el óxido de silicio. El corindón y el esmeril son de sesquióxido de aluminio.
- Artificiales: sesquióxido de aluminio o corindón artificial. Comercialmente se los denomina **alundum o aloxin**. Se los obtiene a partir de la bauxita, tratada en horno eléctrico a 4000°C. Se obtienen bloques, sucesivamente son triturados, molidos y tamizados para la clasificación de los granos. Estos se mezclan con el cemento, se lo moldea de acuerdo a la forma que se quiere obtener de la muela y se seca.

Carburo de silicio, con denominación comercial de carborundum: carboron o korundum. Se los obtiene tratando en horno eléctrico a 2000°C, una mezcla de coque, arena, sal de mar y aserrín de madera, que cristaliza formando bloques con 70% de sílice y 30% de carbono (término medio). Estos bloques se trituran, muelen, tamizan, mezclados con el cemento, moldeados y secados.

El cemento, ligante o aglutinante pueden ser: cerámicos, vítreos: elásticos y baquelizados.

Los cerámicos están formados por una mezcla de caolín, feldespato y arcilla. Las muelas que los utilizan, una vez moldeada, deben ser sometidas a cocción para vitrificar la masa, que resulta porosa y perfectamente homogénea. Se emplea prácticamente en el 90% de la muela que se utilizan en la práctica. Son muelas frágiles, por lo tanto, las muelas no pueden fabricarse de poco espesor. Resisten favorablemente a los ácidos, agua, gas, calor y aceite.

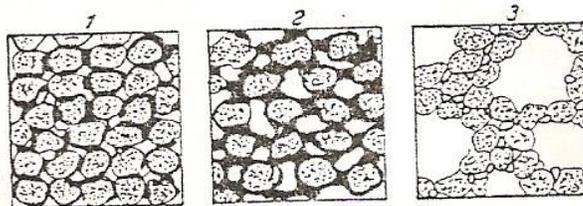
Los vítreos son a base de silicato de sodio, que le confiere a la muela gran elasticidad y por lo tanto pueden ser construidas en grandes diámetros y de poco espesor. También la desventaja de su poca resistencia a la temperatura. Se utiliza normalmente para trabajos en “seco”.

Los elásticos, son de base de goma laca, por lo cual tienen gran elasticidad lo que permite altas velocidades de corte. Se utilizan para el acerado de barras de acero templado o de gran dureza.

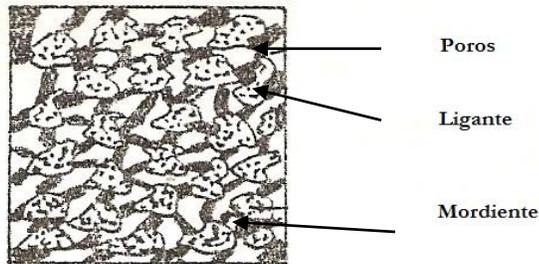
Los baquelizados, utilizan resinas sintéticas (bakelitas). Permite trabajar con velocidades de corte de hasta 90 m/min. Se utiliza especialmente para el aserrado y desbarbado de piezas en bruto.

Estructura de la muela: El corte de una muela permite distinguir los siguientes elementos: granos abrasivos o mordientes: aglutinante o ligante y espacios vacíos o poros. En general y en base a su estructura las muelas pueden ser:

1. Muy compacta: donde los espacios vacíos son pequeños. Se utiliza sobre metales duros.
2. Mediana: con distribución intermedia de mordiente, aglutinante y poros. Se utiliza para materiales tenaces o cuando la superficie es amplia.
3. Esponjosa: cuando los poros tienen gran dimensión. Se utiliza para el mecanizado de piezas construidas en metales blandos (dulces) o plásticos.



— Estructura de las muelas.



