



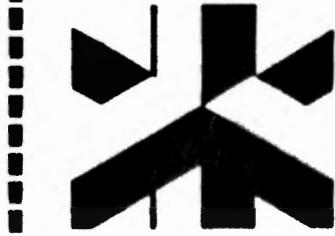
I ENCONTRO REGIONAL EM
MADEIRAS E
ESTRUTURAS DE MADEIRA
4-5 / NOV/ 1993

ANAIS



V. I





I E . C O . T O E G I O . . . L E M
MADEIRAS E
ESTRUTURAS DE MADEIRA
4-5 / NOV/ 1993

PROMOÇÃO:

EPUSP/PEF - Depto. de Engenharia de Estruturas
e Fundações da Escola Politécnica da USP
IBRAMEM - Instituto Brasileiro da Madeira
e das Estruturas de Madeira

COMISSÃO TÉCNICA:

Akemi Ino
Almir Sales
Carlito Calli Júnior
Francisco Antônio Rocco Lahr
Mauro Augusto Demarzo
Osmar Barros Júnior
Pedro Afonso de Oliveira Almeida
Péricles Brasiliense Fusco

ORGANIZAÇÃO:

Coordenação de Eventos da Escola Politécnica da USP

867111
09 01 94



SYSNO	867111
PROD	003399
ACERVO EESC	



A IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DOS FATORES CRÍTICOS DE AFIAÇÃO DE FERRAMENTAS PARA USINAR MADEIRA, PARA SEU MELHOR DESEMPENHO

WILLI JOHANN GOTTLÖB *

86861

ROSALVO TIAGO RUFFINO ** 030600

RESUMO- O desempenho das ferramentas é melhorado pela qualidade da afiação das mesmas, usando-se na sua afiação rebolos de cristais adequados de grãos finos e lapidando-as em seguida. O movimento do rebolo em relação à aresta de corte deve ser perpendicular ou no máximo a 45° e deve-se evitar o retorno sobre a superfície retificada. Os ângulos de cunha das ferramentas podem ser reduzidos sem prejuízo para a vida das mesmas, utilizando-se micro-biséis na sua afiação. O metal duro exige cuidados especiais na afiação, pois seu desempenho poderá ficar comprometido devido à fragmentação de sua aresta de corte durante o processo de afiação

1-INTRODUÇÃO

Entendemos por afiação a operação efetuada nas ferramentas de corte para dar forma e perfilar as arestas das ferramentas novas e / ou reproduzir o perfil das desgastadas pelo uso. Ela consiste na retificação das superfícies de saída e de folga, com a finalidade de obter as formas e dimensões geométricas necessárias e obter a qualidade de acabamento apropriada.

Propriedades de corte excelentes e alta produtividade somente podem ser asseguradas com o uso de ferramentas devidamente afiadas, que possuam parâmetros geométricos definidos, dimensões precisas e acabamento superficial de alta qualidade.

Os materiais para fabricação das ferramentas e suas características, que definirão a especificação do rebolo, são principalmente:

-Aços rápidos, resistentes ao calor e ao desgaste. Foram as melhores ferramentas de corte até o aparecimento dos sinterizados.

-Sinterizados ou metais duros constituem as ferramentas mais adequadas para trabalhar em alta velocidade, pois são capazes de manter alta dureza em temperaturas de até 900° C.

-Os sinterizados especiais, que constituem a última geração de ferramentas de corte, que são as pastilhas cerâmicas sinterizadas de alumina alfa e carbureto de titânio e os superabrasivos, que são o nitreto de boro cúbico e o diamante sintético.

* Dept. de Engenharia Mecânica- UNESP-Bauru-CEP-17044-570 -SP.
**Dept. de Engenharia Mecânica- EESC-CEP-13560- São Carlos -SP.

Os aços ferramentas ao carbono tipo AISI 01 (VND-Villares), aços rápidos e metais duros podem ser usinados com abrasivos de óxido de alumínio (OA) e carbureto de silício (SiC), sendo que os metais duros ou sinterizados clássicos apresentam as maiores dificuldades, devido à sua dureza, mesmo usando-se (SiC) e sendo, portanto, recomendável a utilização de rebolos de diamante.

