

Influência do Avanço da Ferramenta e do Uso de Fluido de Corte na Rugosidade em Usinagem de Torneamento Cilíndrico Externo de Alumínio

Influence of the Advance of the Tool and the Use of Cutting Fluid in the Roughness in External Aluminum Cylindrical Turning Machining

Clauber Roberto Melo Marques^{*a}; Paulo Henrique Castagnel^b

^aFaculdade SATC, Escola Educacional Técnica. SC, Brasil.

^bFaculdades Esucri. SC, Brasil.

*E-mail: clauber_marques@hotmail.com

Resumo

As características superficiais de uma peça usinada são resultantes de vários fatores, entre eles pode-se citar o material da ferramenta utilizada, geração de calor e parâmetros de corte. Este trabalho teve como objetivo principal verificar a influência do avanço da ferramenta e do uso de fluido de corte em usinagem analisando a rugosidade de superfícies de peças de alumínio usinadas por torneamento cilíndrico externo, em um equipamento CNC Romi Centur 30D com comando Siemens, variando-se a velocidade de avanço da ferramenta, assim como a usinagem a seco e com fluido de corte. Foi realizada uma análise da caracterização química por Espectrometria de Massa para identificar a constituição do material utilizado. Foi executado o processo de usinagem em 10 peças de alumínio, com velocidade de corte de 220 m/min em todos os testes, variando-se o avanço da ferramenta (0,1, 0,15, 0,2, 0,25, 0,30 mm/rot), e para cada valor de avanço diferente foi realizado um ensaio à seco e um com fluido de corte. Após a usinagem as peças foram analisadas utilizando-se um rugosímetro Mitutoyo modelo SJ-310, para medição da Rugosidade Média (Ra) resultante. Concluiu-se que para valores de avanço de ferramenta de até 0,25 mm/rot, com velocidade de corte de 220 m/min, a presença do fluido de corte na usinagem não apresentou melhoria no resultado final. Somente com avanço de 0,30 mm/rot a presença do fluido de corte se mostrou mais eficiente que a usinagem a seco.

Palavras-chave: Usinagem. Alumínio. Rugosidade.

Abstract

The surface characteristics of a machined part is the result of several factors, among them the tool material used, heat generation and cutting parameters. This work had as main objective the analysis of the surface roughness of aluminum parts machined by external cylindrical turning in a CNC Romi Centur 30D equipment with Siemens command, varying the speed of tool advance, as well as the dry machining and with cutting fluid. An analysis of the chemical characterization was performed by Mass Spectrometry to identify the constitution of the material used. The machining process was carried out in 10 pieces of aluminum, with a cutting speed of 220 m/min in all tests. The tool advance (0,1, 0,15, 0,2, 0,25, 0,30 mm/rot), and for each different feed rate a dry test and one with cutting fluid were performed. After machining, the parts were analyzed using a Mitutoyo model SJ-310 rugosimeter to measure the resulting Average Roughness (Ra). It was concluded that for tool feed values up to 0.25 mm/rot, with a cutting speed of 220 m/min, the presence of the cutting fluid in the machining did not show improvement in the final result. Only with an advance of 0.30 mm/rot the presence of the cutting fluid was more efficient than the dry machining.

Keywords: Machining, Aluminum, Roughness.

1 Introdução

Os processos de fabricação destinados à obtenção de produtos com melhores qualidades e custos operacionais reduzidos vêm aperfeiçoando-se com o rápido avanço tecnológico industrial. Diferentes setores industriais, nos últimos anos, devido à crescentes mudanças ocorridas no setor tecnológico, estão exigindo uma disponibilidade maior de novos materiais e, principalmente, um maior conhecimento das informações suficientes para poder processar os novos e os já conhecidos materiais utilizados.

O alumínio é um dos materiais mais utilizados em diferentes setores industriais, devido à sua elevada resistência comparada ao seu baixo peso. O setor de transportes é o maior consumidor de alumínio no mundo. Chapas, folhas, perfis, forjados e fundidos de alumínio derivam cada vez mais soluções eficientes para essa indústria. Produtos que utilizam

o alumínio ganham também competitividade, em função dos inúmeros atributos que este metal incorpora, tais como elevada condução de energia, durabilidade, maleabilidade para usinagem, soldabilidade, resistência à corrosão, infinitamente reciclável, dentre outras propriedades (ABAL).

O alumínio em geral pode ser facilmente usinado. A energia consumida por unidade de volume do metal removido é muito baixa. Embora algumas ligas de alumínio apresentem um limite de resistência equivalente ao de alguns aços de baixo carbono, em temperatura ambiente, em temperaturas elevadas essa resistência é bastante reduzida. Esse fato favorece a usinagem dessas ligas, já que a elevação da temperatura é inerente ao processo de usinagem, e as ligas de alumínio, por possuírem alta condutividade térmica, atraem para a peça boa parte do calor gerado (DINIZ *et al.*, 2001).