En términos generales, podemos considerar las siguientes normas:

- Las muelas grandes y anchas deben ser constituidas con un ligante débil, para que resulten “blandas”
- Las piedras para rectificar superficies planas deben ser más blandas que las utilizadas para las cilíndricas.
- Para materiales duros utilizar muelas “blandas” y para blandos “duros”
- Cuanto mayor es la velocidad de trabajo, menor debe ser la dureza de la piedra.

Debemos aclarar que para las muelas, el término “dureza”, se refiere a la mayor o menor capacidad de aglutinación (retención del mordiente) del ligante.

Clasificación de las muelas: Normalmente la clasificación de las muelas, se realiza en base al tamaño del grano del mordiente y al poder de aglutinación del ligante o dureza. El tamaño del grano se indica con un número que está referido al tamiz utilizado para su clasificación y la dureza con una letra mayúscula. Ambos parámetros son característicos de las casas fabricantes, por lo cual se deberá recurrir a catálogos.

Número de granos					
Muy basto	Basto	Semi-basto	Semi-fino	Fino	Muy fino
10-12-14	16-20	24-26-36	40-46 50-60	70-80-90 100-120	180-200-220

Grado de dureza convencional				
Dulcísimo (muy blanda)	Dulce (blando)	Mediano (semiduro)	Duro	Durísimo
E-F-G	H-I-J-K	L-M-N-O	P-Q-R-S	T-U-W-Z

Todo lo anterior indica que la elección de una muela debe realizarse en base a las características e indicaciones de las casas fabricantes, según los catálogos respectivos.

Uso y mantenimiento de una muela: Por su constitución, la muela es un elemento frágil, y por lo tanto de fácil rotura. Su uso debe realizarse tomando una serie de recaudos, sobre todo desde el punto de vista de la seguridad del operario, ya que la rotura de una muela en trabajo, produce

proyecciones de trozos que puede provocar una lesión fija. Las tareas de prevención deben comenzar con la elección de la muela, adoptando la más conveniente al trabajo a realizar, en base a las características e indicaciones de los fabricantes. Como norma general, y que sin ello sea excluyente de otras verificaciones, se debe efectuar las siguientes:

- Inspección previa: Para detectar fisuras. La misma puede ser visual, observando determinadamente la misma, si es posible con una lupa o sonora, para lo cual la muela debe ser suspendida libremente y ser golpeada suavemente con una masa de madera. Debe escucharse un ruido metálico. Se debe así mismo la conformación de la muela, es decir sino presenta deformaciones y si el agujero central no está deformado o sobre dimensionado.
- Prueba de equilibrio: Utilizando guías paralelas.
- Efecto centrífugo: La velocidad de rotación de la muela provoca un efecto centrífugo, que si es mayor al soportado por la constitución de la misma, puede provocar su rotura. A tal efecto se utiliza la siguiente expresión:

$$C \text{ (Kg)} = \frac{G \times V^2}{g \times x}$$

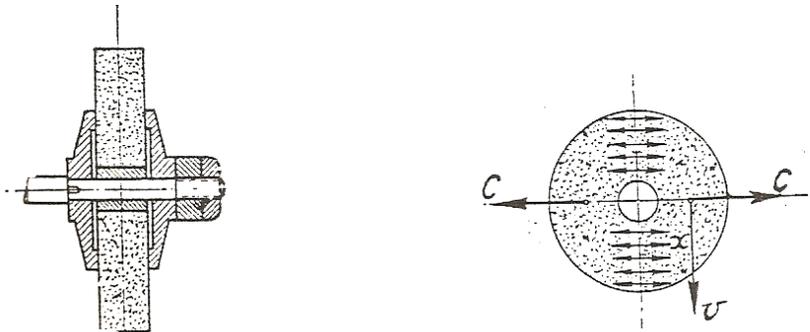
Dónde:

G= peso de la muela (Kg)

V= velocidad tangencial sobre el punto considerado

X= distancia radial de su baricentro

G= aceleración de la gravedad



Esta comparación es conveniente realizarla periódicamente a medida que la muela se va desgastando.

