

DESENVOLVIMENTO DE UM PROCESSO ABRASIVO COMBINANDO CARACTERÍSTICAS DE LAPIDAÇÃO E RETIFICAÇÃO: “LÁPIDO-RETIFICAÇÃO”

Luiz Eduardo de Angelo Sanchez

FEB–UNESP, Av. Edmundo Carrijo Coube, s/n, 17033-360, Bauru – SP. sanchez@feb.unesp.br

Nilton Zhu Xu Jun

FEB–UNESP, Av. Edmundo Carrijo Coube, s/n, 17033-360, Bauru – SP zhuxujun@bol.com.br

Silvio Miura

FEB–UNESP, Av. Edmundo Carrijo Coube, s/n, 17033-360, Bauru – SP miura@aluno.feb.unesp.br

João Henrique Dorigatti Cruz

FEB–UNESP, Av. Edmundo Carrijo Coube, s/n, 17033-360, Bauru – SP cruz@feb.unesp.br

Resumo: *Desenvolvimento de um processo abrasivo combinando algumas das principais características da retificação (como a dressagem) e lapidação (como a trajetória aleatória dos grãos abrasivos). Um rebolo foi colocado sobre o disco de lapidação. Comparado com o processo de lapidação, há menor número de variáveis, simplificando a preparação para a usinagem. Rugosidade e planesa foram analisadas sob diferentes parâmetros de dressagem, com e sem fluido de corte. Este novo processo gera melhor rugosidade e planesa se comparado a outros processos de usinagem convencionais.*

Palavras-chave: *retificação, lapidação, dressagem, emissão acústica, rugosidade.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente tem-se verificado uma grande demanda por processos de fabricação capazes de produzir peças sob estreitas faixas de tolerância dimensionais e geométricas. Dentre os processos utilizados para a correção de forma e para conferir acabamento superficial destacam-se a retificação e lapidação.

A retificação é um processo abrasivo que utiliza uma ferramenta multicortante denominada rebolo, onde os grãos abrasivos são distribuídos e unidos aleatoriamente por um ligante (Silva & Coelho, 1998). O rebolo gira a altas velocidades sobre a peça, retirando material. Segundo Oliveira (1989), o rebolo ao longo de sua utilização sofre desgaste, perdendo sua agressividade, diminuindo a taxa de remoção de material e proporcionando acabamentos grosseiros.

Para o restabelecimento das condições de corte após o desgaste do rebolo criou-se a técnica chamada de dressagem. A superfície desgastada do rebolo é removida pela passagem do dressador (ferramenta de geometria definida, de diamante) com o rebolo em rotação, dando lugar a uma nova camada de grãos abrasivos (Crichigno, 1994; Sanchez et al., 1999). A técnica consiste em fixar a ferramenta na mesa de trabalho e movimentá-la, a velocidade constante, sobre o rebolo (Malkin, 1989 e Sanchez, 1992).

A dressagem possui as seguintes finalidades principais (Marinelli et al, 1998; Oliveira, 1989; Silva & Coelho, 1998):

- O perfilamento da face de trabalho para uma operação de forma;

- O arrancamento dos grãos abrasivos gastos para melhor agressividade do rebolo;
- A remoção das partículas presas à face de trabalho do rebolo que o jato do fluido refrigerante é incapaz de retirar.

A dressagem, segundo König & Messer (1980), é uma operação que influencia fortemente o processo de retificação, dependendo da maneira como é executada, e para seu controle é definido um parâmetro denominado grau de recobrimento (U_d), que é expresso pela relação:

$$U_d = bd/Sd \quad (I)$$

onde (bd) é a largura de atuação do dressador e (Sd) o passo de dressagem.

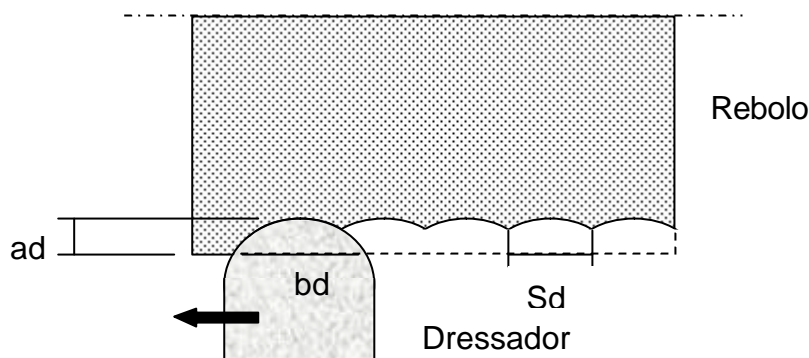


Figura 1. Principais parâmetros de dressagem.

