

ANÁLISE COMPARATIVA DA VIDA DA FERRAMENTA DE CORTE NO TORNEAMENTO CONVENCIONAL E DE ALTO AVANÇO DE UM AÇO BAIXO CARBONO LIGADO AO MANGANÊS

Mauricio Belchor Barcelos

Diego Tolotti de Almeida

Bruning Tecnometal Ltd., Panambi, RS, Brasil.

mbelchor@hotmail.com, diegot@bruning.com.br

Felipe Tusset

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, RS, Brasil

felipe.tusset@unijui.edu.br

Cristiano José Scheuer

Grupo de Tecnologia e Mecânica dos Materiais. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

cristiano.scheuer@ufsm.br

Resumo: A vida de ferramenta de corte possui um impacto significativo nos custos finais do produto usinado. Assim, é fundamental que sejam estabelecidos critérios para definir o término da sua vida útil, de modo a mitigar os efeitos do seu desgaste e avarias sobre a qualidade geométrica da peça manufaturada. Essa necessidade é ainda mais marcante no caso das operações de usinagem em materiais com uma alta densidade de defeitos superficiais, como aqueles processados previamente por operações de corte térmico. Neste sentido, neste trabalho é avaliada, de maneira comparativa, a vida das ferramentas convencional e de alto avanço no torneamento de buchas de aço ABNT NBR 6655 grau LN280, com perfil gerado por corte térmico a plasma. Os ensaios de usinabilidade foram realizados empregando ferramentas de metal duro classe P, com um revestimento triplex base de $TiCN+Al_2O_3+TiN$ depositados sobre o flanco, e duplex a base de $TiCN+Al_2O_3$ aplicados sobre a superfície de saída. Para a avaliação do desempenho de ambas as ferramentas, fixou-se um valor padrão de profundidade de corte (1,5 mm) e foram variadas a velocidade de corte (140, 160 e 200 m/min) e o avanço (0,2; 0,3 e 0,4 mm/rev no torneamento convencional, e 0,5; 0,75 e 0,82 mm/ver no torneamento de alto avanço). Os resultados obtidos evidenciam que a adoção do torneamento de alto avanço leva a um menor desgaste e avariação da ferramenta de corte, porém produzem um pior acabamento na peça usinada.

Palavras-chave: Torneamento Convencional; Torneamento de Alto Avanço; Vida da Ferramenta; Acabamento da Peça.

1. INTRODUÇÃO

O incremento da produtividade das operações de fabricação por meio da otimização das condições de processamento, requer que sejam consideradas as alterações produzidas pelo processo de produção otimizado sobre as características do componente produzido. Neste sentido, no caso das operações de usinagem, é essencial que seja considerada a qualidade da superfície usinada como resultado de tais alterações, pois esta afeta drasticamente o desempenho, a longevidade, e/ou a confiabilidade do componente usinado. Falhas catastróficas promovidas por mecanismos de degradação potencializados por defeitos superficiais, são invariavelmente dependentes da qualidade da superfície usinada. Por essa razão, a integridade da superfície usinada de componentes críticos não pode ser negligenciada (Oliveira *et al.*, 2021).

A integridade superficial constitui um parâmetro de qualidade das superfícies usinadas. Esta é quantificada pela avaliação das características mecânicas, metalúrgicas e/ou topológicas da superfície e sub-superfície do componente usinado (Clavier *et al.*, 2020). A sua avaliação oportuniza a identificação de potenciais defeitos que possam catalisar os mecanismos que conduzem às falhas catastróficas dos componentes durante operação, possibilitando também a redução dos custos com manutenção e substituição destes elementos quando avariados (Favero *et al.*, 2019). A integridade superficial também interfere nas operações subsequentes de fabricação. Dessa forma, operações que produzem a modificação da microestrutura, influenciarão sobre o desempenho da ulterior operação de usinagem (Barcelos, 2022^a).