2-Afiação das ferramentas de corte

O rebolo e as condições de afiação precisam ser selecionados de tal forma, que não ocorra superaquecimento localizado, visto que isto reduz a capacidade de corte das ferramentas. Superaquecimento localizado em ferramentas de aço carbono e aço rápido provoca mudança na micro-estrutura superficial e provoca redução da dureza das regiões afetadas pelo calor. O superaquecimento localizado em ferramentas de metal duro pode causar elevadas tensões internas, provocando a formação de trincas e aumenta a susceptibilidade de fragmentação das arestas de corte.

As superfícies das ferramentas são afiadas preferencialmente com rebolos de copo com corte frontal. O desgaste dos rebolos de copo não afetam significativamente a velocidade de retífica e a eficiência do processo.

A superfície de trabalho desses rebolos são freqüentemente dressadas na forma de cône ou dressadas para um formato arredondado, para reduzir a zona de contato entre o rebolo e a ferramenta que está sendo afiada, para facilitar a remoção de caco e para eliminar a possibilidade de um superaquecimento localizado. Também são usados na afiação de ferramentas, rebolos em forma de disco, cuja superfície de trabalho é a superfície tangencial externa do disco.

O sentido de rotação do rebolo deve ser sempre contra a aresta de corte da ferramenta em direção à superfície que está sendo retificada. É aconselhável posicionar a aresta de corte ligeiramente abaixo do centro do rebolo para evitar o cravamento da ferramenta no rebolo.

As superfícies das ferramentas são freqüentemente lapidadas após afiadas, para melhorar a qualidade da ferramenta. As ferramentas de aço rápido são lapidadas com rebolos resinosos de grão fino de carbureto de silício verde. As ferramentas de metal duro são lapidadas com lapidador de ferro fundido impregnado com pó de carbureto de boro.

Na lapidação com rebolos de diamante, pode-se reduzir os raios das arestas de corte das ferramentas para valores bem pequenos e manter a qualidade do acabamento superficial.

3-Afiação de ferramentas policortantes

As ferramentas policortantes ou multidentes são aquelas que possuem vários dentes iguais. As mais comuns são as fresas, e as serras.

A afiação dessas ferramentas deverá realizar-se em máquinas especiais ante a impossibilidade de afiá-las manualmente. Nessas máquinas é possível afiar todo tipo de fresas: fresas frontais cilíndricas, fresas angulares, fresas com dentes postiços, fresas cilíndricas, serras, etc.

Na afiação de serras circulares, estas são presas ou encaixadas num mandril, que é montado entre pontas da máquina afiadora. No processo de afiação, a serra é comprimida manualmente sobre uma guia de apoio do dente e movimenta-se a mesa portadora da ferramenta à frente do rebolo. Desta forma, são afiadas sucessivamente todas as faces dos dentes. O formato do rebolo utilizado é um copo reto, encontrando-se o eixo do mesmo inclinado de um ângulo superior a 90° , em relação ao eixo da serra.

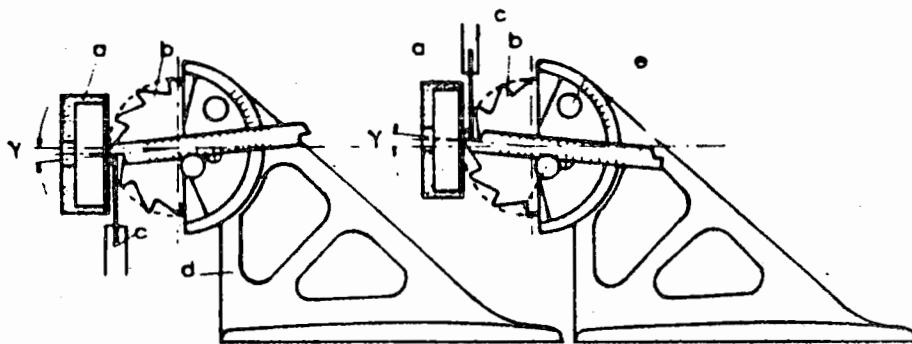


Figura 1- Suporte regulável em altura. a) Rebolo; b) Ferramenta; c) Apoio do dente; d) Suporte; e) Escala para o ângulo de folga; γ) Ângulo de saída. [2]

4-Afiação de ferramentas de aço rápido

Considerando que os aços rápidos não são tão sensíveis à formação de trincas e fragmentação da aresta de corte como o metal duro, sendo pouco frágeis, não é necessário um amplo escalonamento de afiação. De qualquer maneira deve-se evitar também aumentos grandes de temperatura, porque provocaria uma redução da dureza da ferramenta. Caso a aresta de corte tenha sido seriamente danificada, será necessário retificar uma grande quantidade de material; então se subdivide a operação, de modo conveniente, em um pré-afiado e um afiado de acabamento.

