

59
20



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

TIPIFICACION Y SELECCION DE ABRASIVOS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
LUIS FELIPE GONZALEZ DE LA CABADA

DIRECTOR DE TESIS:
ING. ARMANDO ORTIZ PRADO

MEXICO, D. F.

1 9 8 7



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

<u>CAPITULO</u>	<u>TITULO</u>	<u>PAGINA</u>
I	INTRODUCCION	1
II	GRANOS ABRASIVOS	4
III	LIGAS O AGLUTINANTES	13
IV	GRADUACION DE LOS GRANOS ABRASIVOS	20
V	ESTRUCTURA DE LAS RUEDAS ABRASIVAS	23
VI	SISTEMA DE IDENTIFICACION DE LOS ABRASIVOS	26
VIII	PROCESO DE CORTE	35
VII	FABRICACION DE HERRAMIENTAS ABRASIVAS	60
IX	FLUIDOS PARA ABRASION	73
X	EVALUACION DE LA CALIDAD DE UNA SUPERFICIE ESMERILADA	80
XI	SEGURIDAD	85
XII	TIPOS DE TRABAJO DE ESMERILADO	96
XIII	FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCION DE UNA RUEDA	125
ANEXO A	TIPOS DE MUELAS DE DIAMANTE Y CBN	130
ANEXO B	FORMAS ESTANDARES DE LAS PIEDRAS ESMERILES Y PUNTAS MONTADAS	134
ANEXO C	HERRAMIENTAS DE RECTIFICAR D. DIAMANTE	139
ANEXO D	PUNTAS MONTADAS	155
ANEXO E	COSTOS	161
ANEXO F	TABLA DE RECOMENDACIONES	165
	BIBLIOGRAFIA	176

CAPITULO I

INTRODUCCION

Los abrasivos juegan un papel importante en la industria. Comúnmente se les relaciona directamente con el uso de las máquinas herramientas, sin embargo, su utilidad práctica rebasa las fronteras del trabajo industrial.

El trabajo de abrasión que tradicionalmente había sido estrictamente de acabado, hoy se ha convertido en una operación que también puede ser utilizada para la remoción de material. Actualmente, existen máquinas de abrasión que tanto pueden trabajar removiendo grandes cantidades de metal, como en operaciones de acabado en el rango de las diez-milésimas de pulgada (centésimas de milímetro), lo que les da una gran versatilidad.

El mecanizado con abrasivos consiste en eliminar material en la pieza de trabajo mediante cristales cortantes.

Este mecanizado asemeja al realizado en las máquinas herramientas en donde sólo existe un elemento cortante; en cambio, en el caso de la abrasión existen una infinidad de herramientas de corte que trabajan una después de otra logrando el desgaste de la pieza de trabajo.

Las herramientas abrasivas pueden ser clasificadas en cuatro grupos:

- A) Ruedas abrasivas.- Están básicamente, compuestas por una combinación de granos abrasivos, elemento ligante y porosidad controlada.

- B) Abrasivos revestidos.- Son fabricados mediante la combinación de granos abrasivos y liga sobre respaldos de fibra, papel, tela u otras combinaciones.
- C) Granos para pulimentos.- Son producidos en una amplia variedad de tamaños y son usados con adhesivo sobre ruedas especiales. Otros tipos de granos también son mezclados con ciertos elementos (aceites u otros) en forma de compuestos y pastas.
- D) Piedras y limas.- Están compuestas igual que las ruedas abrasivas por granos, elemento ligante y porosidad controlada, pero en formas muy variadas y se utilizan para afilar herramientas y otros.

Existen abrasivos de origen natural y abrasivos de origen artificial. Estos últimos son los más usados por sus mejores características para el trabajo de abrasión.

Los abrasivos que actualmente se usan en la industria son:

ABRASIVO	SÍMBOLO O FÓRMULA
Alúmina	(Al_2O_3)
Carburo de Silicio	(SiC)
Diamante	(DIA)
Nitrato cúbico de Boro	(CBN)
Granate.	

De todos ellos, los dos primeros, la alúmina y el carburo de silicio son los que se encuentran más fácilmente en la industria y los más comúnmente usados.

En cuanto a las ligas o aglutinantes, los más empleados son:

- Cerámicas vitrificadas (cerámicas)
- Resinas (plásticos)
- Hule (natural y sintético)
- Shellac (laca)
- Metal (polvos metálicos sinterizados)

El empleo de ellos es determinado de acuerdo al uso que proporcionará la piedra o rueda abrasiva, considerando el material de la pieza de trabajo, la velocidad y temperatura, además de otras condiciones que determinen la adición de refrigerantes o lubricantes en el proceso abrasivo.

Una de las grandes ventajas del trabajo con abrasivos, es que las piedras esmeriles se pueden fabricar en formas y tamaños tan diversos como lo exijan las condiciones de trabajo. Así, se pueden producir ruedas abrasivas de varias pulgadas de diámetro y espesor, hasta pequeños discos de corte de apenas décimas de pulgadas de espesor y diámetro.

Por todas las características anteriores, el uso de abrasivos en la industria, así como en la vida diaria, es de gran importancia, pues el empleo adecuado de ellos se puede traducir en una mejor y mayor producción.

CAPITULO II

GRANOS ABRASIVOS

Un abrasivo es un material que puede cortar o raspar otras substancias. Algunos abrasivos han existido desde los primeros tiempos, la arena común y corriente fue usada por las antiguas civilizaciones para afilar armas y herramientas, y las primeras ruedas esmeriles fueron cortadas de las rocas; obviamente, aquellas ruedas no poseían las características de dureza y uniformidad de las fabricadas hoy en día, no se desgastaban uniformemente y los resultados del trabajo con ellas no eran satisfactorios. Como consecuencia de ello, no fue sino hasta que se pudieron producir abrasivos artificiales que el trabajo por abrasión se convirtió en un proceso de manufactura.

La arena de cuarzo, granate y los diamantes son los únicos abrasivos naturales que todavía tienen importancia comercial. El esmeril (50 a 60% de Al_2O_3 cristalizado mas óxido de hierro) y corundum (75 a 90% de Al_2O_3 cristalizado mas óxido de hierro), han sido virtualmente sustituidos por el óxido de aluminio artificial, debido a la alta variación de contenido de esta substancia en los minerales naturales. La arena de cuarzo es principalmente utilizada en el proceso de limpieza por chorro de arena conocido como sandblasteo.

Hoy en día los productos que se fabrican con abrasivos son, básicamente, constituidos de materiales de origen artificial dado que ellos presentan mejores características para los trabajos de abrasión, proporcionando resultados más satisfactorios que aquellos provenientes de origen natural.

Los abrasivos existentes en el mercado, son los siguientes:

OXIDO DE ALUMINIO

Este producto abrasivo se obtiene fundiendo en un horno eléctrico un mineral llamado "BAUXITA". Alrededor de 1891 un Americano Charles B. Jacobs, tuvo éxito al producir óxido de aluminio fundiendo pequeñas cantidades de carbón y acero con bauxita. La Norton Company adquirió los derechos del proceso y montó una planta cerca de Niagara Falls debido a las grandes cantidades de energía eléctrica requerida.

El óxido de aluminio es más suave que el carburo de silicio haciéndolo más resistente a la fractura, por ello, no es usado para trabajar con materiales excesivamente duros porque se desgastaría antes de llegar a la fractura. Su uso es especialmente recomendado para acero al carbono, aceros con diferentes aleaciones, acero rápido, hierro maleable, hierro forjado, bronce duros etc., en algunos casos se ha utilizado en aplicaciones con maderas duras.

Una de las empresas más importantes dedicadas a la fabricación de abrasivos es la Carborundum Co. quien designa al óxido de aluminio como ALOXITE y los identifica con las siguientes letras:

Aloxite "A"

Dentro del óxido de aluminio es el más usual. Se recomienda su aplicación en los trabajos de desbaste y terminación de todos los tipos de acero, con la excepción de los sensibles al calor.

Aloxite "AA"

Este producto es un óxido de aluminio purificado, de color blanco, y es recomendable su uso en aceros duros y sensibles al calor, dado que su principal cualidad es producir un corte frío que evita el destemplado de los aceros.

Se recomienda su uso para afilar herramientas y fresas de acero rápido, esmerilado cilíndrico, rectificado de superficies planas e interiores, y matrices de calibradores.

Aloxite "DA"

Esta clase de Aloxite es mezcla de "A" y "AA" y tiene una acción de esmerilado intermedia. Se aplica principalmente en el afilado de brocas y herramientas en general, cuyos aceros no sean tan sensibles al calor.

Aloxite "FA" y "BA"

Este es otro óxido de aluminio purificado de color rosado, y se usa, generalmente, en el esmerilado de toda clase de aceros de herramientas, y también en aceros con aleación de vanadio, níquel, tungsteno, molibdeno, etc. Tiene la cualidad de generar un corte excepcionalmente frío, rápido y conservar bien su forma.

Aloxite "GA"

Esta es una clasificación intermedia entre el "A" y el "DA". Su aplicación principal es en el esmerilado cilíndrico y sin puntas, en el que su adaptabilidad le permite usarlo para esmerilar aceros blandos endurecidos.

Aloxite "TA"

Este tipo es recomendable donde hay trabajos fuertes de desbaste, en aceros de alta tenacidad y para esmerilar soldaduras.

CARBURO DE SILICIO

Los abrasivos artificiales datan de 1891 cuando E.G. Acheson en su búsqueda para producir gemas preciosas descubrió como hacer carburo de silicio. El SiC es hecho cargando un horno de arco eléctrico con arena sílica, coque y sal a una temperatura superior a los 4000°F (2200°C) y manteniéndolo así por algunas horas. Una vez que el horno ha sido enfriado se obtienen grandes cristales blancos que es carburo de silicio. La Carborundum Co. adquirió los derechos para la fabricación de este producto, al cual llamó CARBORUNDUM y montó una planta para su fabricación cerca de Niagara Falls donde existía una hidroeléctrica.

El carburo de silicio es un grano abrasivo muy duro y que presenta aristas de corte muy agudas. Por sus características físicas es especialmente recomendado para trabajar en materiales de baja resistencia a la tracción, como hierro fundido, bronce, aluminio, cobre, carburo de tungsteno, mármol, acero inoxidable, materiales no ferrosos, etc.

Se fabrican diferentes tipos de carborundum y se identifican con las siguientes letras:

Carborundum "C"

Es el carburo de silicio más usual. Se recomienda su aplicación en todos los trabajos de desbaste y terminación de materiales tales como bronce, hierro fundido, latón, aluminio, cobre, acero inoxidable, mármol, granito y todos los materiales no ferrosos en general.

Carborundum "WC"

Es apropiada su aplicación en los materiales indicados en el párrafo anterior. Su empleo ha tenido gran éxito en la limpieza de piezas de fundición.

Carborundum "RC"

Este producto es una mezcla de "C" con "GC" y tiene una acción de esmerilado intermedia. Se usa, principalmente, en el rectificado cilíndrico y de superficies.

DIAMANTE

Un término fascinante entre las palabras de doble significado: debido al brillo de una gema perfectamente tallada, ha tenido siempre un gran atractivo en el mundo de la joyería y debido a su dureza, ha ido adquiriendo mayor y mayor importancia en el campo de la tecnología del siglo XX.

Hasta mediados del presente siglo, la industria dependía, exclusivamente, de los diamantes naturales. Especialmente los bien constituidos se utilizaban para herramientas monopuntas y preferiblemente como rectificadores. Las calidades más pobres de diamantes y los deformes eran (y todavía son) triturados y utilizados como granos abrasivos.

En los años 50's, el descubrimiento revolucionario de poder producir diamante por medios sintéticos, trajo como consecuencia una gran expansión en el campo industrial.

En 1797 Smithson Tennant demostró que el diamante era una de las formas del carbono, que a altas temperaturas en reacción con el oxígeno (O_2), se convertía en bióxido de carbono (CO_2).

Ya desde el siglo pasado se hicieron algunos intentos para fabricar diamantes artificiales pero debido a las limitaciones tecnológicas nunca tuvieron éxito. Fue hasta 1941 cuando hubo

un acuerdo entre varias empresas norteamericanas para experimentar y desarrollar la tecnología de la síntesis del diamante. Bajo la dirección de W. P. Bridgman se obtuvieron pocos resultados debido a que la tecnología de aquellos días solamente permitía llegar a una compresión de 1000 psi (69 bar) y un calentamiento de 3000 °C. En 1951 un grupo formado por la empresa General Electric fabricó un equipo capaz de prensar a 3000 psi (207 bar) y calentar hasta 5000 °C en forma simultánea y mantenida por algunos minutos. Así, el 16 de diciembre de 1954, bajo la dirección de H. T. Hall se obtuvieron los primeros diamantes sintéticos.

Hoy, el consumo mundial de más de cien millones de quilates de diamante, son para el rectificado, aserrado, lapeado y perforación, así como también para diamantes de rectificar y torneár, barras de lapear y otras aplicaciones. Más de un tercio se emplea en aplicaciones de afilado y de éste, la mitad para el afilado de carburo de tungsteno y otros materiales duros.

El diamante posee una desventaja principalmente: tiene una gran tendencia a la oxidación, resultado de su reacción con el O_2 del aire; en base a esto, se deduce la incoestabilidad de hacer uso de él en la rectificación de aceros al alto carbono.

El diamante puede ser usado para trabajar con los siguientes materiales:

- carburo de tungsteno y cementados
- materiales cerámicos
- piedras naturales y artificiales preciosas y semipreciosas
- vidrio, porcelana, cuarzo, silicio, germanio y grafito
- abrasivos convencionales Al_2O_3 y SiC.

NITRATO CUBICO DE BORO

Este es un abrasivo de reciente descubrimiento. Es de un grado de dureza mayor que el carburo de silicio y el óxido de aluminio. En esta característica sólo es superado por el diamante, que es la substancia más dura de la cual se tenga conocimiento.

Básicamente, la evolución de este producto fue debido a la necesidad de tener un abrasivo que pudiera trabajar con los aceros al alto carbono, los cuales no es posible someterlos a desgaste con las herramientas de diamante por la tendencia a la oxidación de éste último.

En 1957 Robert H. Wentorf inició la experimentación para el desarrollo de nitrato cúbico de boro, lográndose hasta 1960 la producción en serie de CBN por una labor conjunta de Wentorf, Hall, Bovenkerk y Strong, equipo que logró desarrollar la tecnología con un costo de proceso que hiciera posible su explotación industrial.

El proceso de síntesis para el CBN es casi idéntico al del diamante. Se logra a través de prensado en caliente bajo condiciones extremas. Presiones entre 50 y 100 bar y temperaturas alrededor de los 2000° C y bajo la presencia de catalizadores especiales. La materia prima para el grano de CBN es el nitruro de boro hexagonal, erróneamente llamado "grafito blanco". Las cualidades particulares de los granos producidos para una aplicación específica pueden obtenerse variando los materiales básicos y las condiciones de la síntesis.

El CBN o borazón como fué llamado por la General Electric Co. es especialmente bueno para abrasión de aceros duros y al

alto carbono, en general, el CBN es aplicable para trabajar con los siguientes materiales:

- Aceros rápidos
- Aceros de alta aleación
- Aceros de cromo (12% Cr)
- Aceros para herramientas
- Aceros para cementación

OTROS ABRASIVOS

A escala industrial, los abrasivos que se mencionan a continuación no tienen mayor importancia; sin embargo, algunos de ellos aún son utilizados en la fabricación de abrasivos revestidos en pequeña escala y otros todavía se comercializan para trabajos muy específicos.

Cuarzo: Las fracturas del cuarzo tienen las características de un grano filoso, pero debido a la falta de tenacidad su eficiencia como producto técnico está limitada; sin embargo, debido a su bajo costo, se usa para trabajos generales de limpieza y reparación. Pertenece a una graduación simplificada, la cual cubre con cuatro grados la gama total.

Granate: Este término incluye diferentes minerales que poseen propiedades físicas y formas cristalinas similares. Los minerales son silicatos de algunas combinaciones de aluminio, cobalto, magnesio, hierro y manganeso.

El más común de los minerales es la almandita y se considera el mejor para fines abrasivos. Es más duro y tenaz que el cuarzo y se adapta fácilmente a las superficies de madera. Este material se caracteriza por sus aristas de corte,

las cuales son excepcionalmente buenas a la fractura. Tratando el granate por medios térmicos, se incrementa su tenacidad y dureza. Es, esencialmente, un producto para usarse en madera.

Esmeril: El esmeril es fundamentalmente un óxido de aluminio natural denominado corundum. Posee varias impurezas, tal como el óxido de hierro que puede también actuar como abrasivo. Sus granos son cuadrados de corte lento y tienden a pulir el metal. Su apariencia es negro grisácea. Su fractura es la más pobre de todos los abrasivos ya que es redonda. Debido a su falta de fractura filosa, el esmeril proporciona un buen pulido cuando se usa con lubricantes, mejor que el de los abrasivos artificiales. Por su misma falta de corte, genera calor, lo que produce una superficie de metal pulido.

Crocus: Es un mineral muy suave, rojo brillante con un pequeño contenido de sílice. En su uso como abrasivo tiene un tamaño promedio de 105 micrones, empleado para el pulido y limpieza de superficies corroídas y metales raros, en los cuales se desea eliminar un mínimo de material.

CAPITULO III

LIGAS O AGLUTINANTES

La función de la liga o aglutinante, es la de mantener en su lugar los granos abrasivos para que efectúen el trabajo de corte. El aglutinante es de gran importancia en la fabricación de piedras abrasivas, primero porque determina la fuerza de la piedra, estableciendo la velocidad máxima a la que puede ser operada, segundo determina si la rueda es rígida o flexible y tercero determina la fuerza requerida para dislocar el abrasivo.

La liga actúa en la piedra esmeril como el porta herramientas en el torno, ya que mantiene las herramientas cortantes (granos abrasivos) en su posición mientras efectúan su trabajo.

Las ligas más utilizadas son:

Vitrificadas:

Esta liga se emplea en más del 75% de las piedras esmeriles que se manufacturan. La porosidad y la tensión de los esmeriles hechos con este aglutinante dan un alto rendimiento en los trabajos donde se necesita rebajar una gran cantidad de material y trabajos de precisión. Este tipo de liga no es afectado por el agua, ácidos, aceites o cambios bruscos de temperatura. Existen dos tipos de aglutinantes en esta clasificación: 1) el de vidrio usado generalmente con óxido de aluminio, y 2) el de porcelana usado con carburo de silicio. La porosidad y rigidez que la caracterizan, hacen posible que los esmeriles fabricados con ella sean excelentes para la remoción de grandes cantidades de metal; asimismo, también es utilizada para trabajos de precisión.

Resinosas:

Esta liga es un componente orgánico. Las piedras esmeriles fabricadas con ella adquieren una buena rigidez y dureza que les permite ser operadas a altas velocidades. Dada esta cualidad, en los talleres de fundición, donde se necesita más producción y economía se usan frecuentemente artículos elaborados con resina. La acción resistente de este aglutinante produce un acabado muy fino, aún cuando se utilice un grano grueso.

Goma o Hule:

Este aglutinante es usado para producir ruedas que posean un grado considerable de flexibilidad, que se puedan trabajar a grandes velocidades y donde a veces se presenten flexiones laterales. Por sus mismas características de tenacidad y flexibilidad se emplea para fabricación de ruedas muy delgadas. Hule, sulfuro y otros agentes vulcanizantes se mezclan con los granos abrasivos. La mezcla, entonces, es convertida en hojas del espesor deseado. Posteriormente, se cortan las ruedas y se vulcanizan.

Silicatos:

Esta liga es muy poco usada en la fabricación de piedras esmeriles dado que fácilmente se desprenden los granos abrasivos. Las ruedas con silicato utilizan silicato de sodio como aglutinante. La mezcla de los granos abrasivos y el silicato de sodio es moldeada al tamaño deseado y horneado a 500 °F (260 °C) más o menos, por media hora o más. El resultado son ruedas más débiles que las que utilizan materiales vitrificantes como aglutinante; por ello, se desgastan más rápidamente y tienden a trabajar a más bajas temperaturas. Debido a eso es usado en trabajos donde la disipación de calor es importante.

Laca:

Las ruedas que usan esta liga, se fabrican colocando los granos abrasivos con la laca en un mezclador caliente. Después de que la mezcla ha sido rodada o moldeada a la forma deseada, es endurecida horneándola por varias horas a 300 °F (150 °C) más o menos. Se usa cuando se necesitan ruedas de gran dureza pero con algo de elasticidad, Tienden a producir acabados muy finos y se emplea para rectificar ejes de cigüenales y en rodillos para laminar acero y papel.

Aglomerantes para las ruedas de diamanto y CBN

Resinoides:

Por su ventaja en el costo de fabricación y las aplicaciones en trabajo de poca precisión como el rectificado de carburo de tungsteno y acero, que no requieren especial cuidado. El aglomerante de resina se usa tanto para las ruedas de DIA como las de CBN, a excepción de ciertas aplicaciones en cristal, cerámica y piedra.

Los aglomerantes comunes son resinas fenólicas combinadas con resinas poliamidas tanto para el rectificado húmedo como en seco. Para obtener características especiales se mezclan a estas resinas una gran variedad de aditivos. Estos aditivos ocupan el 40% y el 70% del volumen de aglomerante de una herramienta de diamante y CBN, respectivamente.

Después de mezclar los materiales con el grano abrasivo se introduce en el molde y se obtiene la capa abrasiva por prensado en caliente. Además de las temperaturas entre 150 y 200 °F (66 y 93 °C) y presiones entre 150 y 1000 Bar., hay muchas otras variantes que determinan las características del producto. La correcta observación de ciertos límites del tiempo empleado en el prensado y en la temperatura es tan importante como lo es un tratamiento térmico.

Aglomerantes de metal sinterizado:

Las herramientas de aglomerantes metálico sinterizado se caracterizan por su notable resistencia al desgaste. A pesar de sus elevados costos de fabricación comparados con herramientas de resina son comúnmente utilizados para el rectificado de cerámica, cristal y piedra. Además, los aglomerantes metálicos son preferidos para el rectificado de carburo de tungsteno y acero cuando la resistencia al desgaste es de mayor importancia que el rendimiento.

El aglomerante, se compone principalmente en un 60 a 80% de bronce y al igual que el resinoide tiene aditivos según su aplicación y condiciones de trabajo, tales como el carburo de silicio, corindón e inclusive en casos en que se necesite flexibilidad en la rueda, se le añade plata.

Estas muelas se procesan a temperaturas de 900 °C y presiones de 200 bar con un pre-prensado en frío antes de su calentamiento en horno. En algunos casos por los integrantes químicos es necesario crear atmósferas protectoras para evitar reacciones con los gases que se forman en el horno o con el mismo aire.

El tratamiento térmico es de vital importancia para crear una cristalización homogénea en dureza y resistencia.

Aglomerantes galvánicos

Es un derivado de los metálicos cuya característica es que está formado por una capa de diamante depositado electrolíticamente, con aglomerantes de níquel o titanio y cobalto en casos especiales.

La característica principal de estos aglomerantes es que generalmente van acompañados de una sola capa de diamante. El material más comúnmente usado es el níquel. A fin de alcanzar propiedades satisfactorias entre la capa galvánica y el cuerpo de la muela, este último se cubre galvánicamente con una capa de cobre y adhiriéndole luego conjuntamente el grano abrasivo y la capa de aglomerante.

Una vez terminado el tratamiento galvánico las partículas de diamante o CBN aplicadas en gran concentración sobresaldrán del aglomerante. Este procedimiento da a las herramientas de liga galvánica, DIA o CBN, la ventaja de su gran eficacia y poder de rectificado, incluso de trabajar materiales que normalmente tienden a tapan la muela de rectificar. Su gran ventaja es su bajo costo inicial contra la desventaja de su corta vida útil. Se termina cuando la capa abrasiva se desgasta en algún punto. El espesor de esta capa es aproximadamente de 1.5 veces el tamaño del grano utilizado. Además, las superficies mecanizadas con herramientas galvánicas son relativamente bastas.

La utilización de aglomerantes galvánicos está por lo tanto limitada a pequeñas herramientas de DIA y CBN, tales como pivotes y muelas de perfiles complicados, en las cuales la vida útil necesaria puede ser determinada con anterioridad. Asimismo, se limita a herramientas donde la gran eficiencia de rectificado presenta ventajas especiales para los materiales a mecanizar por ejemplo: plásticos, goma y acero.

Es importante para las herramientas galvánicas el tamaño del grano, que es el factor determinante del precio, en lugar de serlo la concentración puesto que el contenido de diamante depende principalmente del espesor de la capa, que naturalmente aumenta con el tamaño del grano.

Adhesivos para abrasivos revestidos:

Los adhesivos se usan para mantener los granos abrasivos en posición de corte, se clasifican en diversos tipos, según sean las necesidades de la industria.

Por sus características físicas se agrupan en: solubles en agua, parcialmente solubles e insolubles.

Solubles en agua:

Estos están normalmente constituidos por mezclas de cola animal, usada directamente. Estos adhesivos de cola de animal, se pueden mezclar también con un relleno inerte, el cual proporciona características de durabilidad y resistencia.

Los abrasivos revestidos fabricados con cola animal, poseen una adhesión excepcional hacia los granos abrasivos, así como características de flexibilidad y alta estabilidad a la absorción de humedad. Entre los tipos de adhesivos que se encuentran se usa casi exclusivamente la cola de carnaza ya que éstos son los que reúnen las mejores características de viscosidad y fuerza gel. Los grados más altos de cola de carnaza, se usan en productos que se utilizarán mecánicamente y que con frecuencia se someterán a presiones extremas de lijado, en tanto que las colas de grados bajos y bajas de gel sirven para lijados normales.

Parcialmente solubles en agua:

Dentro de los parcialmente solubles en agua, hay una combinación de adhesivos de cola mas una segunda capa de resina sintética. La mezcla proporciona características de flexibilidad y resistencia al calor. Asimismo, se puede lograr una mezcla de adhesivo directo de cola con un relleno inerte en la primera capa, seguido de una segunda capa de resina

sintética que puede estar cargada con un relleno inerte, reforzando con este tipo de mezcla, las características de resistencia al calor.

Los materiales de resina/cola son útiles en aquellas operaciones de lijado en seco y aquellas en las cuales se desarrolla un calor friccional mayor que en las operaciones de lijado normal. Se usa en la mayor parte de trabajo de lijado mecánico de bandas.

Insolubles:

Pertenecen a la clasificación de insolubles, los productos de resina/resina y los impermeables. Los primeros consisten como su nombre lo indica, en dos capas de la misma resina, siendo un producto más resistente que los otros mencionados. Desde luego que este adhesivo tiene la opción de usar relleno inerte con objeto de incrementar sus características de resistencia al calor friccional desarrollado durante la operación de lijado. Este adhesivo no sólo ha sido diseñado para ser resistente al calor, sino también para soportar los trabajos en húmedo, de donde se deriva que los productos sirvan para usos impermeables en los casos en que se recubra la tela. Existe un adhesivo especial, diseñado para los productos impermeables de papel, como es la lija de agua, que está constituido por una composición de barnices y resinas fenólicas, lo que proporciona características especiales en los trabajos donde se requiere el uso de un medio acuoso o bien algún otro medio de lubricación.

CAPITULO IV

GRADUACION DE LOS GRANOS ABRASIVOS

En general todos los abrasivos son clasificados de acuerdo a la misma graduación y el procedimiento para determinarlo es el mismo.

Una vez que se tienen los trozos provenientes de las minas o los hornos industriales, se muelen en potentes trituradoras que los reducen a tamaños de 1 cm. más o menos, posteriormente rodillos trituradores convierten esos pedazos en granos más finos de diferentes dimensiones. Las partículas molidas se separan entonces en grupos de tamaños similares pasándolos a través de una serie de mallas.

Dichas mallas son cuidadosamente hechas con hilos en espesores definidos y número exacto de hilos por pulgada lineal para asegurar una precisión externa en el tamaño de apertura a través de la cual se ciernen las partículas abrasivas. Las graduaciones inferiores llamadas polvos se gradúan por medio de separadores hidráulicos y clasificadores de aire.

El tamaño de los granos clasificados en las mallas de graduación se checa regularmente contra granos estándar. Estos granos están controlados en mallas de laboratorio bajo un estricto control de calidad, por otro lado, los polvos se checan por métodos de sedimentación.

Tanto a los granos cernidos como a los polvos, se les dan numerosos tratamientos térmicos para eliminar la contaminación superficial y aumentar su dureza.

Es muy importante una graduación exacta para eliminar la posibilidad del daño que podría causarse usando granos fuera de tamaño así como para proporcionar una eficiencia máxima de abrasión.

Los grados de minerales abrasivos comerciales tienen un total de 22 tamaños diferentes que van desde un diámetro promedio de partícula de 2 mm. hasta 15 micrones. Los abrasivos dependiendo del mineral identifican el tamaño de la partícula por medio de tres formas:

- 1) Número de malla o graduación técnica
- 2) Símbolos
- 3) Graduaciones simplificadas.

El número de malla se refiere al número de aberturas por pulgada lineal presentes en una malla de control. Estas varían del número 12 que es el grado más grueso hasta el 600 que es el grado más fino.

Los símbolos constituyen un sistema arbitrario de clasificación el cual varía del número más grueso 4 1/2, hasta el más fino 10/0.

Las graduaciones simplificadas se utilizan en las líneas económicas e incluyen dos o más grados técnicos, y en esta clasificación se incluyen el esmeril y el cuarzo y en las técnicas el resto de los abrasivos comunes. Un cuadro comparativo de las diferentes clasificaciones se presenta en la figura 4.1.

GRADUACION TECNICA

GRADUACION SIMPLIFICADA

Malla N° Símbolos

600	.....	--
500	.....	--
400	.....	10/0
360	.....	--
320	.....	9/0
280	.....	8/0
240	.....	7/0
220	.....	6/0
180	.....	5/0
150	.....	4/0
120	.....	3/0
100	.....	2/0
80	.....	1/0
60	.....	1/2
50	.....	1
40	.....	1 1/2
36	.....	2
30	.....	2 1/2
24	.....	3
20	.....	3 1/2
16	.....	4
12	.....	4 1/2

..... Fino

..... Mediano

..... Grueso

..... Extra grueso

Figura 4.1

CAPITULO V

ESTRUCTURA DE LAS RUEDAS ABRASIVAS

Como ha sido mencionado en capítulos anteriores, una herramienta abrasiva está constituida por el abrasivo mismo, un elemento ligante y porosidad controlada, el buen funcionamiento de una pieza abrasiva, depende directamente de la correcta elección de cada uno de esos elementos, que darán como resultado las propiedades de dureza, flexibilidad, tenacidad y concentración de porosidad del elemento abrasivo.

La dureza es una de las principales características de las ruedas abrasivas. Es considerada como la medida de la resistencia que ejerce la liga en retener los granos abrasivos. No debe confundirse esta dureza con la del grano.

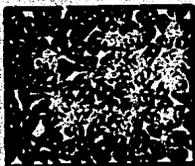
Si la unión entre la liga y el grano es muy fuerte y resiste sin desgastarse las grandes presiones ejercidas contra ella por los impactos del trabajo que tienden a desgranar la rueda, se dice que es dura, pero si solamente un pequeño rozamiento o esfuerzo permite que los granos se desprendan de la rueda, se dice que ésta es de dureza blanda.

Como norma general se busca que los granos estén fuertemente unidos entre sí para que puedan soportar la presión de trabajo, de tal forma, que no se desprendan los granos hasta no haber perdido su poder de corte, dando paso, solo entonces, a un nuevo grano cortante.

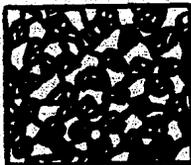
Una de las reglas más útiles del esmerilado dice: para materiales blandos utilizar ruedas duras, mientras que para materiales duros emplear ruedas blandas. Esto se explica

pensando que cuanto más duro es el material a esmerilar, el aglutinante debe soltar más fácilmente los granos ya utilizado y dejar que se presenten nuevos granos afilados que efectúen un buen corte. En la práctica, si se usa una piedra muy dura con respecto al material a trabajar, la vida de la piedra aumenta, pero en vez de renovar material por medio de sus facetas cortantes, solamente se produce una acción de roce que baja considerablemente la productividad del trabajo.

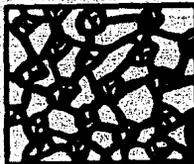
La dureza depende de dos factores: 1) la fuerza del aglutinante y 2) la cantidad del mismo. Cuando las uniones del aglutinante son delgadas, más fácilmente se logrará que se desprendan los granos abrasivos en cambio si las uniones son gruesas, será mas difícil lograr una dislocación figura 5.1.



ESTRUCTURA
DENSA



ESTRUCTURA
MEDIA



ESTRUCTURA
ABIERTA

FIGURA 5.1

La estructura de la rueda es la relación que existe entre el volumen que ocupa el grano abrasivo, el aglutinante y el volumen que ocupan los espacios vacíos o poros; ello indica el grado de espaciamiento de los granos abrasivos.

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 no queden adheridas a la piedra y determinar la cantidad de líquido refrigerante que debe estar en contacto con la pieza de trabajo. También pueden ser controlados de la misma forma profundidades de corte variables, así como diferentes tipos de terminado variando la porosidad de la estructura.

Los espacios provistos en la estructura de la piedra tienen la misión de despedir rápidamente las partículas metálicas.