No caso dos processos de não convencional utilizando energia térmica, como o corte a plasma, as modificações produzidas não se limitam à superfície e sub-superfície das arestas de corte, modificando também a topografia do componente usinado (Wood, 1994). Essas mudanças resultam em variações locais na rugosidade e textura superficial, e nas propriedades mecânicas da zona afetada pelo corte; devido à introdução/ modificação dos perfis de tensões residuais nas áreas próximas as arestas de corte (Thomas, 2011; Kirkpatrick, 1994). Para além dos efeitos desses fenômenos sobre o acabamento e desempenho do componente usinado, estes também produzem uma redução significativa na vida útil da

ferramenta caso o componente seja submetido a operações subsequentes de usinagem com ferramentas de geometria definida (Kim *et al.*, 2020).

Neste sentido, mapeando-se os processos produtivos de uma empresa metalmeccânica, identificou-se que o maior consumo de ferramentas de corte ocorre em operações de usinagem de buchas usadas como suporte de mancais de rolamento que integram implementos agrícolas e rodoviários. Estas buchas são “recortadas”, a partir de chapas grossas de aço, utilizando o processo a plasma. Devido ao baixo acabamento resultante desta operação, as buchas são submetidas a operação de torneamento para o acabamento dos seus diâmetros internos e externos. Como a zona afetada pelo corte térmico localiza-se dentro do perímetro da profundidade de usinagem adotada, os defeitos existentes na zona promovem um rápido desgaste da ferramenta durante a operação. Visando contribuir com este tópico, esta pesquisa teve como propósito estudar o desempenho da ferramenta de corte no torneamento convencional e de alto avanço do referido componente.

Cabe destacar que a realização de operações de torneamento em componentes previamente cortados a plasma não constitui uma rota usual de fabricação. Dessa forma, a literatura é carente de estudos que identifiquem o efeito das modificações superficiais produzidas pelo processo de corte a plasma sobre a usinabilidade da zona afetada pelo corte térmico, o que justifica a realização deste trabalho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado neste estudo constitui o aço baixo carbono ligado ao manganês classe ABNT NBR 6655 Grau LN 280. Este material é fornecido comercialmente na forma de placas laminadas a quente. Estas placas possuem largura e comprimento com dimensões de 2000×4000 mm, e espessuras de 25. A composição química nominal deste material (fornecida pelo fabricante), e a real determinada pela técnica de (espectroscopia de emissão óptica), são informadas na Tabela 1. Utilizando o processo de corte a plasma, a partir das placas de aço foram cortadas peças com geometria cilíndrica, conforme esquema mostrado na Figura 1. Os parâmetros adotados para executar o corte a plasma são informados na Tabela 2.

Tabela 1. Composição química (em %wt.) real e nominal do aço ABNT NBR 6655 grau LN280.

Fonte	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	V	Nb	Ti
Real	0,202	1,206	0,019	0,005	0,180	0,011	0,015	0,002	0,001	0,001
Nominal	0,22 _{máx}	0,6-1,5	0,03 _{máx}	0,025 _{máx}	0,4 _{máx}	0,03 _{máx}	0,60 _{máx}	0,15 _{máx}	0,05 _{máx}	0,05 _{máx}

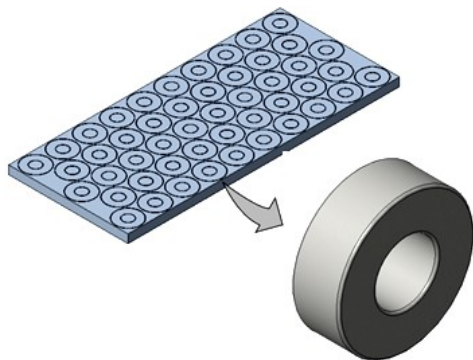


Tabela 2. Condições de realização do corte a plasma.

Espessura da placa	25 mm
Máquina/Modelo	Messer/Multitherm 400
Tensão	158 V
Corrente	260 A
Velocidade de corte	1560 mm/min
Gás de perfuração	Oxigênio
Gás de corte	Ar comprimido
Vazão	8 – 9 Bar
Altura de corte	2,5 mm

Figura 1. Esquema ilustrando o perfil de corte realizado.