No pré-afiado dever-se-á usar um rebolo cilíndrico com o maior diâmetro possível de corindon, granulação 30 a 36, grau M a O. Na afiação de acabamento, dever-se-á usar um rebolo de copo, de corindon selecionado de granulação 46 a 60, grau K a L.

5-Afiação de ferramentas de metal duro

As ferramentas de metal duro exigem conhecimentos e cuidados especiais para sua utilização e para sua manutenção. Em comparação com as ferramentas de aço rápido, pode-se alcançar com estas ferramentas um rendimento de 6 a 10 vezes maior. Os principais constituintes do metal duro nas ferramentas de usinagem de madeira são carboneto de tungstênio e cobalto.

Para a afiação do metal duro, são apropriados rebolos de carboneto de silício; para obter qualidade especial da aresta de corte e para formas perfiladas, empregam-se para a afiação final, rebolos diamantados ou, para o lapidado, o diamante e o carboneto de boro em pó.

Os metais duros devem somente ser afiados com baixa pressão para não cegar o rebolo prematuramente, evitando o sobreaquecimento. As imperfeições nas ferramentas ou vida curta são frequentemente atribuídas à afiação defeituosa ou a uma forma imprópria da aresta de corte.

6-Rebolos para afiar dentes de serras de metal duro

Os dentes das serras de metal duro são retificados com rebolos de diamante. Por razões econômicas, rebolos de carbureto de silício, que são consideravelmente mais agressivos do que rebolos de diamante, são usados para a operação de pré-afiação, sendo a afiação de acabamento realizada por um rebolo de diamante. Entretanto, verificou-se que a pré-afiação com o rebolo de carbureto de silício danifica a estrutura do metal duro na área próxima à aresta de corte. A área danificada, de cor escura, paralela à aresta de corte, fragmenta-se facilmente, assim que a ferramenta for posta para trabalhar e, como resultado, esse dente perde rapidamente a maior parcela de sua afiação.

7-Afiação de dentes de serras de metal duro

Os dentes das serras de metal duro são afiados em todas as suas superfícies: a superfície de saída, a superfície de folga e as superfícies laterais, mas afiações repetidas são limitadas às superfícies de saída e de folga. A superfície de saída deverá sempre ser afiada primeiro; se for necessário retificar as laterais, estas deverão ser retificadas em seguida, e por último a superfície de folga. As laterais deverão ser afiadas somente para assegurar que todas as arestas laterais estejam perfeitamente alinhadas ou se a afiação da superfície de saída não remover totalmente a linha de desgaste nas arestas laterais.

7.1-Afiação da superfície de saída

É importante que os ajustes do ângulo de saída e do ângulo de cunha sejam precisos. A superfície de saída do dente tem que

ficar paralelo à base da pastilha de metal duro; além disso, é preciso prestar atenção para que os dentes (pastilhas de metal duro) sejam afiados, todos com a mesma espessura, para que eles mantenham pesos idênticos.