- Montaje: (fig. anterior) El montaje de la muela debe ser realizado entre dos discos o bridas con un borde saliente perfectamente plano. Entre la superficie de cada disco y la muela se coloca papel o cartón. La brida libre se fija con tuerca de rosca fina y contra tuerca. Si es necesario el espacio entre eje y agujero de la muela se rellena con plomo.

Durante el uso de la muela se debe efectuar periódicamente el torneado y perfilado de la parte activa de la misma. El torneado tiene por finalidad mantener la concentricidad de la muela con respecto al eje de giro. Se realiza con herramienta de diamante comercial. El perfilado es a efectos de limpiar la superficie de corte y/o darle determinada forma a la parte activa. Se efectúa con cuchillas de acero o rodillos perfiladores.

Potencia absorbida en el rectificando: lo podemos determinar en función de la dureza tangencial de corte y del volumen de virutas cortado (polvo de rectificando).

- En función de la dureza tangencial de corte: se supone que la muela actúa como una fresa de gran número de dientes y se establece como condición que el momento motor debe ser como mínimo igual al momento resistente, y expresarlos en función de la velocidad tangencial de la muela:

$$M_m = M_r$$

$$F \times V_m = V_p \times a \times e \times K_s$$

Dónde:

F: fuerza de corte (Kg)

V_m : Velocidad periférica de la muela (m/min)

V_p : Velocidad periférica de la pieza (m/min)

e: Espesor de pasada (mm)

K_s : Resistencia específica al corte del material (Kg/mm²)

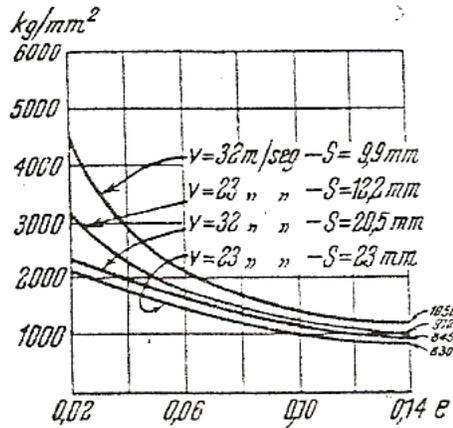
Resulta:

$$F = \frac{V_p}{V_m} \times a \times e \times K_s$$

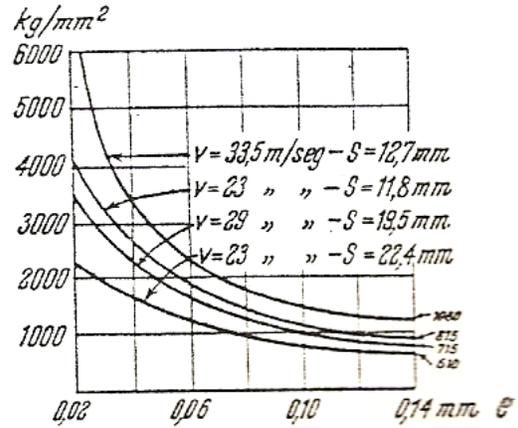
De donde:

$$N = \frac{F \times V_m}{75}$$

Los valores de K_s se obtienen de tablas y/o gráficos:



— Valores de k , para rectificar piezas de acero.



— Valores de k , para rectificar piezas de fundición.

- En función del volumen de virutas cortado (polvo): la potencia es calculada en base al volumen de polvo metálico cortado en mm^3/min .