A dressagem envolve dois principais meios de restabelecimento de corte do rebolo, o macro e o micro efeito. O primeiro caracteriza-se pela geometria impressa pela ferramenta na superfície do rebolo, tendo estreita relação com o grau de recobrimento, e a segunda, pela fratura pontual em cada grão do abrasivo. A agressividade das arestas depende da friabilidade (fragilidade) do grão e também das condições da operação (Oliveira, 1989).

Segundo Marinelli et al.(1998), a agressividade do rebolo é proporcional ao aumento da profundidade de dressagem (ad) e ao grau de recobrimento (U_d). Oliveira (1989) experimentou valores de U_d a partir de 0,7 e concluiu que para operações de maior remoção de material, onde o acabamento não é importante, aconselha-se trabalhar com U_d próximo a unidade, enquanto que para operações onde o acabamento é importante, aconselha-se trabalhar com U_d entre 4,0 e 5,0.

As principais finalidades do fluido refrigerante são (Marinelli et al., 1998):

- Dissipar o calor gerado na região de contato peça-rebolo;
- Diminuir o atrito na região de contato;
- Remoção de cavacos presos ao rebolo.

Muitos componentes se mostram suscetíveis ao calor gerado pela retificação, como no caso da deformação de peças delgadas ou mudanças micro-estruturais, gerando tensões residuais não interessantes. Vieira et al. (1999) relata que, durante a operação de retificação, as temperaturas na região de contato entre ferramenta e peça podem ser superior a 1000°C e atingir profundidades de décimos de milímetro, o que pode prejudicar a integridade da peça. Segundo Malkin (1989), teoricamente toda energia é transformada em calor, o qual é concentrado dentro da região de corte. Danos térmicos podem ser produzidos pelas elevadas temperaturas, tais como: queima superficial, transformações microestruturais, aquecimento superficial e subsuperficial da peça, possibilitando a realização de têmpera superficial, retempera de um material (quando da usinagem de um aço temperado), com a formação de martensita não-revenida, gerando tensões residuais de tração indesejáveis, reduzindo o limite de resistência à fadiga do componente usinado. Além disso, a expansão térmica da peça durante a retificação contribui para erros dimensionais e de forma no componente final. Outro problema recorrente às peças finas está relacionado à sua fixação na máquina-ferramenta, podendo deformá-la irremediavelmente. Ainda, muitos componentes necessitam de acabamentos em níveis mais finos do que a retificação é capaz de proporcionar.

(König & Messer, 1980; Stähli, s.d; Tomlinson & Newton, 1990). Nestes casos, recorre-se à lapidação.

A Norma DIN 8589 define a lapidação como um processo de usinagem envolvendo grãos abrasivos dispersos num fluido, capaz de transferir para a peça a forma do disco de lapidação através da remoção promovida pelos grãos que descrevem movimentos aleatórios sobre a superfície da peça. Esse processo caracteriza-se por baixa remoção de material, excelente acabamento superficial, boa precisão de forma e tolerância dimensional na faixa de IT1.

Há dois mecanismos diferentes de remoção de material na lapidação, o rolamento e o corte. O primeiro ocorre devido ao rolamento do grão na fenda de lapidação, deformando plásticamente e elasticamente a superfície. A superfície é alisada e encruada, e, devido à fadiga, o material se enfraquece até que pequenas partículas se soltem. Este mecanismo tem como característica a obtenção de superfície opaca, sem brilho. Também observa-se a adesão temporária de grãos no disco de lapidação, com conseqüente remoção de cavacos pelo corte devido ao movimento relativo existente entre o disco e a peça. Ao contrário do rolamento, neste mecanismo observa-se superfícies usinadas espelhadas (Weingaertner et al, 2000).

O tamanho das partículas é escolhido de acordo com o acabamento final requerido, e a taxa de remoção julgada necessária. O que apresenta melhor resultado é aquele cujo tamanho de grão tenha a menor variação, que não pode exceder a 20% da medida nominal. Segundo Stähli (s.d), partículas maiores causam riscos, e as menores simplesmente não atuam no processo. Na Figura (2) observa-se que em 1 há a ação de rolamento de grão, em 2 o corte e em 3 abrasivo de pequenas dimensões que não interferem no processo.