Una estructura cerrada o densa no ayuda al desprendimiento de las partículas metálicas produciendo el embotamiento de la piedra esmeril. (Figura 5.1a)

Una estructura más abierta ayuda al desprendimiento de las partículas metálicas y evita que la piedra esmeril se tape. (Figura 5.1c)

CAPITULO VI

SISTEMAS DE IDENTIFICACION DE LOS ABRASIVOS

Para facilitar la identificación de los productos abrasivos se han creado sistemas estandarizados establecidos por la ANSI (American National Standards Institute), tanto para las piedras como para los abrasivos revestidos. En general éstos sistemas de marcado incluyen las diferentes características que definen claramente la estructura de la rueda o lija, de manera que facilite la selección para un trabajo determinado.

MARCADO DE LAS RUEDAS DE CARBURO DE SILICIO Y DE OXIDO DE ALUMINIO

El sistema marcado como standard por las industrias americanas está dividido en 6 partes, una con cada característica, colocadas en el siguiente orden:

1	2	3	4	5	6
Tipo de Abrasivo	Tamaño de grano	Dureza	Estructura	Material de liga	Especificación - del fabricante.

Posición 1: Tipo de abrasivo

A: Oxido de Aluminio

C: Carburo de Silicio

Estos dos abrasivos pueden ser precedidos por algún prefijo usado por cada fabricante.

Posición 2: Tamaño del grano.
Los granos estándar van desde el N° 8 hasta el N° 600. A veces se coloca a continuación del número de grano otro número indicando una combinación de granos.

Posición 3: Dureza.
Aquí se coloca una letra del alfabeto que indica la dureza de la piedra esmeril. La graduación va desde la "A" que es muy blanda, hasta la "Z" que es muy dura.

Posición 4: Estructura.
En esta ubicación debe colocarse un número de una escala que va del 1 al 10, en la cual los números más bajos indican una mayor densidad de granos.

Posición 5: Tipo de material de liga.
Aquí se coloca una letra que indica el material aglutinante de acuerdo a la siguiente relación:

V	Vitrificada	(Vitrified)
S	Silicato	(Silicate)
R	Goma	(Rubber)
B	Resina	(Resine Bonded)
E	Laca	(Shellac)

Posición 6: Especificación del fabricante.
Esta última posición corresponde a especificaciones del fabricante y debe ser siempre colocada para asegurarse de que el producto que se desea es precisamente el que tiene el fabricante.

89A 60 K 5 V K1

ABRASIVO	TAMAÑO DEL GRANO	DUREZA	ESTRUCTURA	LEGA O AGLUTINANTE	SÍMBOLO INTERNO
A	Muy grueso:	Muy blanda:	Densa:	V = Vitrificada.	Símbolo del fabricante
11A	8, 10, 12, 14	D, E, F, G	0, 1, 2	B = Resinosa.	
30A	Grueso:	Blanda:	Mediana:		
50A	16, 20, 24, 30	H, I, J, K	3, 4		
70A	Mediano:	Mediana:	Abierta:		
75A	36, 46, 54, 60	L, M, N, O	5, 6		
88A	Fino:	Dura:	Porosa:		
89A	80, 90, 100,	P, Q, R, S	7, 8		
91A	120, 150	Muy dura:	Superporosa:		
C	Muy fino:	T, U, V, W	9, 10		
1C	180, 220,	Extra dura:			
50C	240, 280	X, Y, Z			
	Extra fino:				
	320, 400,				
	500, 600				

MARCADO DE LAS RUEDAS DE DIA Y CBN

En el mercado de las ruedas de DIA y CBN no hay una estructura definida. En el país, existen dos compañías que fabrican muelas abrasivas con DIA y CBN. AUSTROMEX, usa la siguiente designación:

Posición 1: Tipo de grano.

D Diamante

B Nitrato Cúbico de Boro

Posición 2: Tamaño del grano abrasivo.

Dependiendo de las condiciones de contacto y del tamaño de la superficie que se va a esmerilar, se usan los siguientes tamaños de grano:

Debaste de malla 80 a 120

Acabado medio de malla 140 a 230

Esmerilado fino de malla 270 a 400

Esmerilado precisión de 30 a 15 micras

Pulido de 10 a 2 micras

Posición 3: Grado de dureza.

A diferencia de las ruedas de carburo de silicio y de óxido de aluminio, en las que el grado de dureza seleccionado influye en los resultados del esmerilado en forma decisiva, éste factor tiene menor importancia en las ruedas de DIA y CBN debido a la mayor resistencia al desgaste de estos tipos de abrasivos.

Para ruedas de DIA y CBN con aglutinante resinoso se usan los siguientes grados de dureza:

J blando
N medio
R duro
S muy duro

Para las ruedas de CBN con aglutinante resinoso se emplean cuatro grados:

M medio
P duro
Q muy duro

Para las limas honeadoras con aglutinante metálico se tienen diversos grados de dureza.

Posición 4: Concentración.

La eficiencia de las ruedas de DIA y CBN dependen directamente de la concentración, o sea de la relación de volumen del grano abrasivo respecto al volumen de aglutinante. La concentración se expresa mediante un número, por ejemplo, una concentración de 44 corresponde a un contenido de 4.4 quilates de abrasivo por centímetro cúbico de la banda abrasiva. (1 quilate = 0.2 grs.)

Existe otra medida de cuantificar la concentración mediante porcentajes. Una concentración de 100% supone un volumen de 4.4 quilates por centímetro cúbico, puesto que:

$$1 \text{ Qte} = 0.2 \text{ gr.}$$

La concentración del 100% equivale a 0.88 grs por centímetro cúbico de capa rectificante. La siguiente tabla ilustra las diferencias entre los dos métodos:

<u>CONCENTRACION %</u>	<u>CONCENTRACION</u>	<u>Qte./cm3</u>
25	11	1.1
50	22	2.2
75	33	3.3
100	44	4.4
125	55	5.5
150	66	6.6

Posición 5: Tipo de aglutinante.

- B - resinoso
- V - vitrificado
- M - metálico

Posición 6: Símbolo interno.

Es un símbolo de identificación del fabricante.

Posición 7: Modificación.

Es una clave que indica alguna característica especial de la forma de la rueda abrasiva.

SUPER-ABRASIVO	TAMAÑO DEL GRANO	DUREZA	CONCENTRACIÓN		AGLUTINANTE	SÍMBOLO INTERNO	MODIFICACIÓN
Diamante D Nitruro de boro cúbico (CBN) B	Grueso: 60 a 120	Con aglutinante resinoso.	Antes	Actual	B = Resinoso	Símbolo del fabricante	Modificación del superabrasivo
	Medio: 140 a 230	Blanda J	25	11	V = Vitrificado		
			50	22	M = Metálico		
	Fino: 270 a 400 30 a 15 micras	Media N	75	33	P = Electro-depositado		
		Dura R	100	44			
		Muy dura S	125	55			
	Muy fino: 12 a 9 micras	Con aglutinante vitrificado	150	66			
			Media M				
			Dura P				
		Muy dura Q					

D

140

R

44

B

S3

6

MARCADO DE LOS ABRASIVOS REVESTIDOS

La empresa más importante en la fabricación de abrasivos revestidos en México, es Pandeli (Fábrica Nacional de Lijas), y el método que ellos emplean para identificar los productos es muy sencillo.

Un abrasivo revestido está compuesto de tres materias primas: dorso, adhesivo y abrasivo; definiendo esos tres elementos queda bien identificada una lija.

El sistema de identificación consta de determinadas letras y números que clasifican a los productos abrasivos de acuerdo a las características de manufactura, lo que incluye la clase de dorso, el material abrasivo y los adhesivos usados, así como la designación de un recubierto abierto o cerrado.

El sistema se rige de la siguiente forma:

La primera letra identifica el tipo de dorso usado, el primer dígito indica el material abrasivo empleado y el segundo dígito la clase de adhesivo.

Cuando se desea indicar que el recubrimiento de determinado producto es abierto, el primer dígito será 0, el segundo dígito el material abrasivo y el tercero el adhesivo. Ej. Z-096, A-061.

<u>D O R S O S</u>			<u>ABRASIVOS</u>		<u>ADHESIVOS</u>	
Papel A 70	gr/cm ²	A	Cuarzo	5	Cola/cola	1
Papel C 120	gr/cm ²	C	Gránate	6	Cola/cola modificada	2
Papel D 155	gr/cm ²	D	Esmeril	7	Urea/cola	3
Papel cilindrado 220	gr/cm ²	E	Oxido de Aluminio	8	Urea/cola modificada	4
Papel tipo Kraft		K	Carburo de Silicio	9	Resina Sintética/cola	5
Fibra vulcanizada 0.020"		F			Resina Sintética/cola modificada	6
Fibra vulcanizada 0.030"		G			Resina Sintética/Resina sintética	7
Tela J		J			Resina Sintética/Res. sint. modif.	8
Tela X		X			Resina Sintética/Barniz	9
Combinación papel y tela		Z				
Tela impermeable		W				

CAPITULO VII

PROCESO DE CORTE

La forma en la cual la acción de corte es producida por un elemento abrasivo, debe ser claramente comprendida con el fin de hacer una buena elección del equipo que se utilizará en el proceso. En el trabajo de abrasión el espaciamiento de las partículas abrasivas y el efecto del aglutinante son de vital importancia.

Cada grano expuesto constituye una pequeña herramienta de corte, de tal forma que se tienen cientos de aristas cortantes, algunas teniendo ángulos de ataque positivos y otros negativos. El número de elementos cortantes expuestos por unidad de área es determinado por el espaciamiento de los granos, lo cual se define como estructura, característica que ya fue explicada en otro capítulo.

Cada arista de corte actúa exactamente igual que cualquier otra herramienta bajo condiciones similares, con formación de virutas, tal como se muestra en la figura 7.1. (página 36). Debido a que los elementos de corte son pequeños, las virutas también lo son, de la misma manera, la presión y profundidad de corte así como la velocidad de avance, también son pequeños. La combinación de estas características de trabajo y los cientos de elementos de corte dan como resultado grandes tolerancias y finos acabados.

Como cualquier otra arista de corte, con el uso los granos se achatan. Como es obvio éstos pequeños elementos no pueden ser afilados por métodos convencionales, de tal manera que cuando cada uno de ellos ha perdido su acción de corte, deben

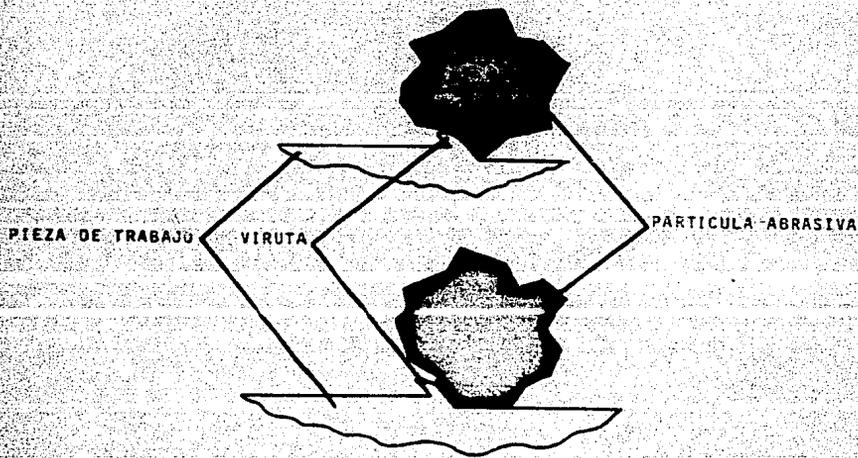


FIGURA 7.1

- 1) DESGASTE DEL ABRASIVO
- 2) FRACTURA PARCIAL
- 3) FRACTURA
- 4) DESPRENDIMIENTO
- 5) NUEVO APARECIMIENTO

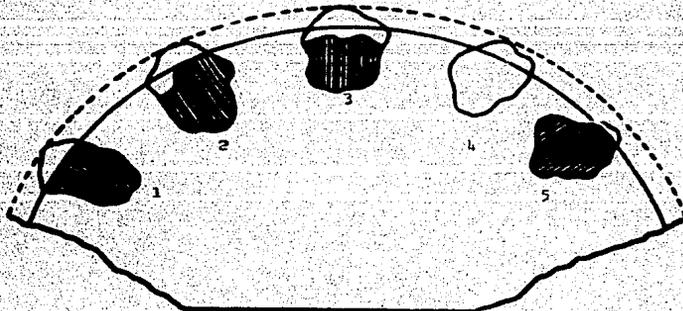


FIGURA 7.2.

ser renovados. Esta renovación se puede llevar a cabo de dos formas: 1) El desprendimiento de los granos usados de la piedra abrasiva y 2) la fractura del grano, quedando de esa manera, nuevos filos expuestos que puedan continuar el trabajo cortante (figura 7.2) (página 36).

La acción de desprendimiento de los granos abrasivos puede ser controlada variando la cantidad y tipo de aglutinante, característica que se conoce como dureza de la piedra.

El hecho de que los granos abrasivos se rompan o se fracturen es una característica única de éstas herramientas de corte. De cualquier manera, con el uso la rueda también tiende a embotarse con partículas de metal y suciedad que se quedan atascadas entre los granos abrasivos y al mismo tiempo los granos se achatan. A menos que la superficie de la rueda sea limpiada mediante el desprendimiento, la rueda no cortará correctamente y la superficie de trabajo resultará quemada debido al exceso de calentamiento. Idealmente, a medida que las fuerzas se incrementen, los granos deberían desprenderse del aglutinante dando lugar a granos con filo fresco. Tal acción no siempre sucede cuando se emplean avances y profundidades de corte pequeños, como comúnmente se usa en operaciones de acabado muy finos. En cambio si se emplean cortes mas gruesos, las ruedas se afilan automáticamente y se pueden remover grandes cantidades de metal eficientemente. Los efectos están ilustrados en las gráficas figura 7.3 (página 38). A medida que la alimentación se incrementa los requerimientos de potencia aumentan hasta llegar a un punto en el cual la rueda se convierte en autoafilante. Después de este punto, los requerimientos de potencia decrecen y después se incrementaran más lentamente que durante la etapa en que se le da poco avance. El índice de remoción de material se incrementa muy marcadamente acompañado del desgaste de la

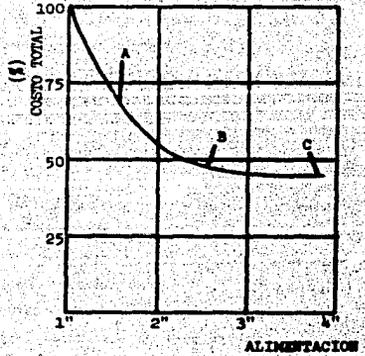
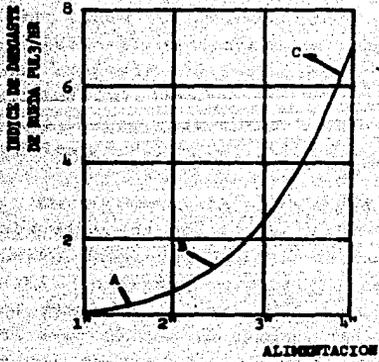
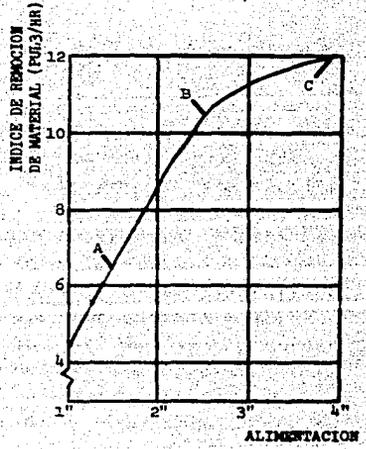
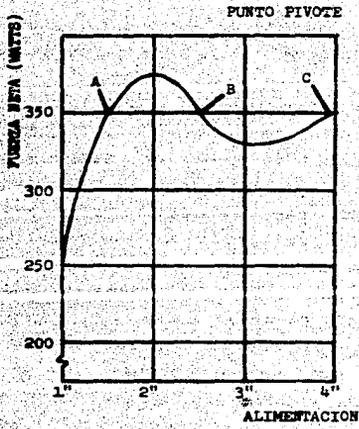


FIGURA 7.3

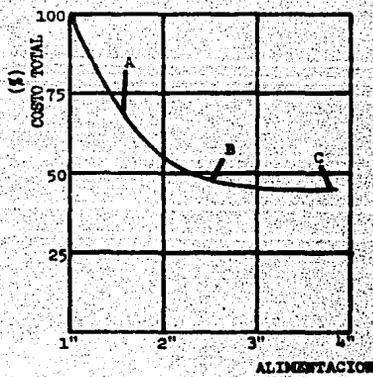
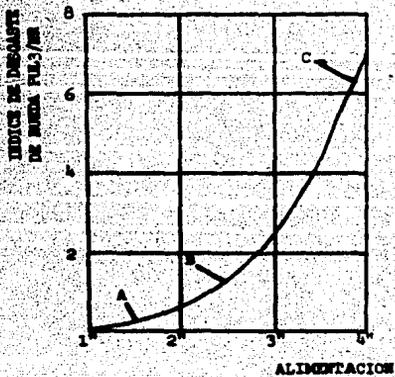
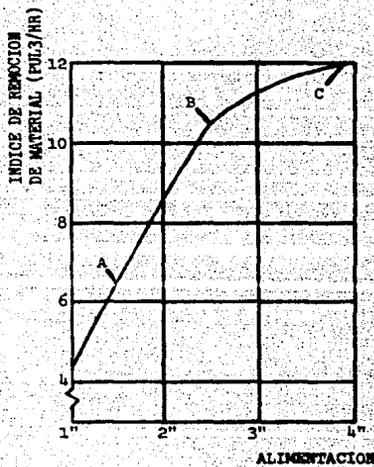
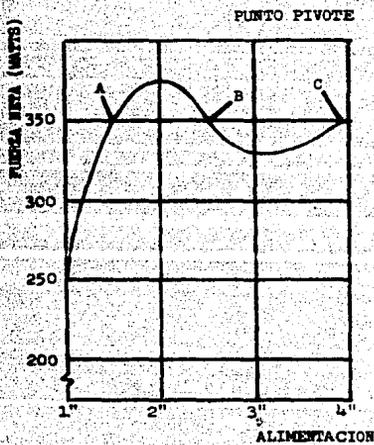


FIGURA 7.3

rueda, de cualquier manera el resultado es una mayor remoción de material a un costo menor.

Dos procedimientos se emplean para exponer filos frescos y para desembotar o desatascar las ruedas. La primera es perfilar o rectificar la rueda utilizando una herramienta especial. Una herramienta rectificadora de acero consiste en una pieza irregular giratoria que es apoyada contra la piedra en movimiento. La irregularidad de la forma de ésta herramienta provoca que los granos que han perdido su filo se fracturen o se desprendan y que las partículas que han quedado atrapadas entre los granos también desaparezcan; de esa manera quedan nuevos filos expuestos para poder continuar el trabajo. Otro tipo de rectificadores son los de diamante, de los cuales existen diferentes tipos y actúan en forma semejante a las de acero (ver anexo C).

En otro método, perfilado por quebrado, una pieza de acero que tiene el mismo contorno que la pieza que se va a rectificar, es apoyada en contra de la rueda abrasiva al tiempo que está girando lentamente. La acción de quebrado, fractura y disloca algunos de los granos abrasivos exponiendo granos con filo fresco y al mismo tiempo impartiendo la forma deseada a la piedra abrasiva.

Obviamente, la tendencia de autoafilado de una rueda abrasiva, es determinada por la dureza de la liga. Una rueda suave desprende fácilmente sus granos y por lo mismo tiene a estar afilada constantemente, aunque asimismo se gastará rápidamente. Por el contrario, una rueda más dura se desgastará más lentamente, sin embargo tenderá a embotarse con mayor facilidad, particularmente si se trabaja con materiales duros.

En el esmerilado de materiales duros, los granos abrasivos se achatan más rápidamente que cuando se trabaja con materiales suaves, de ahí que en el primer caso se deben desprender los granos con mayor facilidad. Así, para materiales duros se deben usar grados suaves de liga y a la inversa, para materiales suaves, ligas de alto grado de dureza.

Si la velocidad de trabajo es mantenida constante y la velocidad de la rueda abrasiva es incrementada, provocará que la rueda actúe más duramente, esto es debido a que a mayores velocidades los granos tienden a achatarsse más rápidamente. A cambio de eso, la mayor velocidad da como resultado que cada uno de los granos esté menos tiempo en contacto con la pieza de trabajo, lo que se traduce en una fuerza de dislocación menor. Similamente, incrementar la velocidad de trabajo mientras se mantiene constante la velocidad de la rueda, tendrá como resultado que ésta actúe más suavemente. Una rueda mayor trabajará más duramente que una pequeña del mismo tipo de aglutinante y abrasivo debido a la mayor área de contacto entre la rueda y la pieza de trabajo.

El espaciamiento entre los granos abrasivos también es importante en la acción de corte. Este espaciamiento provee suficiente espacio para las virutas que se forman. Si no existe el espacio adecuado, las virutas se atascarán entre los granos y provocarán el embotamiento de la rueda. Así que si se pretende trabajar con grandes avances o si el área de contacto es grande, el espaciamiento de los granos debe ser mayor.

DESGASTE DE LAS RUEDAS ABRASIVAS

Durante una operación de esmerilado, la cara actuante de la rueda abrasiva se desgasta en un promedio de un millón de veces que aquella de una herramienta convencional. Una curva típica

de desgaste de la rueda es aquella en la que se grafica el desgaste contra el material removido. (Figura 7.4), ella indica que inmediatamente después de ser rectificada el índice de desgaste decrece a un valor estable.

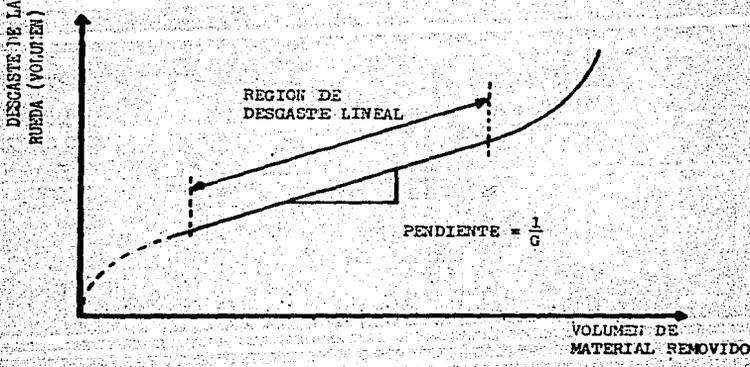


FIGURA 7.4

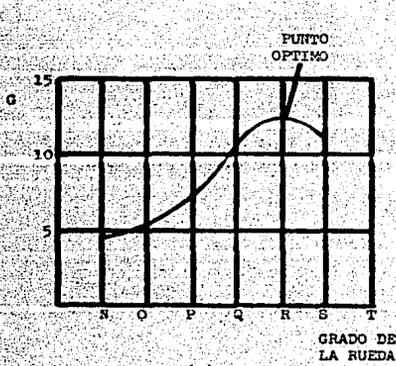
El desgaste de una rueda abrasiva es comunmente expresado mediante el coeficiente de esmerilado "G", que se define como la relación de pulgadas cúbicas (o centímetros cúbicos) de piedra removida y las pulgadas cúbicas (o centímetros cúbicos) removidos de la pieza de trabajo. El coeficiente de metal removido contra la pérdida de la rueda en una unidad de tiempo es también una medida del promedio de producción y de la cantidad de trabajo que una rueda puede efectuar durante su vida útil.

El coeficiente de esmerilado es pues, el recíproco de la pendiente de la porción lineal de la curva de desgaste.

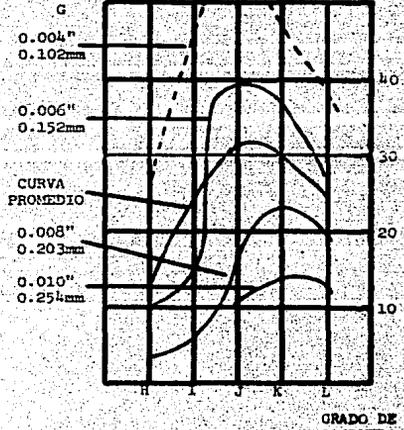
Las ruedas demasiado suaves se presentan generalmente como ineficientes, pero a medida que la dureza se incrementa, la eficiencia aumenta hasta un límite máximo, posteriormente si se le añade dureza la eficiencia cae. En las curvas que se presentan en la Figura 7.5 (página 43) se observan tres fases:

- 1) Desde el grado suave, donde la eficiencia es baja, hasta donde la curva comienza a subir hacia un máximo, la rueda está perdiendo grandes cantidades de material a un ritmo muy elevado para fines económicos. En esta parte de la curva, la rueda no se carga apreciablemente ni tampoco se produce calor excesivo que pudiera quemar la pieza de trabajo.
- 2) En el punto máximo de la curva, la rueda se gasta de forma que se tiene la máxima eficiencia de la piedra abrasiva. Los granos abrasivos no se achatan y son continuamente desprendidos del aglutinante para dar paso a nuevos filos.
- 3) Una rueda más dura representada por J y K muestra una caída pronta de la eficiencia debido al desgaste discontinuo de la rueda abrasiva, provocado por el embotamiento de la misma. El resultado es un incremento de la temperatura, la rueda quema la pieza de trabajo el promedio de corte decrece y las necesidades de potencia se incrementan.

El desempeño de la rueda, tal como se muestra en la figura 7.5A no es restringido por el aglutinante, el tamaño del grano o el tipo de operación. Puede ser utilizado para corte pesado, o igualmente en acabado de precisión donde el índice de



(a)



(b)

FIGURA 7.5

remoción de material así como la pérdida de la rueda, es medida en gramos. La figura 7.5b es una familia de curvas G, basadas en una rueda de grano 60 usando incrementos de avance desde 0.004 hasta 0.010 in. (0.0102 hasta 0.0254 cms). El efecto de mejor trabajo de la rueda se desplaza hacia la derecha, (grados de dureza mayores) cuando se hacen cortes más severos, lo cual es lógico, si tomamos en cuenta que a mayor avance existe una mayor presión y una rueda más dura es requerida para mantener el promedio de vida de la piedra y un mejor desempeño.

Ya ha sido demostrado previamente que existen dos mecanismos principales por los cuales hay desgaste en una rueda. El primero es el achatamiento y fractura de los granos, y el segundo el desprendimiento de los granos. El índice de desgaste por rozamiento está determinado por la naturaleza química del abrasivo y por el material que se está trabajando. Este tiene un valor determinado para cada pareja de metal-abrasivo y será llamado "a".

Cuando "a" es cero, no existe desgaste por rozamiento entre el abrasivo y el material. Esto significa que en condiciones de velocidad constante de la rueda (v), y una fuerza constante entre la rueda y el material (p), todas las ruedas, independientemente del grado, removerán material a la misma velocidad (m). De cualquier manera "a" nunca es igual a cero y el desgaste por rozamiento siempre se presenta en cantidades considerables. Como las ruedas duras se desgastan más lentamente que las suaves, cada grano abrasivo en una rueda dura está sujeto a un mayor efecto de desgaste. De ésta manera el promedio de los granos en la cara de una rueda abrasiva dura son más chatos que en una rueda suave, consecuentemente bajo condiciones de "p" y "v" constantes, una rueda dura removerá material a un promedio menor que una suave que se desgasta más rápidamente y siempre tiene filos frescos.

Esto se muestra mejor en la Figura 7.6 (página 45) donde el índice de remoción de material "m" está graficado contra el desgaste de la rueda "w". Si una rueda se pudiera hacer de manera que no tuviera desgaste, entonces la remoción de material sería cero. En ese caso la cara de la rueda tendría una apariencia de espejo. Por otro lado, si el desgaste se hace demasiado grande, el incremento en la remoción de material será mínimo.

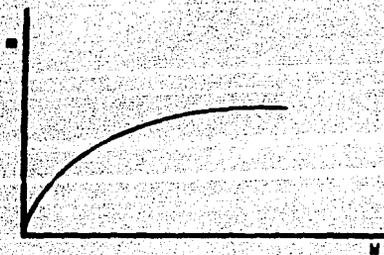


FIGURA 7.6

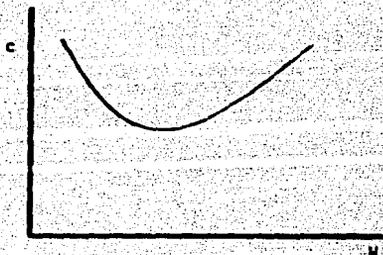


FIGURA 7.7

Esto se puede representar mediante una ecuación:

$$m = kpVw/(a+w) \quad (1)$$

- m = índice de remoción de material (kg/hr)
- w = desgaste de la rueda (cm³/hr)
- p = fuerza (Kgs)
- V = velocidad de la rueda (ft/min)
- k = constante de metal.
- a = índice de desgaste por rozamiento

El costo del emmerilado por hora es la suma del costo de la rueda y los costos de manufactura, dividido entre el material removido por hora, de manera que:

$$C = (Aw + L)/m \quad (2)$$

- C = costo de remoción de material (\$/lb)
- A = costo del abrasivo (\$/in-m³)
- L = costo de manufactura (\$/hr)

Si el valor de la ecuación (1) es sustituido en la ecuación (2), el resultado es:

$$\begin{aligned} C &= (Aw + L) (a + w) / kPv \\ &= \frac{1}{kPv} (aA + Aw + aL/w + L) \end{aligned} \quad (3)$$

Si el costo de esta ecuación es graficado como una función de w bajo condiciones en donde P y V son constantes, el resultado es la curva mostrada en la Figura 7.7, (página 45) la cual muestra que hay un desgaste de la rueda para la cual el costo es mínimo. Se puede mostrar de la ecuación (3) que el índice de desgaste de la rueda será:

$$w = aL/A$$

para producir el mínimo costo sin importar la velocidad de la rueda o la fuerza usada en la operación. Las ruedas más duras, se desgastan menos rápidamente y removerán metal muy lentamente y el costo de operación será muy alto, mientras que en las ruedas suaves, el costo de la rueda es demasiado alto.

Como el costo por centímetro cúbico y el costo de operación por hora son conocidos, es necesario conocer solamente el valor de "a" para calcular el apropiado desgaste de la rueda para tener el costo mínimo. El valor de "a" es conocido para la mayoría de los abrasivos comunes en los metales más usuales, los valores siguientes son típicos:

<u>Abrasivo</u>	<u>Acero al Carbono</u>	<u>Acero inoxidable</u>
Oxido de aluminio	10	25
Aluminio-zirconio	7	20

Regresando a la Figura 7.6 (página 45) la curva representa el desenvolvimiento de las mejores ruedas que se pueden producir y el respectivo desgaste. Esto es, en cualquier punto particular de desgaste, la curva representa la máxima velocidad a la que el metal puede ser removido, con ese abrasivo y en esas condiciones de velocidad y fuerza. Bajo ciertas condiciones, es posible manufacturar ruedas que se desgasten a la misma velocidad pero que no remuevan el material tan rápidamente como lo indica la curva. Esto es particularmente cierto cuando se trabaja con metales que son muy resistentes a la oxidación, tales como el acero inoxidable. También es cierto cuando se esmerilan materiales suaves, tales como el aluminio y el bronce. Existen dos razones principales para que exista este desempeño, que es menor que el máximo:

La primera es que las virutas de reciente formación, removidas por el abrasivo, tienen la tendencia a soldarse nuevamente a la pieza de trabajo bajo las condiciones de calor y presión existentes en el área de contacto; de hecho esas virutas deben ser arrancadas más de una vez. La segunda razón es provocada cuando la cara de la rueda abrasiva es atascada por adherencia de las virutas o porque éstas quedan atrapadas entre los poros de la estructura. Sólomente cuando estas dificultades son eliminadas se puede obtener la máxima remoción de material a ese grado de desgaste.

La eliminación de estas dificultades es acompañada por el uso de fluidos químicos, auxiliares que pueden estar incorporados en el aglutinante o agregados al momento de

realizar el trabajo. Estos fluidos trabajan en tres diferentes formas: primeramente, existe una clase de sustancias que reaccionan químicamente con las virutas de reciente formación, contaminando la superficie de manera que la reunión por soldadura no tiene lugar. Los materiales más comúnmente usados son aquellos que desprenden cloro o sulfuro o ambos, algunos materiales usados son la pirita o polímeros clorinados. En segundo lugar, existe una clase de materiales que se funden bajo la acción del calor producido por el esmerilado. Ellos proveen una película lubricante que previene la adherencia de las virutas en la cara de la rueda, sustancias tales como la criolita o el fluoborato de potasio proveen estas características. En tercer lugar, se usan sustancias de tratamiento a las ruedas abrasivas, las cuales rellenan la estructura porosa y previenen el atrapamiento mecánico de las virutas. Los sulfuros son comúnmente usados en estos casos.

Estos agentes no son siempre necesarios. En aceros al carbono tanto la soldadura como el atascamiento y el máximo desempeño es obtenido sin importar el tipo de liga, por el contrario, el acero inoxidable se oxida muy lentamente y una rápida reacción química es necesaria.

En conclusión, se puede decir que a pesar de la similitud en el proceso de corte con abrasivos y con herramientas de una sola punta existen importantes diferencias debidas básicamente a la cantidad de elementos de corte actuantes en las herramientas abrasivas.

