

UTILIZAÇÃO DE FLUIDO DE CORTE À ALTA PRESSÃO NA USINAGEM DO AÇO INOXIDÁVEL ABNT 316

Vitor Tomaz Guimarães Naves, vitor@mecanica.ufu.br
Marcio Bacci da Silva, mbacci@mecanica.ufu.br

Resumo:

Este trabalho apresenta resultados obtidos durante a aplicação do fluido de corte à alta pressão na usinagem do aço inoxidável ABNT 316. Os resultados foram comparados com a usinagem a seco e com aplicação de fluido na forma de jorro. As pressões do fluido injetado à alta pressão foram de 10 MPa, 15 MPa e 20 MPa. As respectivas vazões a estas condições de pressões foram de 13,2 l/min, 16,8 l/min e 18,6 l/min. Já na condição a jorro a vazão foi de 4,2 l/min. Os jatos para aplicação de fluido de corte à alta pressão foram orientados para a superfície de saída da ferramenta e direcionados para a aresta de corte. Os testes foram realizados em um torno com comando numérico de 11 kW de potência no motor principal e faixa de velocidade de 3 a 3000 rpm. As ferramentas utilizadas foram pastilhas de metal duro da classe ISO K05, com tripla cobertura de Ti (C,N) + Al₂O₃ + TiN. A velocidade de corte foi de 300 m min⁻¹, o avanço de 0,2 mm/rev e a profundidade de corte de 1 mm foram mantidos constantes. Foram investigados nos testes de usinagem a vida da ferramenta, a forma e mecanismo de desgaste nas ferramentas. Os testes mostraram que o tipo de desgaste predominante foi o de ponta da ferramenta e o mecanismo de desgaste mais evidente foi o de adesão. Verificou-se que a pressão de 15 MPa foi a que melhor contribuiu para a usinagem, gerando o menor desgaste na ferramenta de corte, menores esforços de usinagem e um excelente controle de cavaco.

Palavras-chave: usinagem, fluido de corte, alta pressão, aço inoxidável

1. INTRODUÇÃO

Os fluidos de corte são comumente empregados em processos de fabricação com o objetivo de atender as necessidades de lubrificação e refrigeração durante a remoção de material. Tornam-se ainda fundamentais durante a usinagem de materiais exigentes, devido à intensidade do calor gerado nos planos de cisalhamento primário e secundário. Em se tratando de usinagem, as elevadas concentrações de energia térmica e as altas tensões cisalhantes geradas durante a formação do cavaco favorecem os mecanismos de desgaste em ferramentas de corte, o que pode levar à redução da vida útil da ferramenta, comprometer a integridade da superfície usinada e aumentar os esforços de usinagem, consequentemente o consumo de energia elétrica. A justificativa então para o uso de fluido de corte é retardar estes danos e beneficiar a qualidade do processo produtivo de uma forma geral.

Trent e Wright (2000) relatam que os fluidos de corte não devem apenas melhorar os processos de usinagem, mas também satisfazer uma série de outros fatores, como por exemplo, não pode ser tóxico ou ofensivo à saúde do operador; não deve apresentar risco de incêndio, não oferecer algum tipo de prejuízo ao sistema de lubrificação de máquinas ferramentas, não deve corroer ou manchar o material usinado, deve fornecer uma proteção contra corrosão à superfície do material usinado e para a máquina ferramenta e, logicamente ser de baixo custo para viabilizar sua aplicação.

Para Machado et al. (2009) a escolha apropriada de um fluido de corte deve recair naquele que possui composição química e propriedades corretas, para atacar as adversidades de um processo de corte específico. Deve ser aplicado usando um método que permite que o fluido alcance e chegue o mais próximo possível da aresta de corte, dentro da interface cavaco-ferramenta, para que ele possa exercer suas funções apropriadamente. Uma forma eficiente para este conseguir este acesso é aplicar jatos de fluido de corte à alta pressão direcionada para a superfície de saída ponta da ferramenta. Se o fluido for estrategicamente aplicado, à alta pressão e direcionados para a aresta de corte, poderá ser vantajoso em várias aplicações, podendo reduzir os esforços de usinagem, consequentemente diminuir a potência elétrica consumida pela máquina, melhorar o acabamento superficial e contribuir para precisão dimensional e geométrica de peças usinadas e favorecer o controle do cavaco.

O objetivo deste trabalho é apresentar resultados obtidos durante a usinagem do aço inoxidável ABNT 316 quando aplicado fluido de corte à alta pressão, na forma de jorro e durante a usinagem a seco, uma vez que a literatura especializada carece destas informações.