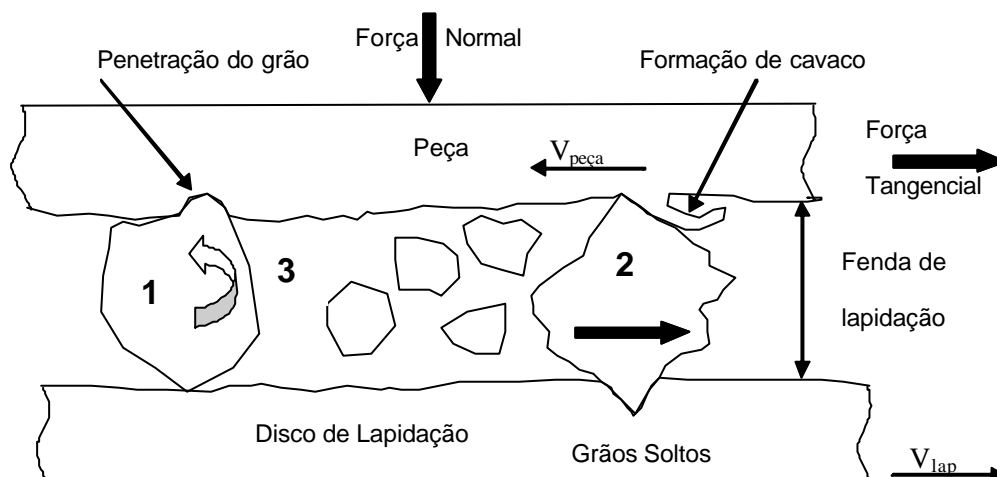


Figura 2. Modelos de mecanismo de remoção na lapidação.

Outro parâmetro de extrema importância no processo de lapidação é a carga (pressão) empregada sobre a peça. Segundo König (1980), a pressão tem maior influência sobre a taxa de remoção que o tamanho de grão, por exemplo. Com incremento da pressão, há aumento do volume usinado específico. Porém, a partir de determinada carga há o colapso dos grãos abrasivos, havendo diminuição da taxa de remoção. Crichigno (1994) relata que o aumento da pressão resulta em decréscimo do erro nos valores de planesa. König (1980) ressalta a importância do estabelecimento de uma carga ideal para a lapidação para melhores resultados.

A peça durante a lapidação tende a rotacionar sobre seu próprio eixo devido ao atrito entre ela e o disco de lapidação. Segundo Stähli (s.d.), para que haja remoção uniforme, as velocidades de rotação do disco e da peça devem ser iguais.

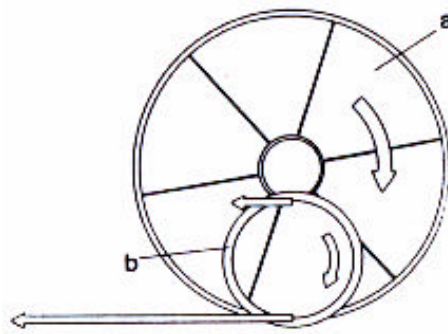


Figura 3. Disco de lapidação (a) e anel (b) (Stähli, s.d).

Nos últimos anos, o uso de sinais de emissão acústica para avaliação do comportamento dos processos de corte e da qualidade de peças tem crescido muito (Tönshoff et al., 2000). A análise do sinal de emissão acústica (EA) é um dos métodos de monitoramento da retificação mais estudada nos últimos anos. Isto apresenta como principais vantagens a não interferência no processo e o fato de poder ser aplicada no monitoramento de vários fenômenos ocorridos durante a usinagem por apenas um único sensor fixado em um ponto para a captação de sinais gerados (Felipe & Oliveira, 1998).

Vários sinais como força de retificação, vibração, emissão ultrasônica e emissão acústica têm sido usados para monitorar o processo de retificação. Entre eles, a EA é a mais empregada por apresenta vantagem do alcance da frequência ser mais do que vibração mecânica e ruído elétrica, mais também pelo fato de que estes ruídos ser facilmente filtrados (Webster et al., 1996). Na operação de retificação, detecta fenômenos como colisão do rebolo com a peça, excesso ou insuficiência de sobremetal, detecção de contato rebolo/peça, deformações estruturais térmicas e desgaste do rebolo, tempo de spark out inadequado e dressagem (Felipe & Oliveira, 1998, Soares et al., 2000, Vieira & Oliveira, 2000).

Vieira & Oliveira (2000) relatam que durante a operação de dressagem o sinal de EA captado é bastante sensível para detectar tanto a ruptura do ligante como o instante em que ocorre contato entre o dressador e a superfície de trabalho do rebolo. Ainda de acordo com os autores, o sinal de EA captado tende a crescer quanto se aumenta a dureza do rebolo e a velocidade de corte.

2. PROCESSO DE USINAGEM PROPOSTO “LÁPIDO-RETIFICAÇÃO”

Aliando algumas das principais características dos processos de retificação e lapidação, desenvolveu-se neste trabalho um processo de acabamento, de baixa taxa de remoção de material, cinematicamente análogo à lapidação sem, no entanto, utilizar grãos abrasivos soltos. Para a manutenção dos grãos abrasivos ligados, um rebolo convencional, utilizado na retificação, foi montado sobre o disco de lapidação de uma lapidadora plana, tornando o processo híbrido. Com a dressagem deseja-se renovar a capacidade de corte do processo e principalmente controlar a agressividade do rebolo.