2 Material e Métodos

O torneamento cilíndrico externo é um processo de usinagem na qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória paralela ao eixo principal de rotação da máquina. Neste trabalho foi realizado o torneamento cilíndrico externo em peças de alumínio.

2.1 Procedimento experimental

Iniciou-se o estudo com a análise de Espectrometria de Massa do material que foi utilizado para confecção das peças. Esta técnica de caracterização é uma poderosa ferramenta física que qualifica e quantifica as moléculas pela medida da relação massa/carga de seus íons. Esta análise foi realizada em um equipamento da Marca Bruker e Modelo Q4 Tasman.

Foi executado o processo de usinagem cilíndrica externa de 10 peças de alumínio com dimensões em bruto de 50,8 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento em um equipamento CNC Romi Centur 30D com comando Siemens. A Figura 1 apresenta os corpos de prova utilizados nos ensaios.

Figura 1 – Corpos de prova.



Fonte: Os autores.

Todos os ensaios foram realizados utilizando o mesmo valor de penetração radial de 1 mm e velocidade de corte de 220 m/min. A ferramenta de corte utilizada em todos os ensaios foi de metal duro classe P, com raio de 0,4 mm.

Os parâmetros variados foram o avanço e o uso ou não de fluido de corte.

Nos ensaios que utilizaram fluido de corte, o fluido empregado foi Inter M25, fornecido pela empresa Interquim, o mesmo é um fluido a base de óleo vegetal com aplicação na usinagem de alumínio. O sistema de aplicação do fluido de corte usou uma motobomba com capacidade de 8 L/min atuando com uma pressão de 2,3 bar.

O Quadro 1 apresenta os parâmetros utilizados nos ensaios.

Quadro 1 – Parâmetros utilizados nos ensaios.

Ensaio	Velocidade de corte (m/min)	Avanço da ferramenta (mm/rot)	Uso de fluido de corte
1	220	0,10	Não
2	220	0,10	Sim
3	220	0,15	Não
4	220	0,15	Sim
5	220	0,20	Não
6	220	0,20	Sim
7	220	0,25	Não
8	220	0,25	Sim
9	220	0,30	Não
10	220	0,30	Sim

Fonte: Dados da pesquisa.

Para cada ensaio realizado, foi medida a Rugosidade Média (Ra) de cada peça, avaliadas com um rugosímetro Mitutoyo modelo SJ-310.

3 Resultados e Discussão

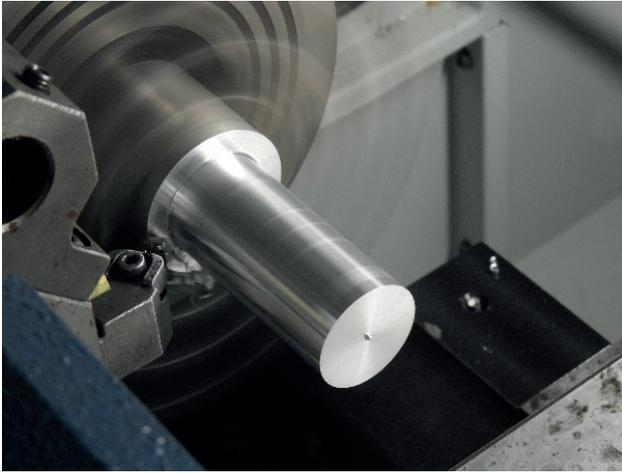
O resultado da análise de Espectrometria de Massa está apresentado no Quadro 2. Pode-se perceber, pelos percentuais dos elementos químicos presentes na amostra, que o material escolhido para a usinagem se tratava de um alumínio comum, composto basicamente por 97,75% de alumínio e traços de outros elementos químicos. Como há a presença de elementos químicos diferentes do alumínio, porém em quantidades minoritárias, estes não interferem de forma significativa nos parâmetros de usinagem escolhidos para o presente estudo.

Quadro 2 – Resultado da análise de Espectrometria de Massa.