Velocidad y alimentación:

Tradicionalmente, las ruedas vitrificadas han sido fabricadas para operar de 5000 a 6500 sfpm. (1500 m/min a 2000 m/min). Ahora, los fabricantes están tomando medidas para

mejorar todos los factores que afectan a la velocidad con el fin de incrementar la productividad. Si se tiene la potencia suficiente, incrementar la velocidad de la rueda, incrementará la velocidad y los costos decrecerán debido a una disminución en la fuerza de trabajo. Ambos principios pueden ser expresados matemáticamente:

$$\text{Coeficiente de producción} = Vxb/dv$$

donde: V = Velocidad de trabajo en (mt/min)
 b = Ancho de la banda abrasiva (mt)
 d = Profundidad de corte (mt)
 v = Velocidad de la rueda abrasiva (mt/min)

Un incremento en la productividad (Vxb/d) y un incremento correspondiente en la velocidad de la rueda (v) permitirá al costo del abrasivo mantenerse fijo aún cuando el promedio de producción sea mayor. Así, la producción puede ser incrementada al llevar cualquiera de los tres factores (V, b, d) si se hace un incremento correspondiente en v .

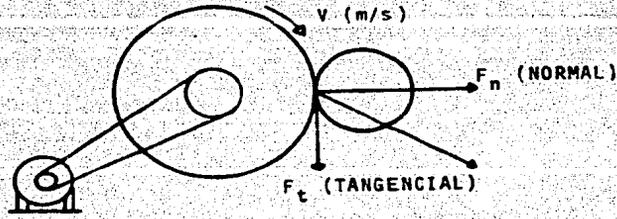
Fuerza.

En el esmerilado cilíndrico, la geometría de la pieza de trabajo es usualmente la que limita la fuerza que puede ser aplicada. El diagrama de fuerzas de la Figura 7.8 (página 50) muestra que la fuerza tangencial es limitada por la potencia que puede suministrar el motor.

$$F_t = 12.300/V \quad x \quad \text{HP} \quad (\text{Kgs.})$$

De esta ecuación se puede deducir que es sumamente atractivo incrementar la velocidad (V), si se logra incrementarla al

doble, es obvio que se podrá aumentar la potencia manteniendo la fuerza constante.



LA FUERZA TANGENCIAL ESTA LIMITADA POR LA POTENCIA DISPONIBLE, PERO NO CAMBIA SI LOS CABALLOS DE FUERZA Y LA VELOCIDAD SE INCREMENTAN PROPORCIONALMENTE

FIGURA 7.8

La fuerza de esmerilado normal (F_n) que tiende a alejar la rueda de la pieza de trabajo está relacionada con F_t pero depende de las especificaciones de la rueda misma, del material de trabajo, del refrigerante, tipo y condiciones de rectificado etc.

En general, F_n es máxima cuando se usan ruedas de granos finos en materiales duros y mínima con grano grueso en materiales suaves. Para materiales como acero forjado, la F_n

varía desde dos hasta cinco veces la F_t . Como ejemplo, una máquina de esmerilado operando a 6000 sfpm (1850 m/min) con un motor de 10 HP tendría una fuerza resultante ($F_r = F_n + F_t$) de trabajo en un rango que va desde 120 lb (45 kgs.) hasta 300 lb (110 kgs.). Una rueda girando a 12000 sfpm (3650 m/min) reduciría las fuerzas a la mitad.

Esmerilado de alto rendimiento.

Como se mencionó con anterioridad, al incrementar la velocidad de 6000 a 12000 sfpm, las fuerzas de trabajo y la rugosidad de la superficie pueden ser reducidas al tiempo que se mantiene el tiempo de vida de la rueda y la calidad se eleva, como se ve en la figura 7.9.

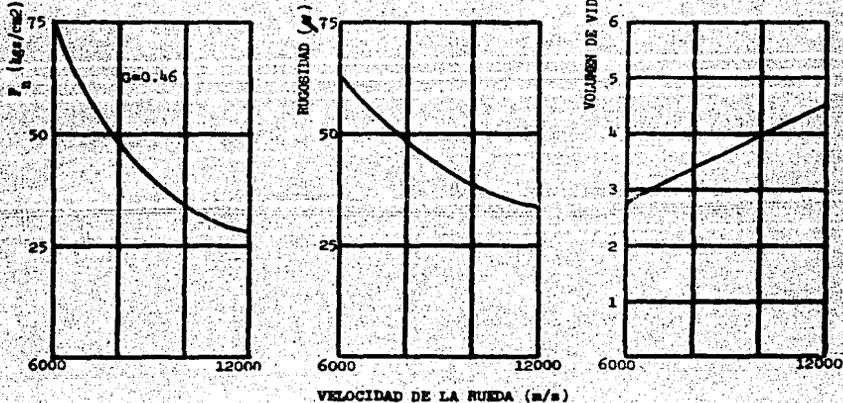


FIGURA 7.9

En esta ilustración el aumento de "volumen de vida" se refiere al anco de la zona abrasiva y las centímetros cúbicos removidos a diferentes velocidades.

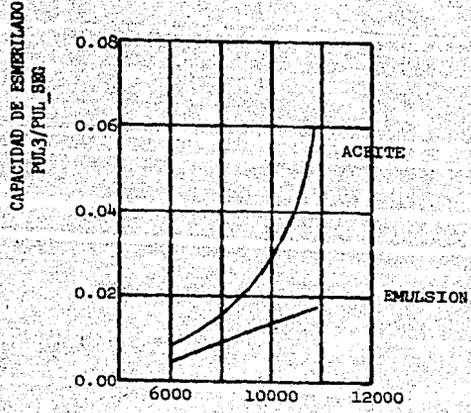
La capacidad de esmerilado Figura 7.10 (página 53) es la cantidad de material removido por segundo por una pulgada (2.54 cms) de ancho de la rueda. Nótese que en todas éstas pruebas se han usado ruedas de grano 60 de óxido de aluminio en acero AISI 1045. Obviamente, un aumento significativo en la capacidad se obtiene al duplicar la velocidad de la rueda adicionando aceite bajo presión con lubricante-refrigerante.

La influencia de la velocidad de la rueda a 18000 sfpm y los efectos de un alto rendimiento se ilustran en la figura 7.11 (página 53). Aquí se muestran las relaciones entre la fuerza de corte, la velocidad de la rueda y la capacidad de esmerilado.

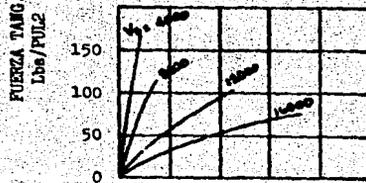
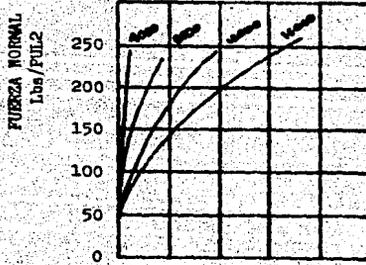
La fuerza resultante es expresada en términos de sus componentes normal y tangencial

Las fuerzas son menores cuando se utiliza aceite como refrigerante en lugar de una emulsión. Figura 7.12 (página 54). Baja capacidad de esmerilado y superficies rugosas es el resultado cuando se usan emulsiones; por el contrario, superficies finas y alta capacidad de esmerilado se obtienen con aceite. Las ventajas del aceite como refrigerante son dos 1) la capacidad de esmerilado se aumenta aún cuando se mantenga constante la velocidad de la rueda. 2) las fuerzas disminuyen y se obtiene un mejor acabado.

El tiempo real de esmerilado se puede reducir incrementando la velocidad de la rueda de manera que se obtenga un producto de calidad consistente a promedios de desgaste de la rueda constantes. La Figura 7.13 (página 54) muestra una reducción de 90 a 97% dependiendo de la velocidad.



VELOCIDAD DE LA RUEDA (rpm)
FIGURA 7.10



CAPACIDAD ESMERILADO
PUL3/PUL-SEG

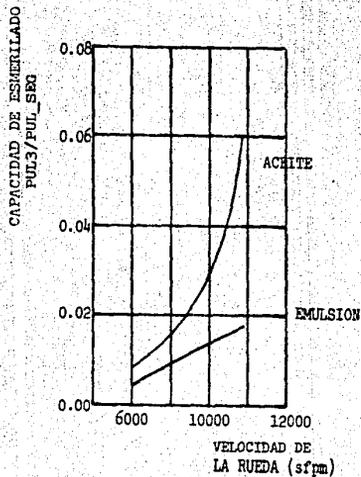
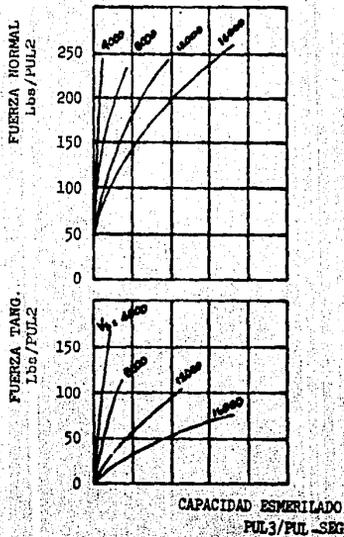


FIGURA 7.10



A y B: 6000 sfpm
 C y D: 12000 sfpm

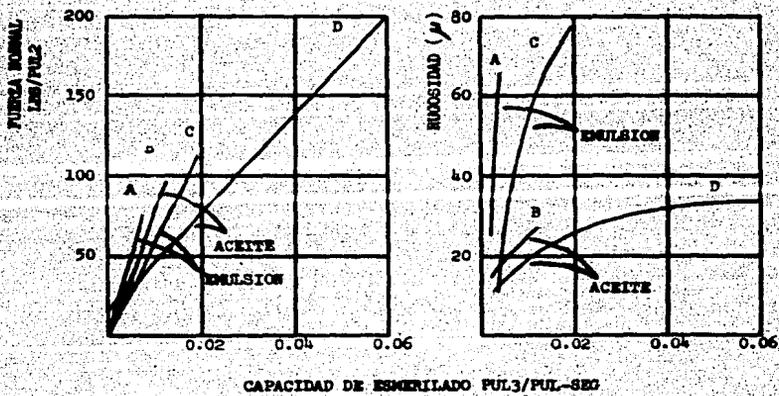


FIGURA 7.12

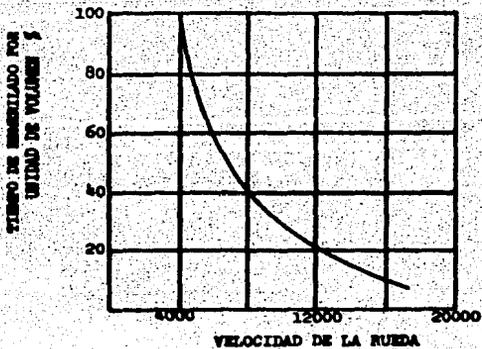


FIGURA 7.13

El esmerilado de alto rendimiento hace posible resolver problemas más rápidamente. Algunas operaciones de maquinado pueden ser substituidas actualmente por éste método. Por ejemplo, es posible maquinar una pieza completamente y con exactitud en una sola operación desde el desbaste hasta el acabado por medio de esmerilado.

Espesor de las virutas en el proceso de esmerilado.

En la figura 7.14 se tiene:

D=diámetro de la rueda (cms)
V=velocidad de la rueda (cms/min)
v=velocidad de trabajo (cms/min)
t=profundidad de corte (cms)

BE es la máxima viruta no cortada = hmax.

BEA= 90

Ahora, $BE/AB = BC/BO$ por similitud de triángulos

$$\text{luego, } BE = AB \cdot BC/BO = h_{\max} \quad (1)$$

$$\text{luego, } OB^2 = BC^2 + OC^2 \quad \text{---- } BC^2 = OB^2 - OC^2 \quad (2)$$

$$\text{como, } OB = D/2 \quad (3)$$

$$\text{y, } OC = D/2 - t \quad (4)$$

de (2), (3) y (4):

$$BC^2 = (D/2)^2 - (D/2 - t)^2$$

$$\begin{aligned} &= (D/2)^2 - ((D/2)^2 - Dt + t^2) \\ &= (D/2)^2 - (D/2)^2 + Dt - t^2 \\ &= tD - t^2 = tD \end{aligned} \tag{5}$$

ahora, $BO = D/2$ (6)

$$h_{max} = AB \sqrt{tD} / (D/2) = 2AB \sqrt{T/D} \tag{7}$$

Si una rueda abrasiva se considera como una herramienta con "k" dientes, entonces AB es el avance por diente.

Entonces, $AB = 12v/Mk$ (8)

y como $N=12V/ITD$ (9)

de (8) y (9), se tiene:

$$AB = vITD/kv \tag{10}$$

y de (10) en (7):

$$h_{max} = (2v IT D/kv) \sqrt{t/D} \tag{11}$$

Un valor apropiado de k para una rueda esmeril, puede ser evaluado de la siguiente manera:

Asumiendo que los granos activos en la superficie de la rueda están uniformemente distribuidos, entonces el espaciamiento de los granos que están en línea a lo largo de la periferia de la rueda, es $2a$ pul, pero $2a = 1/bC$ donde b es el ancho efectivo de un grano y C es el número de granos activos

por pulgada cuadrada en la superficie de la rueda.

$$\text{Así el mínimo de dientes, } k = \pi D/2a = \pi Dbc \quad (12)$$

DE (11) y (12):

$$h_{\max} = 2/vbc\sqrt{t/D} \quad (\text{pulg})$$

Ahora asumamos que las virutas no cortadas son de forma de cuña y supongamos que el ancho promedio de la misma sea r .

$$\text{entonces, } r = \frac{b}{h_{\max}/2} = \frac{2b}{h_{\max}}$$

$$b = \frac{r h_{\max}}{2} \quad (14)$$

Sustituyendo (14) en (13):

$$(h_{\max})^2 = \frac{4v}{vcr} \sqrt{t/D}$$

$$h_{\max} = \left[\frac{4v}{vcr} \sqrt{t/2} \right]^{1/2}$$

Generalmente r varía entre 5 y 20 con una moda de 16.

Ejemplo de una operación típica:

$$t = 0.001''$$

$$D = 7''$$

$$V = 5500 \text{ ft/min} \quad (3000 \text{ rpm})$$

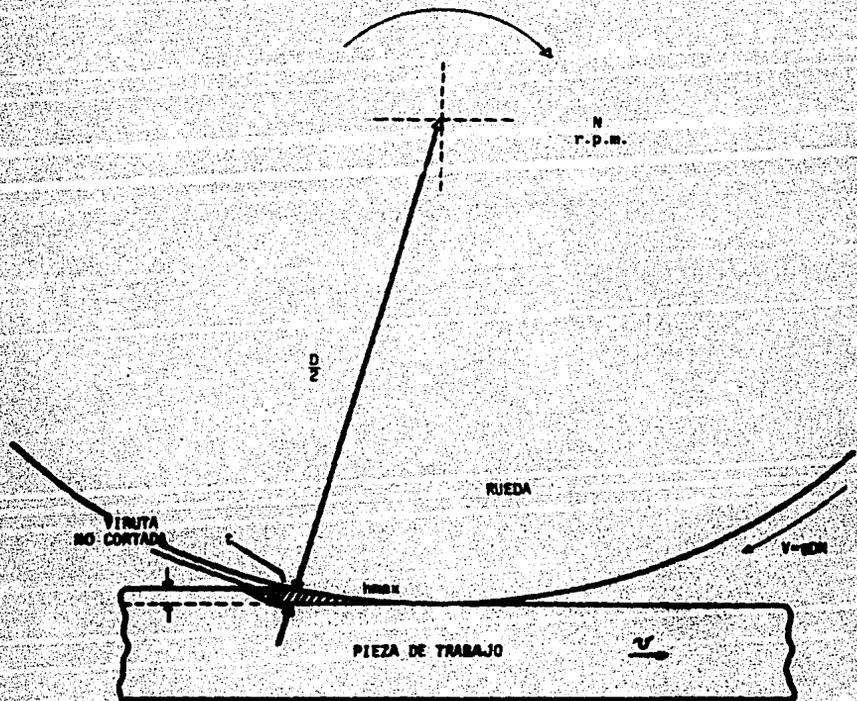
$$v = 10 \text{ ft/min}$$

$$\text{sea: } r = 16$$

$$c = 2000$$

$$h_{\max} = \left[\frac{(4)(10)}{(5500)(2000)(16)} \sqrt{\frac{0.001}{7}} \right]^{1/2} = 52.11 \times 10^{-6} \text{ in}$$

Una viruta se produce en un máximo de tiempo de 72.3 microsegundos y la longitud de la zona de contacto de la rueda-pieza de trabajo, es de aproximadamente 0.08"



$$h = \left\{ \frac{4v}{\pi c v} \sqrt{\frac{A}{\phi}} \right\}^{1/2}$$

FIGURA 7.14

CAPITULO VIII

FABRICACION DE HERRAMIENTAS ABRASIVAS

Contrario a lo que se podría pensar, la fabricación de herramientas abrasivas no es un proceso sencillo. Requiere de equipos especiales y principalmente de una cuidadosa revisión final del producto fabricado. En el caso de las lijas, el factor seguridad no es tan importante como en el de las ruedas, éstas últimas si no pasan por un estricto control de calidad podrían causar daños a los usuarios, pues cada una de ellas por las condiciones de giro a que están sometidas son susceptibles de estallar y desprender partículas a tal velocidad que podrían causar un fatal accidente.

RUEDAS ESMERILES

Básicamente el proceso de fabricación de las piedras esmeriles, tanto las ruedas como aquellas de secciones complejas (incluyendo las puntas montadas) son fabricadas de la misma manera, variando unicamente en el proceso de horneado, en el cual para las ruedas con aglutinante artificial se requiere de una mayor temperatura y de poco tiempo de permanencia, contra la baja temperatura y larga permanencia en el horneado de las piedras con aglutinante natural.

Las cantidades medidas de liga y abrasivo son humedecidas, mezcladas en revolvedoras de polvo y presionadas en moldes de acero en prensas hidráulicas. Con el contenido humedecido es posible hacer una mezcla en las prensas lo suficientemente dura para que no se rompan si son manejadas cuidadosamente. Todas aquellas piedras que no son circulares son formadas en moldes que les dan su forma final aproximada.

Antes de ser horneadas las ruedas pequeñas son secadas en grandes máquinas secadoras, y las ruedas grandes en hornos de humedad controlada.

HORNEADO

La mayoría de las ruedas son horneadas en túneles continuos, aunque las de mayor tamaño algunas veces se hornean en hornos de campana. Durante esta operación, las ruedas son llevadas a una temperatura la cual funde el aglutinante de manera tal, que cada grano es mantenido aparte por una partícula de vidrio. A lo largo del ciclo de quemado, la temperatura está bajo un estricto control mediante el uso de pirómetros. Las ruedas vitrificadas se hornenan a una temperatura de unos 1300 , a la cual funde la materia vítrea que le sirve como aglutinante. Las ruedas resinosas se hornean a una temperatura aproximada de 200 durante algunas horas.

TERMINADO

Las ruedas después del enfriado son perfiladas a sus dimensiones finales con herramientas de acero endurecido, otras ruedas abrasivas o herramientas de diamante. Los agujeros centrales son terminados por medio de una barra de acero y otros materiales, en algunos casos simplemente limando al tamaño deseado.

TRATAMIENTO

Las ruedas pueden ser impregnadas con materiales tales como cera, aceite o sulfuros que en algunos casos mejora la efectividad de corte de la rueda.

INSPECCION Y PRUEBA

Se le da un especial cuidado al control de calidad. Se efectúan diferentes pruebas relacionadas con el grado de dureza de la piedra, tales como medir la fuerza necesaria para la penetración mecánica en el aglutinante por medio de una perforación; la medida de la frecuencia de vibración con aparatos sónicos, peso por unidad de volumen y resistencia al impacto.

Las ruedas de más de seis pulgadas (15 cms) de diámetro se someten a una prueba de gran importancia: cada una es puesta a girar a una velocidad cuando menos 50% mayor a la velocidad máxima nominal. Los esfuerzos a los que está sometida la rueda en éstos casos es 2.25 veces que los encontrados durante el servicio normal. Existe una revisión final visual para checar errores de tamaño, forma, grano y grado para encontrar cualquier tipo de imperfecciones tales como resquebrajaduras u orillas despostilladas. En la Figura 8.1 se muestra un diagrama de flujo del proceso de fabricación de las ruedas.

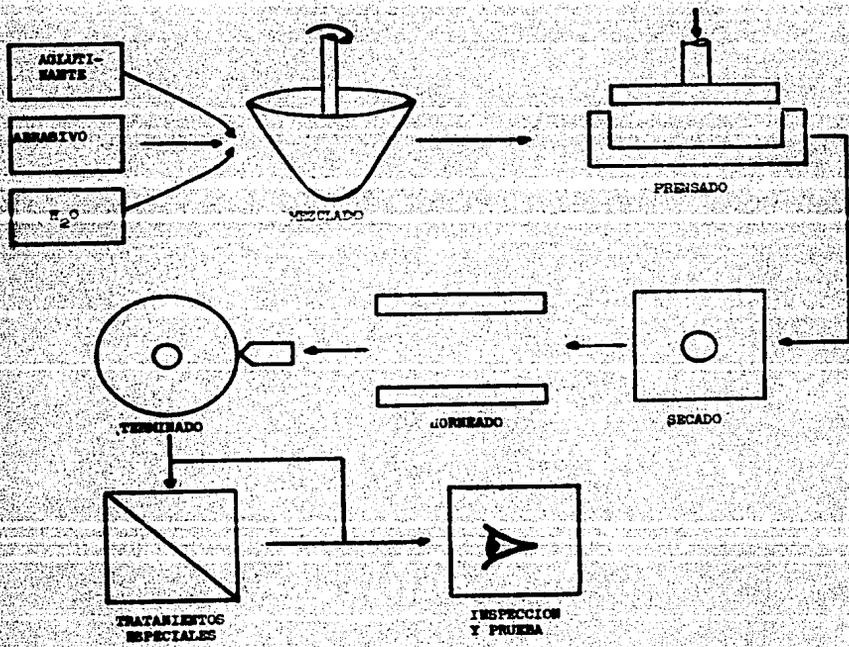


FIGURA 8.1

ABRASIVOS REVESTIDOS

En la fabricación de abrasivos revestidos se utilizan además de los elementos que componen las piedras, un respaldo sobre el cual están apoyados los granos revestidos y que le da la presentación característica de ésta herramienta.

El papel empleado para la elaboración de lijas está hecho con las fibras más durables y fuertes que se pueden conseguir, están disponibles en varios pesos, gruesos y anchos de acuerdo a la aplicación que se le pretende dar.

Se usan tipos especiales de papel, Fourdrinier y Cylinder. La característica principal del papel Fourdrinier, es que consta de una hoja balanceada que tiene una alta resistencia para el rasgado y es muy flexible. Está hecho de una capa simple que puede obtenerse en varios pesos. La Figura 8.2 (página 64) muestra un grabado del proceso de fabricación de éste papel.

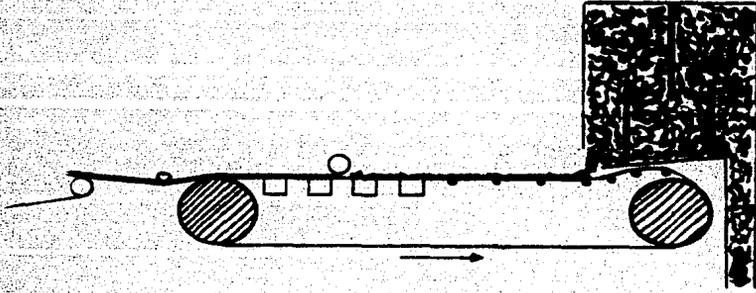
El papel Cylinder está hecho de varias capas, con la fibra distribuida para proveerlo de fuerza máxima en la dirección longitudinal.

Ambos tipos de papel vienen en rollos grandes, en los siguientes pesos:

PESO A	---	FOURDRINIER	70 g/m ²
PESO C	---	FOURDRINIER	120 g/m ²
PESO D	---	FOURDRINIER	155 g/m ²
PESO E	---	CYLINDER	220 g/m ²

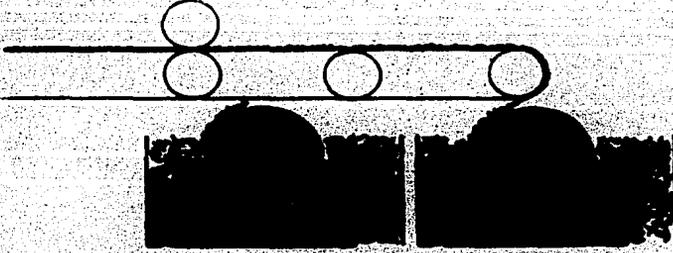
Antes de recubrirse, el papel es cuidadosamente analizado por el personal técnico, para mantener sus condiciones estándar.

La Figura 8.3 ilustra la superposición de las capas en el proceso de fabricación del papel cilindrado.



MAQUINA FOURDRINIER

FIGURA 8.2



MAQUINA DE CILINDROS

FIGURA 8.3

Entre los procesos más comunes se pueden mencionar: lavado, estiraje, teñido, apresto y calandreado, los cual se son necesarios para obtener dorsos de la resistencia, flexibilidad y característicass de superficie deseadas.

Los dos tipos de tela más comunes se designan como TELA X para el caso de Driles y como TELA J para el caso de Jeans.

TELA J: Es una tela fuerte para cuando se necesita flexibilidad. Se usa en los grados 80 y más finos, especial para bandas y hojas.

TELA X: Tela más fuerte y pesada, de menor flexibilidad, especial para bandas y discos cuando se requiere gran resistencia y poco estiraje.

COMBINACION: Como lo indica su nombre, es un dorso fabricado combinando papel de alta resistencia y tela ligera. Se usa principalmente para operaciones de lijado severo y para pulido de pisos.

FIBRA.

Se obtiene tratando trapos de algodón y papel con cloruro de Zinc, el cual gela la celulosa del algodón. Está formada por varias capas, las cuales se vulcanizan en caliente y finalmente se calandrear para obtener un acabado terso.

La fibra vulcanizada es un material duro, fuerte y flexible. La fibra de 0.030" es la que tiene más alta resistencia que cualquier otro dorso usado en la industria de los abrasivos. Se utiliza para fabricar discos abrasivos para usar en las lijadoras portátiles.

La fibra de 0.020" se usa principalmente en la lijadora de tambores.

FORMACION DEL REVESTIMIENTO DE ABRASIVOS REVESTIDOS

El equipo para recubrir abrasivos revestidos, es grande y complejo, por lo tanto muy difícil de describir. En la Figura 8.4 (página 67) se muestra un diagrama de una máquina típica mostrando las diferentes partes de que se compone, así como las operaciones que desempeña.

- A.- Rollo de papel, tela, combinación o fibra.
- B.- Rodillo para la imprenta.
- C.- Calandria del adhesivo.
- D.- Rodillo de hule para distribuir el adhesivo.
- E.- Rodillo ajustable de acero.
- F.- Cepillo cibrador para uniformar el adhesivo.
- G.- Tolva para la alimentación del grano abrasivo.
- H.- Recubrimiento con el abrasivo.
- I.- Tambores de succión perforados.
- J.- Tolva de almacenamiento de bastones para transportar el producto.
- K.- Cadenas transportadoras de bastones donde se apoya el producto para pasar a través del túnel del primer secado.
- L.- Transportador para bastones de salida.
- M.- Bañomado del producto.
- N.- Proceso de transporte del producto en el túnel de secado final.
- O.- Caja de succión.
- P.- Enrolladora automática para los rollos de producto terminado de: papel, tela, combinación o fibra.

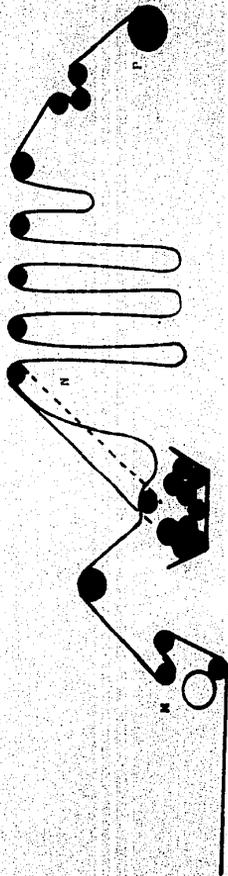
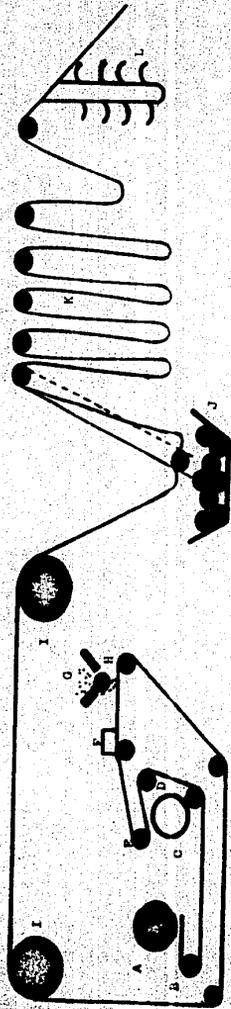


FIGURE 8.4

Procesos de recubierto.

La industria de los abrasivos revestidos, cuenta con dos métodos para el recubrimiento de los diferentes dorsos usados, tales como: papel, combinación, tela o fibra. Estos métodos son Gravedad y Electrostático.

Gravedad.

Este método se lleva a cabo dejando caer el grano abrasivo, desde una tolva, sobre la hoja de material cubierta de adhesivo, para de esta forma recubrir el dorso. Figura 8.5.

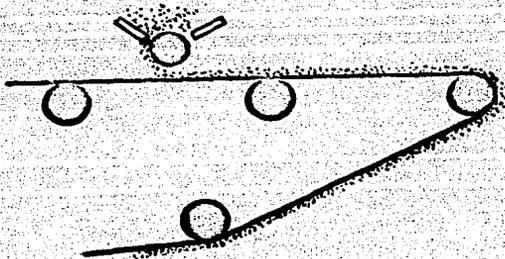


FIGURA 8.5

Electrostático.

Este proceso es usual, cuando se desea un producto con mayor agresividad. La aplicación de los granos abrasivos al dorso, se efectúa de manera que cada partícula se adhiere adoptando literalmente una posición vertical. Figura 8.6.

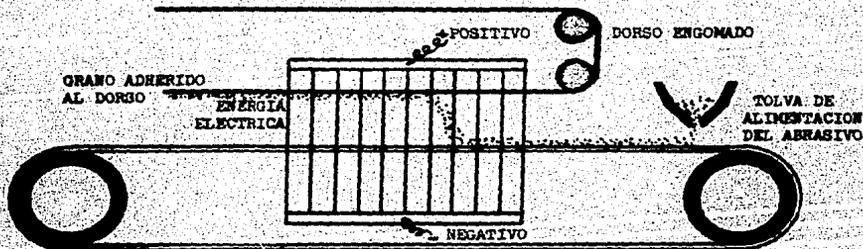


FIGURA 8.6

Durante este proceso, los granos pasan a través de un campo electrostático, en donde se cargan, quedando un extremo de cada grano, positivo y otro negativo.

Un polo o electrodo negativo, usado para crear el campo electrostático, atrae el extremo positivo de la partícula del grano y repela el extremo negativo, de esta forma el grano se voltea y se aplica con los filos hacia arriba. Esto da por

resultado, una superficie abrasiva con un porcentaje mucho más elevado de aristas cortantes y además, la distribución de las partículas de grano es excepcionalmente uniforme con este sistema. Figura 8.7.

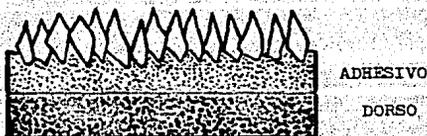


FIGURA 8.7

Procesos de acabado

Los productos abrasivos revestidos, son fabricados en anchos diversos, dependiendo de los usos para lo que se destina. Se polimerizan, secan o ambas cosas y se acondicionan al contenido apropiado de humedad para su procesamiento futuro a la forma requerida por los clientes. Estos rollos son llamados "Jumbos".

El diámetro promedio de cada Jumbo, es de 1 metro, los rollos se almacenan en depósitos con temperaturas controladas, hasta que se lleven al departamento de acabado, para cortarse según las necesidades del cliente. El método de procesamiento de los Jumbos de productos abrasivos revestidos para el uso de los consumidores en bandas, hojas, discos y rollos así como especialidades se conoce como "ACABADO".

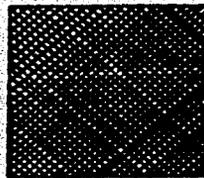
El flexado de los productos abrasivos revestidos, consiste en la fractura del adhesivo de una manera controlada. El propósito de flexar los abrasivos revestidos, es para facilitar las aplicaciones del producto y es necesario para adaptar el producto revestido a la máquina, método y trabajo que va a desarrollar, porque el material no flexado queda rígido, difícil de manejar y tiende a quebrarse, pudiendo originarse de estas condiciones una fractura del material.

Hay dos tipos de flexado, el de 90° y el de 45° . Cuando el flexado se efectúa transversalmente, se dice que el flexado es de 90° . Este tipo de flexado es comunmente usado en productos cuyas operaciones de lijado son sobre trabajos de parte planas. Un ejemplo de este tipo de flexado, se observa en la Figura 8.8.



