

DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DO PROCESSO DE ACABAMENTO POR ABRASÃO ELETROMAGNÉTICA

Cristof Leonhardt

Universidade Federal do Rio grande do Sul. Rua Sarmento Leite, 425, Porto Alegre, RS.

Heraldo Amorim

Universidade Federal do Rio grande do Sul. Rua Sarmento Leite, 425, Porto Alegre, RS.
amorim@mecanica.ufrgs.br.

Resumo. Este trabalho consiste no desenvolvimento e estudo preliminares de um dispositivo para a execução do processo de acabamento por abrasão eletromagnética. O processo consiste na usinagem de uma peça em um torno mecânico com o auxílio de um dispositivo gerador de campo magnético (eletroímã). Esse dispositivo, montado de forma coaxial à placa do torno, cria condições para o uso de partículas magnético abrasivas (PMAs) que, preenchendo os espaços entre os pólos magnéticos e a peça, realizam sua usinagem, conferindo o acabamento superficial. O eletroímã é dimensionado para gerar um valor de campo magnético suficiente para suportar o pó abrasivo no espaço entre o corpo de prova e os pólos do eletroímã. A partir de ensaios realizados para avaliar a funcionalidade do sistema é possível constatar a viabilidade para operações de polimento ou de acabamento leve. Para uma faixa de rotação de 800 a 1000RPM, observou-se forte redução nos valores de rugosidade.

Palavras-chave: acabamento, abrasão, eletromagnetismo, acabamento por abrasão eletromagnética.

1. INTRODUÇÃO

O processo de acabamento por abrasão eletromagnética surgiu ao final dos anos noventa na União Soviética. Trata-se de um processo de usinagem não-convencional, no qual utiliza-se um eletroímã para gerar um campo magnético no entorno da peça a ser trabalhada. Entre os pólos do eletroímã e a peça são inseridas partículas magnético-abrasivas, formadas por partículas ferromagnéticas e partículas abrasivas, as quais orientam-se na direção das linhas de campo magnético contra a peça

O objetivo deste trabalho é desenvolver e construir um dispositivo de baixo custo para, através de ensaios práticos, avaliar a funcionalidade e as características desse processo.

A seguir são apresentadas as etapas de dimensionamento e construtivas, os testes realizados e resultados obtidos, bem como conclusões encontradas.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1 Equipamento Desenvolvido

O equipamento desenvolvido é constituído basicamente de um eletroímã (Fig. 1) que, através de estrutura especificamente projetada, adapta-se ao carro principal de um torno mecânico. Esta configuração permite ao dispositivo usar o sistema de avanço automático do torno, se necessário.

Os valores para a densidade de fluxo magnético B encontrados na literatura variam de acordo com cada autor. Jain et. al. 2001, utilizad um valor para B variando entre 0 e 0.35T, enquanto que

Baron et al., 2002, utiliza B igual a 1.1T em seus experimentos. Baseando-se nesses valores, o valor de B para este trabalho é fixado em 0.8T nas folgas entre pólos magnéticos e peça, situando-se entre valores encontrados nas referências. A Tabela 1 apresenta parâmetros utilizados e resultados obtidos no dimensionamento do eletroímã, obtidos através da medição deste em trabalho, para uma densidade de fluxo magnético de 0.8T a uma distância de 2mm do eletrodo.