O trabalho foi dividido em duas etapas: análise do efeito das condições de corte sobre a evolução do desgaste i) na classe de inserto adotado na operação de torneamento convencional; e ii) em uma nova classe de inserto concebida para condições de torneamento de alto avanço. Na etapa ‘i’ (torneamento convencional) foi empregado o inserto trigonal de metal-duro modelo WNMG 08 04 12-PR 4315 da marca Sandvik Coromant, acoplado a um porta-ferramentas também da marca Sandvik Coromant modelo MWLNR 2525M 08. Na etapa ‘ii’ (torneamento de alto avanço) foi aplicado o inserto rômbico de metal-duro modelo CP-B1108-H3 4425 também da marca Sandvik Coromant, acoplado a um porta-ferramenta da marca Sandvik Coromant modelo CP-25BR-2525-11.

Ambos os insertos são feitos de metal duro classe P (cuja aplicação é recomendada à usinagem de aços ou de materiais que produzem cavacos longos), sendo constituído por carboneto de tungstênio (WC) e adições de carbonetos de Ti, Ta e/ou Nb, aglomerados em uma matriz de cobalto. Os insertos contam com revestidos nanométricos com coberturas, nesta ordem, de TiCN, Al₂O₃ e TiN sobre o flanco, e TiCN e Al₂O₃ sobre a superfície de saída; em ambos os casos aplicadas através de processo de deposição química em fase de vapor (CVD).

Os parâmetros adotados são informados na Tabela 3. Na Tabela 3 também são indicados os máximos valores do desgaste de flanco (V_B) para cada inserto, conforme especificação da norma ISO 3685. O desgaste de cratera não foi considerado como critério de fim de vida da ferramenta devido à dificuldade para sua quantificação. A referida norma especifica procedimentos recomendados para execução dos ensaios de vida da ferramenta (de aço rápido, metal duro ou

cerâmica) de ponta única, para execução de operações de torneamento de metais ferrosos (aços e ferro fundidos). As recomendações da referida norma podem ser aplicadas tanto em ensaios laboratoriais quanto em práticas de produção.

Tabela 3. Condições de corte adotadas nos experimentos realizados.

Condições	v_c (m/min)	f_n (mm/rev)	a_p (mm)	V_B (mm)
Torneamento convencional	140	0,2	1,5	0,6
	160			
	200			
	140	0,3		
	160			
	200			
	140	0,4		
	160			
	200			
Torneamento alto avanço	140	0,5	1,5	
	160			
	200			
	140	0,75		
	160			
	200			
	140	0,82		
	160			
	200			

Como foram adotadas duas ferramentas de corte com geometrias distintas, foi necessária a adoção de estratégias e trajetórias distintas para cada aplicação. Neste sentido, para a ferramenta da condição “i”, foi aplicada uma trajetória de torneamento longitudinal, sentido ponto → placa (Figura 2a), usando avanço de corte e velocidade de corte constantes ao longo de todos os movimentos. Já para a condição “ii”, a trajetória da ferramenta é modificada, sendo que o movimento principal de corte se dá no sentido placa → ponto (Figura 2b). Em ambos os casos, o avanço de corte no movimento de penetração na peça foi fixado em 0,25 mm/rot.