2. METOLOGIA E RESULTADOS

Os testes foram realizados pelo processo de torneamento cilíndrico externo em barras laminadas de 101,6 mm de diâmetro e 300 mm de comprimento. Foi utilizado um torno CNC da marca ROMI modelo 35D com 11kw de potência no motor principal e variação de velocidade de 3 a 3000 rpm. Os fluidos de corte foram aplicados com pressões de 10 MPa (100 bar), 15 MPa (150 bar) e 20 MPa (200 bar). Os valores das vazões para estas condições de pressões foram 13,2 l/min, 16,8 l/min e 18,6 l/min. A condição a jorro a vazão foi de 4,2 l/min.

O fluido de corte utilizado foi uma solução água e óleo vegetal com concentração de 5%. As ferramentas utilizadas foram pastilhas de metal duro da classe K, sem quebra-cavacos, revestidas por Ti (C,N) + Al₂O₃ + TiN pela técnica MTCVD. Os parâmetros de corte foram mantidos constantes com a velocidade de corte de 300 m.min⁻¹, avanço de 0,2 mm rev⁻¹ e profundidade de corte de 1 mm.

Os jatos de fluido de corte foram direcionados para a superfície de saída da ferramenta com o intuito de atingir a ponta da ferramenta, e consequentemente a aresta de corte. Utilizou-se uma unidade de alta pressão modelo HVC20 fabricado pela Kennametal. O porta ferramenta, específico para o uso de torneamento com alta pressão, também foi fabricado pela Kennametal. Na parte frontal do porta-ferramenta, aproximadamente 2 mm acima do plano da superfície de saída da ferramenta, há um orifício de 1,5 mm de diâmetro distanciado a 4 mm da ponta da aresta de corte. Os valores para estes comprimentos, apresentado no desenho da Fig. (1), foram extraídos do trabalho de doutorado de Machado (1990) que trabalhou com o mesmo modelo de unidade de bombeamento de alta pressão e com a mesma especificação de portas ferramentas daqueles adotados neste trabalho.

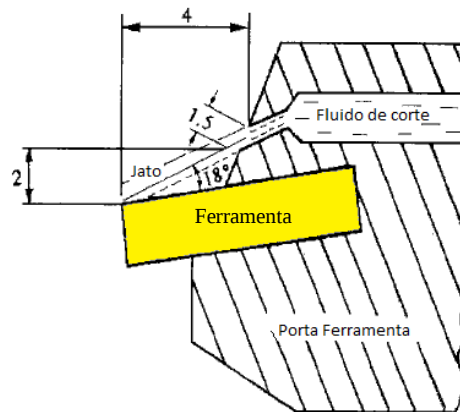


Figura 1. Geometria do porta ferramenta para aplicação do fluido de corte, dimensões em mm (Machado, 1991).

Na tabela 1 são apresentadas a vida da ferramenta até atingir um desgaste de ponta de 0,8mm. A Norma ISO 3685 (1997) estabelece como um dos critérios de fim de vida para ferramentas de aço-rápido, metal duro e cerâmica em operações de torneamento de acabamento o valor para o desgaste de ponta (*nose wear*) VC=1mm. Logo, optou-se em encerrar o teste quando o valor do desgaste de ponta atingisse o valor de 0,8mm por questões de segurança na operação do torno e pelo fato que quando o jato de alta pressão é injetado durante a usinagem, não é possível visualizar o processo de torneamento pela grande quantidade de névoas e respingos de fluido.

Tabela 01. Vida da ferramenta e volume de material removido para desgaste VC = 0.8mm.

	Seco	Jorro	10 MPa	15 MPa	20 MPa
Vida (min)	8,58	9,97	10,10	16,8	13,61
Volume (cm³)	302	328	345	420	390

Pelas informações apresentadas na Tab. (1) a ação lubrificante e refrigerante atuaram de forma eficiente, de forma que esta ação pode ter reduzido o atrito de contato entre ferramenta-peça, que por sua vez contribuiu na dissipação do calor gerado na zona de cisalhamento. O valor da pressão que forneceu menores valores de desgaste foi a 15 MPa. Ezugwu et al (2005) e Da Silva (2006) explicam que nem sempre a aplicação da maior pressão refletirá no aumento da vida da ferramenta. Nota-se por esta tabela que a vida da ferramenta para pressão de 15 MPa foi superior à de 20 MPa. Os autores relatam que, se o jato ultrapassar um determinado valor de pressão, nomeado de pressão crítica, levará à uma perda da capacidade do fluido de retirar calor à medida que aumenta a velocidade do jato. À medida que a pressão do fluido aumenta, consequentemente aumentando a velocidade do jato, existe menos tempo de contato do fluido com interface peça-ferramenta, resultando em perda da capacidade de resfriamento da ferramenta.