As características da lapidação observadas no processo de “lápido-retificação” são:

- Não é necessário dispositivo complexo para a fixação da peça, sendo a superfície de referência a superfície de trabalho;
- A baixa velocidade de trabalho evita a queima superficial da peça, eliminando deformações térmicas e tensões residuais, comuns na retificação, permitindo a usinagem de peças finas;
- As pressões de contato evitam flexão das peças;
- É possível garantir uma remoção regular para materiais compostos.

Da retificação, observa-se neste novo processo:

- Flexibilidade da operação, variando o parâmetro Ud obtendo diferentes acabamentos superficiais;

- Maior aproveitamento do abrasivo, já que na lapidação a perda de grãos ainda eficientes é inevitável;

Outro problema comum à lapidação minimizado neste novo processo é o descarte da mistura fluido/abrasivo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados corpos-de-prova de aço *ABNT 4340*, trefilado, de $\varnothing 1 \frac{7}{8}$ ” x 10mm, temperados e retificados (rebolo de óxido de alumínio 220 Mesh, velocidade de corte de 25 m/s, profundidade de corte de 5 μ m, refrigeração abundante e passes “spark-out”). A dureza média dos corpos-de-prova obtida foi de 59 HC.

Para a operação de “lápido-retificação” foi utilizado um disco abrasivo de Carbetto de Silício prensado a quente, da Sivat, de 800 Mesh, que gira a uma velocidade de 100 rotações por minuto.

O fluido de corte utilizado foi uma solução a base de água semi-sintética (ULTRACUT 370 fabricado pela ROCOL), a proporção de 1:20 e vazão de 4 ml/min através de um bico tipo Venturi.

A dressagem foi realizada com uma ponta de diamante lapidada cônica, com raio de 500 μ m, e ângulo de 78°, com profundidade de dressagem de 350 μ m. Por ser uma forma de dressagem diferente, um dispositivo foi desenvolvido especialmente para este fim, capaz de combinar diversos parâmetros, que são: raio da ponta de diamante; profundidade de dressagem, e o grau de recobrimento. Uma vez selecionados estes parâmetros, um programa em conjunto com dispositivo eletrônico construídos para controle do processo calcula e aciona automaticamente a velocidade de avanço do dressador e velocidade angular do rebolo.

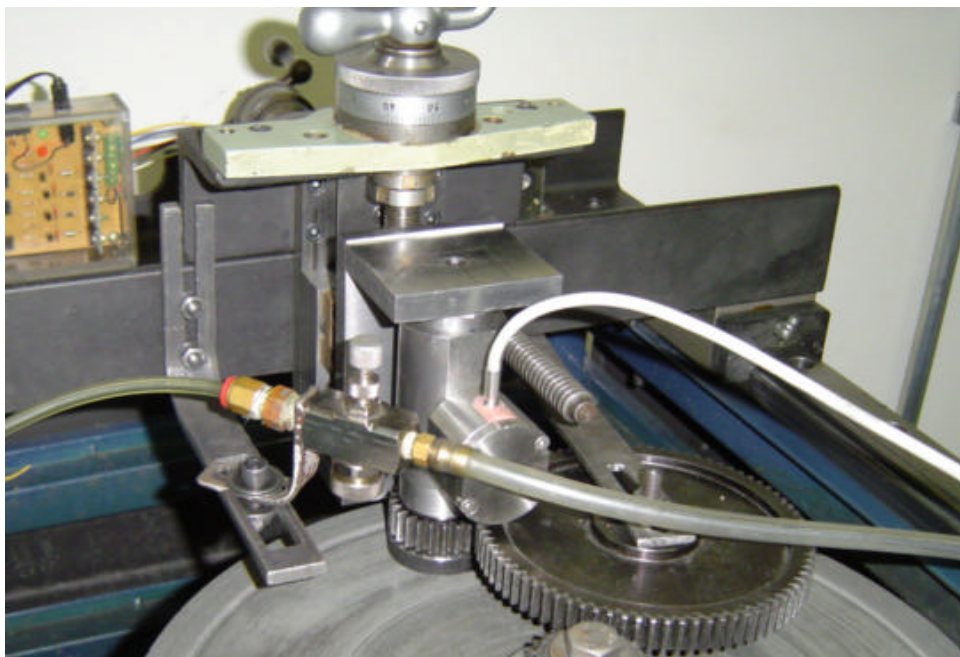


Figura 4. Usinagem através da “lápido-retificação”.

Foram feitos os seguintes ensaios com o objetivo de avaliar as respectivas influências:

- sem e com aplicação do fluido de corte semi-sintético, com grau de recobrimento $U_d=1$;
- variando o grau de recobrimento ($U_d=1$ e $U_d=3$), aplicando a solução semi-sintética;
- monitoramento da emissão acústica.

Para a realização dos ensaios, o rebolo foi dressado segundo U_d pré-estabelecido antes de cada sequência de usinagem. Foi utilizada a pressão de trabalho de 100 kPa. Para a manutenção da relação de rotação entre o rebolo e a peça foi instalado um trem de engrenagem.