90°

FLEXADO



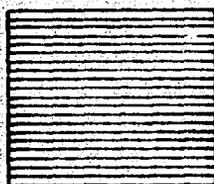
45°

FIGURA 8.8

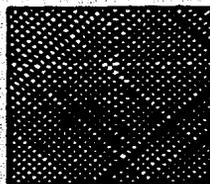
Cuando el material es flexado a 45° , quiere decirse que el flexado se ejecuta con un ángulo de 45° . Esto da por resultado un producto de gran flexibilidad en todas direcciones, lo cual

El flexado de los productos abrasivos revestidos, consiste en la fractura del adhesivo de una manera controlada. El propósito de flexar los abrasivos revestidos, es para facilitar las aplicaciones del producto y es necesario para adaptar el producto revestido a la máquina, método y trabajo que va a desarrollar, porque el material no flexado queda rígido, difícil de manejar y tiende a quebrarse, pudiendo originarse de estas condiciones una fractura del material.

Hay dos tipos de flexado, el de 90° y el de 45° . Cuando el flexado se efectúa transversalmente, se dice que el flexado es de 90° . Este tipo de flexado es comunmente usado en productos cuyas operaciones de lijado son sobre trabajos de parte planas. Un ejemplo de este tipo de flexado, se observa en la Figura 8.8.



90°



45°

FLEXADO

FIGURA 8.8

Cuando el material es flexado a 45° , quiere decirse que el flexado se ejecuta con un ángulo de 45° . Esto da por resultado un producto de gran flexibilidad en todas direcciones, lo cual

facilita su uso tanto manual como en operaciones mecanizadas, para el lijado de contornos y formas irregulares.

La flexibilidad en los abrasivos revestidos, se logra casi siempre, sacrificando la duración y rendimientos del producto. Por lo que se recomienda una selección del mínimo de flexibilidad requerida.

Corte en forma de rollos:

Muchos productos abrasivos revestidos, se fabrican en rollos muy anchos, que se recortan después en rollos angostos, con tolerancias propias, para surtir pedidos de los clientes. Además existen otras formas de terminado como son: bandas abrasivas, hojas, discos y especialidades, las cuales se inspeccionan tanto durante el proceso de fabricación, como antes de embarcarse, por personal entrenado, para asegurar un producto de calidad.

CAPITULO IX

FLUIDOS PARA ABRASION

Las funciones básicas de los fluidos de abrasión son similares a aquellas de los fluidos de corte. Los fluidos son esencialmente los mismos, siendo aceites o productos solubles en agua.

Los fluidos son generalmente usados por las siguientes razones:

- 1) Mantener la temperatura de trabajo lo más uniforme posible, lo que previene la distorsión y proporciona un mejor control de tolerancia.
- 2) Reducir la fricción entre la rueda y la pieza de trabajo, así como la resistencia del metal a la acción abrasiva. Esta es primariamente una acción de lubricación.
- 3) Facilitar el desalojo de las rebabas de metal así como otros agentes que impidan el buen funcionamiento del proceso.
- 4) Prevenir el atascamiento de las ruedas.
- 5) Ayudar a la rueda a producir un buen acabado.

Propiedades de los fluidos de abrasión: Existen varias características que deben poseer los fluidos, sin embargo, las más importantes son la lubricación y el enfriamiento.

Del 70 al 80% de la energía usada en el esmerilado es devuelto como calor, con temperaturas que alcanzan los 2000°F (1100°C) o más. Aproximadamente dos tercios de éste calor es el resultado de la deformación del metal por las partículas abrasivas y el tercio restante creado por el contacto entre el abrasivo y la pieza de trabajo. Dado que la mayor parte del calor generado en el proceso es conducido por la pieza de trabajo, la acción refrigerante del fluido es esencial en el control dimensional. Las propiedades lubricantes reducen la fricción y el calor friccional producido entre la rueda y la pieza de trabajo. La lubricación también ayuda a reducir el caballaje requerido para la operación.

Entre otras propiedades esenciales, los fluidos de abrasión son buenos protectores de óxido de los materiales ferrosos, buenos penetrando en la rueda y manteniéndola limpia y libre para cortar, y positivas en la seguridad de los operarios.

La contaminación y seguridad también son consideraciones importantes, los fluidos no deben poseer metales pesados tales como el plomo, mercurio, bario, cadmio, zinc, cobalto u otras sustancias tóxicas. En muchas áreas hay limitaciones en el contenido de fenol, y es recomendable tomar en cuenta las restricciones locales de desperdicios.

TIPOS DE FLUIDOS

Se dividen en dos categorías generales: aceites y solubles en agua.

Los aceites proveen excelente lubricación. En adición a sus propiedades lubricantes, el desempeño de los aceites puede ser incrementado mediante la adición de sulfuros, cloros y

otros agentes químicos, particularmente en operaciones severas de esmerilado.

Su uso es extremadamente útil de forma en donde la lubricación es de vital importancia. De cualquier manera en algunas operaciones el humo producido puede ser objetable pero existen posibilidades de eliminarlo mediante sistemas de aspersión. Los aceites están disponibles en una amplia variedad de viscosidades pero los usuales para esmerilado están dentro del rango de 90-100 SUS a 100°F (40°C).

El agua es uno de los refrigerantes más efectivos que se conocen, pero tiene algunos defectos. Promueve la oxidación y no provee lubricación. Afortunadamente, la tecnología moderna ha desarrollado productos solubles en agua que pueden reemplazar a los aceites, en una amplia variedad de características. Basicamente los productos solubles en agua se pueden clasificar de la siguiente forma:

- 1) Aceites solubles para fines generales: son usualmente compuestos por una ligera base de aceite mineral con emulsificadores aniónicos y otros químicos que promueven la emulsificación y estabilidad cuando se agrega agua. La composición simple de éste tipo de productos proveen una adecuada protección contra el óxido y la suficiente lubricación para operaciones de esmerilado ligero.
- 2) Aceites solubles de alto rendimiento: Estos productos usualmente contienen una considerable cantidad de aditivos de extrema presión capaces de sustituir a los aceites de corte en las operaciones más difíciles. Dado que los fluidos solubles en agua enfrían mejor que los aceites de corte, los problemas de humo usualmente asociados con los aceites son reducidos cuando se emplean aceites solubles de alto rendimiento.

3) Fluidos semisintéticos: Estos fluidos son generalmente mezclas de químicos, emulsificaciones y aceites con minerales que no excedan el 35% de su composición. Forman mezclas transparentes cuando son adicionadas al agua. Las composiciones son, generalmente, complejas debido a los requerimientos que no satisfacen los aceites solubles y los de alto rendimiento. Poseen características muy positivas, detienen el óxido, son muy limpios y su alto grado de transparencia permite a los operadores ver la pieza de trabajo moderado y productos para trabajo pesado capaz de manejarse en las más difíciles operaciones de esmerilado. El alto grado de detergencia de éstos productos es extremadamente efectivo para mantener las ruedas limpias.

4) Fluidos sintéticos: Son una mezcla de aceites minerales, la concentración y las mezclas diluidas son transparentes. Debido a que no hay componentes insolubles, no hay la necesidad de emulsificadores y la claridad y estabilidad no son afectadas por la dureza del agua. Usualmente, controlan muy bien la oxidación y la limpieza. Estas características adicionadas a una buena acción refrigerante lo hacen utilizable para esmerilado plano, sin centros y otros tipos de operaciones que se podrían hacer en seco. Como quiera que sea, los desarrollos de la tecnología están implementando sintéticos que igualan los resultados obtenidos con aceites y solubles en agua.

La siguiente es una lista de las cualidades deseables en un fluido de esmerilado, aunque no se deben incluir todas necesariamente para cada operación.

- 1) Rápido enfriamiento.
- 2) Baja tensión superficial
- 3) Transparencia para que las operaciones puedan ser visualizados aunque las máquinas modernas sean casi totalmente automáticas y cada día sea menos necesario para el operador el visualizar el trabajo.
- 4) El fluido no deberá afectar el aglutinante.
- 5) Viscosidad suficientemente baja para permitir que los aceites penetren al punto de contacto.
- 6) Adecuada protección contra la oxidación.
- 7) Habilidad para producir el mejor acabado que el grano y grado de la rueda puedan proporcionar.
- 8) No debe dejar depósitos.
- 9) Estable.
- 10) Si es mezclable con agua que la mezcla se haga fácil.
- 11) Que produzca poca espuma.
- 12) Que no produzca flama.

CANTIDAD DE FLUJO REQUERIDO

Cada quien deberá trabajar en sus propios estándares, dado que las condiciones varían de operación a operación, pero se deben observar algunas reglas. El promedio de dos galones (litros) por minuto por cada caballo de fuerza absorbido es bueno para trabajo continuo. Para trabajo intermitente una y media veces por minuto del flujo suficiente. Otra regla sugiere cinco galones por minuto por pulgada de la cara de la rueda. Sin importar el caballaje, una medida basada en la cantidad de metal removida es diez litros por pulgada cúbica.

El uso de la adecuada concentración es igualmente importante. En general el rango de diez a uno (diez partes de agua por una parte de concentrado) hasta una dilución de 100:1 dependiendo de la naturaleza y severidad de la operación debe

ser usado. Una falla en la concentración puede crear uno de los siguientes problemas: descenso en la vida de la rueda, pobres acabados y óxido en materiales ferrosos. El mantenimiento de la mejor concentración asegura el mejor desempeño y economía de la rueda.

LIMPIEZA DE LOS FLUIDOS

Se obtienen grandes ventajas si se mantienen limpios los fluidos. Se remueven impurezas que pueden impedir un buen acabado, se prolonga la vida del fluido y las áreas de producción se mantienen más limpias. La limpieza de los fluidos puede ser evaluada por los siguientes aspectos:

- 1) La carga contaminante en partes por millón.
- 2) Porcentaje de contaminación en peso.
- 3) El tamaño particular, en micrones de contaminante encontrados en el fluido en cualquier momento.

Es importante hacer notar que a pesar de la limpieza del refrigerante, éste no podrá proporcionar un acabado que la rueda no sea capaz de producir. Debido a la variedad de refrigerantes existentes en el mercado, es importante que se utilice un sistema de filtración adecuado al producto en uso.

La tabla siguiente ilustra los posibles fluidos recomendados para algunos procesos:

	ESMER CILIND. Y SUPERF	ESMER SIN CENTROS	ESMER FORMA	ESMER CUERDAS	ESMER HORNADO
CROMO, NIQUEL COBALTO ACERO INOXIDABLE	B-2a ó b	B-2-b	A-2 B-2a ó b	A-2	A-1 ó 2
ACEROS AL BA- JO Y MEDIO CARBONO	B-1a ó b	B-1b	B-2a ó b A-2	A-2	A-1
ACEROS HORNADOS	B-1a ó b	B-1b	B-1a ó b A-2	B-1a ó b	A-1
ALEACIONES DE COBRE Y ALUMINIO	B-1a ó b B-2a ó b	B-1b B-2b	B-2a ó b A-1 ó 2	A-1 ó 2 B-2a ó b	A-1
ALEACIONES DE TITANIO	B-1b B-2b	B-1b B-2b	B-2a ó b	A-2 B-2a ó b	A-1
METALES RE- FRACTARIOS	B-2a ó b A-2	B-2b A-2	B-2b A-2	A-2	A-2

A-1 Aceite de corte ligero

A-2 Aceite de corte pesado

B-1 Semisintético o sintético

B-1a Soluble o semisintético

B-1b Sintético

B-2 Soluble de alto rendimiento
o sintético

B-2a Alto rendimiento o soluble

B-2b Sintético

CAPITULO X
EVALUACION DE LA CALIDAD
DE UNA SUPERFICIE ESMERILADA

Es bien sabido que en los trabajos de manufactura el acabado no siempre es de gran importancia, sin embargo, hay ocasiones en que las tolerancias y los terminados de las piezas hacen la diferencia entre un buen trabajo y uno malo. Hoy en día se pueden lograr medidas con admirable precisión gracias a la tecnología moderna; sin embargo, hasta hace algunos años eso no era posible.

El acabado, en relación a las factores que lo afectan, fue estudiado en "Carnegie Mellon University". No todas las variables fueron cuidadas, las ocho más importantes fueron evaluadas como sigue:

	<u>Valor Bajo</u>	<u>Valor alto</u>
Técnica de rectificado	fino	grueso
Tamaño de grano	24	60
Tipo de esmerilado	abajo	arriba
Dureza de la rueda	F	C
Dureza del trabajo	Rb = 93	Rc = 63
Velocidad de la rueda (sfpm)	4300	6000
Velocidad del trabajo (sfpm)	13	83
Avance (in/pas)	0.0002	0.0004

Las pruebas fueron realizadas empleando todas las combinaciones posibles con valores altos y bajos. Las conclusiones fueron: 1) La velocidad de trabajo es la variable más importante, debe ser baja para lograr un buen acabado superficial. 2) Las siguientes variables le siguen en importancia, en el orden dado:

<u>V a r i a b l e</u>	<u>Para un buen acabado</u>
2) Dureza de la rueda	alta
3) Técnica de rectificado	fino
4) Tamaño de grano	fino
5) Tipo de esmerilado	arriba
6) Velocidad de la rueda	alta
7) Avance	bajo
8) Dureza del trabajo	alta

Inspección visual y por tacto. El ojo humano, sin ayuda puede visualizar a una distancia de 10 pulgadas (23.4 cms), puntos separados una distancia de 0.003 pulgadas, y percibir un rallón de 30 μ " de ancho, pero no puede evaluarlos consistentemente.

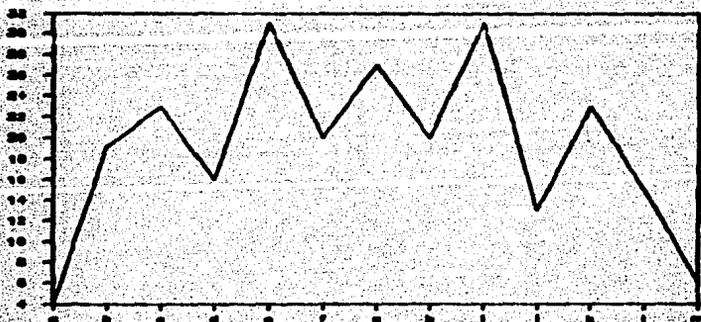
Para auxiliar el ojo, tenemos el tacto, especialmente los dedos y sus uñas, con ellas se puede efectuar una inspección, sobre todo si se cuenta con una superficie con el acabado deseado.

Hoy en día se utilizan métodos electrónicos que proveen una alta exactitud en el verificado de la superficies terminadas, estas máquinas son capaces de medir imperfecciones tan pequeñas como 2 micropulgadas (2.5 μ).

Método de los promedios cuadrados: A estos valores generalmente se les añade el apéndice "RMS" que proviene de Root Mean Square. El dibujo que aparece en la figura (10.1) representa la rugosidad de una superficie si en esta curva, el centro aparente es dibujado y se dibujan líneas perpendiculares a igual distancia una de otra, se puede obtener un promedio aritmético. Un valor un poco más exacto se obtiene elevando

cada uno de los valores al cuadrado, sumando los valores, dividiéndolo entre dos y sacándole raíz cuadrada al número obtenido.

GRAFICA DE RUGOSIDAD



I		I	
a =	6	a =	16
b =	19	b =	361
c =	23	c =	529
d =	16	d =	256
e =	31	e =	961
f =	20	f =	400
g =	27	g =	729
h =	20	h =	400
i =	31	i =	961
j =	13	j =	169
k =	23	k =	529
l =	13	l =	225
m =	6	m =	36

TOTAL

240

3572

Equipos ópticos:

El principio de utilizar ondas luminosas para probar superficies, grado de planeidad, y tamaño, con exactitudes de micras, es bien conocida. La longitud de onda de la luz no cambia nunca, consecuentemente bajo cualquier condición el empleo de ondas de luz para cuantificar exactitudes, siempre será uniforme.

Máquinas actuales: Hoy en día se utilizan equipos con puntas de diamante montadas en uno de sus extremos, este es pasado sobre la superficie en la cual se desea medir la rugosidad. Su movimiento oscilatorio hacia arriba y abajo es registrado mediante un campo magnético, electrónico, o algún método de amplificación de señales que puedan ser grabados y registrados.

Simbología: Es esencial para obtener un entendimiento general de los planos de fabricación mecánica de alguna pieza, que exista una simbología estandarizada.

Los símbolos establecidos por el "American Standard B46.1-1962" y reafirmados en 1971, son los mostrados en la Figura (10.2) la marca puede ser colocada en la línea del dibujo o en cualquier línea que apunte a la parte afectada.

Equipos Ópticos:

El principio de utilizar ondas luminosas para probar superficies, grado de planeidad, y tamaño, con exactitudes de micras, es bien conocida. La longitud de onda de la luz no cambia nunca, consecuentemente bajo cualquier condición el empleo de ondas de luz para cuantificar exactitudes, siempre será uniforme.

Máquinas actuales: Hoy en día se utilizan equipos con puntas de diamante montadas en uno de sus extremos, este es pasado sobre la superficie en la cual se desea medir la rugosidad. Su movimiento oscilatorio hacia arriba y abajo es registrado mediante un campo magnético, electrónico, o algún método de amplificación de señales que puedan ser grabados y registrados.

Simbología: Es esencial para obtener un entendimiento general de los planos de fabricación mecánica de alguna pieza, que exista una simbología estandarizada.

Los símbolos establecidos por el "American Standard B46.1-1962" y reafirmados en 1971, son los mostrados en la Figura (10.2) la marca puede ser colocada en la línea del dibujo o en cualquier línea que apunte a la parte afectada.

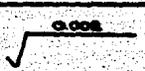
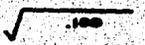
SÍMBOLO	DESIGNACION	EJEMPLO
||	ESMERILAR PARALELAMENTE A LA LINEA QUE APUNTA A LA SUPERFICIE A SER TRABAJADA	 
⊥	ESMERILAR PERPENDICULARMENTE A LA LINEA QUE APUNTA A LA SUPERFICIE A SER TRABAJADA	 
X	ESMERILAR ANGULARMENTE, EN AMBAS DIRECCIONES, A LA LINEA QUE APUNTA A LA SUPERFICIE A SER TRABAJADA	 
M	ESMERILAR EN MÚLTIPLES DIRECCIONES (HORIZONTAL, VERTICAL, ANGULARMENTE Y CIRCULARMENTE)	 
C	ESMERILAR CIRCULARMENTE RELATIVO A LA LINEA QUE APUNTA A LA SUPERFICIE A SER TRABAJADA, TOMANDOLA COMO CENTRO	 
R	ESMERILAR RADIALMENTE RELATIVO A LA LINEA QUE APUNTA A LA SUPERFICIE A SER TRABAJADA, TOMANDOLA COMO CENTRO	 
	LA ALTURA DE LA RUGOSIDAD SE INDICA EN EL ANGULO INFERIOR IZQUIERDO. ES EL MAXIMO Y CUALQUIER VALOR MENOR SERA ACEPTABLE	
	LAS ESPECIFICACIONES MAXIMA Y MINIMA DE RUGOSIDAD SE INDICAN EN EL ANGULO INFERIOR IZQUIERDO	
	LA MAXIMA VARIACION DE DIMENSIONES EN LA PARTE SUPERIOR, CUALQUIER VALOR MENOR SERA ACEPTABLE	
	EL VALOR MAXIMO DEL ANCHO DE CORTE DE LA PIEDRA ABRASIVA SE INDICA EN LA PARTE BAJA DE LA HORIZONTAL	

FIGURA 10.2

CAPITULO XI

SEGURIDAD

El esmerilado es una de las operaciones más seguras en el campo de la remoción de material. A pesar del uso de miles de piedras esmeriles que se utilizan al día, las fracturas en las ruedas ocurren solo ocasionalmente.

A manera de introducción se puede apuntar que la mayoría de las ruedas vitrificadas operan a una máxima velocidad de seguridad posible de 6500 sfpm. que es a groso modo 75 mph (120 km/hr) en el caso de las ruedas de aglutinante orgánico, el límite anda por las 9500 sfpm. aproximadamente 95 mph (150 km/hr), en algunos casos especiales se puede llegar hasta 16,000 sfpm. En caso de rompimiento, las partículas de la rueda son arrojadas a velocidades aproximadas a las arriba mencionadas, lo cual da una clara idea de lo peligroso que podrá ser emplear una rueda a una velocidad mayor a la recomendada.

Todas las ruedas, son rompibles, pero existen algunas más fuertes que otras. Las ruedas vitrificadas son tan frágiles como los mismos platos de cocina si éstos son manejados impropiaemente. Las temperaturas a que son manufacturados impiden el uso de almas de acero o algún otro tipo de refuerzo. Las ruedas orgánicas (laca, resinoides y hule), son más fuertes que las vitrificadas pero también tienen sus limitaciones. Las llamadas ruedas reforzadas con fibra o fibra de vidrio, son probablemente las más duraderas desde el punto de vista del manejo de la rueda. Como sea, para fines prácticos no existe ninguna rueda que se le pueda llamar "irrompible".

Podría pensarse que en términos de seguridad, solamente se deberían emplear las ruedas más fuertes, lo cual en la práctica no funciona. Como se ha visto ya, en el caso de una rueda demasiado dura, los granos frescos no serán expuestos fácilmente y la rueda durará más con una consecuente generación de calor. Las ruedas deben ser seleccionadas tomando en cuenta todos los factores involucrados para desempeñar un trabajo más eficiente.

Velocidad: Dado que la velocidad es un factor vital en el uso seguro de las ruedas es importante conocer como está calculada. La velocidad de la rueda es aquella a la cual uno de los puntos extremos esta viajando generalmente expresada en pies por minuto (sfpm - surface feet per minute). La velocidad de giro son las revoluciones por minuto (rpm). La rueda hace el mismo número de rpm's pero la velocidad de superficie es el producto de los rpm multiplicada por su circunferencia.

El cálculo se expresa como sigue:

$$\text{sfpm} = \frac{\text{RPM} \times \text{Diam} \times \pi}{12}$$

Diam en pies .

$$\text{Metros por seg.} = \frac{\text{RPM} \times \text{Diam} \times \pi}{60}$$

Diam en metros

Ello explica el porque las pequeñas puntas montadas deben girar a muy altas velocidades para poder operar eficientemente y porqué ruedas de grandes diámetros alcanzan grandes

eficiencias a bajas revoluciones.

Factores que producen "stress" en las ruedas:

La siguiente lista menciona las causas que pueden producir debilidad en una rueda:

- 1.- Montado incorrecto. Se induce una fuerza de compresión sobre la rueda cuando está montada sobre bardas en vez de ser montada en superficies planas.
- 2.- Aceleración. La aceleración produce una fuerza en la rueda hasta el punto en que se estabiliza en una velocidad.
- 3.- Rotacional. Esta es una fuerza centrífuga producida en la rotación, varía con el cuadrado de la velocidad.
- 4.- Desbalanceo dinámico.
- 5.- Impacto radial. Fuerzas radiales se presentan como resultado del impacto a medida que la rueda es empujada contra la pieza de trabajo o viceversa.
- 6.- Fuerzas tangenciales. La fuerza producida por el esmerilado está relacionada por la potencia consumida.
- 7.- Fuerzas térmicas. Son el resultado de la fricción entre la rueda y la pieza de trabajo.
- 8.- Cargas laterales. Es el resultado de la presión lateral durante el trabajo de una rueda.
- 9.- Impacto lateral. Es similar al de cargas laterales, excepto que es resultado de golpes.

10.- Desaceleración. Es el resultado de la reducción de velocidad al parar una rueda.

Estos esfuerzos no ocurren independientemente. Es importante que el usuario las conozca y evite sobrepasar los límites de cada una de ellas para evitar accidentes.

Responsabilidades del usuario: Estos, son las más interesadas en un trabajo seguro. Las reglas que deben seguir para evitar accidentes son:

- 1.- Examinar los materiales abrasivos a su entrega para asegurarse de que éstos no han sufrido daño alguno durante su transporte.
- 2.- Manejar y almacenar las piedras en forma adecuada.
- 3.- Checar las máquinas y equipo para asegurarse de que éste está en buenas condiciones.
- 4.- Proveer equipo adicional que proteja al usuario en caso de alguna falla.
- 5.- Observar las recomendaciones del fabricante y nunca exceder sus límites.
- 6.- Instruir al personal en las prácticas de seguridad.
- 7.- Siempre operar la máquina con la guarda en su lugar.

Inspección, manejo y almacenaje de las ruedas abrasivas:

Inspección: La primera inspección se debe hacer en el empaque de envío. Si existe alguna clara evidencia de daño del

"container" se deben examinar con cuidado especial las ruedas.

Inmediatamente, después de desempacar las ruedas deben ser inspeccionadas para verificar que no hayan sido dañadas durante el envío. Como una prueba adicional las ruedas pequeñas deben ser suspendidas del agujero central por medio de un hilo. Las ruedas más pasadas se deben probar en forma vertical descansando sobre el piso. Las ruedas deben estar libres de aceite y de polvo, de otra manera el ruido puede ser opacado.

Golpear la rueda suavemente con un implemento no metálico. Los mejores puntos para ello se encuentran localizados a 45° de la vertical. Figura 11.1

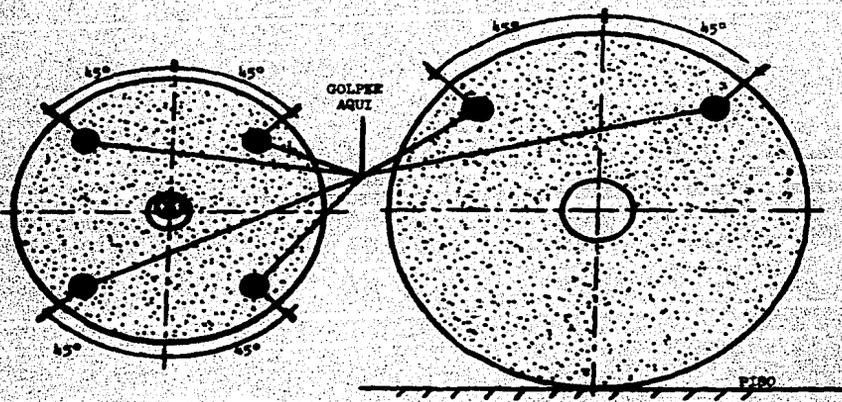


FIGURA 11.1

El ruido de una rueda que no está dañada debe dar un claro tono metálico, aunque se debe notar que el tono cambia de acuerdo al aglutinante de la rueda. Si la rueda está fracturada se escuchará un sonido opaco y no uno claro. Después de la primera prueba, la rueda debe ser rotada aproximadamente 45° y repetir la operación nuevamente. Se recomienda hacer la comparación del ruido obtenido con otras ruedas del mismo lote. Cualquier rueda que tenga un sonido significativamente diferente de los otros deberá ser checada más cuidadosamente.

Esta prueba deberá ser repetida cada que la rueda es montada nuevamente, especialmente si ésta ha estado almacenada por un largo tiempo. Después del montaje el operador debe dejar correr la rueda libremente a la velocidad máxima de especificación cuando menos durante un minuto.

Almacenaje: Cuando las piedras no están en uso, deben ser cuidadosamente almacenadas para protegerlas de cualquier golpe. Esto, es aplicable tanto a las ruedas nuevas como a las usadas.

Los estantes deben ser diseñados, contruidos y localizados de la mejor manera. Todas las ruedas deben ser almacenadas en un área seca y en cuartos que no estén sujetos a cambios bruscos de temperaturas. Los estantes no deben ser localizados donde exista un peligro de daño debido al paso de camiones, o similares. Cada uno de los estantes debe ser fabricado de manera tal que las ruedas no puedan rodar.

Orden de almacenamiento: Las ruedas del mismo tamaño, tipo y especificaciones deben ser puestas juntas, así cuando se necesite alguna, ésta puede ser tomada fácilmente, además se debe emplear un método que permita escoger las que llevan más tiempo almacenadas.

Las ruedas más grandes deben ser posicionadas de manera tal que estén soportadas en dos puntas para prevenir que se rueden.

Las ruedas orgánicas delgadas deben ser acostadas en una superficie plana lejos del calor excesivo.

Las ruedas cilíndricas y ruedas de copa deben ser almacenadas con laterales planos con papel corrugado o cualquier otro material acojinante entre ellas. Figura 11.2 (página 92)

Manejo: Cuando las ruedas abrasivas son tomadas de los estantes, y transportadas de un lugar a otro pueden ser fácilmente despostilladas o dañadas a menos que se hayan tomado las debidas precauciones.

Las ruedas pequeñas pueden ser transportadas de una manera segura en cajas de madera y las más grandes en camiones.

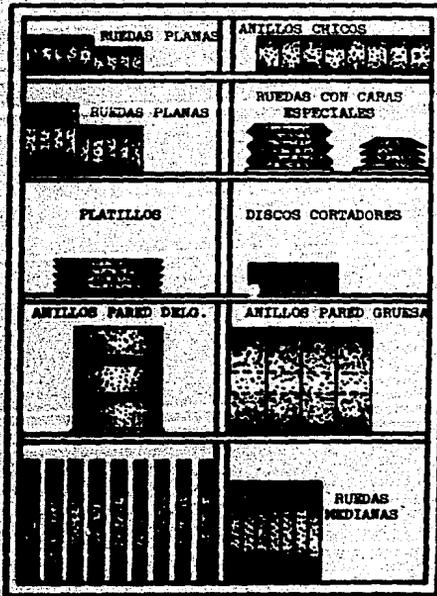
Algunas veces las ruedas grandes deben ser rodadas debido a su gran peso; esto debe ser hecho en un piso limpio y plano.

Soportes: Solamente máquinas diseñadas para la velocidad adecuada, con elementos de soporte adecuados son recomendadas. Los soportes para las guardas de protección son esenciales.

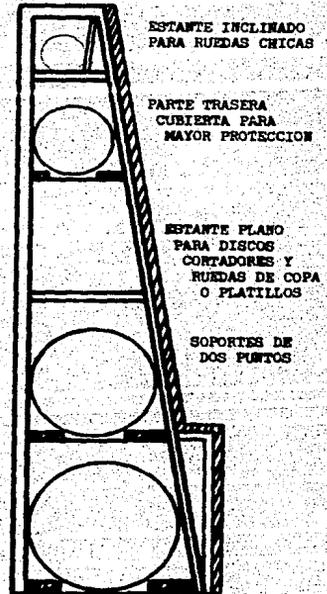
El uso de máquinas que no son especiales para este propósito presenta serios riesgos. Este caso se presenta muy a menudo en los pequeños talleres donde se implementan algunas máquinas para el uso de equipos de rectificado, eso no es recomendable a menos que la implementación incluya el uso de un equipo de protección adecuado lo cual no siempre es sencillo.

En cuanto a las máquinas se refiere se recomienda un chequeo periódico en la velocidad de las máquinas así como en

el suministro de potencia, dado que un decremento de éste puede afectar la productividad de la rueda.



RUEDAS GRANDES



EL CANTO DE LAS RUEDAS NO DEBE SOBRESALIR

FIGURA 11.2

Generalmente, se debe evitar un aumento excesivo en la temperatura de los ejes, pues ello se puede traducir en una expansión del mismo que podría causar un daño en la rueda.

Si las ruedas son montadas mediante un eje con tuerca, la cuerda debe estar hecho de forma tal que la tuerca tienda a apretarse a medida que la pieza gira.

Si las ruedas son montadas mediante un eje, platos y tuerca, el eje debe ser suficientemente largo para permitir el correcto montaje.

Soportes de la pieza de trabajo: Deben ser rígidos y bien contruidos, bien ajustados y mantenidos en buenas condiciones. El ajuste debe ser tal que no debe permitir que la pieza deslice cuando se aplica la presión de trabajo.

Es recomendable que la máquina esté equipada con limitaciones de tamaño de acuerdo a la envergadura de la máquina, de manera tal que no puedan ser montadas ruedas que sobrepasen el límite de seguridad para esa máquina.

Equipos auxiliares: Dado que la parte más vulnerable del operador es su cara, debe utilizar protección adecuada, goggles o careta protectora, dependiendo de las circunstancias. Además se deberá colocar fuera de la línea directa de viaje de las piezas fracturadas en caso de que ésta ocurra.

Las guardas protectoras deberán siempre estar en posición. Las sujeciones de las guardas deberán ser lo suficientemente fuertes para mantenerlas en su posición en todo momento.

Platos de montaje: La mayor parte de las ruedas abrasivas deben ser montadas mediante platos de no menos de 1/2 del diámetro de la rueda.

Las excepciones son:

- a) Puntas montadas.
- b) Discos abrasivos que sean montados mediante tuercas.
- c) Ruedas montadas en platos de acero.
- d) Cilindros que son montados en chucks
- e) Ruedas de menos de 2" de diámetro para esmerilado interno.
- f) Ruedas de corte.

CAPITULO XII

Tipos de trabajos de esmerilado

Los tipos de trabajos con máquinas que emplean piedras abrasivas se pueden observar en la siguiente lista.

Tipo de rectificado

- 1) Cilíndrico
- 2) Cilíndrico sin centros
- 3) Rectificado de interiores
- 4) Honeado
- 5) Lapeado
- 6) Lapeado de extrusión
- 7) Rectificado de superficies planas

1.- El término Rectificado Cilíndrico entre Centros (exterior), usando una acepción en general, denota un grupo de procesos de rectificado cuya característica principal es la rotación de la pieza alrededor de un eje fijo. Consecuentemente, todas las superficies maquinadas en un proceso de rectificado cilíndrico tienen una relación con un eje específico de rotación.