Elemento	Quantidade (%)	Elemento	Quantidade (%)
Si	0,835	Co	< 0,0010
Fe	0,296	Ga	0,0088
Cu	0,092	In	0,013
Mn	0,469	Li	0,0018
Mg	0,415	Mo	0,0074
Cr	0,0086	Na	0,00093
Ni	< 0,0020	P	0,0021
Zn	0,020	Pb	< 0,0050
Ti	0,034	Sn	0,0021
Ag	< 0,00050	Sr	< 0,0010
B	0,0052	V	0,0077
Ba	< 0,0010	Zr	< 0,0020
Be	< 0,00030	Sb	< 0,0070
Bi	< 0,0030	Hg	< 0,0020
Ca	0,0016	Al	97,75
Cd	0,0015		

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura 2 pode-se visualizar uma imagem de uma das peças sendo usinada. A Figura 3 apresenta as peças finais.

Figura 2 – Peça sendo usinadas.

Fonte: Os autores.

Figura 3 – Peças após usinagem.

Fonte: Os autores (2018).

Após todas as peças serem usinadas foi medida a Rugosidade Média (Ra). A Figura 4 apresenta o rugosímetro utilizado neste estudo.

Figura 4 – Rugosímetro utilizado nas medições de Rugosidade Média.

Fonte: Os autores (2018).

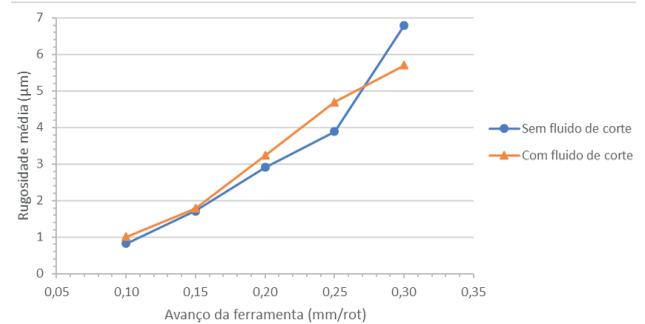
O Quadro 3 apresenta os resultados de Rugosidade Média das peças.

Quadro 3 - Resultados de Rugosidade Média das peças usinadas.

Avanço da ferramenta (mm/rot)	Rugosidade média (μm)	
	Sem fluido de corte	Com fluido de corte
0,10	0,826	1,010
0,15	1,711	1,786
0,20	2,913	3,237
0,25	3,886	4,693
0,30	6,798	5,704

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

A partir dos dados da Quadro 2, pode-se construir um gráfico para melhor visualização dos resultados (Figura 5).

Figura 5 - Gráfico de Rugosidade Média em função dos valores diferentes de avanço da ferramenta, sem e com fluido de corte.

Fonte: Dados da pesquisa.

Todos os ensaios foram realizados com velocidade de corte de 220 m/min. Pode-se observar que para a velocidade de corte utilizada, quanto maior o avanço da ferramenta, maior é a Rugosidade Média da peça resultante, tanto na presença quanto na ausência de fluido de corte. O avanço possui uma grande contribuição geométrica, já que este favorece o aumento da distância entre picos, no perfil de rugosidade, aumentando o valor da amplitude desta. Este aumento de Rugosidade Média com o aumento do avanço da ferramenta ocorreu para o caso do alumínio, porém com outros materiais a recíproca pode não ocorrer, como no caso de aço de baixo carbono.

A Norma NBR 8404/1984 faz uma abordagem sobre indicação do estado de Superfícies em Desenhos Técnicos. A mesma especifica que o valor da rugosidade Ra pode ser indicado pelos números da classe de rugosidade correspondente, variando-se de N1 a N12. Sendo assim, pode-se classificar as superfícies obtidas conforme os valores de Ra resultantes em classes de rugosidade, portanto quando se tem um desenho técnico de uma peça de alumínio a ser usinada, tem-se, a partir deste estudo, valores de parâmetros de usinagem para diferentes classes de rugosidade, conforme pode ser visto no Quadro 4.

Quadro 4 – Classificação dos valores de Ra conforme a Norma NBR 8404/1984.

Ensaio	Rugosidade média (μm)	Classificação conforme Norma NBR 8404/1984	Possíveis aplicações
1	0,826	N6	Assentos de rolamentos em eixos com carga pequena; cabeça de pistão.
2	1,010	N7	
3	1,711	N8	Superfícies usinadas em geral; eixos.
4	1,786	N8	
5	2,913	N8	
6	3,237	N8	Superfícies de referência de apoio.
7	3,886	N9	
8	4,693	N9	Superfícies desbastadas por operação de usinagem.
9	6,798	N10	
10	5,704	N9	

Fonte: Dados da pesquisa.

A usinagem com fluido de corte ou usinagem a seco de diferentes materiais resulta em acabamentos superficiais distintos, pois as características intrínsecas do material a ser usinado influenciam nas particularidades da superfície resultante. No caso do alumínio, pode-se perceber que os menores valores de Rugosidade Média se deram sem o uso de fluido de corte, ou seja, usinagem a seco. Isso deve-se, principalmente, devido ao fato do alumínio ser um bom condutor de calor, resultando numa maior dissipação do mesmo.