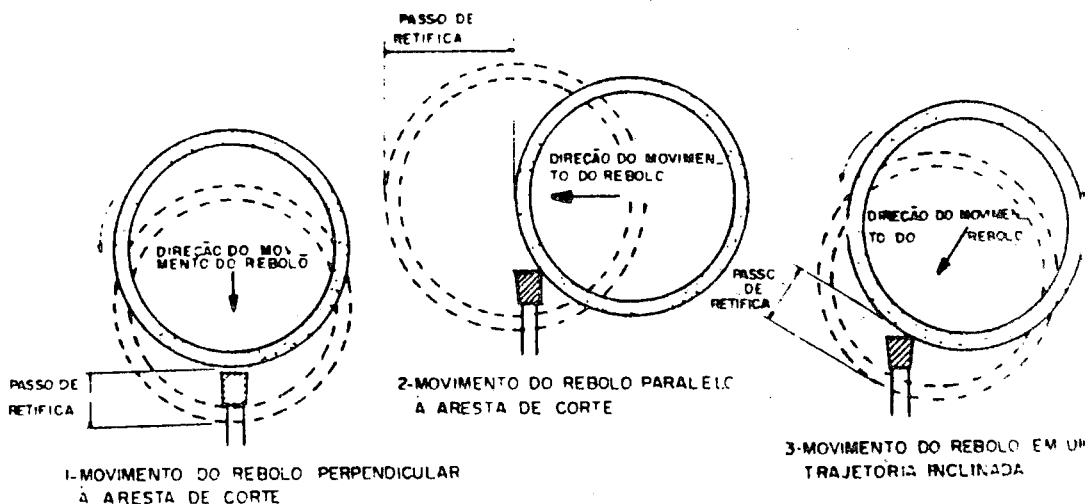


Figura 2- Métodos de afiação de dentes de serra. Método 1: avanço de rebolo perpendicularmente à aresta de corte do dente de serra, método 2 : avanço do rebolo paralelamente à aresta de corte e método 3: avanço do rebolo inclinado em relação à aresta de corte. [4]

A afiação segundo o método 1, em comparação ao 2 e 3, possui as seguintes vantagens: um caminho mais curto de afiação; menor área de contato entre o rebolo e a superfície, força máxima menor no rebolo e uma aresta de corte um pouco mais polida.

Sendo o trecho de afiação mais curto, pode-se usar rebolos de diâmetros menores, os quais podem melhorar a precisão da afiação. O maior benefício é o menor contato entre o rebolo e a superfície, à medida que aumenta a razão de remoção de material.

Em geral, a afiação paralela à aresta (método 1) permite uma afiação mais profunda e mais rápida, em comparação aos outros métodos.

Os dois métodos de afiação inclinada diferem ligeiramente. A mais importante característica destes métodos é que o rebolo gira em direção da aresta de corte; este método produz uma aresta de corte forte sem ou com pequenas avarias. Se o sentido de rotação do rebolo é de afastamento da aresta de corte, a aresta de corte sofre avarias, visto que o metal duro é frágil.

Este método de afiação tende a lascar ou fragmentar a aresta de corte, o que é detectado apenas com o uso de lentes de aumento.

7.2-Afiação da superfície de folga e demais superfícies

Os rebolos mais usados para afiar a superfície de folga e as outras superfícies do dente em geral permitem uma profundidade de corte até 0,3mm, dependendo do tamanho do grão de diamante.

Estes rebolos possuem a face de trabalho plana e as partículas de diamante são de mesma granulação. Os novos tipos de rebolos de diamantes possuem a face de trabalho com a parte externa cônica, ou possuem a coroa de diamantes composta de zonas com diferentes tamanhos de grãos. A granulação grossa é usada para remoção de camadas espessas e a granulação fina é usada para dar acabamento, mas a maioria das ferramentarias na afiação de serras, usam exclusivamente rebolos com grãos de diamantes de tamanho intermediário com (200 a 400 mesh), obtendo-se qualidade de afiação satisfatória com estes rebolos.

Para remover camadas mais espessas de material, em particular da superfície de saída de uma ferramenta, foi introduzido um novo processo conhecido como retificação profunda.

Este processo de afiação consiste do uso de uma coroa de diamantes com propriedades de corte e desgaste especiais, que foram obtidas pelo ajustamento do tamanho dos grãos, pela concentração adequada de diamante, pela escolha conveniente do material liga e da velocidade de corte. A figura 3 mostra esquematicamente um rebolo realizando uma retificação profunda.

A característica de sua coroa de diamantes é que sua face de trabalho não é plana em toda a largura, o que é comum nos rebolos convencionais, mas somente a parte interna da coroa é plana e a zona externa é cônica como mostra a figura 3.