En el rectificado cilíndrico, la pieza recibe un momento que la obliga a girar alrededor de un eje seleccionado.

El momento puede ser transmitido por varios métodos, pero en ningún momento puede interferir con la alineación de la pieza sobre el eje de rotación.

El eje de rotación puede ser idéntico con el eje de la pieza, siendo éste el caso más común, tratándose de sólidos de revolución, o la pieza puede girar alrededor de un eje de una sección en particular a rectificar.

Las figuras geométricas generadas en este proceso, varían bastante de acuerdo a las necesidades de la operación, así como a la relación entre la superficie a rectificar y el eje de rotación.

Hablando estrictamente, el proceso no está limitado a producir piezas cilíndricas únicamente, pudiendo generar una gran variedad de otras figuras geométricas o de combinación entre ellas, mientras que la condición de rotación sobre un eje, sea mantenida.

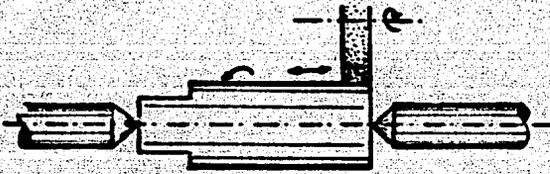
En la mayoría de los procesos de fabricación o de mantenimiento de piezas para la industria, el rectificado es usado como un método de acabado o de terminado de la pieza, siendo de vital importancia, ya que se puede echar a perder una pieza o piezas únicas a muy alto costo.

El rectificado produce las medidas finales, contorno y acabado superficial que requiere la pieza. Por consiguiente conociendo las necesidades de la pieza, se puede escojer el tipo o variante de rectificado que se necesita.

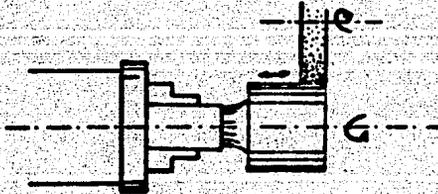
El rectificado cilíndrico se clasifica en once grupos:

- 1.- Rectificado transversal de superficies cilíndricas entre puntos muertos.

Este rectificado puede ser considerado como el método básico de rectificado cilíndrico exterior, resultando con un alto grado de precisión geométrica.



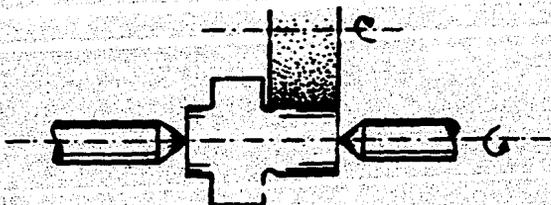
II Rectificado transversal sujetando la pieza del cabezal de mando.



La precisión de la operación depende de la condición que guarden los baleros ó chumaceras del cabezal de mando, así como de las boquillas o chucks de apriete.

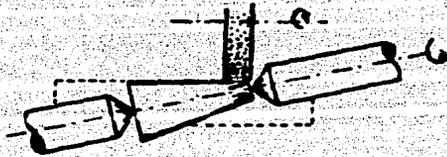
Las piezas deben ser cortas y robustas, necesitándose también apoyos, llamados "lunetas", para restar flexión de la pieza al ser apoyada la rueda abrasiva.

III.- Rectificado en "Plunge" de superficies cilíndricas.



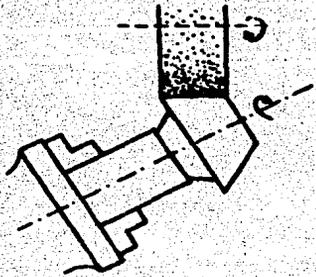
El término "Plunge" es aplicable a secciones de superficie rectificable que no exceden el ancho de la piedra de rectificado. De esta manera se reduce significativamente el tiempo de rectificado comparado con el rectificado transversal, pero requiere de más partes rígidas y soportes que otro tipo de rectificado. El acabado superficial es pobre en comparación a otros métodos. El rompimiento de la piedra abrasiva al final de la sección impide que se obtenga una buena precisión evitándose esto con un rectificado frecuente de la rueda.

IV.- Rectificado transversal de piezas moderadamente cónicas:



Aprovechando los desplazamientos de los cabezales de mando y del contrapunto, se puede presentar la pieza angularmente. El ángulo de conicidad está limitado a dos veces la cantidad de desplazamiento de los cabezales. La pieza debe ser sujeta entre puntos muertos y con un dispositivo de sujeción apropiado es utilizable en piezas cortas y largas.

V.- Rectificado en "Plunge" de piezas severamente cónicas:

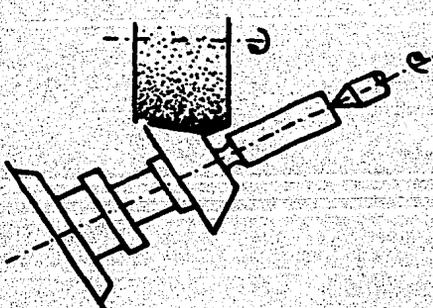


En este caso, cualquiera de las dos técnicas o combinación de ambas que a continuación describiremos, se puede usar:

- a) Desplazando el cabezal de mando (en piezas voladas solamente).
- b) Desplazando el cabezal o la piedra.

La longitud del elemento cónico (generatriz) está limitado al ancho de la rueda abrasiva.

VI.- Rectificado transversal de piezas severamente cónicas.

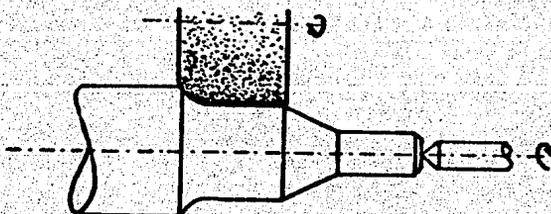


En estas piezas el rectificado debe ser llevado de manera normal, de cualquiera de los métodos siguientes:

En una máquina rectificado universal de doble desplazamiento angular.

- a) Rectificado con la periferia de una rueda recta
- b) Diamantando, es decir dando el ángulo necesario a la piedra y combinando el desplazamiento dado por el corte a la piedra con el de los cabezales, reduciendo la profundidad del corte en la piedra y mejorando el acabado.

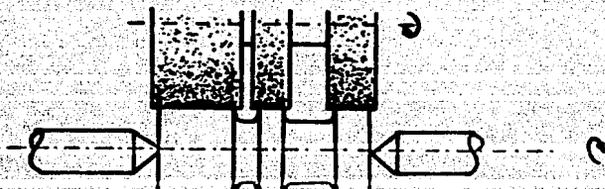
VII.- Rectificado en "Plunge" de una sección cilíndrica con rectificado lateral o radios.



En este método por el hecho de rectificar el área lateral, se asegura mejor precisión al tener más apoyo la rueda abrasiva, dando mejor concentricidad.

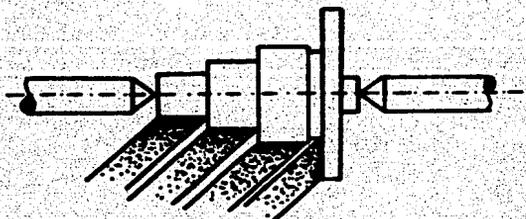
Requiere de un contorno diamantado radial y tangencial.

VIII.- Rectificado en "Plunge" de varios diámetros.



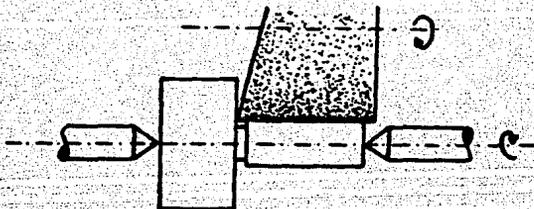
Cuando una pieza tiene varios diámetros, por ejemplo: el cuerpo o "macho" de una válvula hidráulica, y la longitud total de los segmentos a rectificar, no excede al ancho de la piedra, permitiendo poner varias piedras separadas entre sí por bujes o unidas lado a lado.

IX.- Rectificado Angular por acercamiento periférico y lateral.



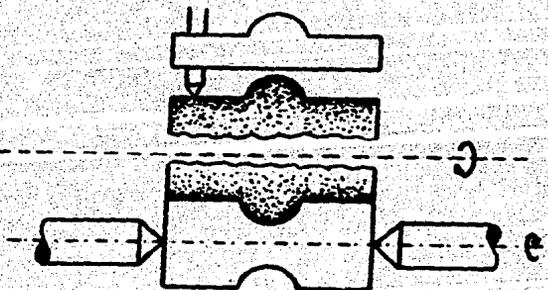
Con un avance en un ángulo (generalmente 30°) en relación al eje de giro, ambos, el lateral y el periférico se efectúan simultáneamente permitiendo efectuar el corte de material en varias superficies las cuales son perpendiculares entre sí o tiene contornos simultáneos. Este tipo de rectificado es bastante complejo, siendo usado básicamente para altos niveles de producción.

X.- Rectificado transversal con rectificado lateral.



Este método se aplica cuando se requiere de una perfecta perpendicularidad, en piezas largas haciendo ambas operaciones con buena precisión.

XI.- Rectificado en "Plunge" de forma con piedra perfilada.



Diamantado o rebajado la rueda abrasiva en forma inversa al contorno que se quiere obtener se generan partes de exteriores sumamente complicados o con ángulos opuestos.

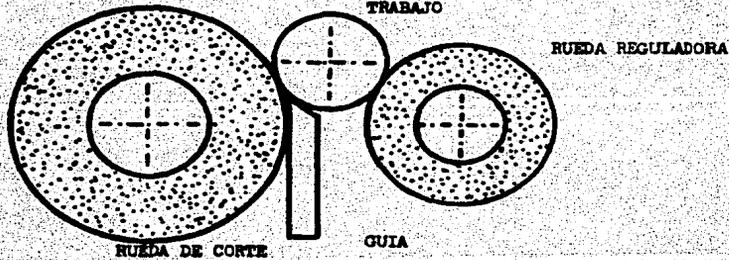
En este método se utilizan plantillas las cuales mandan o gobiernan el dispositivo diamantador del abrasivo.

Los grupos citados anteriormente tienen como característica primordial el de generar piezas cuya sección sea circular, es decir, si la pieza no queda circular se considera una mala operación o error del operario (cuando la máquina es manual), pero existen piezas como los lóbulos de los árboles de levas o simplemente una leva de una máquina dosificadora, o el rotor de una bomba de engranes o un rodillo de fibras, los cuales deben de tener un exterior no circular.

2.- RECTIFICADO CILINDRICO SIN CENTROS.

La operación de rectificado sin centros hace posible el esmerilado de piezas cilíndricas sin la necesidad de ser soportadas entre apoyos como lo requiere el rectificado cilíndrico.

Las piezas del material a trabajar en una máquina sin centros están soportadas sobre una guía y entre la rueda de corte y la rueda de arrastre. Las partes que componen esta operación están en la siguiente figura:



De la figura podemos observar que la rueda de corte es la que efectúa la operación de rectificado, la guía es la que soporta a la pieza a rectificar. La rueda reguladora es la que proporciona la acción de arrastre de la pieza.

Para obtener la mejor acción de redondeo el centro de la pieza a trabajar deberá estar arriba de la línea central común de la rueda de corte y la rueda de arrastre, la práctica usual,

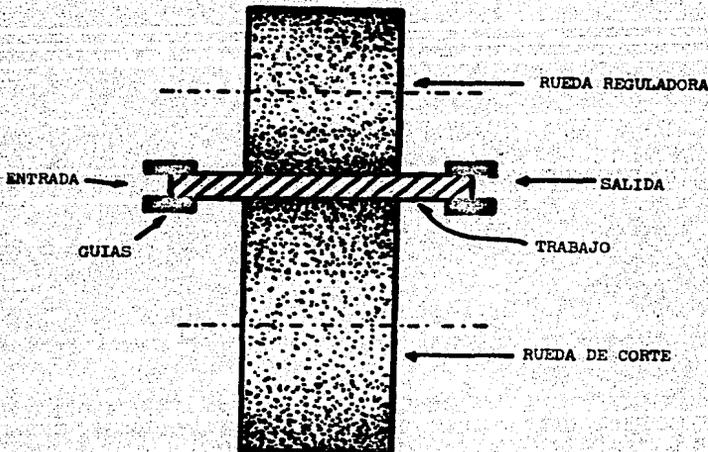
es que la distancia debe ser la mitad del diámetro de la pieza a trabajar, pero sin exceder 3/4 de pulgada. Para lograr el mejor efecto al enderezar una pieza, la línea de ésta se coloca más bajo que la línea central común de la rueda de corte y la rueda de arrastre con el fin de obtener la mejor sujeción de la pieza y evitar el mal rectificado debido a la vibración.

En general existen tres métodos de rectificado sin centros:

- a) Avance continuo
- b) Avance normal
- c) Avance a tope

Avance continuo:

En esta operación la pieza a trabajar pasa entre la rueda de arrastre entrando por un lado y saliendo por el otro. Esta operación se puede utilizar únicamente con piezas cilíndricas rectas que mantengan bordes que no interfieran el movimiento de la rueda.



El movimiento de la pieza a través de la cara de la rueda de corte es realizado por la rueda de arrastre, para lograr esto es necesario inclinar la rueda de arrastre un cierto ángulo con respecto a la rueda de corte.

Una inclinación normal para trabajos generales es de tres grados pero puede variar de cero a ocho.

La velocidad de avance de la pieza puede ser controlada por el ángulo de inclinación de la rueda de arrastre y la velocidad de la misma. La velocidad de la rueda de arrastre se puede variar hasta 300 rpm. Las velocidades mas altas se usan en la operación de enderezado. Un arreglo típico sería 3 grados de inclinación y 39 rpm en la rueda de arrastre.

Para una máquina que us una rueda de 12" de diámetro la velocidad de avance es de 77 pulgadas por minuto.

La dependencia mútua de estos factores es muy aproximada a la siguiente expresión matemática:

$$F = d \pi N \sin \alpha$$

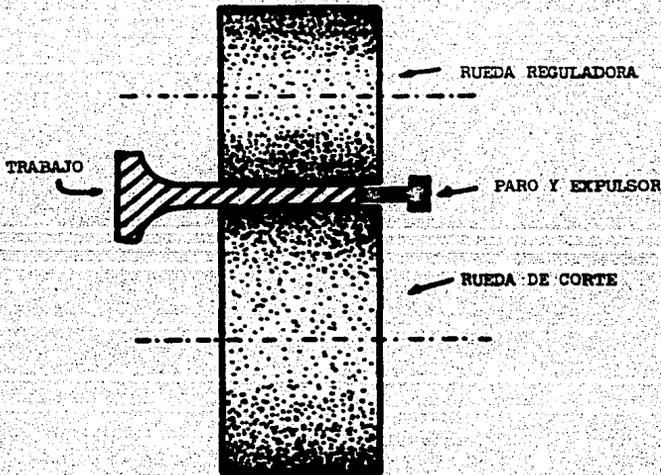
donde:

- F - Avance del trabajo en metros por minuto
- d - diámetro de la rueda reguladora en metros
- N - Velocidad de la rueda reguladora en rpm's
- α - Angulo de inclinación de la rueda reguladora

La velocidad de avance va a depender de el tamaño de la pieza de trabajo, el material a trabajar, la cantidad a remover y el tipo de acabado deseado. Las ruedas deben perfilarse periódicamente para poder compensar su desgaste

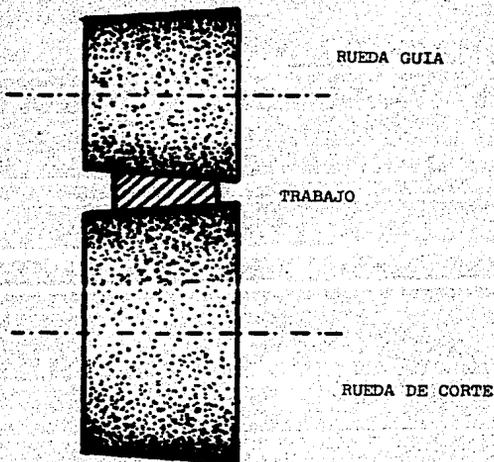
Avance Normal.

Esta operación se realiza sin ningún movimiento transversal de la pieza. Este método es comúnmente empleado cuando se necesita rectificar piezas que tienen diámetros diferentes o tienen alguna parte mas grande que el diámetro rectificado, así como perfiles especiales. Como no existe ningún movimiento axial de la pieza a trabajar, la rueda reguladora es montada con su eje casi paralelo al eje de la rueda de corte, sóloamente debe mantenerse un ligero ángulo para sujetar la pieza firmemente contra el tope.



Avance a Tope:

Esta operación se usa normalmente para rectificados cónicos. La rueda de corte, la reguladora y las guías se colocan en una relación fija unas con otras y el material a trabajar es alimentado desde el frente, ya sea manual o mecánicamente hasta el tope.



La eficiencia de una máquina de rectificado sin centros es prácticamente ilimitada y hace posible realizar combinaciones de rectificado de avance normal y avance continuo, en aplicaciones especiales.

3.- RECTIFICADO DE INTERIORES.

El rectificado de interiores representa la "elite" de los rectificadores por sus características y complejidad. Para entender mejor las características mencionaremos las condiciones restrictivas que le dan ese aspecto de "operación especial" al rectificado de interiores.

- A. El área restringida donde se efectúa el rectificado del interior de la pieza.
- B. El acceso al interior de la pieza, el cual es alcanzable por el fondo de la pieza.

C. El movimiento del abrasivo montado en una flecha en sentido longitudinal y transversal al eje de la pieza.

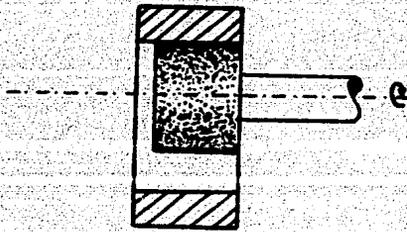
Además existen varias características funcionales que poseen un efecto de control en los requerimientos funcionales del rectificado de interiores que son los siguientes:

- a) El gran arco de contacto entre la rueda de abrasivo y la pieza, crea situaciones tales que la rueda abrasiva tiene que ser ajustada a dichas condiciones de trabajo.
- b) El soporte en "Cantiliver" de la rueda abrasiva en el extremo libre del husillo, cuyo diámetro es reducido en función del diámetro interior de la pieza.
- c) El diámetro pequeño de la piedra de rectificar que necesita altas velocidades rotacionales que permita operar la piedra con la suficiente velocidad superficial.

En el rectificado de interiores, la pieza se sujeta con una mordaza o con un chuck, a un plato que forma parte del cabezal de mando de la máquina, no tomando en consideración el eje de la pieza como referencia sino su exterior, lo cual lo diferencia de los demás tipos de rectificado.

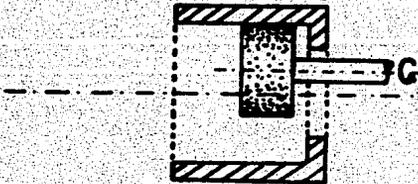
La rueda abrasiva, montada en una barra de acero es sujeta por el cabezal contrapunto o cabezal rectificador, el cual imprime la velocidad tangencial necesaria e indispensable al abrasivo, a su vez se cuenta con un movimiento recíprocante que cubre la longitud de la pieza.

a) Rectificado cilíndrico interior.



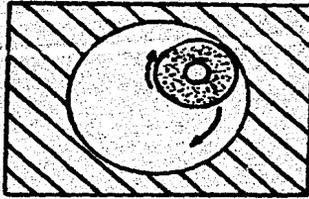
Es la forma clásica, las piezas con agujeros pasados o ciegos, tipo anillo o buje concéntrico el interior con el exterior, la pieza se sujeta por el exterior, siendo esta operación ideal para automatización.

b) Rectificado cilíndrico con recesos.



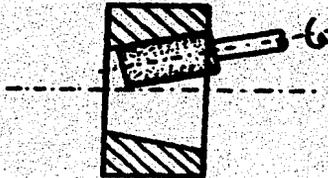
Agujeros con hombros o recesos necesitan un tipo de proceso más elaborado, más carrera de la rueda, controlada automáticamente, se utiliza el corte en "Plunge" con pequeñas oscilaciones.

c) Rectificado cilíndrico Planetario.



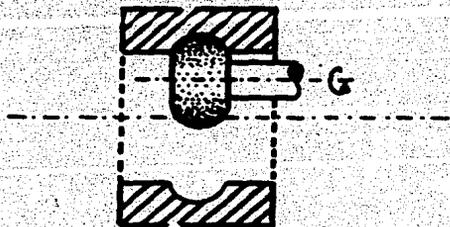
Los agujeros en piezas que no puedan girar alrededor del eje del agujero se rectifican en máquinas modificadas las cuales tiene un movimiento planetario en el cabezal porta piedra sobre el eje de dicho cabezal. El movimiento recíprocante de la piedra es también usado cuando se necesita de un avance transversal.

d) Rectificado de interiores cilíndricos cónicos:



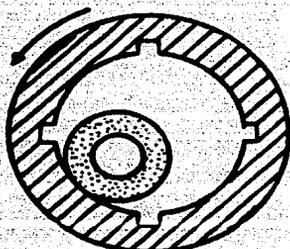
necesita que se cuente con dispositivos mecánicos llamados "Ajustes de conicidad" en las máquinas rectificadoras, los cuales nos permiten dar el ángulo especificado, usándose en modelos más sofisticados reglas de senos con blocks patrones.

e) Rectificado de radios interiores:



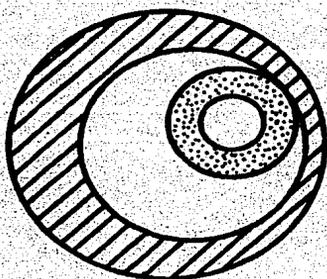
La palabra "radios" es un término común que designa un arco circular en un corte seccional, cuya característica es el radio del círculo. Los radios se generan diamantando la piedra y haciendo el corte en "plunge" o con un cabezal oscilatorio cuyo eje coincide con el centro del círculo. Ejemplos típicos de estas piezas son las "pistas" de los baleros de bola.

f) Rectificado cilíndrico de superficies interrumpidas.



El rectificado de piezas con interrupciones ya sea axiales o radiales se efectúa de manera sencilla, es más, es el método más apropiado para terminarlas. Tratándose de piezas muy comunes como engranes o cilindros de motores de 2 tiempos, dosificadores, etc., se han desarrollado equipos sofisticados de control para dicha operación.

g) Rectificado de agujeros excéntricos.



Cuando el eje de un agujero a rectificar no coincide con el centro de la pieza, dicho agujero se puede rectificar en una máquina que tenga cabezales desplazables o de columpio para llevar la pieza hasta el nuevo centro y así hacer coincidir los ejes.

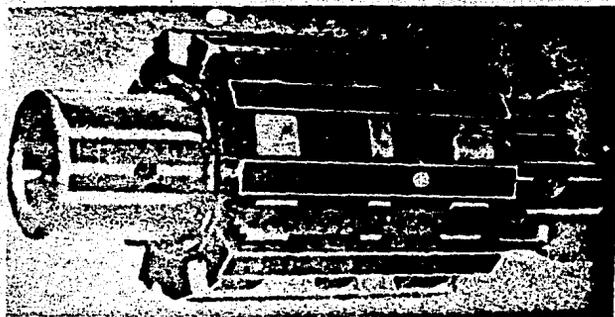
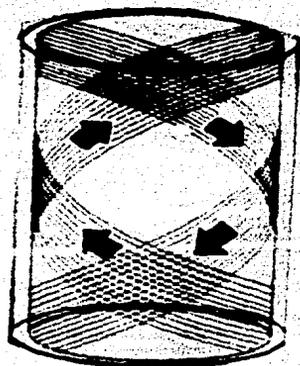
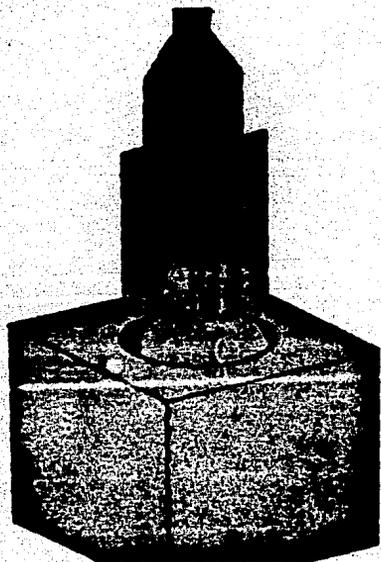
4.- Honeado o Bruñido:

El bruñido es una operación de acabado que utiliza piedras abrasivas muy finas para remover muy pequeñas cantidades de metal. El propósito primario del bruñido usualmente es quitar rayones dejados por el esmerilado y la calidad de metal removida es de menos de 0.005 pulg. (0.125 mm).

En la actualidad prácticamente todo el honeado se hace con piedras de origen artificial, compuestas de abrasivos muy finos, se difieren de las otras piedras abrasivas en la adición de materiales, tales como sulfuros, resinas o ceras, para modificar su acción de corte. El tamaño de los granos abrasivos va desde la malla 80 hasta la 600.

Aunque el honeado puede ser hecho a mano, mas comunmente se hace con máquinas especiales. Se pueden hacer superficies planas o cilíndricas, sin embargo en la mayoría de los casos es hecho en superficies interiores cilíndricas, tales como las paredes de las camisas de los pistones de los automóviles. Las piedras de honar son montadas en cabezales. Mediante una ligera presión las piedras son apoyadas contra la superficie.

Las velocidades de honeado varían desde 50 hasta 300 sfpm. Un complejo movimiento es efectuado para evitar que una misma piedra pase por un camino que ya ha hecho. En el honeado de superficies internas cilíndricas, por ejemplo, una rotación es



combinada con un movimiento oscilatorio axial. Para el honeado externo de cilindros y superficies planas, se emplean diferentes movimientos oscilatorios. La longitud del movimiento debe ser tal que las piedras sobrepasen el límite de la pieza de trabajo en cada viaje. Un fluido de corte empleado generalmente en todas estas operaciones.

Máquinas honeadoras de husos múltiples y sencillas, verticales y horizontales se pueden conseguir en el mercado, algunas están equipadas con dispositivos que se colapsan una vez que han sido alcanzadas las dimensiones deseadas.

Si el volumen de trabajo es suficiente de manera tal que pueda ser utilizado continuamente el honeado no es caro. Un ciclo completo de honeado incluyendo el proceso de acoplamiento y desacoplamiento dura menos de un minuto con controles dimensionales de 0.0003 pulg. (0.0075 mm).

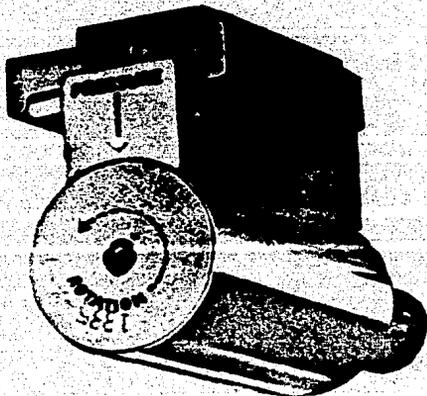
El superacabado es una variación del honeado que emplea:

- 1) Presiones controladas muy bajas (10 a 40 psi)
- 2) Rapidez (400 por minuto), pequeños viajes (menos de 1/4 pulg. (6 mm)).
- 3) Oscilaciones controladas, de forma que nunca se repite el mismo camino por una piedra.
- 4) Grandes cantidades de lubricantes - refregantes de baja viscosidad derramadas sobre la superficie.

Este procedimiento se ilustra en la siguiente figura con resultados de superficies muy uniformes.

La acción de superacabado está basada en el fenómeno de un aceite que provea la viscosidad suficiente para mantener separada, mediante una película las dos superficies. Una vez

que todas las rugosidades han sido eliminadas y se obtiene una superficie plana, la película impide que continúe la acción abrasiva.



El superacabado es aplicado tanto a superficies planas como cilíndricas. La cantidad de metal removido es usualmente menos de 0.002 pulg. (0.05 mm). Usando una copiosa cantidad de lubricante refrigerante, se logra mantener una temperatura uniforme y todas las partículas removidas son lavadas para prevenir rasguños. El superacabado además de ser empleado para obtener superficies muy finas también se emplea para obtener superficies con dibujos de cruz que auxilien a la lubricación.

5. L A P E A D O

El término lapeado designa un método de rectificación que comprende los siguientes elementos:

- a) Una herramienta llamada lapeador, sobre la cual se deposita la solución abrasiva.
- b) Una fuerza, la cual se aplica para lograr contacto entre el lapeador y la pieza a rectificar.
- c) Una combinación de movimientos aplicados, ya sea a la pieza, o al lapeador.
- d) Una sustancia abrasiva en suspensión llamada vehículo, la cual es introducida entre las dos superficies.

Todo lo anterior combinado tiene por objeto el impartir características específicas a la pieza de forma (geometría), tamaño (dimensión) y acabado superficial (textura).

Este método permite quitar poca cantidad de material, pero con gran exactitud.

Entre las principales características del lapeado tenemos:

- A) La velocidad de remoción del material es lenta, debido a la reducida velocidad de corte y a la poca penetración del abrasivo en la pieza.
- B) El lapeado es considerado un rectificado "frío" debido al poco calor generado, no causando daño térmico.

- C) No se necesita usar grandes fuerzas para sujetar las piezas, lo cual permite que piezas delicadas o frágiles se fijen fácilmente.
- D) La geometría de las piezas que se utilizan en este rectificado, está limitada a formas básicas, como superficies planas, cilíndricas y esféricas; excepcionalmente se utilizan otras formas como por ejemplo engranes y piezas roscadas.
- E) La precisión de la geometría obtenible es excelente, en particular en superficies planas, donde el lapeado encuentra su más amplio campo de acción.
- F) Las superficies con las rugosidades más bajas son las obtenidas con ésta técnica, siendo afectada la rugosidad por el tipo y dureza del material.
- G) Se añaden otras características, además de la del acabado superficial, que no se obtienen por otro método.
- H) Excelente control dimensional debido a la baja pero constante velocidad de corte, lo cual permite controlar la reducción de medidas limitando el tiempo en el cual la acción de lapear es constante.
- I) Desde el punto de vista económico es aceptablemente bueno para obtener superficies muy tersas, pero se debe tomar en cuenta que necesita ser aplicado después de usar otro sistema de rectificación que permita una mayor velocidad de remoción de material.

El lapeado lo podemos dividir en dos grupos:

EL LAPEADO POR IGUALDAD.- Se efectúa cuando se trabajan dos piezas iguales trabajando una contra la otra, es decir lapeándose entre sí, por ejemplo, un pistón contra las paredes del cilindro, dos piezas de mármol entre sí, una válvula contra su asiento, etc.

EL LAPEADO DE FORMA.- Se efectúa usando una herramienta la cual lleva la forma deseada, es decir se trata de que la pieza a rectificar adopte la forma que se le da al lapeador.

Por lo general el material usado para los lapeadores es el hierro colado con una estructura de grano cerrado y una superficie sin poros libre de defectos.

Los abrasivos usados son en la mayoría de los casos carburos de silicio u óxido de aluminio en granos que van desde el 90 hasta el 1000 para producir acabados extra finos.

10. LAPEADO DE EXTRUSION

Este proceso es muy nuevo, aproximadamente 5 años, y único por su forma de operar.

Consiste en una Pasta o "Medio", básicamente un polímero que lleva partículas abrasivas y lubricantes para poder extruir, reduciendo fricción en la sección de la pieza a lpear, otros dos factores importantes de este "medio" o pasta es la cohesividad y la reología (cambio de viscosidad), cuando se trabaja a presión en áreas restringidas.

Básicamente se usa para dar el terminado a piezas que, por su geometría es difícil de rectificar, por ejemplo el interior de las cavidades de gas dentro de un soplete, etc.

El polímero con las partículas abrasivas y lubricantes, es forzado a pasar por la pieza ó cavidad que se desea lappear por medio de una fuerza generada por una bomba hidráulica.

11. RECTIFICADO DE SUPERFICIES PLANAS

Una superficie plana es la referencia más confiable para diseñar alguna pieza. En la fabricación de estas, la superficie plana sirve como base de localización, con la cual se dimensiona y se posiciona cualquier objeto.

Por estas razones muchas partes mecánicas, ya sean estructuras básicas o componentes son diseñados con una o más superficies planas que se usan como superficies de localización en máquinas herramienta.

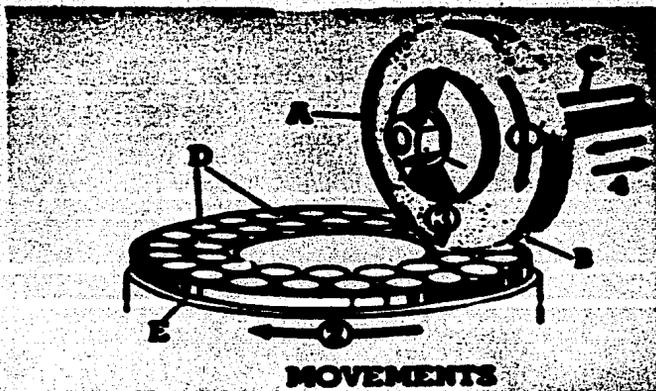
El paralelismo en una superficie es la condición en la cual todos los puntos están equidistantes entre dos planos paralelos imaginarios.