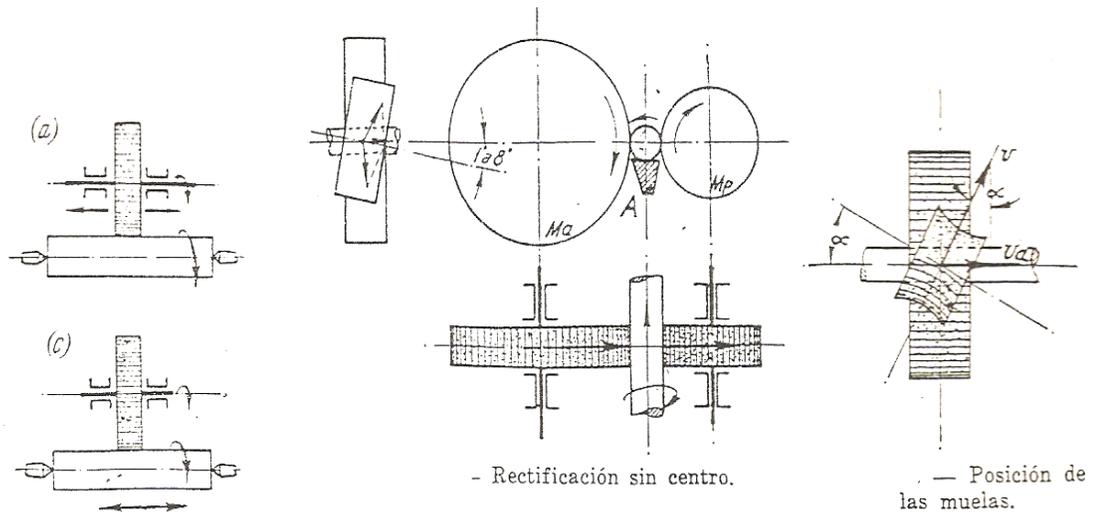
$$N = \frac{V}{v} = \frac{\text{Volumen total cortado en } \text{mm}^3/\text{min}}{\text{volumen específico en } \text{mm}^3/\text{min CV}}$$

A su vez V (mm^3/min) = a (mm/vuelta) \times e (mm) \times V_p (mm/min)

Operaciones de rectificado: pueden realizarse las siguientes:

- Rectificado de superficies cilíndricas exterior e interior:

Rectificado exterior: pueden ser con centro o sin centro. En el primer caso la pieza esta sostenida entre puntas (cabezal fijo y móvil), y se utiliza para piezas de cierta longitud. El segundo para piezas de poca longitud.



En el rectificado exterior entre puntas pueden producirse las siguientes situaciones:

- Muela animada de un movimiento de rotación y pieza desplazándose (longitud) con movimiento de rotación (fig. c anterior).
- Muela animada de movimiento de rotación y translación y la pieza con un movimiento de rotación (fig. a anterior).

En el rectificado cilíndrico sin centro la pieza es colocada libremente entre dos muelas de distinto diámetro. La menor se denomina “portante” y es de grano más grueso. La mayor activa por ser la que corta el material. Las muelas: giran en el mismo sentido y sus ejes son ligeramente oblicuos entre si. Como consecuencia de esta disposición la pieza a la vez que gira experimenta un movimiento de avance. El apoyo de la pieza está más próximo a la muela portante, que es en realidad la que provoca el giro de la pieza en trabajo. La inclinación de la muela portante con respecto a la activa es de 8° . El avance de la pieza es tanto mayor cuanto mayor es la inclinación entre ejes. En general puede considerarse que:

$$V_a = v \times \sin \alpha$$

Dónde:

V_a : Velocidad de avance

V : Velocidad periférica de la muela portante

En términos generales se adopta:

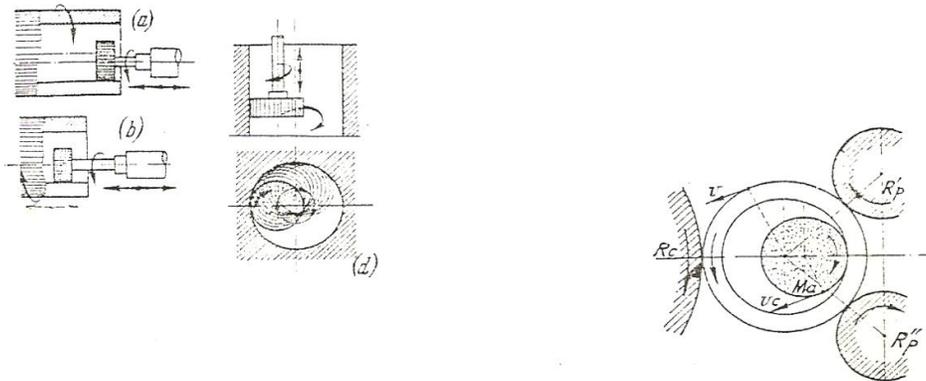
Velocidad de la muela activa: 30 m/seg.

Velocidad de la muela portante: 0.2 a 5 m/seg

Rectificado interior: la superficie cilíndrica puede efectuarse:

- Girando la muela sobre si mismo con desplazamiento longitudinal, mientras la pieza gira sobre su eje. (fig. a)

- Girando la muela sobre si misma y la pieza girando y desplazándose longitudinalmente. (fig. b)
- Con la pieza fija y la muela efectuando un movimiento de rotación sobre si misma, un movimiento de rotación planetario y un movimiento de desplazamiento longitudinal. (fig. d)



En el rectificado cónico interior sin centro, la pieza se coloca entre tres rodillos de ejes paralelos. Dos de ellos son de menor diámetro y actúan como portantes. El de mayor diámetro es el conductor y su movimiento de rotación se comunica a la pieza. La acción de corte la realiza la muela activa que gira y a la vez se trasladan internamente.

El rectificado sin centro presenta las siguientes ventajas:

- Reduce los tiempos pasivos de centrado y colocación de la pieza.
- No requiere personal especializado. Por lo tanto economía de mano de obra.
- Pueden rectificarse piezas de poco diámetro y longitud.
- Se elimina los apoyos intermedios o lunetas.

Rectificado de superficies cónicas: se realiza desplazando angularmente el eje de la pieza en forma similar al torneado cónico. La pieza gira y se desplaza: la muela gira sobre su eje. En el rectificado cónico de superficies interiores los ejes de la pieza y de la muela forman un determinado ángulo sobre el mismo plano, cortándose en un punto. La pieza gira y se desplaza.

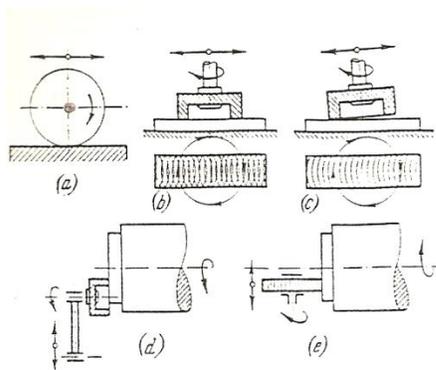


Rectificado de superficies planas: su forma de realizarse varía de acuerdo al trabajo a realizar:

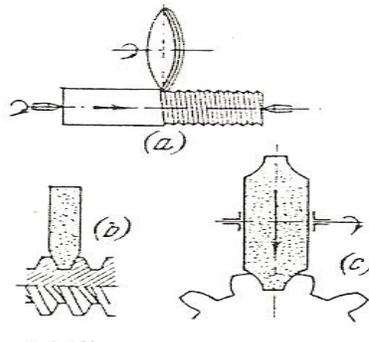
- La muela gira sobre su eje y la pieza se desplaza en forma rectilínea. (fig. a)
- La muela gira con su eje perpendicular a la pieza, que se desplaza. (fig. b)
- La muela gira ligeramente inclinada con respecto al plano de la pieza. (fig. c)
- Frentado de piezas por muelas que giran sobre si misma, frente a una superficie normal de la pieza, que también gira sobre si misma. (figs. d y e)

Rectificado de superficie de forma: se refiere al rectificado de roscas externas e internas: de tornillo sin fin, de dientes de engranajes.