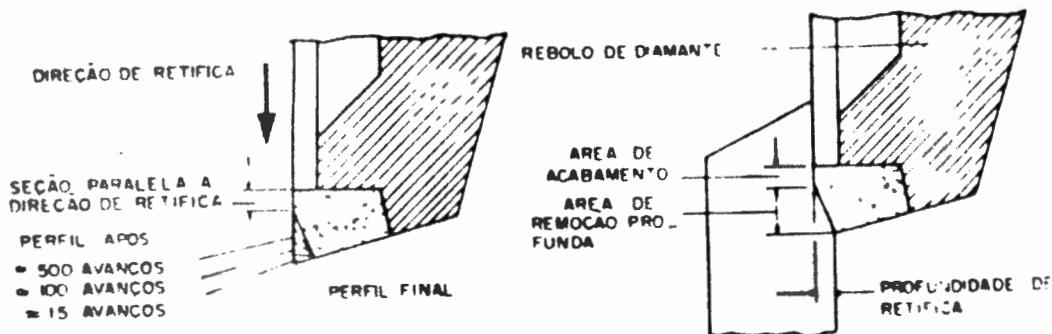


Figura 3- Formação do perfil cônico desejado na coroa de diamantes na retificação e na afiação profunda de um dente de serra. [4]

A conicidade da parte externa é destinada a realizar avanços com grande remoção de material, bem maiores do que aqueles realizados com rebolos convencionais. Em geral, um simples avanço deste rebolo é suficiente para remover totalmente ou

grande parte do desgaste da ferramenta; a zona plana interna da coroa tem a função de melhorar o acabamento da superfície retificada.

O rebolo de duas coroas concêntricas, também é projetado para grandes remoções de material e acabamento fino (figura 7). Esse rebolo trabalha da mesma maneira como o rebolo descrito anteriormente. A zona externa, que contém grãos grossos, também é cônica, permitindo grandes remoções de material, enquanto a coroa interna de granulação fina realiza o acabamento.

Na usinagem da madeiras, as ferramentas afiadas e polidas apresentam um melhor desempenho, isto é, têm vida mais longa e as forças de usinagem são menores. [6]

Ensaios realizados por KIRBACH & BONAC (1981) com pastilhas de metal duro (94% WC e 6% Co), afiadas com direções do movimento de retifica em relação à aresta de corte paralela, a 45 graus, e perpendicular, para se conseguir a melhor aresta de corte, comprovaram que a afiação perpendicular ou, no máximo, inclinando de 45 graus em relação à aresta de corte produz uma aresta de corte mais perfeita, menos fragmentada.

A figura 4 ilustra a fragmentação que ocorre durante o processo de afiação, levando-se em consideração o ângulo de saída e da direção de afiação.

Após completado o avanço, o rebolo deverá ser afastado da pastilha para evitar a fragmentação da aresta de corte; no retorno, em geral, a fragmentação da aresta de corte é maior, quando se faz o avanço e retorno do rebolo no plano de afiação.

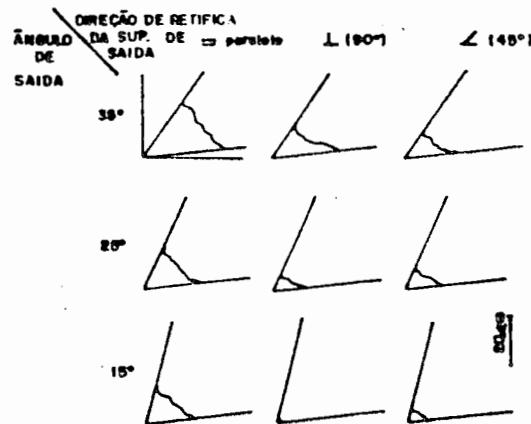


Figura 4- Perfis típicos de cunhas de corte observados na retificação em três direções diferentes, três ângulos de cunhas, avanço e retorno do rebolo no plano de retificação. (A retificação foi realizada com rebolo de grão 180 e concentração 100 a uma profundidade de retificação de 5,1 μm . [5]).

Quanto menor for a granulação do rebolo, menor será também a fragmentação da aresta de corte; e quanto maior for o ângulo de cunha, menor será a fragmentação da aresta de corte.

A fragmentação da aresta de corte aumenta linearmente, com o aumento do ângulo de saída. A profundidade de corte durante a retífica não exerce nenhuma influência na fragmentação da aresta de corte. Rebolos com grãos de 320 mesh fragmentam menos a aresta de corte da ferramenta no processo de afiação.

A redução do ângulo da cunha cortante tem como principal consequência a redução da força de corte e a redução da energia consumida, mas, como vimos, o desempenho da ferramenta fica prejudicado.