Esta condición se aplica igualmente a sólidos y a superficies interrumpidas.

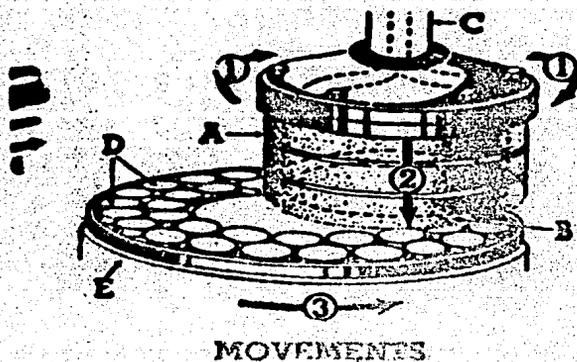
Una superficie plana es producida a nivel rectificado de producción de las siguientes maneras:

- a) Con movimientos transversales sobre un plano común.
- b) Con movimiento de rotación alrededor de un eje normal al plano de la superficie.

En el caso (a), se usa la periferia de la rueda abrasiva, y en el caso (b) se usa la cara de la rueda abrasiva.

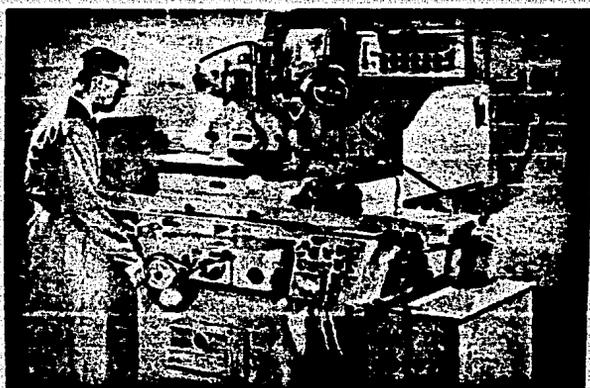


La sujeción de la pieza es por lo generalmente por medios magnéticos, prefiriéndose este sistema por su sencillez a los métodos de fijación tradicionales como tornillos, prensas, etc.



MOVEMENTS

El acabado superficial obtenido por este proceso es sumamente fino, pudiendo además, alcanzar precisiones del orden de las micras o millonésimos de pulgada.



CAPITULO XIII

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCION DE UNA RUEDA

La selección de la mejor rueda para una determinada aplicación puede ser hecha en base a la experiencia obtenida a lo largo de las operaciones realizadas. Es bien cierto que un habilidoso operador podría manipular una rueda de grano y dureza media para hacer una gran variedad de operaciones en una máquina normal. Sin embargo en máquinas automáticas de grandes producciones dicha manipulación no es posible, en ese caso la elección de una rueda adecuada es de vital importancia. Desde luego la mejor forma de conocer cual es la rueda que se adecúa más a nuestras necesidades es en base a la experiencia, pero en caso de no tenerla, existen algunas recomendaciones generales que son de gran utilidad.

Posibles combinaciones: los fabricantes de ruedas abrasivas tienen en sus catálogos un gran número de ruedas abrasivas diferentes, pero para cada trabajo específico este rango disminuye grandemente y se limita a un tipo de grano, dos tamaños, tres grados y un tipo de aglutinante. Ello significa que el 95% de todas las operaciones de esmerilado pueden tener que elegir en un número limitado de ruedas, máximo diez.

En uno de los apéndices se listan una serie de recomendaciones de ruedas para algunos trabajos, que han sido determinados en base a la experiencia. En caso de encontrarse con alguna operación similar se pueden tomar en cuenta esas recomendaciones a reserva de comprobar mediante una prueba.

En la selección de una rueda abrasiva, la primera consideración deberá ser la finalidad a que será destinada.

¿Será usada para remover exceso de material, generar una geometría, producir un acabado, o hacer las tres cosas en una sola operación?

Muchas ruedas son usadas para remover grandes cantidades de metal sin importar el tamaño ni acabado. Cuando el acabado es el objetivo principal, una regla general es producir el acabado más grueso que las especificaciones pueden permitir, el tiempo empleado en producir un mejor acabado sencillamente adiciona valor al costo sin mejorar grandemente la calidad de la pieza. De igual manera, cuando la geometría es de importancia primordial, se deberá llegar a las dimensiones deseadas en el menor tiempo posible.

De extrema importancia es el costo, no solamente el de la rueda, sino el costo total. Es muy probable que un cambio de tipo de rueda pueda traer significantes reducciones en el costo de la pieza producida, debido a ello, ese factor debe ser considerado en todo momento en la elección de la rueda que mejor se adapte a nuestras necesidades.

Los siguientes factores deben ser evaluados en la selección de una rueda para un determinado trabajo.

- 1.- material a trabajar (tipo, dureza)
- 2.- cantidad a ser removida (geometría y acabado)
- 3.- velocidad de la rueda
- 4.- área de contacto
- 5.- tipo de operación: húmeda o seca
- 6.- severidad de la operación
- 7.- tipo de máquina empleada.

1) El material a trabajar afecta el tipo de abrasivo, tamaño de grano y grado de la rueda. El óxido de aluminio es

el mejor para acabados de materiales como acero y hierro forjado. El Carburo de Silicio es el que mejor se adapta a no ferrosos y a materiales no metálicos.

Los materiales más duros son mejor trabajados con granos pequeños, se puede obtener mejor penetración en estos materiales si se tienen mas aristas de corte. Los materiales suaves son mejor trabajados con granos gruesos, los duros necesitan grados suaves y los materiales suaves grados gruesos de ruedas.

2) Cantidad a ser removida. Aquí se debe poner atención en el tamaño de grano y el tipo de liga. Cuando se requiere remover grandes cantidades de material en poco tiempo es mejor emplear granos gruesos. Los granos mas finos son empleados para producir mejores acabados y mas estrictas dimensiones. Mientras más fino se desea un acabado, más fino deberá ser el grano.

Cuando el material va a ser removido sin importar el acabado en las dimensiones, las ruedas resinoides son generalmente usadas. Cuando se precisa geometría, se usan vitrificadas. Cuando se necesitan ultracabados se emplean las ruedas con ligas de laca o hule.

3) Velocidad de la rueda. Aquí se afecta la elección del tipo de aglutinante. Las ruedas vitrificadas generalmente tienen un límite de 6500 sfpm. Como se ve en algunas operaciones especializadas se pueden correr las ruedas vitrificadas hasta a 12,000 sfpm. Cuando la velocidad de la rueda excede los 6,500 sfpm. se emplean aglutinantes orgánicos. Debe ser repetido una vez mas que nunca se deberá exceder el límite de velocidad dado en las especificaciones de la rueda.

4) Area de contacto. Aquí se afecta el tamaño de grano y el grado de la rueda. Areas de contacto grandes requieren

granos gruesos, de manera análoga áreas pequeñas requieren granos pequeños.

Las áreas de contacto grandes generalmente producen bajas presiones de esmerilado y consecuentemente se requieren grados de rueda suaves. Cuando las áreas de contacto son pequeñas, las presiones son altas y se requieren grados duros de ruedas.

Otra forma de ver el contacto de áreas, es examinar el tamaño de la rueda tanto en diámetro como en espesor. Un gran diámetro genera un área de contacto grande, y un diámetro pequeño un área de contacto pequeña. Consecuentemente con una rueda de diámetro grande se deberá escoger una suave y viceversa.

El espesor de la rueda sigue el mismo patrón. Las ruedas de mayor espesor generalmente se escogen con grados suaves.

En general se pueden seguir las siguientes reglas:

- a) por cada pulgada de incremento en el diámetro de la rueda, emplear un grado mas suave.
- b) por cada pulgada de incremento de diámetro de la pieza de trabajo, emplear un grado mas de suavidad.
- c) por cada pulgada de incremento en el ancho de la rueda emplear un grado más de suavidad.
- d) análogamente a las anteriores, por cada pulgada de reducción en el trabajo o en la rueda, emplear un grado más de dureza.

5) Húmedo o seco. Aquí se toma en cuenta el grado de la rueda. En operaciones que usan ruedas vitrificadas, el esmerilado en seco requiere de grados más suaves que el esmerilado húmedo. Cuando la operación es húmeda, ruedas de uno o dos grados mas de dureza se pueden usar que aquellos usados con esmerilado en seco. En operaciones que emplean ruedas orgánicas, el esmerilado en húmedo requiere una rueda uno o dos grados mas suaves que el esmerilado en seco.

6) La severidad de la operación afecta la elección del tipo de abrasivo y el grado. Una operación de esmerilado severa es aquella en la que se desbasta una gran cantidad de material y la rueda constantemente cambia su posición durante la operación. En esmerilado de precisión, una operación severa puede ser descrita como aquella en la cual los avances son grandes y las velocidades son altas. En ambos casos se emplean ruedas duras cuando la operación es severa, cuando no lo es tanto, se hace uso de ruedas suaves.

Una rueda de mayor dureza soportará condiciones mas severas por mayor tiempo a un menor costo.

7) Máquina empleada. Aquí se afecta la elección del grado y tipo de abrasivo. La potencia es una consideración importante, la remoción de material es directamente proporcional a la cantidad de potencia disponible. Si se dispone de este factor, se pueden emplear ruedas mas duras.

Si la potencia es inadecuada para el trabajo, la rueda abrasiva puede suplir la deficiencia de la máquina. Obviamente cuando se tiene muy poca potencia y se emplean ruedas muy suaves, se incrementa el costo.

Las condiciones de la máquina también afectan la elección de la rueda abrasiva. Cuando la máquina ya no tiene buenos ajustes y produce vibraciones, existe mayor posibilidad de una fractura en la rueda, de tal manera que se deberán emplear grados mas duros y un abrasivo mas fuerte para trabajar eficientemente.

A N E X O A

TIPOS DE MUELAS DE DIAMANTE Y CBN

Las herramientas de rectificar de DIA y CBN se fabrican en una gran variedad de tipos. Esto es debido mayormente, aunque no exclusivamente, a la utilidad tecnológica y económica de tener un tipo para cada tarea de mecanizado. Uno de los factores que afecta esta tendencia a la variedad es el peso que el contenido de Diamantes y CBN tienen sobre los costos de fabricación lo que hizo asimismo perder el interés por una normalización adecuada y comprensiva.

Los constantes aumentos de salarios y las limitadas posibilidades de racionalización frente a pequeñas cantidades de producción precisarán pronto cambios drásticos.

Los fabricantes distinguen ahora incluso en sus listas de precios las piezas de catálogos especiales y las de stock. Las hojas siguientes contienen datos de un catálogo de RODER-WENDT, que es una de las firmas mas importantes en producción de muelas de diamante y CBN a nivel mundial, en ellos se incluyen las herramientas de rectificado en el mecanizado de carburo de tungsteno (DIA), del acero (CBN) y de la cerámica (DIA) y de otras materias que en estos campos adquirieron importancia general. Si están incluidas en normas FEPA, se dan estas adicionalmente.

En los catálogos están incluidas las herramientas de rectificado cuyas aplicaciones se limitan a algunas máquinas o algunos campos.

DIA - herramientas para la industria del vidrio y cristal
(óptico, vidrio plano, decorativo)

DIA - herramientas para electrónica (semi conductores)

DIA+CBN - herramientas para la industria del metal.

Dimensiones:

Las hojas de información para cada tipo de muela contienen una selección de diferentes diámetros, así como el ancho y espesor a los cuales se relacionan las otras dimensiones. Una excepción es el diámetro de agujero, que debe ser indicado siempre en cada muela.

Al seleccionar debe siempre elegirse el diámetro y espesor mayor posible. A igual volumen de la capa diamantada, los mayores diámetros tienen una vida útil mayor que los diámetros pequeños. Sin embargo, la construcción y velocidad de giro del eje limitan la elección. En cambio un aumento en el espesor de la capa diamantada raramente limita la elección y se traduce en mayor economía. Dado que los costos de fabricación para las muelas similares, son equivalentes, cualquiera que sea el espesor de la capa, las posibles economías a alcanzar pueden ser importantes, sobre todo en muelas pequeñas de diseño complicado.

El ancho de la capa, en especial en muelas de vaso, debe ser seleccionado de un ancho suficiente para satisfacer las necesidades del trabajo específico a realizar. Esto, debe hacerse especialmente en casos en que no puede garantizarse un desgaste uniforme sobre el ancho total de la capa, o cuando la superficie de trabajo es grande y puede conducir a grandes presiones y elevado desarrollo de calor.

Al fijarse nuevas herramientas de trabajo para nuevas máquinas, el fabricante de estas máquinas de rectificar, debe comprobar cuidadosamente, la disponibilidad de tipos normalizados con dimensiones normalizadas. Esto es de mayor importancia para la futura economía de la máquina. En este caso y cuando se pidan herramientas nuevas, debe comprobarse siempre la posibilidad de emplear herramientas normalizadas de stock.

Tolerancias:

Para especificar tolerancias, es esencial conocer los requisitos para que el trabajo sea correcto. Dentro de este marco, las tolerancias deben seleccionarse tan amplias como sea posible para evitar sobre espacios a causa de una tolerancia estrecha indispensable.

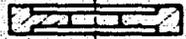
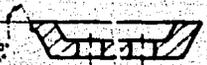
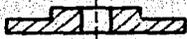
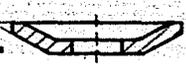
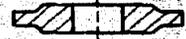
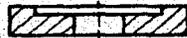
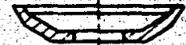
Al determinar dimensiones como el diámetro, ancho y espesor, que son dimensiones que no afectan la función se fijaron tolerancias válidas tanto en milímetros como en pulgadas. Se hallan especificadas en la tabla de tolerancias. Si estas dimensiones son de importancia fundamental para tipos especiales, se fijan tolerancias mas estrechas.

Las tolerancias de giro axial y radial, se clasifican en dos tipos: las estrechas (A) se aplican para el área principal de rectificar, es decir, la axial para muelas de vaso y la radial para las periféricas. Para todas las herramientas con granos mayores de los D151/B151 valdrá una tolerancia 50% mayor a la indicada anteriormente. Las amplias (B) son válidas para las superficies secundarias, es decir, la radial en muelas de vaso y la axial en las periféricas.

A menos que se indique lo contrario, el ángulo con tolerancia de $\pm 5\%$ se utiliza para la banda de muelas de perfil simple.

Para muelas de perfil de precisión son obligatorias las especificaciones dadas en planos.

Formas de los cuerpos y sus designaciones

	1		9
	2		11
	3		12
	4		14
	5		15

Forma de la sección superabraziva

	A		D		FF		L		GG
	AH		DD		G		LL		S
	B		E		H		M		U
	C		EE		J		P		V
	CH		F		K		Q		Y

ANEXO B
FORMAS ESTANDARES DE LAS PIEDRAS ESMERILES
Y PUNTAS MONTADAS

El departamento de comercio de los EEUU y la asociación de fabricantes de piedras esmeriles, con la cooperación de los principales fabricantes de máquinas abrasivas y usuarios, han establecido las formas estándares de las piedras abrasivas.

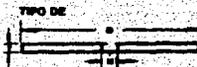
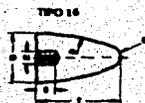
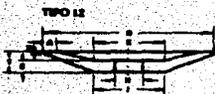
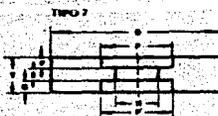
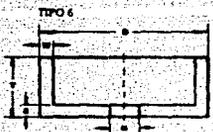
La fabricación de piedras esmeriles de varias formas, se debe en gran parte, a que en muchos tipos de trabajo, la piedra esmeril corriente (tipo 1), produce un esmerilado lento y a la vez antieconómico. También el uso de piedras con distintas formas, se hace necesario para poder penetrar con la piedra en lugares poco accesibles.

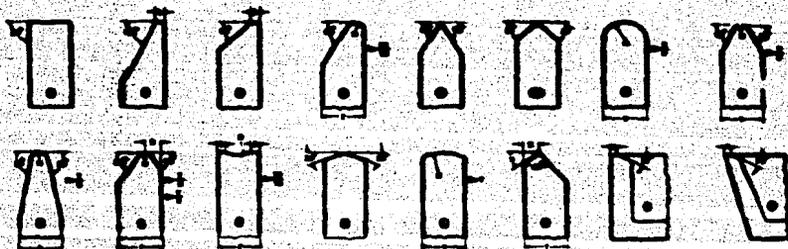
Ejemplos:

Para el esmerilado de grandes superficies planas, es recomendable el uso de piedras copas (tipos 6 y 11). Para el esmerilado de fresas y herramientas, es recomendable el uso de piedras copas (tipo 11) y piedras platillos (tipo 12). Para el esmerilado de soldaduras, es recomendable el uso de piedras de desbaste reforzadas (tipo 27).

Cada tipo de piedra esmeril estándar tiene su propio número como una forma de identificación, es por ello que para evitar confusiones al solicitar las piedras, se deben especificar su tipo y su número.

TIPOS DE RUEDAS





TOLERANCIAS

EN DIÁMETRO

Diámetro (D)		Tolerancia normal (mm)
Da	a	
3	8	+ 0.5 - 0.3
8	20	+ 0.8 - 0.5
20	50	+ 1.2 - 0.8
50	125	+ 2.0 - 1.2
125	315	+ 3.2 - 2.0
315	800	+ 5.0 - 3.2
800	-	+ 8.0 - 5.0

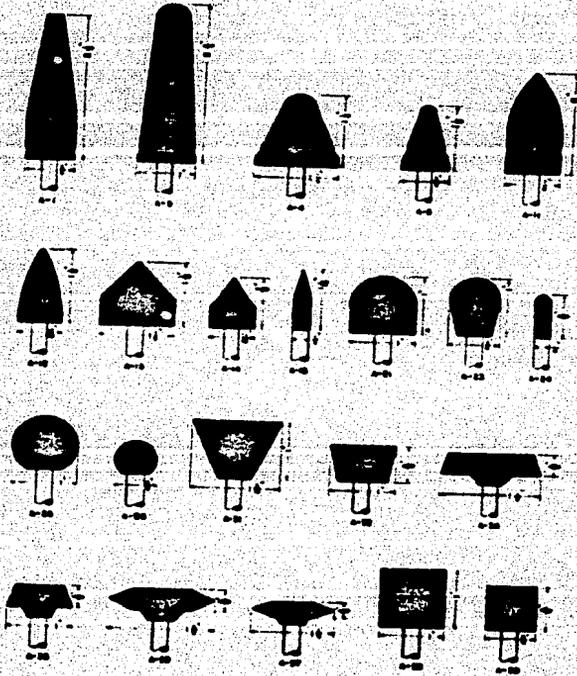
EN GROSOR

Grosor (T)		Tolerancia normal (mm)
De	a	
-	1.6	+ 0.2 - 0.0
1.6	5	± 0.4
5	16	± 0.8
16	50	+ 1.6 - 1.2
50	150	+ 3.2 - 1.6
150	500	+ 2.5 - 1.5

EN SARENO

Sareno (R)		Tolerancia normal (mm)
Da	a	
-	50	+ 0.16 - 0
50	80	+ 0.19 - 0
80	150	+ 0.25 - 0
150	250	+ 0.32 - 0
250	315	+ 0.38 - 0
315	400	+ 0.38 - 0
400	500	+ 0.40 - 0
500	-	+ 0.44 - 0

PUNTAS MONTADAS: GRUPO A



PUNTAS MONTADAS: GRUPO B



PUNTAS MONTADAS GRUPO W



ANEXO C
HERRAMIENTAS DE RECTIFICAR DE DIAMANTE

Las muelas de rectificar convencionales deben ser reperfiladas con frecuencia para mantener su forma y eficiencia de corte. Se dispone de técnicas varias que van desde el perfilado manual en una banda de rectificar, al rectificado con máquinas automáticas. En todo caso, el principio es el mismo, consistiendo en el arranque de los granos gastados y de las partículas que embotan las muelas, exponiendo nuevos granos puntiagudos.

El diamante debido a su dureza, es el más apropiado para este empleo. Como resultado, los rectificadores de diamante han desplazado a otros útiles convencionales.

En los últimos años se ha tendido al cambio de los rectificadores monopuntas por los multipuntas, debido que para el uso económico de los útiles monopunta de calidad se requiere bastante experiencia del operario. Los útiles multipunta, son herramientas con diamantes pequeños o triturados, montados en un aglomerante metálico, el cual le da mayor resistencia al desgaste.

El uso económico de los rectificadores de diamante monopuntas viene afectado por el incremento de las fluctuaciones del precio, por la dificultad de definir las calidades adecuadas y dificultad de disponer de los diamantes adecuados. Estos problemas han obligado a desarrollar la alternativa posible del uso de rectificadoras de diamante multipunta.

Aún no se ha conseguido una completa normalización de los diseños de rectificadores de diamante. La diversidad de tipos

y marcas dificultan la selección apropiada.

Roder-Wendt, una de las firmas más importantes en la fabricación de herramientas para reperfilear a nivel mundial, presenta los siguientes en su catálogo:

Rectificadores monopunta:

Son fabricados con diamantes naturales seleccionados y montados en una matriz. Solo una arista de corte actúa en la muela rectificadora.

Indicaciones de aplicación: El rectificador monopunta debe sujetarse lo más rígidamente posible y lo más próximo posible a la punta para evitar vibraciones en el rectificado. Este debe montarse 0° a 15° en dirección al avance de rectificado, con una inclinación de 5° a 10° en relación al eje transversal de la muela. Figura C1

El rectificado se hace a la velocidad periférica normal de trabajo con un flujo abundante de refrigerante.

Los parámetros de rectificado son: profundidad de corte por pasada: 0.01 - 0.03 mm (0.0004" - 0.001"), y un avance lateral por revolución de 0.03 - 0.15 mm (0.001" - 0.006"). Para acabados finos de la superficie, deberá reducirse el avance lateral seguido de varias pasadas en vacío.

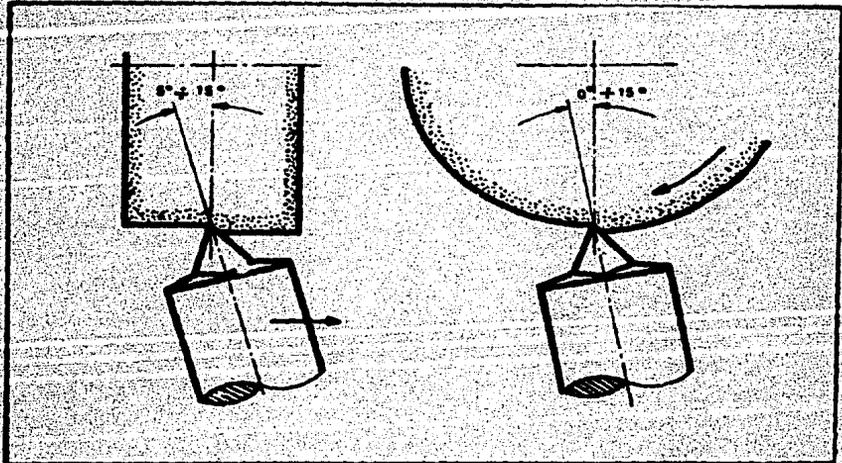
Para mantener el filo del diamante, debe girarse el eje del soporte del útil aproximadamente 15° a partir del filo gastado. En el momento en que ya no se obtengan nuevos filos cortantes, el útil monopunta debe enviarse a un relapidado de diamante.

Diamantes de perfilar

Estos útiles como su nombre lo indica, son diseñados para el perfilado de muelas. El diamante debe ser seleccionado cuidadosamente en su forma y constitución.

Consideraciones importantes en el perfilado:

- Seleccionar un diamante con el ángulo más agudo y robusto posible, adecuado a su geometría y a los requerimientos del perfil a lograr en la muela.
- Utilizar un ángulo de inclinación, en lo posible, para optimizar la vida de corte del diamante.
- Asegurarse que la herramienta esté rígidamente montada siguiendo las instrucciones y recomendaciones del fabricante de la máquina.
- Reacondicionar el diamante en el momento justo.



570

- 143 -



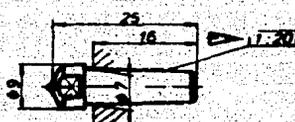
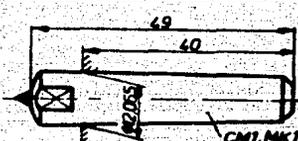
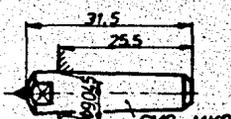
RECTIFICADORES MONOPUNTA			SINGLE-POINT DRESSERS			
N° de modelo Model No.	Contenido de diamante Diamond content Grains	Ø Muela Ø Wheel mm	Superficie cilíndrica Cylindrical holders			
			Cottas de diamante - Diamond quality			
			1	2	3	4
SPDA 0400 =	0,30	~ 100				
SPDA 0400 =	0,30	100 ~ 200				
SPDA 0500 =	0,30	~ 100				
SPDA 0500 =	0,30	100 ~ 200				
SPDA 0500 =	0,30	200 ~ 300				Resalt
SPDA 0570 =	0,75	200 ~ 300				
SPDA 0600 =	0,30	~ 100				
SPDA 0600 =	0,30	100 ~ 200				
SPDA 0600 =	0,30	200 ~ 300				
SPDA 0670 =	0,75	200 ~ 300				
SPDA 0700 =	0,30	~ 100				
SPDA 0700 =	0,30	100 ~ 200				
SPDA 0700 =	0,30	200 ~ 300				Resalt
SPDA 0770 =	0,75	200 ~ 300				
SPDA 0801 =	1,00	200 ~ 400				
SPDA 0807 =	1,00	500 ~ 600				
SPDA 0801 =	1,00	200 ~ 400				
SPDA 0807 =	1,00	500 ~ 600				



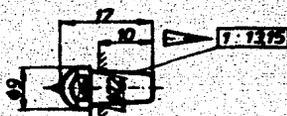
RECTIFICADORES MONOPUNTA

SINGLE-POINT DRESSERS

Nº de modelo Model No.	Cuerpo de diamante Diamond - Coreset	Ø - Ø Wheel mm	Soportes cónicos Conical holders			
			Calidad de diamante - Diamond quality			
			1	2	3	4
570A 0110	0,10	→ 125				
570A 0125	0,25	→ 150				
570A 0133	0,33	150 - 230				
570A 0150	0,50	200 - 300				
570A 0161	1,00	250 - 400				
570A 0200	0,50	300 - 300				
570A 0175	0,75	250 - 350				
570A 0201	1,50	300 - 400				
570A 0104	1,25	400 - 500				
570A 0167	1,50	500 - 600				
570A 0202	0,25	→ 150				
570A 0203	0,50	150 - 200				
570A 0204	0,50	200 - 300				
570A 0205	0,25	→ 150				
570A 0206	0,25	150 - 200				
570A 0207	0,50	200 - 300				



Jung
LgB 1701



Jung
5705

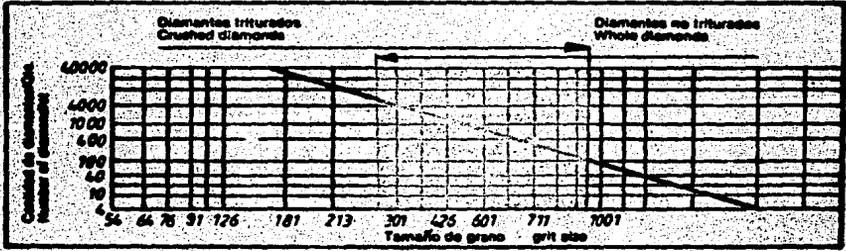
DIAMANTES DE PERFILAR

PROFILE DIAMONDS

N° de modelo Model No.	Angulo Angle	Radio Radius	para modelo for model	
		mm in.			R ± 0,025 mm
571A 100 01	60	0,125	Diamante AT, ATR, BT, BTR	
571A 100 02	40	0,250		
571A 100 03	60	0,125		
571A 100 04	60	0,200		
571A 100 07	60	0,500		
571A 200 01	40	0,125	Diamante SA, SAA, SA, SAA, SB, SBA, SB, SBA, SC, SCA, SC, SCA, SD, SDA, SD, SDA	
571A 200 02	40	0,200		
571A 200 03	40	0,300		
571A 200 04	60	0,125		
571A 200 05	60	0,200		
571A 200 07	60	0,500	Diamante SM, TSM, TSM	
571A 200 08	60	0,700		
571A 200 09	40	0,200		
571A 200 06	60	0,300		
571A 200 07	60	0,500		
571A 200 08	60	0,700		

Rectificadores multipunta

En los rectificadores multipunta actúan en la muela muchas aristas de corte, compuestas por diamantes pequeños o triturados. Por tanto el criterio para seleccionar estas herramientas es muy amplio. La siguiente gráfica, muestra la variedad de posibilidades en la selección del tamaño y tipo de diamante.



La selección entre los dos tipos de grano, depende de las ventajas obtenidas en la aplicación. Los diamantes triturados son usados en cosas donde las aristas de corte resultantes, implican poca dureza de corte en la operación de rectificado. Los granos son montados en aglomerantes metálicos o en capas galvánicas.

Espejas de rectificado

Las espejas de rectificado, se fabrican con diamantes enteros triturados, montados en una matriz metálica.

Los diamantes son colocados en una o en varias capas, distribuidas normalmente bajo un patrón geométrico o en forma desordenada.

Este tipo de herramienta es usada generalmente para rectificar muelas grandes y robustas. Los diamantes triturados, son sinterizados con aglomerantes metálicos, proporcionando una acción de corte mas uniforme en la muela. Son aplicables a muelas rectificadoras sensibles al grano fino donde se exige un acabado de poca o fina rugosidad.

Los márgenes de trabajo para estas herramientas pueden ser hasta tres veces mayores que los de rectificadores monopunta. El avance lateral puede ser de 0.1 - 0.5 mm (0.004" - 0.02") por revolución. La profundidad de pasada, sin embargo, es igual que en los monopunta, siendo de 0.01 - 0.03 mm (0.0004" - 0.001") por pasada. Menor profundidad de pasada y menor avance por revolución, produce mejores acabados superficiales. Al rectificar, puede usarse la velocidad normal de trabajo. El rectificado debe hacerse con un flujo abundante de refrigerante.

Placas de rectificado

Generalmente, la placa es el útil mas adecuado para rectificar muelas abrasivas de corindón o carburo de silicio.

La distribución del grano de diamante en una capa delgada permite obtener alta precisión. Incluso en operaciones de rectificado difíciles, la vida de la herramienta está asegurada

por el ancho de la capa. Por lo tanto, las placas cubren enteramente el campo de aplicación de los rectificadores, desde los monopuntas de forma lapidada hasta los rectificadores de cara recta para muelas abrasivas extremadamente bastas.

Eligiendo correctamente el ancho de la placa, la calidad del diamante, el tamaño del grano y el aglomerante, se puede asegurar que se lograrán, exactamente, los requisitos que precise cada trabajo particular.

Debido a estas ventajas, la utilización de este útil es cada día mas extensa, sustituyendo a otros rectificadores monopuntas y multipuntas. Además por estar normalizado se fabrica en cantidades mayores, ofreciéndose a menores precios.

Tipos y diseños

Se dispone de tres tipos de placas para rectificar:

- placas de diamantes espolvoreados (tipo A)
- placas de diamantes colocados (tipo B)
- placas de diamantes en forma de agujas (tipo C)

La placa de diamantes espolvoreados, es el tipo mas sencillo disponible.

Los diamantes están distribuidos en su superficie y mezclados con el aglomerante. Su distribución es uniforme y su orientación al azar. Este tipo es adecuado para trabajos sencillos y su utilización es muy económica debido a su bajo precio.

Las placas de diamantes colocados, tienen los diamantes en forma regular, colocados según un patrón fijo adecuado! Este tipo se caracteriza por una larga vida útil y es también muy apropiado para rectificadores de precisión.

En las placas de diamante tipo aguja, los diamantes se colocan también según un patrón fijo adecuado, además el diamante con forma de aguja es escogido cuidadosamente. No obstante su elevado precio, este tipo es el que se recomienda para rectificar muelas con perfiles complicados y también en los casos que deben lograrse requisitos especiales.

Tamaño de grano:

Las placas se fabrican en tres tamaños de grano. La elección de este depende del tamaño de grano de la muela abrasiva a rectificar y será elegido en una proporción de dos a tres veces el tamaño de grano de la muela abrasiva. La siguiente tabla nos da esa relación:

Tamaño de grano

Muela abrasiva

Placa de rectificado

36 - 54

FEPA D 1181

54 - 80

FEPA D 1001

80 -120

FEPA D 711

Aglomerante:

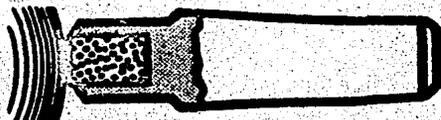
Las placas se fabrican con dos aglomerantes. Para rectificar niveles de corindón se utiliza aglomerante tipo z, de alta dureza y resistencia al desgaste, mientras que para rectificar muelas de carburo de silicio o muelas duras de corindón (de dureza menor o mayor) se recomienda el aglomerante de extremada dureza y resistencia al desgaste tipo H.