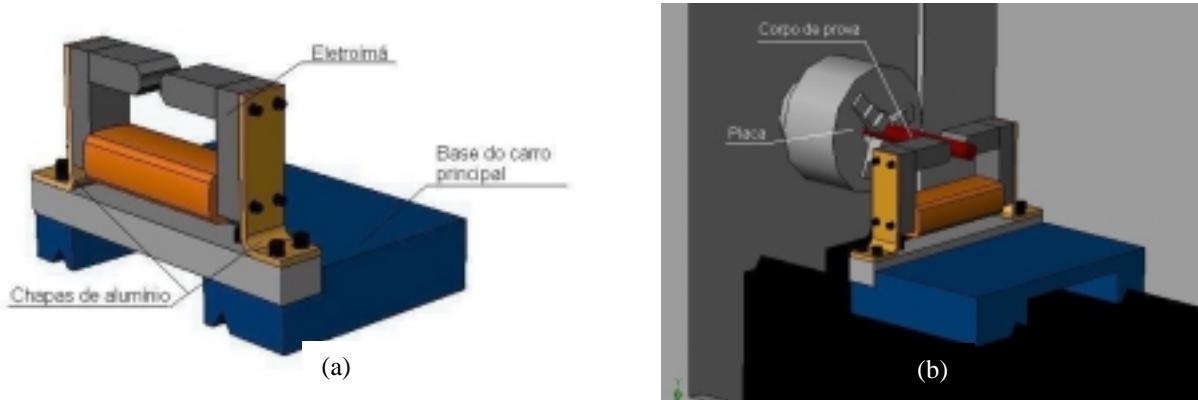


Figura 1 – (a) Esquema de montagem do dispositivo; (b) posicionamento do dispositivo no torno.

Tabela 1 – parâmetros utilizados e medidos no eletroímã em funcionamento.

| | |
|--|--------|
| Número de espiras N | 1610 |
| Corrente i | 1.8A |
| Temperatura máxima de aquecimento do fio | 50°C |
| Resistência do fio | 4.2Ω |
| Fonte de tensão | 12V DC |

2.2 Ensaios Realizados

Os testes experimentais realizados com o dispositivo consistem na usinagem de corpos de prova, a fim de avaliar o desempenho do sistema quanto aos seguintes quesitos:

- mistura de pó metálico com pó abrasivo, com e sem adição de óleo lubrificante;
- variação da rugosidade com o tempo, para diferentes rotações;
- eliminação de rebarbas;
- aquecimento do corpo de prova e do sistema.
- Influência da distância entre os pólos magnéticos e o corpo de prova.

Durante a etapa de preparação dos ensaios, foram confeccionados corpos de prova e realizadas as misturas com diferentes proporções de pó abrasivo e pó metálico, com e sem adição de óleo lubrificante. Os corpos de prova confeccionados consistem em barras cilíndricas de 80mm de comprimento, com diâmetros de 20mm e 22 mm, permitindo testar espaçamentos entre peça e eletroímã de 1 e 2mm (Fig. 2). Rasgos de 2mm de profundidade foram usinados em metade dos corpos de prova a fim de avaliar, de forma qualitativa, a eliminação de rebarbas.

Para a produção do pó magnético abrasivo foram utilizados pós de ferro e de alumina (Al_2O_3), em diferentes proporções. Chang et. al., 2002, utiliza a proporção de 4 gramas de pó metálico para 1 grama de pó abrasivo. A Tabela 2 mostra as diferentes relações de misturas proposta para os ensaios. Partículas com adição de óleo são chamadas de partículas de ligação fraca, partículas sem adição de óleo são ditas não ligadas. As partículas ligadas são obtidas por processo de sinterização, e não são utilizadas neste trabalho.

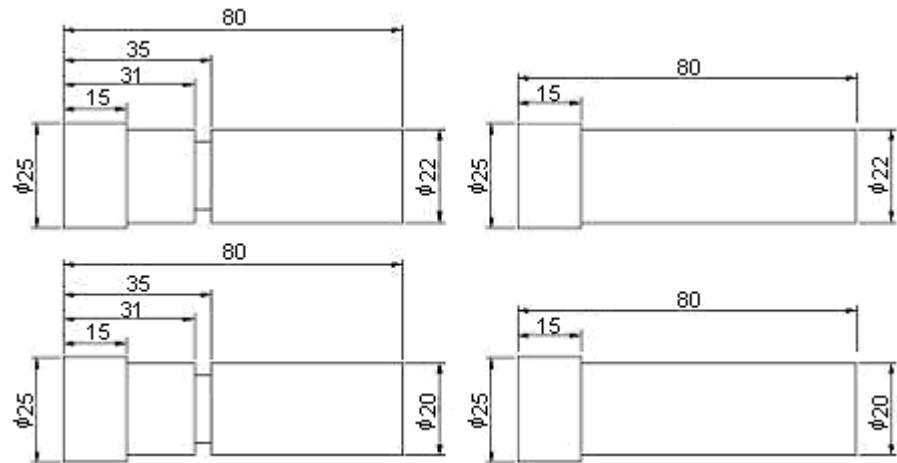


Figura 2 – corpos de prova utilizados nos ensaios (unidade: mm).