BONAC (1982) apresentou um estudo sobre o uso de microbiséis em ferramentas pastilhadas com metal duro (94% WC e 6% Co). A preocupação central era evitar a fragmentação da aresta de corte, usando-se ângulos de cunha menores. BONAC chegou à conclusão que era possível aumentar o ângulo de saída e, consequentemente, melhorar o desempenho da ferramenta.

Nos ensaios de usinagem, cortaram-se nós de *Cicutá* (*Tsuga heterophylla*) secos no ar perpendicularmente às fibras com velocidade de 50m/s e 0,6mm de profundidade de corte. Os dentes foram afiados com 40, 50 e 60° de ângulos de saída, 6° de ângulo de folga e foram biselados com ângulo de 30°, conforme é mostrado na figura 5, onde se observa também o valor da largura mínima do microbisel para esse ângulo de microbisel e vários ângulos de saída. Para 60° de ângulo de saída, a largura mínima do microbisel é 56µm, que é um valor muito grande para ser usado na prática.

Também foram ensaiados dentes sem microbiséis, em condições idênticas aos dentes microbiselados, usando-se ângulos de 30 a 50 graus. A figura 6 mostra ferramentas sem microbisel; até 40° de ângulo de saída a avaria da aresta de corte pode ser tolerada, mas com 50° ela é exagerada.

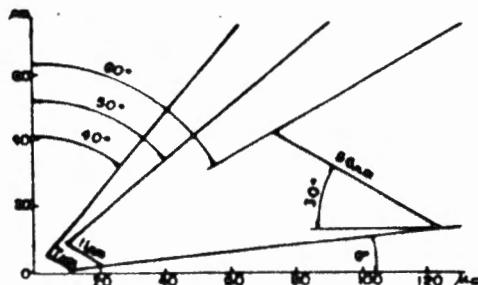


Figura 5- A largura mínima do microbisel, de dentes de metal duro biselado, não danificados no corte de nós de *Cicutá* seca. [1]

A introdução do microbisel na aresta de corte torna possível uma redução significativa no ângulo de cunha das ferramentas de metal duro, resultando daí a possibilidade de se aumentar o ângulo de saída.

A largura mínima, do microbisel, para prevenir a fragmentação da aresta de corte, pode ser pequena, da ordem de 10 μ m a 20 μ m; na prática, os ângulos de saída muito grandes tornam o uso do microbisel limitado, pois sua largura aumenta, à medida que aumenta o ângulo de saída.

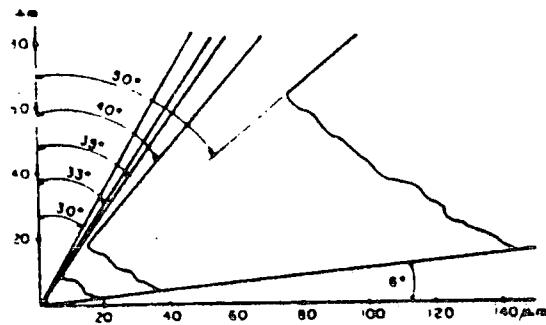


Figura-6 Fragmentação da cunha de corte observadas em dentes de metal duro sem microbisel no corte de nós de *Cicuta* seca. [1]

Este estudo permite concluir que é possível aumentar o ângulo de saída e, consequentemente, melhorar o desempenho da ferramenta.

8-As variáveis dos rebolos de diamante

Usa-se diamante natural ou sintético na manufatura de rebolos de diamante. Entretanto, a grande maioria dos rebolos de diamante são fabricados de diamantes sintéticos devido a seu melhor desempenho na operação de retífica. Os grãos de diamante sintético apresentam arestas de corte ou pontas mais vivas em comparação com o diamante natural, o que favorece o processo da retífica rápido e profundo. Os grãos sintéticos também apresentam uma maior tendência a fraturar durante o processo de retífica; isto é benéfico, pois mantém a superfície do rebolo agressiva.

A liga aglomerante deverá ser rígida o suficiente para permitir que as partículas cegas faturem, dando origem à formação de novas arestas vivas na superfície do rebolo. Rebolos resinosos são comumente usados em trabalhos de acabamento na afiação dos dentes de metal duro das serras. Eles permitem uma afiação mais rápida, com pouco aquecimento e necessitam de uma pressão relativamente pequena.