Os valores de rugosidade foram obtidos através de um rugosímetro Surtronic 3+ da Taylor Hobson ajustado para um “cut-off” de 0,08 mm.

A taxa de remoção foi determinada pela pesagem dos corpos-de-prova em balança de precisão milesimal, da Marte. Este método foi utilizado devido à baixa taxa de remoção observada, impossibilitando medição mesmo através de micrômetro milesimal. Tanto a rugosidade quanto a taxa de remoção foram medidas antes e depois de cada ensaio e nos seguintes intervalos: 0,5, 1, 2 e 3 minutos.

A planesa foi avaliada utilizando-se o medidor Talyround 31 da Taylor Hobson, sempre no raio de 18 mm, e no início e final de cada operação de lápido-retificação.

O sensor de emissão acústica foi instalado próximo à peça, com o objetivo de monitorar somente o processo de usinagem com a mínima interferência.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de “lápido-retificação” apresenta características distintas dos processos de lapidação e retificação no que diz respeito às condições de ensaio, dado que não se têm informações comparativas sobre o comportamento das variáveis deste processo. Portanto, os ensaios possuem grande enfoque investigativo.

Observou-se que a condição de usinagem com aplicação de fluido foi mais eficiente, permitindo maior remoção de material, como mostra a fig. (6). Na condição sem fluido houve menor diminuição de rugosidade, não ocorrendo remoção suficiente para retirar as marcas da retificação no período analisado. À medida que a usinagem evolui, há a eliminação de cavaco e quebra dos grãos abrasivos que se depositam nos sulcos de dressagem, empastando o rebolo. Isto impede uma usinagem eficiente, gerando aquecimento da peça e evidenciando uma queima de superfície. Com aplicação de fluido, há diminuição de atrito pela ação lubrificante, tornando a usinagem mais branda, evita-se o efeito de aquecimento (ação refrigerante) e melhora-se a limpeza do rebolo (expulsão de cavaco e abrasivo solto), permitindo maior remoção.

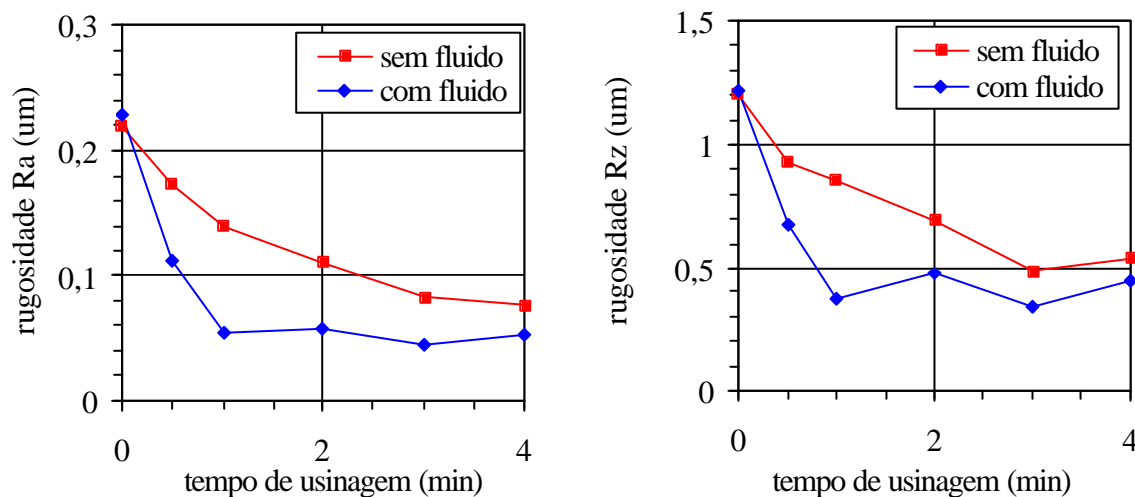


Figura 5. Rugosidade (Ra e Rz) em função do tempo, para lápido-retificação, com e sem aplicação de fluido.

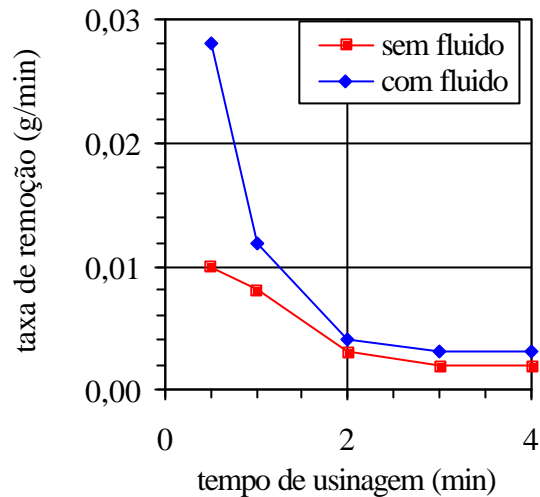


Figura 6. Taxa de remoção em função do tempo, para lápido-retificação, com e sem aplicação de fluido.