Aplicación:

La placa debe montarse siempre de manera tal que el borde entero (después de haber adquirido la curvatura) esté en pleno contacto con la muela. Para el rectificado de muelas con superficie recta, su posición será perpendicular al eje de la muela o ligeramente inclinada hacia el. Para rectificar perfiles, debe estar inclinada en un ángulo de 45° hacia el eje de la muela. En todo caso el rectificado se efectúa deslizando la placa paralelamente al eje de la muela abrasiva.

La placa debe ser montada y fijada en un soporte que ha de estar en perfectas condiciones y debe aproximarse a la muela con mucho cuidado, porque si trabaja sobrecargada disminuirá considerablemente su vida útil. El refrigerante debe de circular ya antes del rectificado, efectuándose la operación en las mismas condiciones de trabajo.

La profundidad de pasada debe ser de 0.01 a 0.03 mm y según el tipo de abrasivo, tamaño de grano y grado de acabado requerido, el avance lateral puede ser de 0.05 a 0.5 mm por revolución de la muela.



CILINDRO DE DIAMANTE, CONGLOMERADO			CLUSTER TYPE INFILTRATED						
Model No.	Contenido de Diamante Diamond Content Grains/cm ³	Ø x L mm	Tamaño de grano - Grt size						
			Ø	7/1	420	501	501	120	51
			1	2	3	4	5	6	7
WDA 0701	2,50	Ø 4 x 90							
WDA 0702	2,50	Ø 5 x 90							
WDA 0703	1,50	Ø 6 x 90							
WDA 0704	1,50	Ø 8 x 90							
WDA 0705	1,50	Ø 10 x 90							
WDA 0706	1,50	Ø 12 x 90							
WDA 0707	1,50	Ø 14 x 90							
WDA 0708	10,00	Ø 16 x 90							
WDA 0709	0,50	Ø 6 x 90							
WDA 0710	1,00	Ø 8 x 90							
WDA 0711	1,00	Ø 10 x 90							
WDA 0712	1,00	Ø 12 x 90							
WDA 0713	0,50	Ø 4 x 90							
WDA 0714	0,50	Ø 5 x 90							
WDA 0715	0,50	Ø 6 x 90							
WDA 0716	1,00	Ø 8 x 90							
WDA 0717	0,50	Ø 4 x 90							
WDA 0718	0,50	Ø 5 x 90							
WDA 0719	0,50	Ø 6 x 90							
WDA 0720	1,00	Ø 8 x 90							

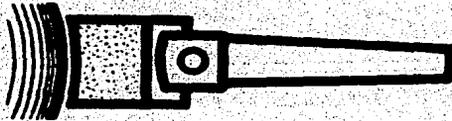
872



CLUSTERS DE BOMBAS, COLOCADO

CLUSTER TYPE, SET

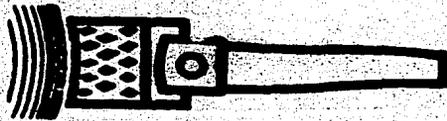
No. de unidades Total No.	Cantidad de Bombas Por Unidad	C	Fichas Por Unidad	
100000	100	8	8	
100000	100	8	8	
100000	100	8	8	
100000	100	8	7	


PLACAS DE DIAMANTES ESPOLVOREADOS DRESSING PLATES, RANDOM ORIENTATION

Nº de artículo Model No.	b	d	l	Aglomerante Bond	Tamaño de grano - Grit size		
					φ (mm)	B 711	B1601	B1601
					0,9	1,15	1,40
					1	2	3
					x		
SPCA 0201 z	10	10	20	z			
SPCA 0202 z*							
SPCA 0203 z							
SPCA 0204 z*							
SPCA 0205 z							
SPCA 0206 z*							
SPCA 0207 z	10	10	20			s	
SPCA 0208 z*							
SPCA 0209 z							
SPCA 0210 z*							
SPCA 0211 z							
SPCA 0212 z*							

z = Aglomerante tipo-zura, resistente al desgaste
 s = Aglomerante s, muy duro, resistente al desgaste
 * = recomendada

z = tough and hard, wear-resistant bond
 s = extremely hard and wear-resistant bond
 * = recommended



PLACAS DE DIAMANTES COLOCADOS				DRESSING PLATES, SET			
Nº de artículo Model No.	a	b	l	Agarre - Brazo	Tamaño de grupo - Set size		
					a (mm)	Ø 711	Ø 715	Ø 719
					1	2	3
Ø742 0201 z	10	10	20	z	Ø 711	1	2
Ø742 0202 z*	10	15	20				
Ø742 0203 z	10	10	20				
Ø742 0204 z*	10	15	20				
Ø742 0205 z	20	10	20				
Ø742 0206 z*	20	15	20				

Disposición de granos - Setting pattern

Ø	Ø 711										Ø 715										Ø 719									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
mm	7	7	11	11	15	15	0	0	0	11	11	0	0	7	7	0	0	0	0	11	11	0	0	7	7	0	0	0	0	
Granos	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	

z = Agarre fuerte-duro, resistente al desgaste
* = recomendable

z = Tough and hard, wear-resistant band
* = recommended

ANEXO D
PUNTAS MONTADAS

Las puntas montadas comprenden un grupo de pequeñas ruedas, generalmente de menos de dos pulgadas de diámetro y tres pulgadas de ancho con un mandrill cementado, moldeado o incrustado en la base. La mayoría de ellas son de menos de 1x1 pulgada. Estas ruedas están diseñadas para ser usadas en un chuck y encuentran grandes aplicaciones en talleres.

El origen de estas ruedas probablemente se remonta a los tiempos en que alguna persona imaginó que se pudiera juntar algo de pegamento con polvo abrasivo en la punta de una varilla y ser insertada en un chuck, podría alcanzar regiones que sus máquinas no le permitían.

Algunas de las primeras ruedas montadas fueron utilizadas en la odontología. Ruedas abrasivas montadas en pequeños ejes eran utilizadas para dar los toques finales a las preparaciones en los consultorios dentales. En los laboratorios de mecánica dental estas ruedas eran y son utilizadas para dar acabados y pulir dentaduras, coronas y puentes. Con el fin de facilitar el acabado de la gran variedad de piezas dentales, se desarrollan muchas configuraciones diferentes.

A final de los años 20's máquinas eléctricas abrasivas portátiles de alta velocidad fueron introducidas a la industria. Su facilidad de transporte y velocidad permitieron conjuntamente con las puntas montadas el poder llegar a trabajar partes que antes eran inaccesibles. Esto provocó un descenso en los costos y un significativo adelanto en la calidad de los acabados, pues estos eran anteriormente hechos a mano.

Por muchos años el problema fue producir máquinas portátiles que pudieran alcanzar las velocidades suficientes para trabajar de una manera eficiente, hoy en día existen algunos que pueden girar a 100,000 rpm. Tales velocidades permiten trabajar aún con las puntas mas pequeñas.

Usos comunes: Las puntas montadas son consideradas hoy en día herramientas de corte en talleres de forja, talleres de fabricación de moldes y talleres de fundición.

Para limpiar piezas forjadas o de fundición, y para suavizar los contornos de algunas piezas, una gran cantidad de remoción de material mas que el acabado es la consideración primaria. En los moldes y herramientas la exactitud de dimensiones y el acabado son tan importantes como la remoción del material.

Tamaños y formas: Las puntas montadas vienen en una gran variedad de formas y tamaños. En el anexo B se incluyen ilustraciones de las formas mas comunes de puntas montadas, sin embargo es muy común que se hagan pedidos especiales para algunos trabajos específicos.

Grano, grado y aglutinantes: Como en los otros casos, el tamaño de grano, depende de la cantidad de material a remover y del acabado deseado. La acción de la rueda es exactamente la misma que aquella de las ruedas normales, el grado de la rueda debe ser lo suficientemente fuerte para mantener a los granos en posición hasta que se halla hecho uso de ellos. Los grados de las puntas montadas usualmente van de medio a altos debido a las condiciones en que son utilizados. La combinación de granos finos y grados fuertes produce ruedas que son suficientemente fuertes para operar de una manera segura o grandes revoluciones.

El tipo de aglutinante más comunmente usado en estos casos es el vitrificado o cerámico, que es rígido. Debido a que el control sobre el grado es posible, las ruedas vitrificadas son usadas para los trabajos de precisión. El aglutinante resinoso fué primordialmente desarrollado para trabajos mas rudos y es comunmente usado para trabajar con acero inoxidable, bronce, latón y aluminio y es recomendado frecuentemente para algunos acabados. Los hules suaves y duros proveen un amplio margen de resistencia para permitir excelentes acabados.

Desde luego todas las ligas son usadas tanto con carburo de silicio como con óxido de aluminio. Las puntas montadas de DIA y CBN son usadas en aplicaciones mas específicas y están adquiriendo más importancia en los trabajos automatizados debido a su mayor vida útil.

Mandriles: Son, generalmente, de acero inoxidable rolado y marcado en las puntas en el lado que se cementan sobre la sección abrasiva.

Debido al gran número de formas en las puntas montadas se ha hecho necesario estandarizar los mandriles, lo cual simplifica el trabajo de elección.

Longitud del mandril: La longitud estándar del mandril es de 1 1/2" (3.81 cms.) medido desde la base de la sección abrasiva hasta el final del mandril.

En el caso de mandriles con longitudes diferentes se tienen las siguientes dimensiones:

1"	2.54 cms
1 1/2"	3.81 cms
2"	5.08 cms
2 1/2"	6.35 cms
3"	7.62 cms

Diámetro del mandril. Para la longitud estándar de 1 1/2" se tienen los siguientes diámetros estándar.

1/8"	0.3175 cms
1/4"	0.635 cms
3/8"	0.9525 cms
1/2"	1.27 cms

Mandriles con otras longitudes que la estándar también pueden ser obtenidos de acuerdo a la tabla siguiente:

DIA		LONG	
"	cms	"	cms
1/8	0.3175 x	1	2.54
1/4	0.635 x	1	2.54
3/8	0.9525 x	1	2.54
1/2	1.24 x	1	2.54

DIA		LONG	
"	cms	"	cms
1/8	0.3175 x	1 1/2	3.81
1/4	0.635 x	1 1/2	3.81
3/8	0.9525 x	1 1/2	3.81
1/2	1.24 x	1 1/2	3.81

DIA		LONG	
"	cms	"	cms
1/8	0.3175 x	2	5.08
1/4	0.635 x	2	5.08
3/8	0.9525 x	2	5.08

<u>DIA</u>		<u>LONG</u>	
<u>"</u>	<u>CMS</u>	<u>"</u>	<u>CMS</u>
1/8	0.3175 x	2 1/2	6.35
1/4	0.635 x	2 1/2	6.35
3/8	0.9525 x	2 1/2	6.35

<u>DIA</u>		<u>LONG</u>	
<u>"</u>	<u>CMS</u>	<u>"</u>	<u>CMS</u>
1/8	0.3175 x	3	7.62
1/4	0.635 x	3	7.62
3/8	0.9525 x	3	7.62

Designación de sufijos para longitud de mandriles y diámetros con el objeto de auxiliar al usuario cuando se ordenan las puntas montadas, una designación sencilla mediante sufijos es utilizada para conocer las longitudes y los diámetros estandarizados. Una letra (C, D, E, F ó G) designa la longitud del mandril y un número (1, 2, 3 ó 4) designa el diámetro. Los sufijos y sus dimensiones equivalentes son los siguientes.

<u>Sufijo</u>	<u>Longitud</u>	<u>Sufijo</u>	<u>Diámetro</u>
C	1	1	1/8
D	1 1/2	2	1/4
E	2	3	3/8
F	2 1/2	4	1/2
G	3		

Máxima velocidad de operación: La velocidad adecuada de uso es uno de los factores más importantes en el empleo de puntas montadas.

Cada mandril con una rueda montada posee una máxima velocidad a la cual la vibración debido a la deflexión tiende a

ser excesiva. La velocidad varía de acuerdo a las siguientes condiciones:

- 1) dimensiones de la rueda
- 2) diámetro del mandril
- 3) distancia desde el soporte a la base de la rueda
- 4) especificaciones de la rueda.

- 1) Al incrementar el tamaño de la rueda (en diámetro o anchura) generalmente disminuirá la velocidad máxima de operación.
- 2) Al incrementar el diámetro del mandril se incrementa la velocidad máxima posible.
- 3) Al incrementar la distancia desde la base de la rueda hasta el soporte disminuirá la velocidad.

Para fines prácticos, no afecta el hecho de que en un mandril tenga reducción en su extremo con objeto de ser adaptable a algunas máquinas, se pueden considerar de diámetro constante.

ANEXO E
COSTOS

Cuando los costos logran ser disminuidos, las ganancias se incrementan. En ésta área, la remoción de material por medios abrasivos ha dado un gran paso, en los últimos años estos métodos de trabajo han ido sustituyendo en algunas áreas a los métodos convencionales de manufactura.

En los últimos años se ha observado un incremento exponencial en la curva de los costos, es posible afirmar que los costos de manufactura se han incrementado más que en otras áreas de bienes o servicios. En respuesta a ello solamente se tienen dos casos: 1) incrementar los precios con riesgo de perder algo de penetración en el mercado y 2) producir más económicamente. Las tendencias se inclinan más hacia la segunda opción, como medio para llegar a ello se están diseñando nuevas máquinas que operan automáticamente y más eficientemente reduciendo los costos de operación. Una de las áreas más importantes en la cual los costos pueden ser reducidos es aquella que hace uso de las máquinas y productos abrasivos. Examinando los siguientes puntos se comprenderá como sucede esto:

- 1) No hay necesidad de emplear mucho tiempo y equipos costosos en el afilado de una rueda, como ocurre con las herramientas monopuntas, por el contrario las ruedas son autoafilantes y salvo en algunos casos no hay necesidad de emplear herramientas de perfilar. No importa cual sea el costo inicial de la rueda, esta puede ser empleada a su máxima eficiencia. Es posible esmerilar antes o después de un tratamiento térmico.

- 2) Se puede lograr una significativa reducción en el tiempo de preparado. En muchos casos de esmerilado no existe la necesidad de grandes y complicados equipos de montaje.
- 3) El montaje y desmontaje de la pieza de trabajo es fácilmente manejado, tanto en superficies planas como cilíndricas. En el caso de esmeriladoras horizontales, las piezas pueden ser maquinadas por docena en vez de una a la vez. Lo mismo sucede en esmerilado cilíndrico.
- 4) La inspección es automáticamente hecha por medio de dimensionado automático. Aquí se presenta una gran oportunidad para reducir costos.
- 5) Una gran remoción de material es posible sin sacrificar el acabado y las tolerancias dimensionales.
- 6) Una rueda abrasiva no es dañada en caso de querer trabajar un material muy duro la primera vez, como puede ocurrir con otras herramientas.
- 7) Remoción de material mas rápidamente
- 8) Mejores acabados
- 9) Costos de materias primas más bajos

Las anteriores son algunas de las consideraciones por las cuales se puede reducir costos con el uso del esmerilado.

La mejor rueda para un trabajo determinado, será aquella que produzca un acabado aceptable con un mínimo de costos totales. Los costos totales son una combinación de los costos de los abrasivos, los costos de proceso y los fijos. Una larga

vida de una rueda abrasiva producirá un buen costo abrasivo, mientras un buen promedio de corte producirá buenos costos totales. Una simple fórmula será la siguiente:

$$\frac{L \times CT \times Wc}{MR} = \text{COSTO TOTAL}$$

- L + O - costos de proceso en pasos
- CT - tiempo de contacto en hrs.
- Wc - costo de la rueda en pesos
- MR - material removido en kilos/hr

El siguiente ejemplo ilustra el uso de dos tipos de ruedas resinosas. Las dos ruedas son similares en tamaño de grano, grado y estructura, las diferencias están en el tipo de resina usada y en el tipo de abrasivo.

	<u>R U E D A</u>	
	<u>X</u>	<u>Y</u>
Contacto en hrs	7.2	6.0
Indice de remoción kgs/hr	8.84	6.4
Kgs. de metal removido por cms de abrasivo	8.8	3.1
Costo del abrasivo por libra de metal removido	170	440
Total costo por libra de material removido	630	1090
Precio de la rueda	10500	9500

En este caso, tanto el costo del abrasivo como el costo total es mejor en la rueda x. De aquí que una examinación cuidadosa del sistema puede contraer substanciales ahorros, especialmente cuando se emplean grandes potencias y equipo sofisticado.

En acabados de precisión no se evalúan las ruedas de esa manera debido a que en esos casos el costo de la rueda es bajo en comparación con el costo del tiempo.

ANEXO F
TABLA DE RECOMENDACIONES

La siguiente es una lista de tipos de piedras que se sugieren para trabajos específicos, sin embargo la mejor elección de una piedra abrasiva para un trabajo en particular deberá ser hecha en base a la experiencia obtenida con la práctica.

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN

SEAL

Recubrido de superficies planas
con un material tipo 1
Recubrido cilíndrico exterior entre punta
con un material tipo 2

ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA			
Ø 100	R	448	522
Ø 120	R	408	522

ALIAS Y PALETES DE TIERRAS

DE HERRAJE O ACERO INOXIDABLE

Recubrido en superficies planas
con punta tipo 1
Corte en materiales flex
Corte en materiales peraltos

Ø64	Ø 50	DP	4V
	A 50	NP	4BA
Ø84	Ø 60-100	NP	4BA

ALUMINIO

Recubrido de superficies planas
con punta tipo 1
con un material tipo 2
con un material tipo 1

1C	48-54	I-J	Ø VFI
1C	38-38	M-I	Ø VFI
1C	38-48	J-I	Ø V
1C	36-54	I-J	Ø VFI

Recubrido cilíndrico exterior entre punta
cilíndrico
cilíndrico

1C	36-48	J-K	Ø VFI
1C	Ø 80	M-J	Ø VFI

Recubrido cilíndrico interior, 50 cañales
cilíndrico
cilíndrico

1C	48-60	J-K	Ø VFI
1C	Ø 80	I-J	Ø VFI
1C	20-24	L-M	Ø VFI
1C	48-60	J-K	Ø V

Corte en esmerilador de pulido a 50 m/s
Corte en esmerilador de banco a 37 m/s
Corte en materiales flex

A	Ø 80	MP	4BA
A	24-30	PA	4BA
A	24-30	PR	4BA

Tabla y piletas de alfiler
Tabla y piletas de alfiler
Corte en alfiler

ALUMINIO

Recubrido en superficies
de aluminio
de aluminio

11A	20-30	PA	Ø V
11A	20	Ø R	Ø V
A	20-24	Ø A	Ø V

Recubrido de las juntas
SEAL DE HERRAJE ACABADO
Recubrido
de aluminio
de aluminio

1C	18-20	GR	Ø V
1C	20-30	GR	Ø V

ARMAS DE LEVAM
RECUPERACIÓN DE LAS LEVAS
De fundición gris

70A	35-45	P-Q	3V Ø2
75A	45-54	M-N	4V Ø0

Ø 50 mm
Ø 60 mm
Ø 80 mm
Ø 80 mm

Ø84	70-80	L	4V Ø0
Ø84	70-80	L	4V Ø0

De acero inoxidable
Corte en un material
Ø 50 mm
Ø 60 mm
Ø 80 mm

Ø84	48-54	P	4V Ø0
75A	48-54	M	4V Ø0

De acero inoxidable
Corte en un material
Ø 50 mm
Ø 60 mm
Ø 80 mm

Ø84	48-54	P	4V Ø0
75A	48-54	Ø	4V Ø0

De acero inoxidable
Corte en un material
Ø 50 mm

C	180	Ø L	Ø V Ø0
---	-----	-----	--------

RECUPERACIÓN DE LAS SUPERFICIES
De fundición gris
Recubrido
Recubrido

Ø84	48-54	M	4V
Ø84	70	L	4V

Recubrido sobre el temple
Corte en un material
Ø 50 mm
Ø 60 mm
Ø 80 mm

11A	48-54	M	4V
Ø84	70	K	4V

RECUPERACIÓN DE LAS SUPERFICIES
De fundición gris, aluminio y acero
De acero, aluminio y material esmerilado del temple

Ø84	70	K	4V
Ø84	70	J	7V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN

ARMAS DE PUNO

CANONES DE RUJES Y PISTOLAS
Recubrido cilíndrico exterior entre punta
cilíndrico y acabado

ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA

Ø84	48-54	Ø M	Ø V
-----	-------	-----	-----

ABESTO-COMBITO

Corte en materiales flex
Corte en materiales peraltos

1C	18	S	4BA
1C	38-38	S	4BA

ALUMINIO

Corte en materiales peraltos

1C	38-38	S	4BA
----	-------	---	-----

AZULEJOS Y BALDOSAS

Recubrido de superficies planas
con punta tipo 2 y Ø
con un material tipo 1
Limpieza y pulido de punta
Recubrido manual
Corte manual
Corte manual

1C	24-36	Ø L	Ø Ø
1C	24	M	Ø V
1C	20-24	P-Q	Ø V
1C	60-60	M-P	Ø V
1C	220	N	Ø V
1C	24-30	PA	Ø BA

BALATAS PARA FRENO

Recubrido de superficies planas con punta tipo 1

C	18-24	Ø M	Ø V
---	-------	-----	-----

TELADOS

Recubrido de superficies planas
con punta tipo 2 y Ø
con un material tipo 1

C	18-20	P-Q	Ø V
C	36-48	L-M	Ø V
1C	20-24	Ø P	Ø Ø
1C	18-20	M-P	Ø Ø
1C	18-20	M-P	Ø Ø
1C	18-30	Ø T	Ø BA

BOLDASAS

Recubrido de superficies planas
con punta tipo 2 y Ø
con un material tipo 1
Corte manual
Corte manual

C	18-20	P-Q	Ø V
C	36-48	L-M	Ø V
1C	20-24	Ø P	Ø Ø
1C	18-20	M-P	Ø Ø
1C	18-20	M-P	Ø Ø
1C	18-30	Ø T	Ø BA

BALONES DE BOLAS

Recubrido de superficies planas
con punta tipo 2TR

Ø84	180	M	Ø Ø
-----	-----	---	-----

Recubrido cilíndrico exterior entre punta
cilíndrico y acabado

Ø84	30-48	I-J	Ø Ø
Ø84	30-48	M-I	Ø Ø

Recubrido cilíndrico exterior entre punta
cilíndrico y acabado

Ø84	Ø 80	J-L	Ø V Ø2
Ø84	120	J-L	Ø V Ø2

Recubrido cilíndrico exterior entre punta
cilíndrico y acabado

Ø84	Ø 80	K-M	Ø V
Ø84	Ø 80	K-M	Ø V

Recubrido cilíndrico exterior entre punta
cilíndrico y acabado

Ø84	Ø 80	L-N	Ø Ø
-----	------	-----	-----

BALONES DE BIELLOS

Recubrido de superficies planas
con punta tipo 2
con un material tipo 2TR

Ø84	30-48	I-J	Ø Ø
Ø84	180	M	Ø Ø
Ø1A	Ø 80	Ø A	Ø V Ø2

Recubrido cilíndrico exterior entre punta
cilíndrico y acabado

Ø84	Ø 80	L-N	Ø Ø
-----	------	-----	-----

GABRIOLAS Y PLÁSTICOS SIMILARES

Recubrido cilíndrico exterior
Recubrido cilíndrico exterior entre punta
cilíndrico y acabado

1C	48-60	I-J	Ø V
1C	38-60	J-L	Ø V

Recubrido cilíndrico exterior entre punta
cilíndrico y acabado

1C	38-48	Ø L	Ø Ø
1C	48-60	J-L	Ø V
1C	24-30	Ø S	Ø BA

BARRAS DE BARRANES (FERROCARRILES)

Corte en esmerilador de pulido a 50 m/s
Corte en esmerilador de banco a 37 m/s
Corte en un material peraltos

A	12-16	Ø S	Ø Ø
A	16-18	Ø S	Ø Ø
11A	16-24	Ø A	Ø V

Corte en un material peraltos
Corte en un material peraltos
Corte en un material peraltos

A	24-30	Ø T	Ø BA Ø
A	16-18	Ø S	Ø Ø
A	24-30	Ø T	Ø BA

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA	MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA
ARMERAS PARA BARRAS		ALIJES	
Alfarda con rebabas de carburo de silicio		DE ACERO (EMPLAZO)	
con ranuras tipo 1	C 54-68 K4 6V	Resacaño cilíndrico interior	97A 54-68 K4 6V
con ranuras tipo 2 y 6	C 46-68 J4 6V	Resacaño cilíndrico exterior entre puntos	98A 68-70 K4 6V
de 150 a 175 mm de diámetro		Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	50A 80-80 L 6V
Alfarda con ranuras de herradura gruesas		Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	
con ranuras tipo 2 y 6	C 50 J4 6V	Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	
de 80 a 175 mm de diámetro	C 54 J4 6V	Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	
Alfarda con rebabas con ranuras		Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	
con ranuras tipo 2 y 6	C 54-68 J4 6V	Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	
de 175 mm de diámetro		Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	
BARRAS CROMADAS (CHACOTES)		DE ACERO SUAVE	
Resacaño de superficies planas		Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	
con ranuras tipo 2 y 6	1C 24-30 K48 6V	Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	
con ranuras	1C 28-32 L 6V	Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	
Cara de rebabas tipo	1C 24-36 P4 68A	Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	
REBABS (PUNTO)		DE HIERRO DULCE	
Cara de rebabas tipo	68A 80-100 M4 48	Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	
PLACAS (AUTOMÁTICAS)		CABLES FLEXIBLES DE ACERO (CHACOTES)	
Resacaño de superficies planas		Cara de rebabas tipo	A 24-48 R-5 48A
con ranuras tipo 27H	50A 68-80 K48 48	CALENTADORES O CALIBRES	
cilíndrico	50A 108 J4 48	DE COMPAS	
Resacaño cilíndrico exterior	68A 150 P4 6V 72	Resacaño de superficies planas	68A 80-90 J4 6V
con ranuras tipo		Resacaño cilíndrico exterior	68A 100 M 6V
cilíndrico		DE MEDIDAS DE BARRIDOS (CROMADOS)	
REBABS DE ALISTAS (HERRERO)		Resacaño cilíndrico exterior	68A 80-88 J4 6V
Resacaño de superficies planas		Resacaño cilíndrico exterior	68A 150 J4 6V
con ranuras paralelas tipo 27H	68A 70-90 M4 48	DE MEDIDAS DE BARRIDOS (TEMPLAJOS)	
REBABS DE VÁLVULAS		Resacaño cilíndrico exterior	68A 80-80 J4 6V
REBABS ENDURECIDOS		Resacaño cilíndrico exterior	68A 150 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras		Resacaño cilíndrico exterior	
cilíndrico	1C 48-54 P-Q 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	A 80-88 P-Q 48	Resacaño cilíndrico exterior	
REBABS		DE HERRAJES	
ACERO SUAVE		Resacaño de superficies planas	68A 60-90 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior entre puntos	50A 54-72 K48 6V	Resacaño cilíndrico exterior	68A 150 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	97A 80-88 K48 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
Resacaño de los rebabas helicoidales		Resacaño cilíndrico exterior	
entre puntos	68A 70-88 P4 48	Resacaño cilíndrico exterior	
entre puntos	68A 60-80 K48 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
de los puntos		Resacaño cilíndrico exterior	
en puntos	68A 48-68 K48 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
con ranuras	B 140 0 48 68 622	Resacaño cilíndrico exterior	
Cara de rebabas tipo	A 48-68 L4 48A	Resacaño cilíndrico exterior	
Resacaño		Resacaño cilíndrico exterior	
de rebabas con ranuras	68A 54-70 L4 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
CARBONES CRISTALINOS	68A 60-78 K4 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
Alfarda de los puntos		Resacaño cilíndrico exterior	
con ranuras	C 48-68 L4 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
con ranuras	D 140 R 48 68 621	Resacaño cilíndrico exterior	
REBABS SUAVES		Cara de rebabas tipo	
Resacaño de superficies planas		CARBONES CRISTALINOS	
con ranuras tipo 2 y 6	1C 30-48 J4 6V	Resacaño de superficies planas	C 60-80 64 6V
con ranuras	1C 30-36 J 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
con ranuras	1C 30-48 J4 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
Resacaño cilíndrico exterior	1C 48-54 R 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
Resacaño cilíndrico exterior entre puntos	68A 48-54 K4 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
Resacaño cilíndrico exterior		Resacaño cilíndrico exterior	
entre puntos	68A 48-68 L 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
Resacaño cilíndrico exterior sin ranuras	68A 48-68 L 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
de 20 mm		Resacaño cilíndrico exterior	
de 25 mm		Resacaño cilíndrico exterior	
Resacaño de superficies de barras	1C 20-30 6P 48	Resacaño cilíndrico exterior	
de 20 mm	1C 24-36 6P 6V	Resacaño cilíndrico exterior	
de 25 mm	A 20-36 6-6 48A	Resacaño cilíndrico exterior	
Cara de rebabas tipo		Resacaño cilíndrico exterior	

Resacaño cilíndrico exterior	68A 80-90 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 100 M 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 80-88 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 150 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 80-80 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 150 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 80-80 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 150 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 60-90 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 150 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 120 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 220 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 320 K4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 70-88 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	68A 100 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	1C 20-30 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	1C 30-36 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	1C 36-48 L48 6V
Resacaño cilíndrico exterior	1C 30-48 68-8 6V
Resacaño cilíndrico exterior	1C 100 68-8 6V
Resacaño cilíndrico exterior	C 30-68 68-8 6V
Resacaño de superficies planas	C 60-80 64 6V
Resacaño cilíndrico exterior	B 120 0 36 6 620
Resacaño cilíndrico exterior	B 270 0 32 6 620
Resacaño cilíndrico exterior	B 18 0 32 6 621
Resacaño cilíndrico exterior	C 60-80 H4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	B 120 0 48 6 620
Resacaño cilíndrico exterior	B 220 0 38 6 620
Resacaño cilíndrico exterior	C 30-68 J4 6V
Resacaño cilíndrico exterior	D 120 0 36 6 620

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA	MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA
Resaltado alfileres acortar sin cesar con dentado	C 80-70 I-J 5 V	Corte de tierra	TC 40-54 J-L 5 V/7
Alfido de herramientas	B 120 R 40 D 527	Resaltado alfileres acortar con ranura tipo 1	C 80-80 L-M 5 V/7
con dentado	C 80-80 L-M 5 V	con ranura tipo 2 y 6	C 240 S 5 V/7
con dentado	B 140 R 40 D 525	Resaltado alfileres acortar sin cesar	TC 40-54 J-L 5 V
con dentado	C 80-80 L-M 5 V	PARA MOTORES DIESEL	
Resaltado de bridas de juntas	B 140 R 40 D 520	En caso de arranque	
	C 80-80 I-J 5 V	Resaltado alfileres acortar	800-40-54 J-L 5 V
CONCRETO		con ranura	87A 80-70 I-J 5 V
Apuntes	A 80-80 P-Q 4 B	Resaltado con línea horng	C 80-80 L-M 5 V/7
Quedado	11A 20-30 P-Q 5 V	dentado	C 120 K 5 V/7
		dentado	AC 80-80 M-N 4 B A
COQUE		COQUE	
Resaltado de superficies planas con ranura tipo 2 y 6	1C 20-30 L-M 4 B	Resaltado de superficies planas con ranura tipo 1	1C 54-60 I-J 10 V
con ranura tipo 2 y 6	1C 20-30 L-M 4 B	con ranura tipo 2 y 6	1C 24-30 M-I 5 V
Resaltado alfileres acortar con ranura	54C 40-54 L-M 4 B	con ranura tipo 1	1C 20-30 I-J 5 V
Resaltado alfileres acortar con ranura	1C 20-30 L-M 4 B	Resaltado alfileres acortar	1C 20-30 I-J 5 V
Dientes de engranajes de acero	50C 27-30 L-M 5 V	Resaltado alfileres acortar con ranura	1C 40 2K 5 V
Resaltado de superficies con ranura tipo 11	1C 24-30 L-M 4 B	dentado y alfileres	1C 40-60 M 5 V
Corte de alfileres	1C 20-30 8P 4 B A	Resaltado alfileres acortar con ranura a 37 mm	1C 20-30 8-Q 4 B
		dentado y alfileres	1C 40-60 M 5 V
GRANITOS Y PIEDRAS CALIZADAS		Resaltado de superficies planas	A 20-30 M-N 4 B A
Resaltado alfileres acortar	11A 80 L 4 V	con ranura tipo 11 y 10 mm	A 20-30 R-S 4 B A
		COLECTORES	
COQUELITAS		Resaltado alfileres acortar	1C 80 6-8 5 V
ACEROS Y ACEROS ALIADOS		Especialts con pedras para colectoras	C 80 I 4 B
Resaltado tipo ranura para colectoras		dentado	C 120 K 4 B
Resaltado de ranuras y espas de:		quedado	
dentado y ranura	50A 40-54 6-0 4 V	CONCRETO	
dentado	50A 80-70 L-M 4 V	Dientes en engranajes parciales	1C 10-20 0-S 4 B
Resaltado alfileres acortar	50A 40-54 8-8 5 V	con ranura tipo 11 y 10 mm	1C 10-24 0-S 4 B A
dentado	50A 80-70 8-8 5 V	CORRIENTES DE ARENA DE FUNDICIÓN	
dentado	70A 80-70 8-8 5 V	Resaltado de superficies planas	50C 20-24 L-M 4 B
Corte alfileres tipo de la alfileres, dentado	70A 80-70 8-8 5 V	Corte	1C 10-24 0-S 4 B A
Resaltado de ranuras y espas de:	50A 54-70 K-L 5 V	COQUE	
dentado y ranura		Resaltado manual	50A 30-40 I 10 V
dentado	50A 40-54 8-8 5 V	dentado	50A 80-80 M 10 V
dentado	11A 80-70 8-8 5 V	CONCRETO	
Resaltado alfileres acortar con ranura tipo de la alfileres, dentado	50A 40-54 L-M 5 V	Resaltado de superficies planas	87A 54-70 M-J 10 V
Resaltado de ranuras y espas de:	87A 80-70 K-L 5 V	con ranura tipo 2 y 6	87A 54-80 M-L 10 V
dentado y ranura	50A 50-70 K-L 5 V	con ranura tipo 1	87A 40-54 0-L 10 V
dentado	50A 54-70 K-L 5 V	Resaltado alfileres acortar con ranura	87A 80-80 I-J 7 V
dentado	50A 80-70 K-L 5 V	dentado	80A 80-90 M-L 5 V
dentado	50A 50-70 K-L 5 V	Resaltado de superficies planas	80A 100 M-L 5 V
dentado	50A 54-70 K-L 5 V	dentado	87A 70-80 I-J 5 V
GRANITOS Y PIEDRAS CALIZADAS		CONCRETAS ARMADAS (GRANIT)	
Resaltado tipo ranura para colectoras	11A 54-60 8-P 4 V	Resaltado alfileres acortar con ranura	80A 80-80 8-P 5 V
Resaltado tipo ranura para colectoras	50A 54-60 8-0 4 V	Resaltado alfileres acortar	87A 80-80 8-0 5 V
dentado	50A 54-60 8-0 4 V	COQUELITAS	
dentado	50A 54-60 L-M 5 V	ACERO INOXID, ACERO PARA HERRAMIENTAS DE ALTA ALICACIÓN	
dentado	50A 80-70 K-L 5 V	Resaltado de superficies planas	80A 40-60 M-L 10 V
dentado	50A 80-70 K-L 5 V	con ranura tipo 1	B 120 R 40 D 527
dentado	50A 80 8 4 V	con ranura tipo 2 y 6	80A 40-60 M-L 7 V
dentado	50A 80 0 4 V	con ranura tipo 1	80A 40-60 M-L 10 V
GRANITOS Y PIEDRAS CALIZADAS		con ranura tipo 2 y 6	
Resaltado tipo ranura para colectoras	1C 40-60 J-L 5 V	dentado y ranura	
Resaltado con línea horng	C 120 L-M 5 V/7	con ranura tipo 2 y 6	
dentado	C 200 K 5 V/7	dentado	
dentado	80A 54-60 K-L 5 V	con ranura tipo 2 y 6	
dentado	80A 120 L-M 5 V/7	con ranura tipo 1	
dentado	C 200 K 5 V/7	dentado	