Superficies planas:



Superficies de forma:



Procedimientos de rectificado: El rectificado es una operación cuya finalidad es disminuir la altura de la rugosidad superficial, dejada por las herramientas de corte con filo. Según el grado de disminución que se logra, se consideran los siguientes procedimientos:

- Rectificado propiamente dicho: o directamente rectificado. Es el que se efectúa con muelas comunes de forma geométrica definida de acuerdo al trabajo a realizar y que reduce la altura de rugosidad entre 1 a 4 micrones.
- Pulido: da a la pieza una cierta terminación superficial sin exigencia de valores de tolerancia: forma y/o dimensiones. La operación se realiza utilizando correas planas y/o

discos de cartón fieltro, que se impregnan con el abrasivo. El tiempo de pulido debe ser breve, porque caso contrario el efecto puede ser un mayor “rayado”.

- Bruñido: para esta operación se utiliza el abrasivo en polvo que se mezcla con cera y/o sustancias grasas, y moldeando la mezcla en forma de panes, Una variante lo constituye el bruñido a presión que se realiza con discos de acero de alta resistencia. La eliminación de las irregularidades se logra por “aplastamiento”.
- Lapeado o lapping: se realiza con abrasivos o mordientes de naturaleza “aluminosa” que se soporta sobre un material poroso como por ejemplo cobre o fundición dulce. La operación debe realizarse con abundante lubricación para evitar elevación de temperatura y por pocos segundos. Reduce la altura de rugosidad entre 0.1 a 0.2 micrones.
- Livigación o super-finish: es similar a la anterior, que se realiza con muelas duras, abrasivos aluminosos con cemento vítreo o elástico: abundante lubricante: presiones reducidas (1.5 -2.2 kg/cm²) y breves segundos (3 a 30 seg). Reduce la altura de rugosidad hasta 0.05 micrones.

Rectificación y lubricación: siempre que el material en trabajo lo permite, las operaciones de rectificado deben realizarse con abundante refrigeración y/o lubricación, cuya finalidad es eliminar el calor que se genera por el corte y disminuir el coeficiente de rozamiento. Como refrigerante se utiliza agua a la cual se le agrega aceite soluble o bien sulfato de sodio, disuelto en la proporción de 1 a 10. La lubricación con un aceite de baja viscosidad.

Tiempo de mecanizado: (se debe considerar doble carrera)

- Para el rectificado cilíndrico: $T_m = n_p \times t_p$

$$n_p = \frac{e_t \text{ (espesor total)}}{e_p \text{ (espesor por pasada)}}$$

$$t_p = \frac{n \text{ (nº de vueltas pza p/doble carrera)}}{n \text{ (giros de la pieza vpm)}}$$

$$2L \text{ (mm)} = n \times a$$

a: avance mm/vueltas

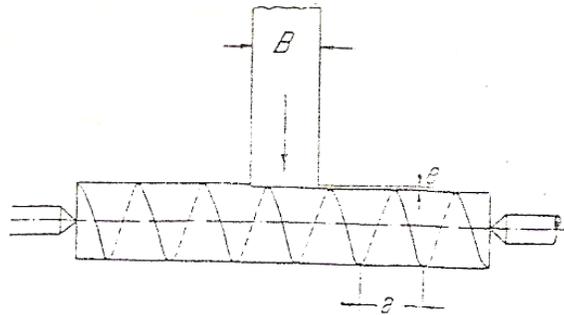
L: longitud de la pza

Resulta:

$$n = \frac{2L}{a}$$

Entonces:

$$T_m = \frac{e_t}{e_p} \times \frac{2L}{n \times a}$$



- Para el rectificado plano: en este caso se considera la longitud de la pieza perpendicular al movimiento de la muela. Para el grafico será:

$$n \times a = b \rightarrow n = \frac{b}{a}$$

$$T_m = \frac{e_t}{e_p} \times \frac{b}{n \times a}$$