Porém, pela Figura 5, pode-se perceber que somente para o avanço de 0,30 mm/rot é que se obteve uma Rugosidade Média menor com fluido de corte (Ensaio10) do que usinado a seco (Ensaio 9). Isso pode ser explicado pelo fato de que quanto maior é o valor do avanço, menor é a pressão específica de corte e maior é a área de contato da ferramenta com o cavaco gerado. Portanto, a presença de fluido de corte na usinagem do alumínio com avanço da ferramenta igual ou superior a 0,30 mm/rot é recomendado, sendo essencial devido a sua característica de lubrificação para melhor escoamento do cavado gerado.

Outra observação que pode ser realizada é sobre o material da ferramenta de corte que foi utilizado. Neste trabalho optou-se pelo uso de ferramenta de metal duro, sendo que esta possui uma resistência térmica alta, ou seja, necessita-se de uma elevada temperatura para alterar a aresta de corte da ferramenta. Com os parâmetros de corte utilizados neste estudo, percebe-se que a usinagem a seco obteve-se, no geral, melhores resultados do que na usinagem com fluido de corte.

4 Conclusão

Os objetivos principais propostos do presente estudo foram alcançados, que era analisar a influência do avanço da ferramenta no acabamento superficial de peças de alumínio durante a usinagem cilíndrica externa, como também identificar se o uso de fluido de corte gera alterações significativas na Rugosidade Média final. Contribuindo para o

desenvolvimento dos processos de fabricação do setor metal mecânico, facilitando a definição de parâmetros de corte na usinagem de peças de alumínio.

Pela análise dos resultados pode-se concluir que para valores de avanço de ferramenta de até 0,25 mm/rot, com velocidade de corte de 220 m/min, a presença do fluido de corte na usinagem não apresentou melhoria no resultado final. Somente com avanço de 0,30 mm/rot a presença do fluido de corte se mostrou mais eficiente que a usinagem a seco, devido a maior área de contato do cavaco com a ferramenta, sendo então necessária a presença da característica lubrificante do fluido de corte utilizado.

Como sugestão de trabalhos futuros é interessante a realização de um estudo do desgaste da ferramenta de corte utilizada nas usinagens, para poder realizar um estudo econômico da utilização do fluido de corte.

Referências

- AMORIM, H.J. *Estudo da relação entre velocidade de corte, desgaste de ferramenta, rugosidade e forças de usinagem em torneamento com ferramenta de metal duro*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.
- AREFI, G.A. et al. A study on the effect of machining parameters in turning of lead alloy. *Materials Today Proceedings*, v.4, n.8, p.7562-7572, 2017.
- ABAL - Associação Brasileira do Alumínio. 2017. Disponível em: <<http://abal.org.br>>. Acesso em: 24 out. 2018.
- BINI, E.; RABELLO, I.D. *Manual prático de máquinas ferramentas*. São Paulo: Hemus, 2005.
- COLACO, G.A.; MEDEIROS, I.D.M. Análise da influência dos parâmetros de usinagem sobre a rugosidade no torneamento cilíndrico externo em corte a seco e com abundância de fluido de corte. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34., 2014, Curitiba-PR. Anais... João Pessoa: UFPB, 2014.
- DINIZ, A.E.; MARCONDES, F.C.; COPPINI, N.L. *Tecnologia da usinagem dos materiais*. São Paulo: Artliber, 2001.
- ESPANHOL, V. *Análise dos esforços de corte e acabamento superficial no torneamento de aço com ferramenta de superfície lisa e com quebra-cavaco*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.
- FERRARESI, D. *Fundamentos da usinagem dos metais*. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.
- KHARE, S.K.; AGARWAL, S. Optimization of machining parameters in turning of AISI 4340 steel under cryogenic condition using Taguchi technique. The CIRP Conference on Manufacturing Systems. V. 63, p. 610-614, 2017.
- OLIVEIRA, J.F.G.; ALVES, S.M. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando produção mais limpa como estratégia de gestão ambiental. *Produção*, v.17, n.1, p.129-138, 2007.
- RAZAK, M. A. et al. Electrical discharge machining on biodegradable AZ31 magnesium alloy using Taguchi method. *Procedia Engineering*, v.148, p.916-922, 2016.
- SATYANARAYANA, B.; REDDY, D. M.; NITIN, P. R. Optimization of controllable turning parameters for high speed dry machining of alloy: FEA and experimentation. *Materials Today Proceedings*, v.4, n.2, p.2203-2212, 2017.