O macro efeito (geometria da ferramenta impressa no rebolo), na condição de $U_d=1$, gera uma superfície mais agressiva, com picos maiores porém em menor quantidade, tornando a usinagem mais severa. Já para $U_d=3$, nota-se maior quantidade de picos embora em menores dimensões. Através da Figura (7) observa-se que, para as condições ensaiadas, a diminuição de rugosidade é semelhante para ambas condições de grau de recobrimento, embora para $U_d=3$ há menor valor de rugosidade que a usinagem com $U_d=1$ em cada respectiva medição.

Analisando a Figura (7) até o tempo de 2 minutos, a dressagem sob grau de recobrimento igual a 1 apresenta taxa de remoção maior se comparada a $U_d=3$. Nota-se a mesma influência do macro efeito presente na retificação, onde a condição de $U_d=1$ é mais indicada para a usinagem de desbaste, enquanto que para operações de acabamento o uso de U_d maiores é aconselhável. Porém a partir deste ponto, observa-se estabilidade tanto da taxa de remoção quanto da rugosidade.

Quanto ao desvio de planesa, o processo de “lápido-retificação” pode melhorar significativamente as peças oriundas da retificação. Utilizando $U_d=1$, para as peças lapido-retificadas nota-se valores de planesa de 80% em relação a retificada ($1,3$ contra $1,6\mu\text{m}$). Quando utilizado $U_d=3$, observa-se melhores resultados, com valores de planesa da peça lapido-retificada 60% em relação a peça retificada ($0,7$ contra $1,15$).

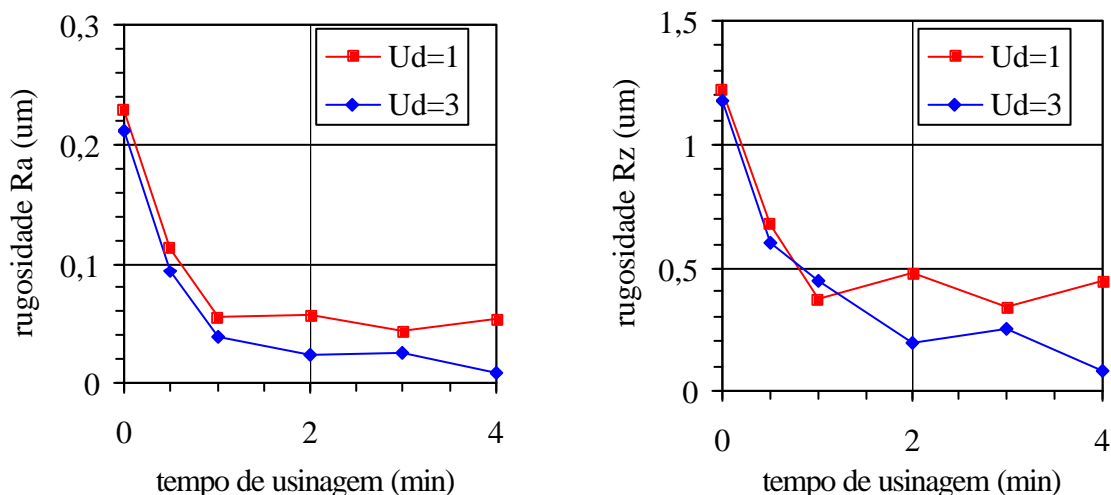


Figura 7. Rugosidade (R_a e R_z) em função do tempo, para “lápido-retificação”, com $U_d=1$ e $U_d=3$.

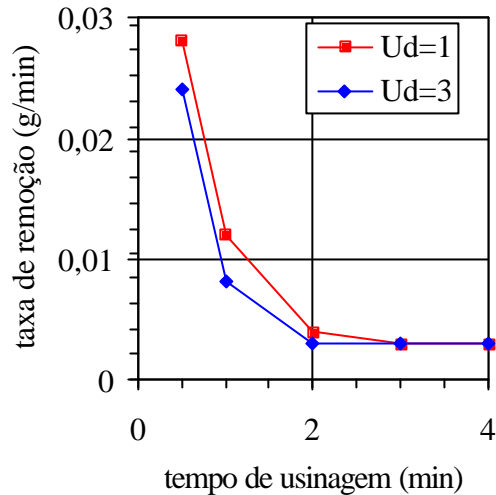


Figura 8. Taxa de remoção em função do tempo, para lápido-retificação, com variação de U_d .