Uma importante característica dos rebolos é a concentração de pó de diamante na liga. A concentração é especificada pelos números de concentração que são 50, 75 e 100. Um rebolo com um número de concentração de 100 contém 4,4 quil./cm³ (72 quil./in³). Quanto maior o número, mais rápida será a afiação e maior será a vida do rebolo, mas mais caro ele será.

Rebolos com uma concentração de 100 são usados com maior frequência para dentes de serra de metal duro, particularmente para a afiação automática. Em geral, essa concentração produz acabamentos médios e grosseiros. A concentração 75 é recomendada para rebolos que são montados em afiadoras de operação manual. Esta concentração mais baixa é bastante adequada para acabamentos finos.

Um fator altamente importante para o desempenho do rebolo é a classe da liga ou dureza da liga. As classes comumente usadas estão na faixa entre G (classe mais mole) e T (classe mais dura). Em geral, é desejada uma classe de liga que segure firmemente os grãos de diamante de arestas vivas, mas solte os grãos quando estes tenham atingido o estado desgastado, com arestas arredondadas. Pela seleção da dureza apropriada, a agressividade do rebolo pode ser mantida com um desgaste mínimo do rebolo.

Outro fator que influencia o desempenho do rebolo é o tamanho do grão de diamante, o qual determina a velocidade de remoção de cavaco e o acabamento da afiação. Normalmente, o tamanho do grão varia de 100 a 600 mesh. Um rebolo de granulação 100 produz um acabamento grosseiro com uma aresta de corte imperfeita. Seu uso é limitado à pré-afiação.

Uma afiação com rebolo de granulação 200 produz uma superfície mais lisa, mas quando as superfícies de saída e de folga do dente são afiadas com esta granulação, a aresta de corte do dente ainda apresenta uma irregularidade considerável. Combinando-se a afiação de uma das superfícies com granulação 220 e a outra com granulação 400, elimina-se bastante as irregularidades. Esta combinação provavelmente não é a mais econômica, ela é comparativamente mais rápida e produz um bom acabamento com uma aresta de corte relativamente contínua.

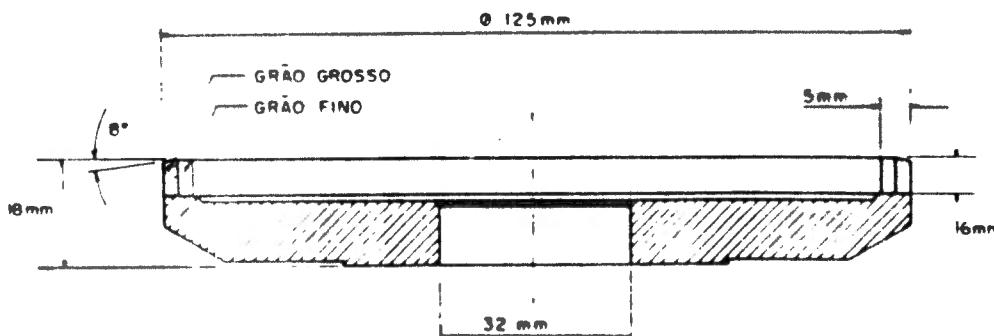


Figura 7- Rebolo de diamante com duas coroas concêntricas, projetado para remover grande quantidade de material (até 1,5mm) e realizar o acabamento num único passe. [4]

A velocidade periférica recomendada para os rebolos varia consideravelmente. Ela varia de 16 a 24 m/s para rebolos de ligas metálicas e de 14 a 28 m/s para rebolos resinosos. A experiência têm mostrado que a afiação a seco é feita entre 18 a 19 m/s que é provavelmente a mais econômica. A velocidade periférica para afiação refrigerada é menos crítica e a velocidade econômica extende-se de 20 a 25 m/s.

9-Condições de afiação, seco e refrigerado

O uso de líquidos refrigerantes aumentou bastante a capacidade de afiação do rebolo, reduzindo a tendência de obstruir seus poros, permitindo uma retificação rápida e profunda, sem problemas de aquecimento e reduzindo o desgaste do rebolo. Por esta razão, o processo de afiação refrigerada é mais comum nas ferramentarias. Por outro lado, a afiação a seco, permite uma melhor observação do trabalho de afiação, facilitando a observação da concentricidade da serra e permitindo a afiação monitorada pelo ouvido (alguns afiadores experientes avaliam o desempenho do rebolo pelo ruído de afiação).