Tabela 2 – proporções de mistura de pó abrasivo.

| Mistura | Proporção ferro (g) – alumina (g) |
|---------|-----------------------------------|
| 1 | 4 – 1 |
| 2 | 1 – 1 |
| 3 | 4 - 1 com óleo |
| 4 | 1 - 1 com óleo |

Os ensaios experimentais realizados consistem no posicionamento do corpo de prova entre os pólos do eletroímã, de maneira que uma parte da superfície não fique em contato com o pó abrasivo, para posterior comparação visual (Fig. 3).

Ensaio preliminares foram realizados com cada uma das misturas de PMAs utilizadas e em diferentes rotações (Fig. 4). A função dos pré-testes realizados foi definir condições favoráveis à realização de ensaios, através da avaliação dos seguintes fatores:

- dispersão e comportamento das PMAs na zona de trabalho em cada mistura proposta;
- acabamento superficial;
- aquecimento da peça;
- eliminação das rebarbas;
- orientação das PMAs com o campo magnético.



Figura 3 – posicionamento do corpo de prova no dispositivo construído.

Através da análise dos pré-testes, observou-se que a mistura ideal de pó é a realizada numa proporção de 50% de alumina e 50% de ferro, com adição de óleo.

Os corpos de prova que proveram melhores resultados foram os de diâmetro igual a 22mm, o que resulta em um espaçamento de 1mm entre peça e pólo magnético, e uma densidade de fluxo magnético de 1,5T. Esta densidade de fluxo magnético é mais elevada do que as observadas na literatura.

Os ensaios finais são realizados a fim de avaliar o acabamento superficial através da rugosidade, medida em termos de Ra e Rt . A rugosidade Ra representa uma média entre os picos e vales na superfície da peça em um comprimento de amostragem, enquanto a rugosidade Rt representa a máxima irregularidade da superfície (Ferraresi, 1970) no comprimento testado. Os corpos de prova foram submetidos à ação do melhor pó abrasivo identificado até um tempo máximo de 15 minutos, nas rotações de 630, 800, 1000 e 2000 RPM. Os resultados são apresentados a seguir.

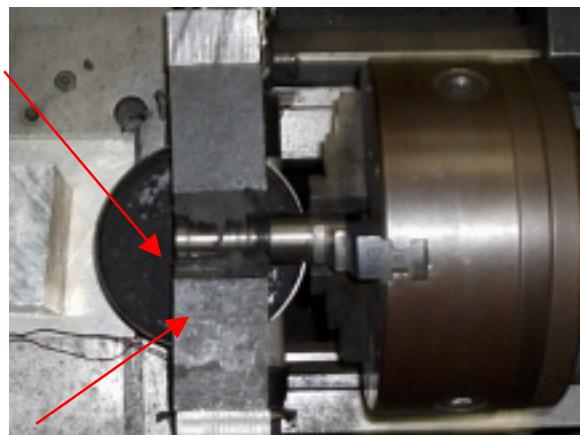


Figura 4 – teste com corpo de prova de 22mm e pó abrasivo misturado com óleo. É possível notar a orientação das partículas com o campo magnético, formando uma espécie de escova.

3. RESULTADOS E ANÁLISE

Durante os pré-testes, constatou-se que a superfície apresenta visivelmente um melhor acabamento após alguns minutos de aplicação, como mostra a Fig. 5. A superfície alterada por este processo apresenta um aspecto de polida, com uma diferença perceptível ao toque.



Figura 5 – corpo de prova após ensaio. A seta indica o limite de da zona de trabalho.

As Figuras 6 e 7 apresentam a variação de Ra e Rt respectivamente, ao longo do tempo de usinagem.

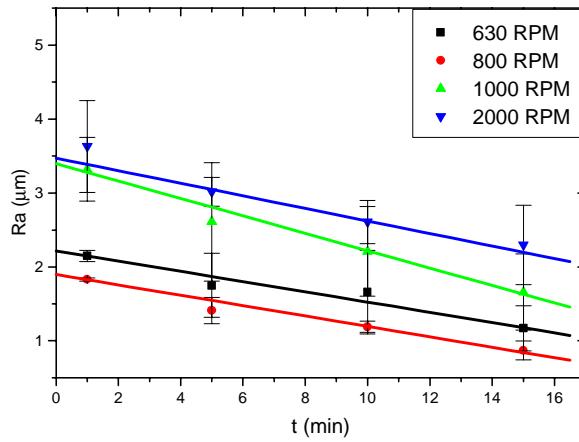


Figura 6 – variação da rugosidade Ra com o tempo de usinagem para as rotações estudadas.