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA	MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA
Resaltado alfileres acortar sin cesar con dentado	C 80-70 I-J 5 V	Corte de tierra	TC 40-54 J-L 5 V/7
Alfido de herramientas	B 120 R 40 D 527	Resaltado alfileres acortar con ranura tipo 1	C 80-80 L-M 5 V/7
con dentado	C 80-80 L-M 5 V	con ranura tipo 2 y 6	C 240 S 5 V/7
con dentado	B 140 R 40 D 525	Resaltado alfileres acortar sin cesar	TC 40-54 J-L 5 V
con dentado	C 80-80 L-M 5 V	PARA MOTORES DIESEL	
Resaltado de bridas de juntas	B 140 R 40 D 520	En caso de arranque	
	C 80-80 I-J 5 V	Resaltado alfileres acortar	800-40-54 J-L 5 V
CONCRETO		con ranura	87A 80-70 I-J 5 V
Apuntes	A 80-80 P-Q 4 B	Resaltado con línea horng	C 80-80 L-M 5 V/7
Quedado	11A 20-30 P-Q 5 V	dentado	C 120 K 5 V/7
		dentado	AC 80-80 M-N 4 B A
COQUE		COQUE	
Resaltado de superficies planas con ranura tipo 2 y 6	1C 20-30 L-M 4 B	Resaltado de superficies planas con ranura tipo 1	1C 54-60 I-J 10 V
con ranura tipo 2 y 6	1C 20-30 L-M 4 B	con ranura tipo 2 y 6	1C 24-30 M-I 5 V
Resaltado alfileres acortar con ranura	54C 40-54 L-M 4 B	con ranura tipo 1	1C 20-30 I-J 5 V
Resaltado alfileres acortar con ranura	1C 20-30 L-M 4 B	Resaltado alfileres acortar	1C 20-30 I-J 5 V
Dientes de engranajes de acero	50C 27-30 L-M 5 V	Resaltado alfileres acortar con ranura	1C 40 2K 5 V
Resaltado de superficies con ranura tipo 11	1C 24-30 L-M 4 B	dentado y alfileres	1C 40-60 M 5 V
Corte de alfileres	1C 20-30 8P 4 B A	Resaltado de superficies planas	1C 20-30 8-Q 4 B
		con ranura tipo 11 y 10 mm	1C 40-60 M 5 V
GRANITOS Y PIEDRAS CALIZADAS		Resaltado de superficies planas	A 20-30 M-N 4 B A
Resaltado alfileres acortar	11A 80 L 4 V	con ranura tipo 11 y 10 mm	A 20-30 R-S 4 B A
		COLECTORES	
COQUELITAS		Resaltado alfileres acortar	1C 80 6-8 5 V
ACEROS Y ACEROS ALIADOS		Especialts con pedras para colectoras	C 80 I 4 B
Resaltado tipo ranura para colectoras		dentado	C 120 K 4 B
Resaltado de ranuras y espas de:		quedado	
dentado y ranura	50A 40-54 6-0 4 V	CONCRETO	
dentado	50A 80-70 L-M 4 V	Dientes en engranajes parciales	1C 10-20 0-S 4 B
Resaltado alfileres acortar	50A 40-54 8-8 5 V	con ranura tipo 11 y 10 mm	1C 10-24 0-S 4 B A
dentado	50A 80-70 8-8 5 V	CORRIENTES DE ARENA DE FUNDICIÓN	
dentado	70A 80-70 8-8 5 V	Resaltado de superficies planas	50C 20-24 L-M 4 B
Corte alfileres tipo de la alfileres, dentado	70A 80-70 8-8 5 V	Corte	1C 10-24 0-S 4 B A
Resaltado de ranuras y espas de:	50A 54-70 K-L 5 V	COQUE	
dentado y ranura		Resaltado manual	50A 30-40 I 10 V
dentado	50A 40-54 8-8 5 V	dentado	50A 80-80 M 10 V
dentado	11A 80-70 8-8 5 V	CONCRETO	
Resaltado alfileres acortar con ranura tipo de la alfileres, dentado	50A 40-54 L-M 5 V	Resaltado de superficies planas	87A 54-70 M-J 10 V
Resaltado de ranuras y espas de:	87A 80-70 K-L 5 V	con ranura tipo 2 y 6	87A 54-80 M-L 10 V
dentado y ranura	50A 50-70 K-L 5 V	con ranura tipo 1	87A 40-54 0-L 10 V
dentado	50A 54-70 K-L 5 V	Resaltado alfileres acortar con ranura	87A 80-80 I-J 7 V
dentado	50A 80-70 K-L 5 V	dentado	80A 80-90 M-L 5 V
dentado	50A 50-70 K-L 5 V	Resaltado de superficies planas	80A 100 M-L 5 V
dentado	50A 54-70 K-L 5 V	dentado	87A 70-80 I-J 5 V
GRANITOS Y PIEDRAS CALIZADAS		CONCRETAS ARMADAS (GRANIT)	
Resaltado tipo ranura para colectoras	11A 54-60 8-P 4 V	Resaltado alfileres acortar con ranura	80A 80-80 8-P 5 V
Resaltado tipo ranura para colectoras	50A 54-60 8-0 4 V	Resaltado alfileres acortar	87A 80-80 8-0 5 V
dentado	50A 54-60 L-M 5 V	COQUELITAS	
dentado	50A 80-70 K-L 5 V	ACERO INOXID, ACERO PARA HERRAMIENTAS DE ALTA ALICACIÓN	
dentado	50A 80-70 K-L 5 V	Resaltado de superficies planas	80A 40-60 M-L 10 V
dentado	50A 80 8 4 V	con ranura tipo 1	B 120 R 40 D 527
dentado	50A 80 0 4 V	con ranura tipo 2 y 6	80A 40-60 M-L 7 V
GRANITOS Y PIEDRAS CALIZADAS		dentado y ranura	
Resaltado tipo ranura para colectoras	1C 40-60 J-L 5 V	con ranura tipo 2 y 6	
Resaltado con línea horng	C 120 L-M 5 V/7	dentado	
dentado	C 200 K 5 V/7	con ranura tipo 2 y 6	
dentado	80A 54-60 K-L 5 V	dentado	
dentado	80A 120 L-M 5 V/7	con ranura tipo 1	
dentado	C 200 K 5 V/7	dentado	

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA	MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA
con engrapado	0 120 R 00 522	de acero laminado	00A 40-100 14 5 V
ACERO INDEFORMABLE (12-13% C) Y PUNTA TEMPLADA (00 F02)	00A 30-40 H J 5 V	de acero laminado	07A 40-100 14 5 V
Resaltado de superficies planas con engrapado	00A 30-40 H J 5 V	de acero para laminados de alto carbono templado	00A 40-100 H J 5 V
ACERO PARA LAMINADOS DE BARRA Y MEDIANA ALARGADA	07A 24-30 L J 5 V	de acero alado templado	07A 40-100 H J 5 V
Resaltado de superficies planas con engrapado	07A 24-30 L J 5 V	de acero alado	C 00-100 L J 5 V
Afilado y machete	07A 30-40 H J 5 V	de fundido gris y fundido con	00A 40-100 L J 5 V
con rancho tipo 2 y 6	07A 30-40 H J 5 V	Resaltado de filos de barras	
con engrapado	07A 30-40 H J 7 V	con rancho tipo "Hoy"	
ACERO INDEFORMABLE		de acero laminado	00A 40 14 J 5 V
Resaltado de superficies planas con engrapado	00A 30-30 H J 10 V	de acero laminado	07A 40-100 H J 5 V
Afilado y machete	00A 30-40 L J 10 V	de acero para laminados de alto carbono	
con rancho tipo 2 y 6	00A 30-40 H J 10 V	templado y acero "Hoy"	00A 40-120 H J 5 V
con engrapado	00A 30-40 H J 10 V	de acero laminado	C 00-100 J 4 5 V
DE CARBONO		de fundido gris y fundido con	00A 40-100 J 4 5 V
Resaltado de superficies planas	A 40-00 H 4 V	Resaltado de filos de barras	
DE CUPRILIN		con rancho tipo "Hoy"	
Resaltado de superficies planas	00A 30-40 K 5 V	en 014 34	
DE CROMAL			
con rancho tipo 2 y 6	00A 30-30 H J 5 V	RECAPLES Y PUNTEROS PARA SIERRAS	
con engrapado	00A 30-40 H J 7 V	Afilado manual	00A 00-00 L 00 5 V
DE CARBONO DE PASTO			
Afilado	11A 00-00 H P 5 V	EXAMINER DE CARBONO	
Resado de cuchillas inclinadas	07A 00-10 H P 6 V	DE HERRA BALEABLE RECIBIDA	
Gravado y ACEO		Debarde en arandelas de lazo	A 10-20 P 0 0 0
Afilado	11A 40-00 H P 4 V	• 10 mil	11A 20-24 0 0 5 V
MAQUETAS		• 17 mil	
Resaltado de superficies planas	00A 30-40 J 4 5 V	DE HERRA BALEABLE NO RECIBIDA	
Afilado	11A 30-00 H 0 5 V	Resado en arandelas de lazo	
MAQUETAS		• 30 mil	1C 10-20 P 0 0 0
Afilado	11A 120 M 5 V	• 37 mil	1C 10-20 0 0 5 V
PARA CILINDRO			
Afilado	11A 50-70 H 0 5 V	PARA DE HERRA ALISTADINA (PLACAS)	
PARA PAVIL DE ACERO (MÓDULO)		Resaltado de superficies planas	
Resado	00A 30-40 L J 5 V	con rancho tipo 200	1C 14-18 K 0 0 0
Afilado	00A 00-00 H 10 V	Cara	1C 10-24 R 5 0 0 A
CONFORMACIÓN DE CIERNA Y REDA			
Resaltado de caras		FLICHO 0 0 0 0	
Resado	A 40-00 H 0 0 0	DE ACERO	
Resado	A 100 J 4 0 0	Resaltado alfileres con cara en curva	00A 54-70 L 0 5 V
Resado de las curvas	A 00-7 00 0 0	Cara en máquina tipo	11A 00-00 0 0 5 V
Resado	A 120 J 4 0 0		A 20-30 R 5 0 0 A
Resado de las líneas	A 40-00 P 0 0 0	DE ALUMINIO	
Resado de las tres curvas	00A 100 J 0 0 0	Resaltado alfileres con cara en curva	1C 40 K 5 V
	00A 100 P 0 0 0 A	Resaltado alfileres con cara en curva	1C 30-54 L J 5 V
		Resaltado alfileres con cara en curva	
		Resado	00A 54-70 L 0 5 V
		Resado	A 150 0 5 0 0
BASES Y SIERRAS DE ACERO TEMPLADO		FORMAS CARRONERAS (SALA DE ALAMBRADO)	
Resaltado de superficies planas		Cara en máquina tipo	1C 10 S 0 0 A
con rancho tipo 1	00A 40-00 H J 5 V		
con rancho tipo 2 y 6	00A 30-40 H J 7 V		
con engrapado	00A 30-40 H 10 V		
Resado con rancho manual			
Resado	00A 00-00 0 P 4 V		
Resado	00A 120 M 4 V		
REPARTIDORES (SALA PARA DE ACERO AL CROMO) TIPO FORJADO			
Resado general	00A 70-00 J 4 5 V		
0 0 0			
REPARTIDORES			
Resaltado alfileres con cara en curva	00A 54-00 L 0 5 V		
Resaltado alfileres con cara en curva	11A 40-00 00 4 5 V		
DE HERRERA			
Resaltado alfileres con cara en curva	11A 40-00 00 4 5 V		
REPARTIDORES			
Resaltado de filos de barras			
con rancho tipo 2 y 6			
con engrapado			
1C 10-20 0 4 5 V			
1C 20-30 0 4 5 V			

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN

Resistencia manual en latido
 Estirado
 Estirado
 Estirado
 Corte

ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA

TC 2024	M O	5 V
TC 3048	L M	5 V
TC 80120	L M	5 V
TC 2030	M O	4 B A

ESBIBO

Atado manual
 del tipo
 de los latidos

11A 2030	P O	5 V
11A 3030	O R	5 V

ESBIBO

Resistencia eléctrica manual en centros
 Resistencia en combinación de pedales
 o 50 mm
 o 37 mm

11A 5480	M N	5 V
A 1418	G S	4 B
11A 1824	O R	5 V

ESBIBO O CILINDRO

Resistencia de superficie plana
 con resaca tipo 1
 con resaca tipo 7 y 8
 con resaca tipo 1
 Resistencia eléctrica manual
 Resistencia eléctrica manual en centros
 Resistencia en combinación de latidos

TC 3048	J K	8 V
88A 3048	J	10 V
88A 3048	J	10 V
TC 4080	J L	5 V
TC 4080	K L	5 V
88A 4080	K L	5 V

Resistencia en combinación de pedales
 o 50 mm
 o 37 mm

A 2024	O P	5 B A80
SA 1418	O P	4 B

Resistencia en combinación de pedales
 o 50 mm
 o 37 mm

SGA 1620	L M	5 B A80
SA 1418	L M	4 B A80
SA 1418	N P	4 B

Resistencia en combinación de pedales
 o 50 mm
 o 37 mm
 Corte en resaca tipo 1

A 2430	S T	4 B A
TC 2024	O R	4 B
TC 2024	O R	5 V
A 24	R	4 B A

MATERIAL RECORRIDO

Resistencia en combinación de latidos o 50 mm
 Resistencia en combinación de pedales o 50 mm
 Resistencia en combinación de pedales o 50 mm

SA 1418	O T	4 B
SA 1420	R T	4 B
A 1824	O R	4 B

MATERIAL SIN RECORRIDO

Resistencia en combinación de pedales o 50 mm
 Resistencia en combinación de pedales o 50 mm

TC 1820	P O	4 B
TC 1820	O R	4 B

TEMPERADO IMPERMEABILIZANTE

Resistencia de superficie plana
 con resaca tipo 1
 con resaca tipo 7 y 8
 con resaca tipo 1
 Resistencia eléctrica manual en centros
 Resistencia en combinación de pedales o 50 mm

TC 3048	I J	5 V
88A 3048	I J	10 V
88A 3048	I J	10 V
TC 3048	J L	5 V
TC 1820	O O	5 B

MATERIAL

Resistencia de superficie plana
 con resaca tipo 1
 con resaca tipo 7 y 8
 Estirado
 con resaca tipo 1
 con resaca tipo 7 y 8
 Resistencia eléctrica manual
 Resistencia en combinación de pedales
 Corte

TC 2030	K L	5 V
TC 30	L	5 V
TC 80	K	5 V
TC 3024	M P	5 V
TC 3024	O R	5 V
TC 3024	L M	5 B
TC 1820	G S	4 B A

GENERALIDADES DE PIEL SINTETIZADA

Resistencia manual

11A 2430	R S	4 V
----------	-----	-----

88A

Resistencia de superficie plana
 con resaca tipo 1
 con resaca tipo 7 y 8
 con resaca tipo 7 y 8
 con resaca tipo 7 y 8
 con resaca tipo 7 y 8

88A 4054	J	10 V
88A 4054	M	10 V
C 2430	L K	8 B
C 3430	K O	8 B

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN

Resistencia eléctrica manual en centros
 Solo duro
 Solo duro
 Corte

ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA

88A 4080	M J	10 V
TC 4080	L J	10 V
C 3030	L M	4 B A

LLANTAS PARA AUTOMÓVIL

Resistencia manual de los pedales
 Resistencia del pie
 Resistencia de los latidos de aire

88A 3030	I J	5 V
C 1418	J K	4 B
C 1418	L J	8 B

MATERIAL

Resistencia eléctrica manual en centros

TC 1824	M P	4 B A
---------	-----	-------

MATERIAL TEXTILES

Resistencia eléctrica manual en centros

11A 8080	M N	5 V
----------	-----	-----

ESBIBO

Corte

88A 248	R	4 B
---------	---	-----

ESBITAS UNIVERSALES (COPAS DE)

Resistencia eléctrica manual

88A 100	M N	5 V
---------	-----	-----

MATERIAL

Resistencia de superficie plana
 Corte en resaca tipo 1

TC 18	R S	4 B A
-------	-----	-------

PARA LA CONSTRUCCIÓN

Corte en resaca tipo 1
 REFRACTARIOS
 Corte

TC 16	R S	4 B A
TC 16	S T	4 B A
TC 18	S T	4 B A
TC 1820	O P	4 B A
TC 1820	M O	6 B A
TC 2024	O Q	5 V

ESBITAS MANUALES

Corte

TC 1820	Y	4 B A
---------	---	-------

LAMA GENERAL (LAMINAS)

Resistencia de superficie plana
 con resaca tipo 1
 con resaca tipo 2 y 8
 con resaca tipo 1

TC 4080	I J	10 V
TC 3048	J K	5 B F I
TC 3048	J	5 V F I
TC 3054	L K	5 V F I

Resistencia eléctrica manual en centros
 Resistencia eléctrica manual en centros
 o 50 mm
 o 37 mm

TC 3048	J K	5 V
TC 2030	O Q	4 B
TC 4080	L M	5 B
TC 2034	M O	4 B

Resistencia en combinación de pedales o 50 mm
 Resistencia en combinación de pedales o 50 mm
 con resaca tipo 7 y 8 mm

TC 2024	O P	4 B
---------	-----	-----

Corte en resaca tipo 1
 de pedales y pedales
 de pedales latidos

A 6080	M P	4 B A
A 2430	R T	4 B A

LLAVES DE FUERZAS HACIENDO AL CERRAR-VIRABO PERLANO

Resistencia de superficie plana
 con resaca tipo 2 y 8
 Resistencia en combinación de pedales o 37 mm

88A 4054	M O	4 B
11A 2024	P O	5 V

MATERIAL

Resistencia de superficie plana
 con resaca tipo 1

88A 7080	I J	5 V
----------	-----	-----

Resistencia de superficie plana
 con resaca tipo 1
 con resaca tipo 2 y 8

88A 100120	I J	5 V
88A 100180	J K	5 V
88A 100220	K L	5 V

Resistencia de superficie plana
 con resaca tipo 1
 con resaca tipo 2 y 8

88A 170150	J K	5 V
88A 180150	K L	5 V
88A 100	L K	5 V
88A 200	S T	5 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN

ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA

GRUPO

Refracción en superficies de puntas
 • 20 mm
 • 37 mm

A 20-34 G-0 4B
 11A 20-24 P-0 5V

GRUPO

Refracción de superficies planas
 con ranuras tipo 2 y 6
 • ranuras
 • ranuras
 • ranuras

1C 20-30 G-0 5V
 1C 20-34 L-0 5V
 1C 20-30 S-1 5V
 1C 120 J 5V

Refracción en superficies punti

GRUPO

Refracción normal con ranuras
 • ranuras
 • ranuras
 • ranuras

1C 18-24 0P 4B
 1C 120 J 4B
 1C 20-34 0-0 5V
 1C 01-00 L-0 5V
 1C 120 S-1 5V
 1C 20-30 G-0 4B A

GRUPO

Refracción normal
 • 20 mm
 • 37 mm

A 24-30 G-0 4B
 11A 20-34 G-0 5V

GRUPO DE ACERO TRIPLEX

Refracción de superficies planas
 con ranuras tipo 1
 con ranuras tipo 2 y 6
 con ranuras
 Refracción en puntas ranuradas
 • ranuras
 • ranuras
 • ranuras

07A 40-60 I-J 5V
 08A 35-40 H-1 5V
 08A 40 H 10V
 08A 60 P 4V
 08A 80 D 4V
 08A 120 N 4V

RETALEADORAS (PUNTERAS)

Preparación de la superficie
 general
 • ranuras
 • ranuras
 • ranuras
 Corte en superficies tipo

08A 40-54 J-0 5V
 08A 120 J-0 5V
 08A 54-60 H-J 5V
 08A 60-80 L-0 4B A

GRUPO

Refracción normal
 • ranuras
 • ranuras
 Corte en superficies tipo

1C 00-00 G-0 5V
 1C 220 G-0 5V
 C 54-60 L-0 4B A

MATERIALES (GRUPO 02)

Refracción de las puntas
 Refracción de las superficies con ranuras tipo 270

11A 20-24 G-0 5V
 A 18-20 G-0 4B

GRUPO

Refracción de superficies planas
 con ranuras tipo 2 y 6
 • ranuras
 • ranuras
 Refracción en superficies ranuradas
 • ranuras
 • ranuras
 Corte en superficies tipo

1C 00-00 I-J 10V
 1C 20-30 I-J 5V P1
 1C 00-00 I-J 5V P1
 1C 00-00 I-J 5V P1
 A 24-30 G-0 4B A

GRUPO

Refracción general
 • ranuras
 • ranuras
 Refracción normal con ranuras aleatorias
 • ranuras
 • ranuras
 • ranuras

1C 54-60 0P 5V
 1C 120 S-1 5V
 C 220 G-0 5V
 1C 30-40 L-0 5V
 1C 120 J-0 5V
 1C 220 G-0 5V

GRUPO

GRUPO

GRUPO

GRUPO

GRUPO

GRUPO

GRUPO

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN

ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA

PLANOS DE FORMAS DE ACERO PUNTERO

Duchas
 Anillos
 Refracción en puntas ranuradas

08A 24-30 F-0 5V
 08A 00-700 G-1 0V
 08A 120 N 0V

PERFILES

CONCRETOS

Refracción en superficies ranuradas con ranuras
 Refracción en superficies ranuradas con ranuras

08A 00 G-1 0V
 50A 54-60 L-0 5V

CON FIBRA

Refracción en superficies ranuradas con ranuras
 de tipo ranurado y ranurado
 de tipo

08A 70-80 0-0 5V
 C 100 0-0 5V

FRANQUEOS

Refracción en superficies ranuradas con ranuras
 de tipo ranurado
 de tipo ranurado

71A 54-70 0-0 5V
 08A 00-70 L-0 5V

PBR

Duchas general
 ranuras para duchas
 ranuras de ranuras

1C 54-60 I-J 0V
 08A 30-30 I-J 0V
 08A 14-30 J-0 5V
 1C 64-60 L-0 5V

PISTONES

Refracción en superficies ranuradas con ranuras
 Refracción en superficies ranuradas con ranuras

1C 40-54 J-K 5V
 1C 00-70 I-J 5V

DE HERRIO (PUNTERO)

Refracción en superficies ranuradas con ranuras
 Refracción en superficies ranuradas con ranuras

1C 30-54 J-0 5V
 1C 40-60 J-0 5V

ANILLOS PARA

Refracción en superficies planas
 con ranuras tipo 270
 • ranuras
 • ranuras

1C 40-54 I-K 5B
 C 00-00 I-K 5B

DE ACERO

Refracción de superficies planas
 con ranuras tipo 270
 • ranuras
 • ranuras

08A 00-60 I-J 4B
 08A 150 G-0 4B

CRISTALES

Refracción de superficies planas
 con ranuras tipo 270, ranuras y ranuras
 • ranuras

08A 120 I-J 4B
 08A 70-80 0P 4B A

GRUPO

Refracción de superficies planas
 con ranuras tipo 2 y 6
 • ranuras
 • ranuras
 Corte en superficies tipo

1C 24 G-1 4B
 1C 00-30 G-1 5V
 1C 120 I-K 5V
 1C 20-30 G-0 4B A

FRANQUEOS

Refracción de superficies planas
 con ranuras tipo 2 y 6
 • ranuras
 • ranuras
 Refracción de superficies ranuradas
 Refracción en superficies ranuradas con ranuras
 Refracción en superficies ranuradas con ranuras
 Corte

1C 24-30 I-K 4B
 1C 00-100 P 5V
 C 00-00 J-0 5V
 1C 20-30 J-0 5V
 C 40-60 L 4B A

GRUPO

1C 120 J-K 4B A

C 120 J-K 4B A

Refracción plana de las superficies
 con ranuras tipo 270
 • ranuras
 • ranuras
 • ranuras
 • ranuras

A 20-30 0P 4B
 A 24-30 0-0 4B
 A 20-30 0-0 4B

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA	MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA
TORNILLOS		De nuevo fundido	1 60 M 5 V
Resaca de cilindros exterior entre puntas	95A 80 60 L 30 5 V	LEVANTADORES DE VÁLVULAS	
Empuñadura de los brazos	95A 80 80 L 30 5 V	Resaca de cilindros exterior en centros	95A 60 L 7 V
Desmontado	95A 70 80 J 4 5 V	Para tornillos impermeabilizados	
FERRERES		Aserró	50A 80 L 4 V
Comarolito manual de los brazos	11A 20 30 O-R 5 V	Aserró	11A 100 L 5 V
	5GA 46 70 N-P 5 V	RESORTES DE VÁLVULAS	
VIÑUELOS Y MATERIALES SIMILARES		Resaca de cilindros exterior entre puntas	95A 60 K 5 V
Resaca de los espárragos planos		Resaca de cilindros exterior en centros	50A 60 M 4 V
con ruedas tipo 2 y 6	1C 20 30 K-L 5 V	VÁSTAGOS DE VÁLVULAS	
con segmentos		Resaca de cilindros exterior entre puntas	50A 80 M 5 V
Aserró	1C 20 30 K-L 5 V	Resaca de cilindros exterior en centros	57A 80 N 5 V
Aserró	1C 43 60 K-L 5 V	Corra en máquinas fijas	A 7 A N 1 5 A
Aserró	1C 120 J 5 V	TIEMPO Y CRISTAL	
con operario parado, con ruedas tipo 11		EN INGLAS O PLANCHAS ESPEJOS, PLACAS PARA MESAS	
Aserró	1C 16 30 M-P 4 8	Empuñadura de los brazos	1C 100 L 5 V
Aserró	1C 30 40 M 4 8	Empuñadura de los brazos	95A 780 M 5 V
Aserró	1C 120 K-L 4 8	Aserró	
Corra en máquinas fijas	1C 16 30 M-S 4 8 A	Aserró	
VIÑUELOS		Aserró	
Añudo con ruedas tipo 2 y 6	95A 36 48 L-J 5 V	LENTES	
Resaca		Empuñadura de los brazos	11A 220 M 5 V
con ruedas grandes	95A 100 K-L 5 V	PARABRISOS FRENTO DE SEGURIDAD	
con ruedas chicas	95A 100 L-M 5 V	Quemador y vidrios	95A 150 M 5 V
VIÑUELOS		VASOS, COPAS, JARRONES, ETCETERA	
Resaca de los tornillos planos		Empuñadura de otros tornillos	95A 220 N 5 V
con ruedas tipo 1	95A 46 50 L-J 5 V	Empuñadura de la base	1C 90 N 5 V
con ruedas tipo 2TR	1C 46 60 K-L 4 8	TRABAJOS DE DECORADO	
Resaca de cilindros exterior entre puntas		Grabado	
Aserró y aserró	95A 54 60 L 4 5 V	Tornillo	1C 100 M 5 V
Resaca de cilindros exterior en centros		Aserró	13A 220 N 5 V
Aserró	1C 48 54 M-O 5 8	Grabado en vidrio	
Aserró	1C 80 90 M-O 4 8	Aserró	95A 220 M 5 V
Desmonte en tornillos de banco a 50 rpm	A 16 25 P-R 4 8	Aserró	95A 400 N 5 V
Corra en máquinas fijas	A 16 50 L-N 4 8 A	Vidrios	
TUBOS		Aserró	10A 120 M 5 V
DE ACERO		Papel y vidrio	
Resaca de cilindros exterior en centros	50A 46 60 M-N 5 V	Aserró	1C 120 M 5 V
Corra en máquinas fijas	A 24 P-S 4 8 A	Aserró	95A 170 M 5 V
DE ACERO INOXIDABLE		Aserró	
Corra en máquinas fijas	A 24 P-S 4 8 A	Aserró	
DE COBRE, LATÓN, ALUMINIO		Aserró	
Corra en máquinas fijas	A 46 80 M-P 4 8 A	Aserró	
SALVABRISOS		Aserró	
Corra en máquinas fijas	A 24 P-S 4 8 A	Aserró	
DE VETRO OBLADO		Aserró	
Corra en máquinas fijas	A 24 P-S 4 8 A	TIEMPO	
FERRERES		Aserró en tornillos en centros	
Resaca de cilindros exterior entre puntas	C 54 60 J-K 5 V	Aserró	1C 80 N 4 V
Resaca de cilindros exterior en centros	C 54 80 K-L 5 V	Aserró	1C 220 M 5 V
Corra en máquinas fijas	95A 100 D 4 8 A	ZAPATOS DEBIDO ENTRENAMIENTO PARA CARRIS DE FERRICARRIL	
MÓDULOS		Aserró	
RESORTES DE VÁLVULAS		con ruedas grandes	1C 14 18 6A 5 V
De acero	50A 46 J 4 8	con ruedas medianas	1C 16 26 6A 5 V
Aserró		ZINCADO (ZARRÓN)	
De acero	95A 60 K 5 V	Resaca de cilindros exterior en centros	1C 46 54 M-P 4 8
Aserró		Aserró	1C 60 M-P 4 8
Aserró		Aserró	95A 54 60 M-O 4 8 A
Aserró		Corra en máquinas fijas	

- 176 -
BIBLIOGRAFIA

- Keneth B. Lewis, Shleicher W. P. , "THE GRINDING WHEEL", Tercera Edición, Cleveland, Ohio
- Loladze T. N. , Bokuchava G. V. , "WEAR OF THE CUTTING TOOL", Moscu
- Begeman M. L., Amstead B. H., "MANUFACTURIN PROCESSES", John Wiley and Sons, New York, 1971
- De Garbo E. P., "MANUFACTURING PROCESSES IN ENGINEERING", The MacMillan Company, New York, 1974
- "HIGH EFFICIENCY GRINDING", Frontiers in manufacturing thecnology, vol III, University of Michigan, Michigan 1968
- "THE GRINDING WHEEL", University of Manchester, Institute of Science and Thecnology, England 1978
- "BOLETIN DE INFORMACION I AL X", Fandeli, México
- "CATALOGO GENERAL DE ABRASIVOS", Austromex, México
- "CATALOGO GENERAL SE SUPERABRASIVOS", Austromex, México
- "CATALOGO K1", Roder Wendt, México
- "CATALOGO K2", Roder Wendt, México
- "CATALOGO GENERAL", Carborundum, México

- "CATALOGO DE ABRASIVOS PARA RECTIFICADO DE CIGUEÑALES Y ARBOLES DE LEVAS", Carborundum, México
- "CATALOGO DE ABRASIVOS PARA RECTIFICADO SIN CENTROS", Carborundum, México
- "CATALOGO GENERAL DE ABRASIVOS INDUSTRIALES", 3M, México