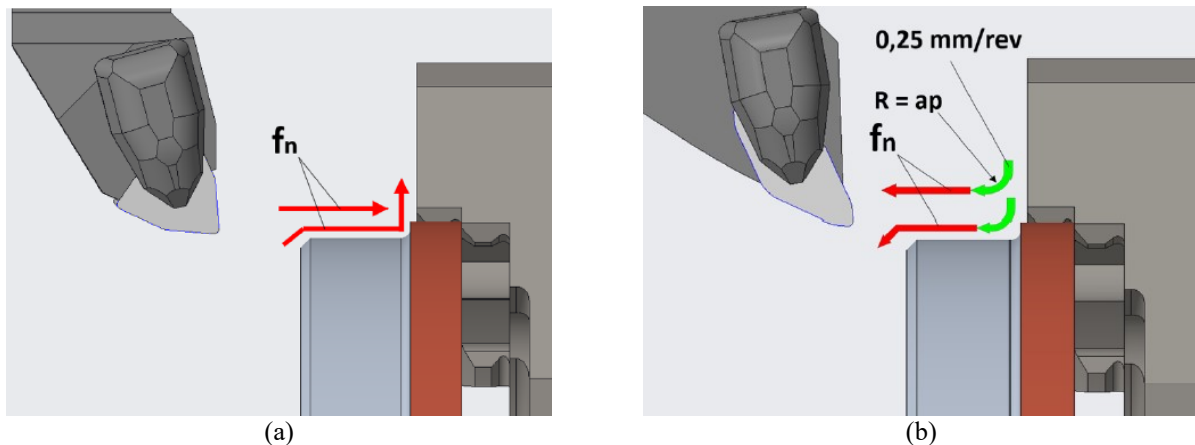


Figura 2. Trajetória da ferramenta na usinagem em torneamento convencional (a) e em alto avanço (b).

Para realização deste estudo adotou-se um centro de torneamento CNC da marca Mazak modelo Quick Turn Smart 200M, que opera sob rotação máxima de 5000 rpm e potência máxima no fuso de 18,5 kW. As buchas foram fixadas no centro de torneamento utilizando uma placa universal da Marca Kitagawa modelo B-208 de três castanhas, acionada pneumáticamente.

O meio lubri-refrigerante empregado foi do fluido de corte da marca Blaser Swisslube classe Synergy 905, que constitui um fluido de corte sintético, isento de adições de cloro e óleo mineral. Este fluido é recomendado para uso em condições de usinagem de alto desempenho, tanto em operações de usinagem leve e severa de ferros fundidos e aços.

A evolução do desgaste de flanco em função do número (N) de buchas usinadas foi medida utilizando um Microscópio Digital USB da marca Dino-lite, modelo AM3113T (com resolução de 640 × 480 pixels), utilizando uma ampliação de 35×. Para fazer a interface da lupa com o computador utilizou-se o software DinoCapture 2.0.

Para medição da rugosidade das superfícies usinadas foi utilizado um rugosímetro digital da marca Mitutoyo modelo SurfTest SJ-210 – 178-561-12A. Destaca-se que as medidas de rugosidade das peças usinadas foram realizadas sempre após a aresta de corte de cada inserto usar um número (N) de 15, 25 e 35 buchas para cada parâmetro de processo

adotado no presente estudo. Estes números foram escolhidos para gerar no inserto um desgaste superior ao limite estabelecido na norma ISO 3685 e manter o acabamento mínimo exigido para o componente.

Clarifica-se que a caracterização da integridade da superfície resultante do processo de corte a plasma é apresentada em Barcelos (2022)^b. Na sequência é descrito separadamente o desempenho de cada ferramenta avaliada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ferramenta convencional

A Figura 3 apresenta a evolução do desgaste de flanco da ferramenta convencional em função do número (N) de peças usinadas, para as diferentes velocidades de corte adotadas e avanços de (a) 0,2 (b) 0,3 e (c) 0,4 mm/rev. O aumento gradativo do desgaste de flanco observado, ocorrido em todas as condições de corte avaliadas, indica uma usinagem estável sem qualquer falha prematura da ferramenta de corte por lascamento ou quebra, confirmando a escolha adequada dos parâmetros de corte.

Analisando Figura 3 pode-se inferir que, conforme esperado, o aumento da velocidade de corte resultou em um desgaste mais rápido no flanco da ferramenta, para todas as condições de avanço de corte testadas. Efeito similar é observado tendo em vista o acréscimo do avanço. O incremento da velocidade de corte produz um acréscimo na temperatura da interface cavaco-ferramenta/ferramenta-peça. A elevação da temperatura, por sua vez, acelera os mecanismos de desgaste da ferramenta, e reduz a sua resistência mecânica (seu limite de escoamento, mais especificamente), fenômenos responsáveis pelo aumento da taxa de desgaste de flanco observada (Wang *et al.* 2021).