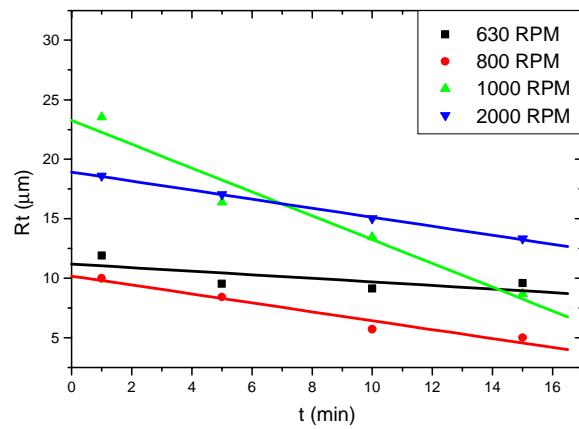


Figura 7 – variação da rugosidade Rt com o tempo de usinagem para as rotações estudadas.

Através da análise das Figuras 6 e 7, verifica-se um comportamento linear da rugosidade ao longo do tempo de exposição ao processo, tanto para a rugosidade Ra quanto para Rt . Observa-se também que os corpos de prova que cuja rugosidade inicial é mais elevada (usinados a 1000 e 2000 RPM) apresentaram maior tendência de queda.

Entre as rotações estudadas, verifica-se maior queda na rugosidade em relação ao tempo de exposição ao processo para os ensaios realizados a 1000 RPM, para os dois parâmetros de rugosidade avaliados. A Figura 11 mostra a relação entre a razão $Ra/Ra_{inicial}$ e o tempo de exposição da peça para as rotações estudadas.

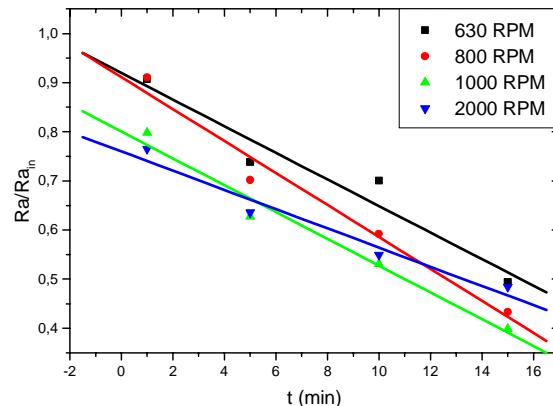


Figura 8 – relação entre a razão $Ra/Ra_{inicial}$ com o tempo de usinagem para as rotações estudadas.

Quanto à eliminação de rebarbas, observa-se de forma qualitativa a remoção de rebarbas dos corpos de prova ensaiados.

A orientação do campo magnético fica bastante visível nas figuras 7 e 12. A geometria dos pólos magnéticos e do núcleo influencia em muito a orientação do campo e, consequentemente, das PMAs.

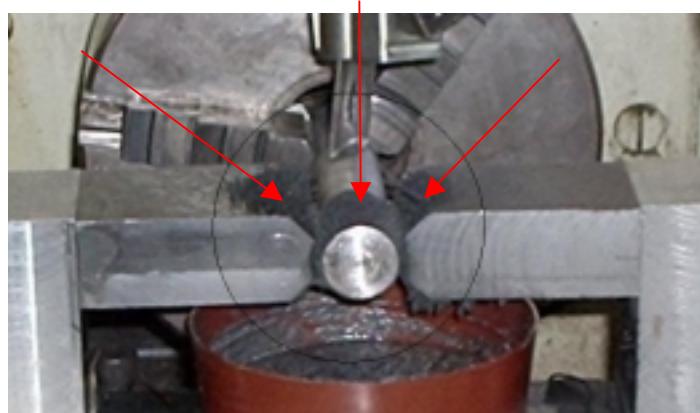


Figura 9 – orientação do campo magnético, revelada pelas PMAs. Nota-se a dispersão do campo magnético.

Verificou-se, em ensaios realizados a altas rotações (1000 e 2000RPM), que a temperatura na zona de trabalho se eleva bastante. Tal condição não afeta o funcionamento do dispositivo, mas compromete o desempenho das misturas com adição de óleo. Como existe pouca circulação de pó abrasivo nos espaços de ar, a quantidade de pó que preenche esses espaços no início da operação fica compactada, impedindo a entrada de pó novo. É possível notar um enegrecimento da quantidade de mistura (originalmente grisalha) que passa pela zona de trabalho.