Foram observados, em análises feitas em um microscópio eletrônico de varredura da marca Hitachi modelo TM 3000, os mecanismos de desgastes das ferramentas, quando as mesmas atingiram o desgaste ponta acima de 0,8 mm. Verificou-se que o mecanismo de desgaste mais evidente foi o de adesão. Atribui-se a este fato que o fluido de corte à alta pressão contribuiu na redução da presença de material aderido nas arestas de corte das ferramentas, favorecendo a diminuição da evolução deste desgaste. Pelas imagens feitas no microscópio eletrônico de varredura, é possível verificar que o desgaste na ferramenta quando aplicado fluido em jorro, fig. (2), foi mais evidente quando comparado ao desgaste na ferramenta após a usinagem com fluido aplicado com 15 MPa. Por meio destas imagens é possível notar a presença do material, de coloração mais clara, que possa ser o material da peça aderido na aresta de corte. Entretanto, para confirmar que trata-se de material da peça aderido é necessário que seja informado paralelamente a composição química da região de cor mais clara.

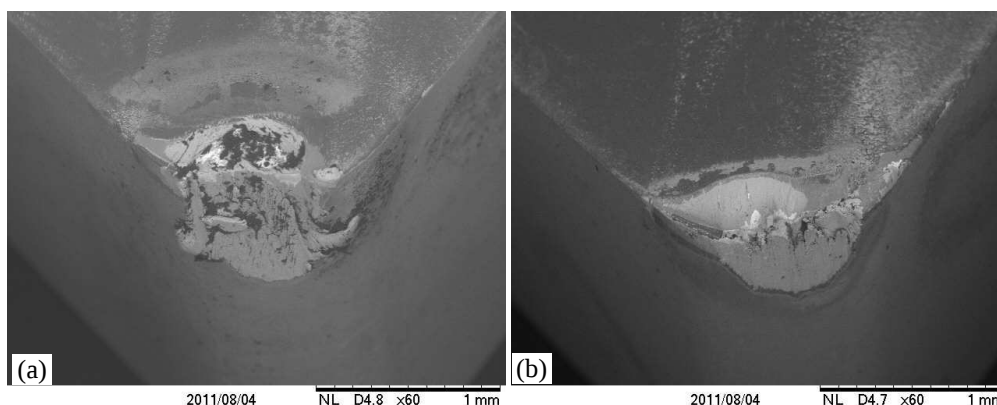


Figura 2. Desgastes nas ferramentas de corte com a aplicação de fluido na forma de jorro (a) e com aplicação de fluido com 15 MPa de pressão (b).

3. CONCLUSÕES

As conclusões que podem ser extraídas deste trabalho são:

- Para as condições de lubri-refrigeração avaliadas o fluido de corte quando aplicado à alta pressão apresentou ser a melhor opção para aumentar a vida da ferramenta.
- A pressão de 15 MPa foi, em média, a que apresentou os menores valores de desgaste na ponta da ferramenta. Os maiores valores de desgaste ocorreram para as condições a seco e a jorro.
- O principal tipo de desgaste que prevaleceu foi o de ponta da ferramenta. Porém, foi registrada a ocorrência do desgaste de flanco, entalhe e de cratera.
- O mecanismo de desgaste mais evidente, ao fim de vida da ferramenta, foi o de adesão. Porém está sendo realizado uma investigação, através de análises em EDS (espectroscopia de energia dispersiva), para comprovar a composição química do material aderido na aresta de corte. Estes resultados serão divulgados em futuras publicações em periódicos científicos.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pelas agências de fomento: FAPEMIG, Capes e CNPq. Agradecem também à empresa *Blaser Swisslube* do Brasil Ltda pela doação do fluido de corte utilizado nesta pesquisa.

5. REFERÊNCIAS

- EZUGU, E. O., Da SILVA, R. B., BONNEY, J., MACHADO, A. R., Evaluation of the performance of CBN tools when turning Ti6Al4V alloy with high pressure coolant supplies, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 45 (2005) 1009 – 1014.
- DA SILVA, R. B., High Pressure Coolant Supply Technology in Finishing Turning of Ti-6Al-4V alloy with various Cutting Tools, 2006, 311 p. Ph.D. Thesis, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brazil.
- MACHADO, A.R., 1990, Machining of Ti6Al4V and Inconel 901 with a High Pressure Coolant System, PhD Thesis, University of Warwick, Coventry, England, UK, 288p.
- MACHADO, A.R., COELHO, R.T., ABRÃO, A.M, Da SILVA, M.B., 2009, Teoria da Usinagem dos Materiais. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 384 p.
- TRENT, E. M.; WRIGHT, P. K. Metal Cutting, 4th Edition, Butterworths – Heinemann. Londres, 2000, 446 p.