Nota-se que para velocidade de corte de 200 m/min (maior valor adotado), um aumento no avanço de 0,2 para 0,4 mm/rot promoveu uma diminuição no número de peças usinadas de, aproximadamente, 28 para 25; o que representa uma redução da ordem de 10%. Em contrapartida, tomando como referência o avanço de 0,4 mm/ver o aumento da velocidade de corte de 140 para 200 m/min produziu uma redução da ordem de 33 para 25, diminuindo em cerca de 24% o número de peças produzidas. Conforme esclarecido por Rosa *et al.* (2017), a progressão do desgaste da ferramenta de corte é influenciada fundamentalmente pela velocidade de corte, já que o aumento desta produz um acréscimo à energia imputada ao processo de usinagem, sem acrescer a área de troca de calor com a ferramenta. O incremento do avanço também produz um aumento da energia transferida à peça, entretanto, aumenta a área de troca de calor na ferramenta.

Cabe destacar que para todas as condições de velocidade de corte e avanço avaliadas, o critério de fim de vida da ferramenta foi atingido antes de serem usinadas as 35 peças tomadas como referência, evidenciando que a troca da ferramenta deverá ser efetuada prematuramente, de modo a não causar prejuízo ao acabamento da peça.

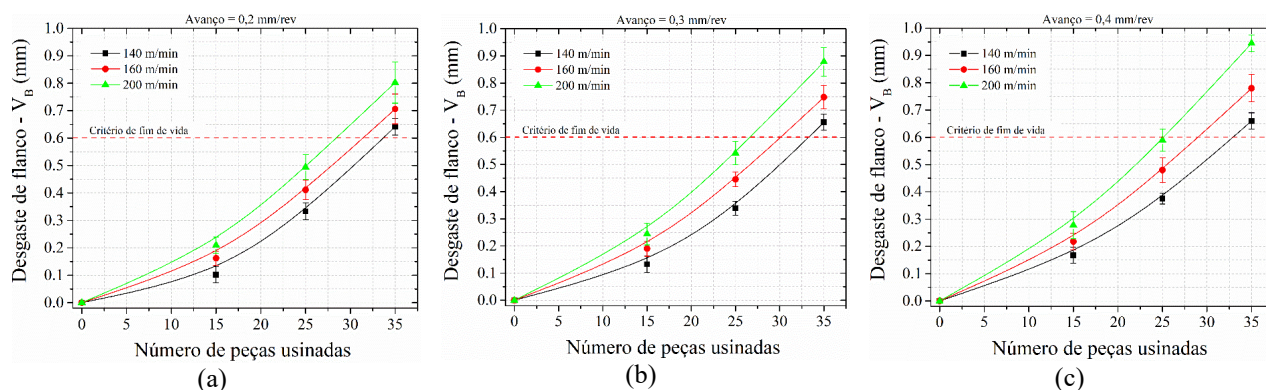


Figura 3. Evolução do desgaste de flanco da ferramenta convencional em função do número de buchas usinadas, para as diferentes velocidades de corte e avanços de (a) 0,2; (b) 0,3 e (c) 0,4 mm/rev.

Nas Figura 4 e Figura 5 são apresentadas imagens da cunha de corte das ferramentas convencionais, após estas atingirem o critério de fim de vida, sob as diferentes condições de usinagem avaliadas. A imagem comprova a magnitude crescente do dano com o incremento de ambos os parâmetros de influência. Nota-se claramente analisando a Figura 4 junto com a Figura 5 a inexistência da forma de desgaste por entalhe, prevalecendo o desgaste de flanco ao longo da aresta principal e ponta de corte. Destaca-se que o mecanismo de desgaste predominante na superfície de folga da ferramenta corresponde à abrasão; e na superfície de saída a adesão. Estes mecanismos de desgaste produzem o completo consumo das camadas de revestimento existentes na superfície de folga e de saída da ferramenta.