4. CONCLUSÕES

O processo de acabamento por abrasão eletromagnética mostrou-se eficaz, uma vez que todos os corpos de prova utilizados nos ensaios realizados apresentaram melhora em seu acabamento superficial.

Durante os ensaios, tanto preliminares quanto finais, é possível observar a orientação das linhas de campo magnético, reveladas pelas PMAs. Observando as figuras 7 e 10, nota-se a grande dispersão do fluxo magnético e, consequentemente, do pó abrasivo. Isso abre margem para trabalhos futuros focando a geometria da ferramenta, a fim de melhor aproveitar o pó despejado sobre a zona a ser trabalhada.

As partículas não ligadas apresentam resultados insatisfatórios, visto que as partículas de alumina não se mantêm contra o corpo de prova. É necessário um campo magnético mais intenso e, provavelmente, uma proporção menor de pó abrasivo na mistura com pó metálico.

Baseando-se nas curvas de rugosidade com o tempo, observa-se que os melhores resultados para ambos os parâmetros de medição (Ra e Rt) correspondem às rotações da faixa de 800 a 1000RPM, cujas inclinações são mais acentuadas. Se analisados os resultados quanto ao acabamento superficial, observa-se substancial redução nos valores de Ra e Rt em relação aos valores observados inicialmente.

Da mesma forma que a rotação do corpo de prova, o tempo de exposição ao processo também influencia no resultado obtido. Observa-se que, após o minuto inicial, onde ocorre uma forte redução na rugosidade, esta se torna linear. Deste modo, tempos de exposição maiores geram superfícies com melhor acabamento superficial.

5. REFERÊNCIAS

- Baron, Y.M., KO, S.L., Repnikova, E., 2002, "Experimental Verification of Deburring by Magnetic Abrasive Finishing Method", 2nd Asia Pacific Forum on Precision Surface Finishing and Deburring Technology, 22-24, Seoul, Korea, pp166-178.
- Chang, G.W., Yan, B.H., Hsu, R.T., 2002, "Study on cylindrical magnetic abrasive finishing using unbounded magnetic abrasives", International Journal of Machine Tools and Manufacture, 42 (5) pp. 575-583.
- Ferraresi, D., 1970, "Fundamentos da Usinagem dos Metais", Editora Edgar Blücher, s. Paulo, Brazil, 742 p.
- Jain, V.K.; Kumar, P.; Behera, P.K.; Jayswal, S.C., 2001, "Effect of working gap and circumferential speed on the performance of magnetic abrasive finishing process", Wear, vol 250, pp. 384-390.
- Mori, T.; Hirota, K.; Kawashima, Y., 2003, "Clarification of magnetic abrasive finishing mechanism", Journal of Materials Processing Technology 143-144, pp.682-686.
- Yan, B.H.; Chang, G.W.; Cheng, T. J.; Hsu, T.R., 2003, "Electrolytic magnetic abrasive finishing", Accepted by International Journal of Machine Tools and Manufacture 43 (13), pp.1355-1366.

DEVELOPMENT AND STUDY OF ELECTROMAGNETIC ABRASIVE FINISHING PROCESS

Cristof Leonhardt

Federal University of Rio grande do Sul. 425 Sarmento Leite street, 425, Porto Alegre, RS.

Heraldo Amorim

Federal University of Rio grande do Sul. 425 Sarmento Leite street, Porto Alegre, RS.

amorim@mecanica.ufrgs.br.

Abstract. This work consists on a preliminary development and study of magnetic abrasive finishing process. This process consists on the finishing of a workpiece with the aid of a magnetic field generator device (electromagnet). This device, concentrically assembled with the workpiece, creates the conditions for using magnetic abrasive particles (MAPs) which fills the gaps between the magnetic poles and the workpiece, wearing its surface, giving the desired surface finish. The electromagnet is dimensioned to generate a magnetic field, strong enough to hold the MAPs into the gap between the poles and the workpiece. From tests realized to evaluate the system functionality is possible to verify that the process is widely viable for polishing and low finishing. Strong reduction of the roughness of produced compounds was found on an 800 to 1000 RPM spin field.

Keywords: Finishing, Abrasive, Electromagnetism, magnetic abrasive finishing.