

**Tecnologia, inovação e sustentabilidade:  
50 anos de Cursos de Tecnologia no Brasil.**

**Avaliação da influência da mínima quantidade de lubrificante no  
torneamento em acabamento**

Vitor Marcelo Costa Halcsik<sup>1</sup>, Kleberson Cartolari de Souza<sup>2</sup>; Ítalo Oliveira  
Almeida<sup>3</sup>

**Resumo** - O objetivo deste trabalho é avaliar a influência do sistema de lubrificação MQL no desempenho de ferramentas de Cermet durante o torneamento em acabamento aço ABNT 1045. Foram avaliados o acabamento da superfície usinada e a forma do cavaco sob as seguintes condições: torneamento contínuo a seco e com refrigeração em mínimas quantidades de lubrificante (MQL), com velocidade de corte de 330 m/min, avanço de 0,18 mm/rot e profundidade de usinagem de 1 mm. De modo geral, os resultados indicaram que o sistema MQL oferece melhoria no desempenho.

**Palavras-chave:** Torneamento, Cermet, aço ABNT 1045, MQL.

**Abstract** - The objective of this work is to evaluate the influence of the MQL lubrication system on the performance of Cermet tools during ABNT 1045 steel finishing turning. The machined surface finish and chip shape were evaluated under the following conditions: continuous dry turning and with minimum lubricant cooling (MQL), cutting speed 330 m/min, feed rate 0.18 mm/rot and machining depth 1 mm. Overall, the results indicated that the MQL system offers performance improvements.

**Keywords:** Turning, Cermet, ABNT 1045 steel, MQL.

---

<sup>1</sup> Faculdade de Tecnologia de São Paulo – vitor.halcsik@fatecsp.br

<sup>2</sup> Faculdade de Tecnologia de São Paulo – klebersoncartolari@fatecsp.br

<sup>3</sup> Faculdade de Tecnologia de São Paulo – italoalmeida@fatecsp.br

## 1. Introdução

Atualmente as indústrias de manufatura metalmeccânica enfrentam o desafio de reduzir os impactos ambientais. Uma ação que pode ser considerada é a redução da utilização dos fluidos de corte que além de representar uma grande fonte de resíduos são parte importante dos custos de manufatura podendo chegar a 17%, os quais vem aumentando nos últimos anos devido as obrigações impostas pelas legislações nacionais e internacionais (Tasdelen et al., 2008; Braga et al., 2002). A técnica de mínima quantidade de lubrificante (MQL) é uma possibilidade interessante pois associa algumas características da refrigeração abundante a um baixíssimo consumo de fluido lubrificante.

## 2. Referencial Teórico

A técnica MQL consiste na atomização de uma quantidade mínima de fluido, distribuídos na região de corte através de um jato de ar comprimido geralmente com pressão entre 0,06 e 0,8 MPa. A vazão do fluido pode variar entre 10 e 150ml/h, de acordo com o processo e o material a ser usinado, valor muito baixo se comparado as vazões do sistema de jorro, que são em média, superiores a 1000l/h (Walker, 2015). A função de lubrificação é garantida pelo fluido e a de refrigeração, ainda que pequena, pelo jato de ar comprimido. A pequena quantidade de óleo é suficiente para reduzir o atrito no corte, diminuindo a tendência à aderência em materiais com tais características.

Para que ocorra a usinagem é necessário que a ferramenta seja mais dura e que tenha uma geometria mais aguda do que o material a ser cortado. Entretanto a dureza nem sempre é o fator preponderante, outros aspectos como a tenacidade, a resistência a abrasão, ser inerte quimicamente, entre outros, devem ser levados em consideração (Machado et al., 2009). As exigências e necessidades da indústria metalmeccânica em relação a uma maior produtividade proporcionaram ao longo dos anos o desenvolvimento de novos materiais para ferramentas de corte, entre eles o MD (metal duro) e o Cermet (Stemmer, 2001). Existem ferramentas que abrangem uma ampla faixa de operações (uso geral) e apresentam desempenho satisfatório em todas elas, além de possuírem custo menor que as ferramentas para uso específico, que por vezes, podem apresentar excelentes resultados, mas a um custo elevado.