A emissão acústica tem-se mostrado importante para o monitoramento dos processos de usinagem. Para a lápido-retificação, nota-se que o sinal de emissão acústica no início da usinagem tem um valor máximo, decaindo com o decorrer do processo. Observa-se que no período de 1 minuto há grande diminuição de sinal, tendendo a reduzir de forma constante a partir deste ponto. Se comparado com a rugosidade, observa-se que os maiores sinais de emissão acústica coincidem com os maiores valores de rugosidade, evidenciando relação entre os dois fenômenos.

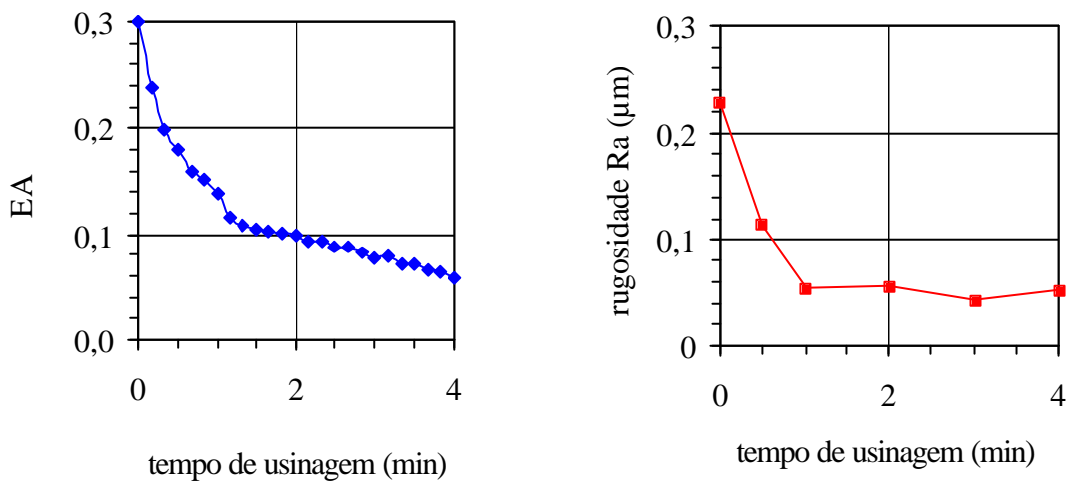


Figura 9. Sinal de emissão acústica e rugosidade para $U_d=1$, para lápido-retificação.

Durante os primeiros instantes da lápido-retificação, ocorre a condição de usinagem mais severa, onde observa-se maior taxa de remoção e de diminuição de rugosidade. Este fato evidencia-se com a análise de emissão acústica, com maior sinal durante a usinagem mais severa. Com a evolução da usinagem, as marcas deixadas pela retificação são aos poucos eliminadas, tornando a usinagem mais branda, e desta forma o sinal de emissão acústica decresce até o fim do período analisado.

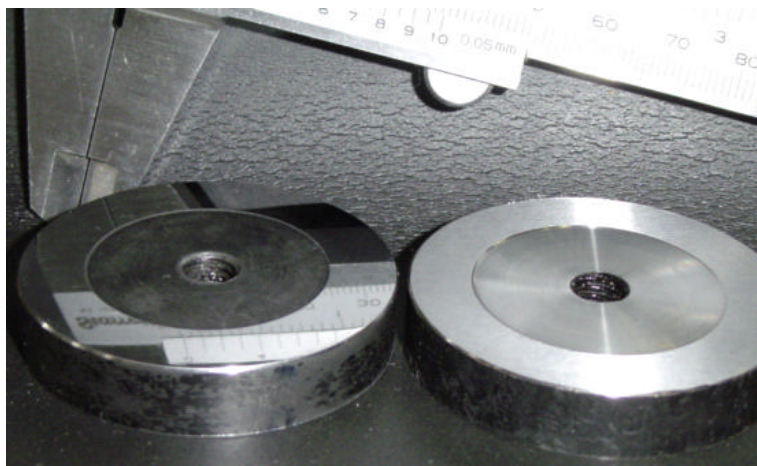


Figura 10. Foto comparativa entre corpos-de-prova “lápido-retificado” (à esquerda) e retificado (à direita).

Observa-se que o processo de lápido-retificação produz superfície espelhada, conforme pode ser visto na Fig. (10), evidenciando a predominância da usinagem por corte.