Na afiação a seco, pode-se assegurar que o rebolo não seja demasiadamente pressionado contra a pastilha de metal duro, que a remoção de material não seja demasiada e que a rotação do rebolo seja menor que a comumente usada na afiação refrigerada.

Os fluidos comumente usados são: óleo de máquina leve, ou uma mistura de água com óleo solúvel. Eles são aplicados tanto como uma jato líquido como por nebulização. É importante que a aplicação, tanto pelo jato líquido, como por nebulização não seja intermitente ou mal distribuído. Esta condição é extremamente nociva aos dentes de metal duro causando trincas ou fraturas.

10-Conclusões

O metal duro é o mais importante material que pode ser usado nos dentes de serra para cortar madeira. O seu desgaste no processamento de madeiras secas e de madeiras verdes não ácidas é 50 vezes menor quando comparado com o aço usado na fabricação de serra, usualmente aço de alto carbono e baixa liga tipo AISI 01. No entanto o seu bom desempenho está vinculado à perfeita afiação que, como vimos, não é fácil.

A escolha do rebolo abrasivo a ser usado na afiação do metal duro deve ser feita com conhecimento das propriedades dos abrasivos que foram mencionados anteriormente, ou seja usar rebolos diamantados com concentração e granulometria adequadas.

No processo de afiação deve-se tomar cuidado para que o rebolo gire perpendicularmente contra a aresta de corte em direção à superfície ou no máximo inclinado a 45° em relação a esta.

Quando a quantidade de metal duro a ser removido para realizar a afiação for grande, sugere-se usar rebolos de diamante com

dura coroa; a coroa externa destina-se ao desbaste e a coroa interna ao acabamento.

Se for necessário, podem-se usar micro-biséis na sua afiação, o que permite usar ângulos de cunhas menores, obtendo-se como consequência forças de cortes menores e um menor consumo de energia.

Realizar a afiação sob fluido refrigerante, evitando-se assim a introdução de trincas de origem térmica na ferramenta.

Nem sempre é possível o uso de metal duro nas ferramentas de corte, como no caso de facas para tirar lâminas de madeiras das toras, quando são usadas facas de aço ou aço rápido. Neste caso, como vimos, deveremos usar rebolos de óxido de alumínio de granulação e dureza adequadas e realizar a afiação sob refrigeração para evitar mudança na micro-estrutura superficial do material.

11 BIBLIOGRAFIA

- [1]-BONAC, T. Microbevel for cemented tungsten carbide wood cutting tools. Holz als Roh-und Werkstoff, 40 : 411-413, 1982.
- [2]-ENGELHARD KARL. Afiado de herramientas. In : Afiado y conservación de útiles para máquinas-herramientas. Barcelona, José Montesó, 1961. p.25 - 53.
- [3]-GOTTLÖB,W.J. Os materiais das ferramentas usados na usinação da madeira. São Carlos, USP, 1991. 116p. Dissertação de mestrado. E.E.S.C.U.S.P.
- [4]-KIRBACH,E. Methods of improving wear resistance and maintenance of saw teeth. Vancouver, British Columbia, FORITEK CANADA CORPORATION. Western Forest Products Laboratory, 1979. 45p.
- [5]-KIRBACH, E. & BONAC T. Influence of grinding direction and wheel translation on microsharpness of cemented tungsten-carbide tips. Holz als Roh- und Werkstoff 39:265-270, 1981.
- [6]-MCKENZIE, W. M. & KARPOVICH, H. Wear and blunting of the tool corner in cutting a wood-based material. Wood Science and Technology, 9: 59-73, 1975.
- [7]-NUSSBAUM G. C. Rebolos & abrasivos-Tecnologia básica. São Paulo, 1988. 503 p.
- [8]-OLIVEIRA, J. F. G. de Tópicos avançados sobre o processo de retificação. São Carlos, USP - Lamafe, 1989. 94p. Publicação 048/89
- [9]-RODIN P. Sharpening and lapping cutting tools. In: Design and production of metal-cutting tools. Moscow, Mir Publishers 1968. cap.21, p.257-281.