Sendo um dos objetos deste estudo o Cermet evoluiu muito, ainda que através de tentativas e erros. É um compósito de cerâmica e metal, sendo originalmente, composto de carboneto de titânio (TiC) e níquel (Ni). Porém os Cermets mais modernos não contêm o níquel como ligante, sendo substituído pelo cobalto (Co), possuem uma estrutura projetada de partículas-núcleo de carbonitreto de titânio (TiCN), uma segunda fase dura de nitreto de titânio (TiN), carboneto de nióbio (NbC), carboneto de tungstênio (WC), entre outros, possuindo assim melhor resistência ao desgaste, reduzida tendência a abrasão e alta estabilidade química, como desvantagem, possui menos força de compressão e resistência inferior a choques térmicos, em alguns casos recebe cobertura para melhorar a resistência ao desgaste (Tsuda, 2019; Klocke, 2011).

### 3. Método

O material de trabalho utilizado foi o aço ABNT 1045 com dureza média de 170 HB, na forma de barras cilíndricas de diâmetro 100 mm x 170 mm de comprimento. A composição química é mostrada na Tab. (1).

**Tabela 1.** Composição química do aço ABNT 1045 (em % peso)

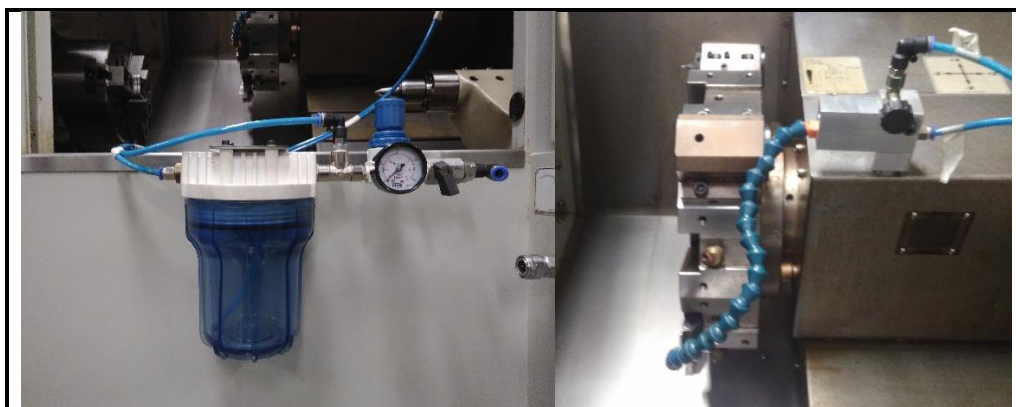
Elemento	C	Mn	Si	P	S	Cr	N	Al	Fe
Teor	0,46	0,81	0,25	0,013	0,032	0,14	0,054	0,028	balanço

Fonte própria

Os ensaios de torneamento foram realizados em um torno CNC Hardinge GS150 com 13 kW de potência e rotação máxima de 6000 rpm. A ferramenta utilizada é a de Cermet revestido classe ISO P01-P20 (Mitsubishi VP25N) código ISO CNMG 120408SY revestimento PVD para uso geral, montada em um porta-ferramentas com código ISO PCLNL 2020 K 12, o que resultou em um ângulo de posição  $\kappa_r=93^\circ$ , ângulo de saída  $\gamma_0= -6^\circ$  e ângulo de inclinação  $\lambda_s= -6^\circ$ .

A condição de corte utilizada foi a recomendada pelo fabricante da ferramenta, profundidade de usinagem de 1mm, avanço de 0,18 mm/rot com velocidade de corte de 330 m/min sem refrigeração, sendo os ensaios repetidos para a utilização da refrigeração MQL. A figura (1) apresenta o equipamento desenvolvido e construído na FATEC-SP, projetado para ser portátil pode ser instalado em qualquer máquina, o sistema foi ajustado com uma pressão de 0,07MPa para uma vazão próxima dos 50ml/h recomendados pela literatura. Para sua aferição foi utilizado uma proveta com graduação de 0,5 ml onde coletou-se o fluxo de fluido e ar por um período de 5 min, por 5 vezes, estimando a média da vazão em 45,6 ml/h. Foi utilizado óleo específico para MQL, o Quimatic Jet da empresa Quimatic Tapmatic.