5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados, pode concluir objetivamente:

- O processo proposto pode melhorar significativamente o acabamento superficial (rugosidade) e o desvio de forma (planesa) de corpos-de-prova retificados;
- A adição de fluido de corte promove melhores condições de usinagem proporcionando melhor acabamento e maior taxa de remoção (remoção das marcas de retificação em menor tempo), além de minimizar queimas;
- Diferentes graus de recobrimento produzem diferentes taxas de remoção, rugosidades e planesa;
- A emissão acústica pode ser utilizada para monitoramento do processo, fornecendo base de comparação para rugosidade;
- Para as condições ensaiadas, a baixa taxa de remoção caracteriza o processo de “lápido-retificação” como de super acabamento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Crichigno, J.M.F., 1994, ‘Simulação numérica do processo de lapidação plana como ferramenta para otimização do processo’, Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 142p.
- Felipe, J.J. and Oliveira, J.F.G., 1998, “A retificação inteligente é mais confiável e menos dependente do operador”, Máquinas e Metais, pp.80-98.
- König, W. and Messer, J., 1980, “Afição de rebolos de corundo (óxido de alumínio) com ferramenta de afiação estática”, Campinas: Tradução da firma Robert Bosch, 12 p.
- König, W., 1980, “Retificação, brunimento e lapidação”, v. 2 , pp. 293-318.
- Malkin, S., 1989, “Grinding Technology: theory and applications of machining with abrasives”, 1.ed, Chichester: Ellis Horwood Limited, 274p.
- Marinelli, N.F., Coelho, R.T. and Oliveira, J.F.G., 1998, ‘Emissão acústica no monitoramento da dressagem de rebolos de alumina’, Máquinas e Metais, n.388, pp. 56-73.
- Oliveira, J.F.G., 1989, “Tópicos avançados sobre o processo de retificação”, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 94p.
- Sanchez, L.E.A., 1992, “Sistema de programação CN para retificação de peças cilíndricas escalonadas”, São Carlos, EESC-USP, 122p.

- Sanchez, L.E.A., Losnak, C., and Perez, F.R.C., 1999, 'Comportamento da taxa de remoção e acabamento superficial na lapidação plana sob diferentes parâmetros do processo', XV Congresso de Brasileira de engenharia mecânica, 10 p.
- Silva C.E.Jr., and Coelho, R.T., 1998, "Dressagem de rebolos para aplicações de precisão. Máquinas e Metais", n.393, pp.100-111.
- Soares, D.D., Meireles, G.S.C., Oliveira, J.F.G. and Biffi, M., 2000, "Monitoramento e otimização no chão de fábrica via diagnóstico remoto", Máquinas e Metais, pp.72-87.
- Stähli, A.W., s.d., "The Technique of Lapping", Editorial técnico de A, W. Stähli Ltda, Bieira, Suíça, 35 p.
- Tomlinson, W.J. and NEWTON, R.C., 1990, "Effect of grinding, lapping and various surface treatments on the strength of silicon nitride", v. 45, pp. 307-310.
- Tönshoff, H.K. Jung, M., Mannel, S. and Rietz, W., 2000, "Using acoustic emission signals for monitoring of production processes". Ensenvier, pp.681-686.
- Vieira, M.J., Libardi, R., Cancilieri, H.A. and Lima, A., 1999, "Como o calor pode afetar a integridade superficial das peças", Máquinas e Metais, n.397, pp. 28-36.
- Vieira, M.J. and Oliveira, J.F.G., 2000, "Método para avaliar a dureza de rebolos em trabalho", Máquinas e Metais, pp.208-221.
- Webster, J., Dong, W.P. and Lindsay, R., 1996, "Raw acoustic emission signal analysis of grinding process", Ann, CIRP 45 pp.335-340.
- Weingnaertner, W.L., Crichigno, J.M.F. and Wiesner, P., 2000, "Monitoramento do processo de lapidação plana empregando sensor de emissão acústica rotacional", Anais do congresso nacional de engenharia mecânica, Fortaleza, 8p.

DEVELOP OF A NEW ABRASIVE PROCESS TAKING ADVANCE OF PRINCIPLES OF LAPPING AND GRINDING: "LAP-GRINDING"

Luiz Eduardo de Angelo Sanchez

FEB–UNESP, Av. Edmundo Carrijo Coube, s/n, 17033-360, Bauru – SP. sanchez@feb.unesp.br

Nilton Zhu Xu Jun

FEB–UNESP, Av. Edmundo Carrijo Coube, s/n, 17033-360, Bauru – SP zhuxujun@bol.com.br

Silvio Miura

FEB–UNESP, Av. Edmundo Carrijo Coube, s/n, 17033-360, Bauru – SP miura@aluno.feb.unesp.br

João Henrique Dorigatti Cruz

FEB–UNESP, Av. Edmundo Carrijo Coube, s/n, 17033-360, Bauru – SP cruz@feb.unesp.br

Abstract: *Development of an abrasive process taking advantage of some fundamental principles of grinding (such as dressing) and lapping (such as random trajectory of abrasive grains) was achieved. An abrasive wheel was placed on the lapping wheel. Comparing to the lapping process, there are fewer inputs, simplifying the set-up. Roughness and flatness were analyzed through different dressing methods and in the presence and absence of cutting fluid. This new process caused better surface finish and flatness as compared to other conventional machining processes.*

Keywords: *grinding, lapping, dressing, acoustic emission, roughness.*