**Figura 1.** Sistema de refrigeração de mínimas quantidades de lubrificante (MQL)



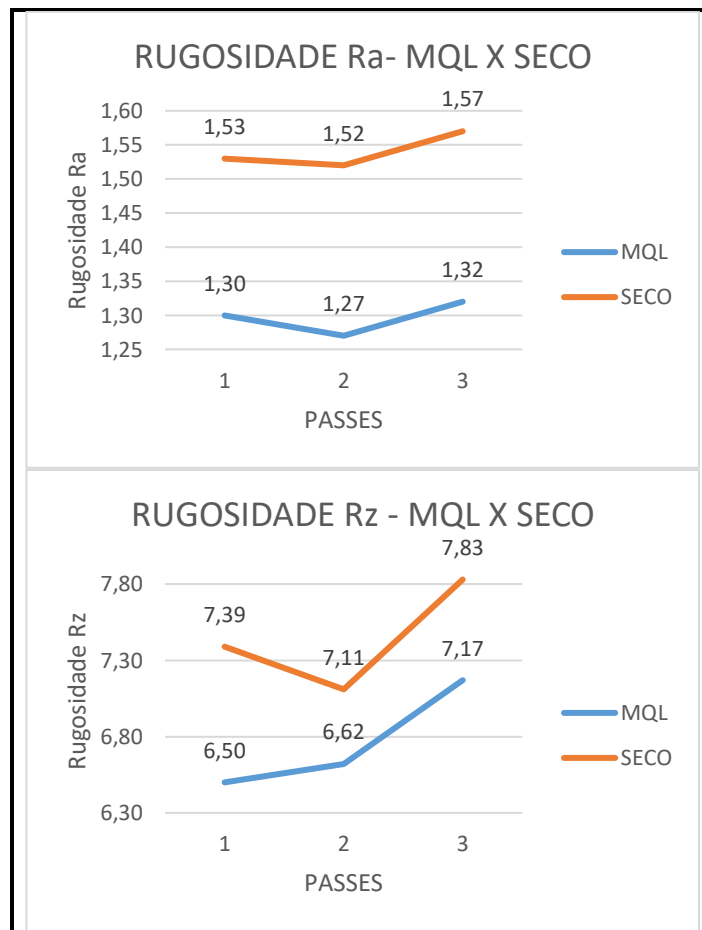
Fonte própria

Para a verificação do desgaste do flanco (VB) das ferramentas e registro das imagens dos cavacos foi utilizado um microscópio digital ligado a um PC, com software dedicado, Cooling Tech. Para imagens mais detalhadas foi usado o microscópio eletrônico de varredura JEOL, modelo JCM 6000, com ampliações de 40x. O desgaste foi avaliado periodicamente durante a execução dos testes, após o término de cada passe. Mediu-se o parâmetro de rugosidade Ra e o Rz (mais utilizados para torneamento, em acabamento) dos corpos de prova ao final de cada passe, sendo utilizado um rugosímetro portátil Mitutoyo, modelo SurfTest SJ-301.

#### 4. Resultados e Discussão

A Figura (2) representa as curvas de evolução da rugosidade dos corpos de prova na usinagem em função dos passes, para as condições a seco e com MQL. Observa-se que os valores de rugosidade para a usinagem com refrigeração estão abaixo dos valores para usinagem a seco, nota-se um ligeiro acréscimo à medida que a ferramenta se desgasta, tanto a seco quanto com refrigeração.

**Figura 2.** Evolução da Rugosidade na usinagem



Fonte própria

A Figura (3) apresenta a evolução da degradação na superfície de folga das ferramentas, visto que o número de passes não foi suficiente para provocar desgaste significativo, a ponto de medir o desgaste do flanco (VB), entretanto é possível notar uma diferença entre os passes na superfície de folga, onde o cavaco se choca com o inserto após a usinagem, devido as características do material o cavaco não se rompe rapidamente, deslizando pela superfície deixando material aderido.

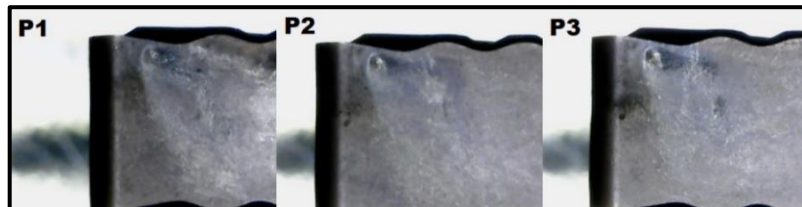
**Figura 3.** Evolução da degradação à seco.



Fonte própria

Na Figura (4) é possível visualizar o ponto onde o cavaco se choca com a ferramenta e observar o efeito do MQL pela menor adesão de material, visto que com a lubrificação, o cavaco desliza com menor atrito sobre a superfície de folga da ferramenta reduzindo a adesão.

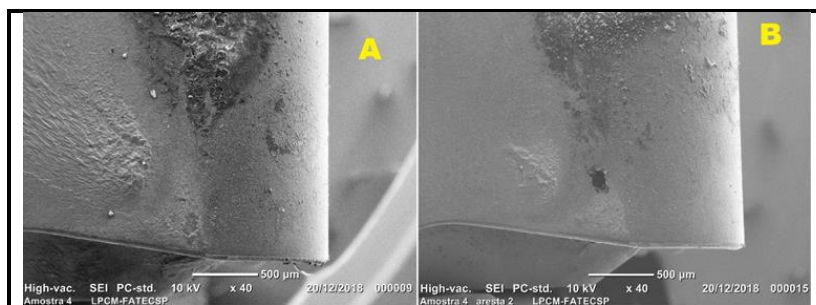
**Figura 4.** Evolução da degradação com MQL.



Fonte própria

A Figura (5) apresenta as fotos tiradas com o MEV onde observa-se os detalhes com mais clareza. Em (A) é possível ver a adesão de material à superfície de folga e em menor proporção em (B).

**Figura 5.** Fotos tiradas com o MEV: seco (A) e com MQL (B).



Fonte própria

A Figura (6) apresenta as imagens ampliadas 50x dos cavacos coletados após cada passe tanto a seco (acima) quanto com MQL (abaixo). Na usinagem a seco o cavaco apresenta inicialmente a forma de espiral curta, mas nos passes seguintes observa-se a tendência para a formação de cavacos em arcos conectados. Nos ensaios com MQL o cavaco inicia com a forma de arcos conectados e permanece com essa forma, ocorrendo uma variação na quantidade de arcos e eventualmente cavacos em hélice curta, efeito da refrigeração proveniente do jato de ar comprimido.

**Figura 6.** Cavacos coletados durante os ensaios a seco e com MQL.



Fonte própria

## 5. Considerações finais

Conclui-se que em relação ao torneamento em acabamento com Cermet o sistema MQL, possibilita a produção de peças com uma rugosidade menor e que a severidade do processo na usinagem a seco causa um desgaste acelerado no Cermet. O MQL apresenta benefícios tanto para a ferramenta, quanto para a qualidade superficial da peça. Entretanto, torna-se necessário o aprofundamento do estudo quanto a vida da ferramenta a fim de verificar o desgaste de flanco (VB).

## 6. Agradecimento

Agradecemos o apoio da Faculdade de Tecnologia de São Paulo pelo uso dos laboratórios e da Mitsubishi Materials do Brasil pelos incertos fornecidos.

## Referências

Braga, D., Diniz, U., Miranda, A.E., Coppini, W.A., 2002. "Using a minimum quantity lubricant (MQL) and a diamond coated tool in the drilling of aluminum–silicon alloys". *Journal of Materials Processing Technology*, n. 122, pg. 127-138.

Klocke, F., 2011, *Manufacturing Processes 1: Cutting*. RWTH edition-Springer, Berlin

Machado, A.R., Abrão, A.M., Coelho, R.T., Silva, M.B. 2009. *Teoria da Usinagem dos Materiais*. Editora Blucher, São Paulo, 1ª. ed.

Stemmer, C.E., 2001, *Ferramentas de Corte I*. Editora UFSC, Florianópolis, 5ª Edição

Tasdelen, B., Wikblom, T., Ekered, S., 2008. "Studies on minimum quantity lubrication (MQL) and air cooling at drilling". *Journal of Materials Processing Technology*, n. 200, pg. 339-346.

Tsuda, K., *History of Development of Cemented Carbides and Cermet*, Disponível em << <https://global-sei.com/technology/tr/bn82/pdf/82-03.pdf> >>. Acesso em 01 jul 2019

Walker, T., 2015. *The MQL Handbook*. Unist Incorporation, Grand Rapids, V1.0.7