A Figura 6 retrata a progressão da rugosidade média (R_a) da superfície usinada utilizando as ferramentas convencionais, com o acréscimo da velocidade de corte para os valores de avanço de (a) 0,2 (b) 0,3 e (c) 0,4 mm/rev. Nota-se um aumento gradual da rugosidade com o acréscimo nos valores de ambos os parâmetros. Esse comportamento ocorre devido à ampliação do desgaste de flanco, conforme mostrado na Figura 4. É importante destacar que o acabamento superficial da peça usinada é influenciado pela relação entre o avanço de corte e o raio de ponta da ferramenta, de modo que quanto menor for o avanço e maior o raio de ponta da ferramenta, menor é a sua rugosidade e melhor o seu acabamento superficial (Shahabi; Ratnam, 2009; Grzesik, 2008; Das *et al.* 2015). Tendo em vista que o raio da ponta da ferramenta é

reduzido devido ao aumento da dimensão do desgaste de flanco, a rugosidade média da peça usinada sofre prejuízo. Destaca-se que todas as condições de corte avaliadas produziram uma rugosidade média inferior ao valor máximo estabelecido no projeto da peça de referência.

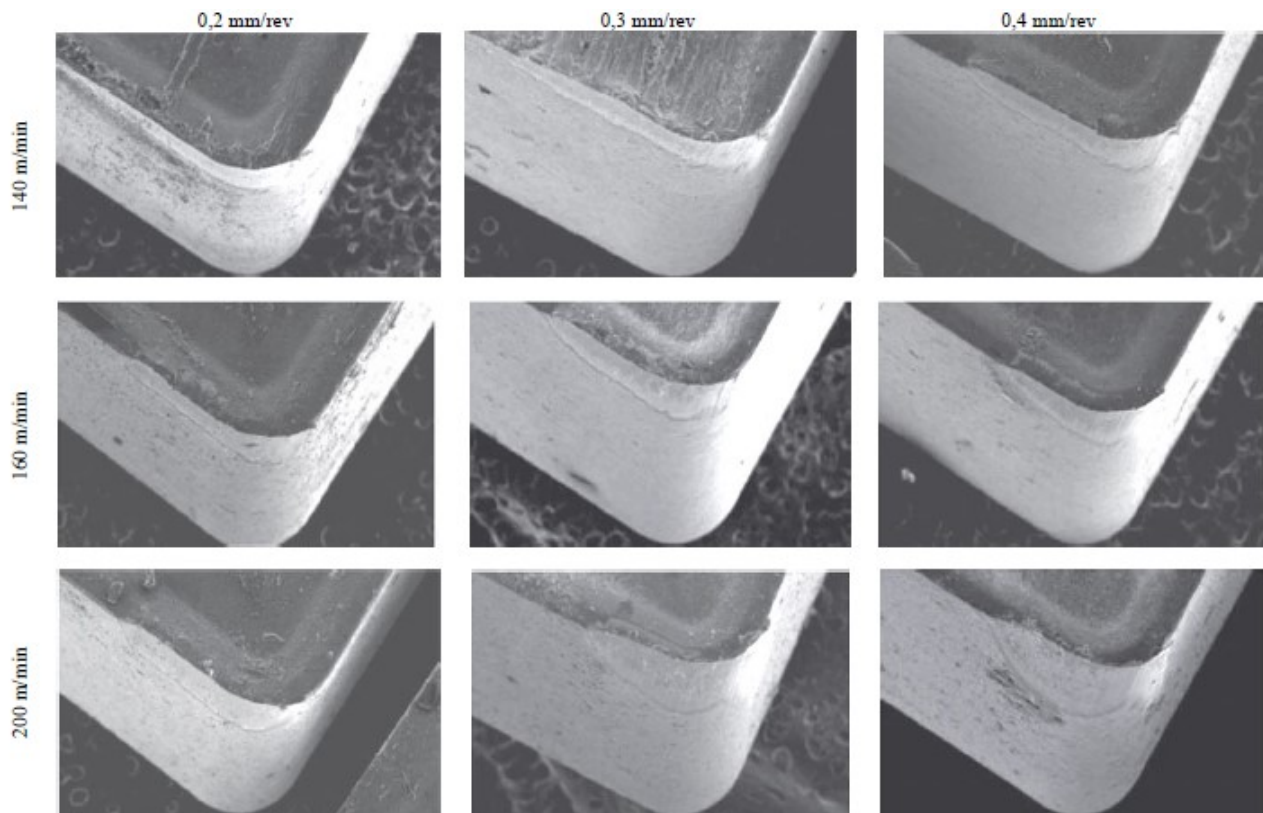


Figura 4. Fotomicrografias ilustrando o desgaste de flanco sofrido pela ferramenta convencional após atingir o critério de fim de vida especificado, para cada conjunto de parâmetros de corte avaliados. Aplicação de 35 $\times$.

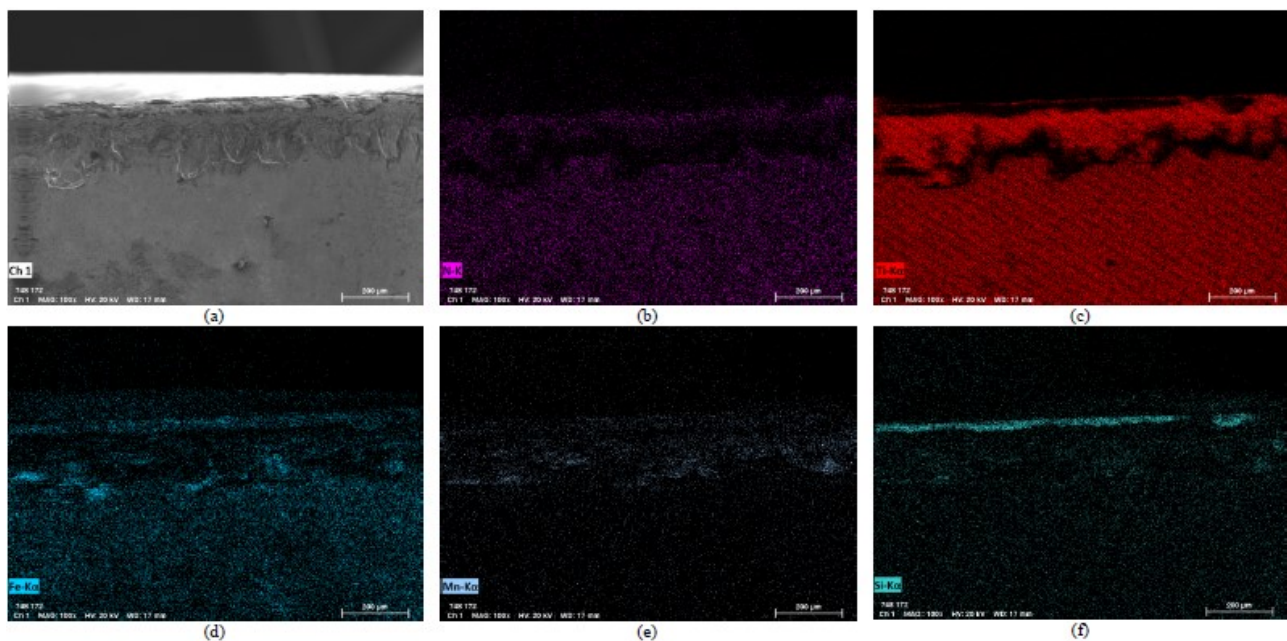


Figura 5. Fotomicrografias e mapas composicionais ilustrando os mecanismos de desgaste sofridos pelo flanco da ferramenta convencional após atingir o critério de fim de vida especificado, adotando uma velocidade de corte de 160 m/min e avanço de 0,3 mm/rev. Aplicação de 100 $\times$.

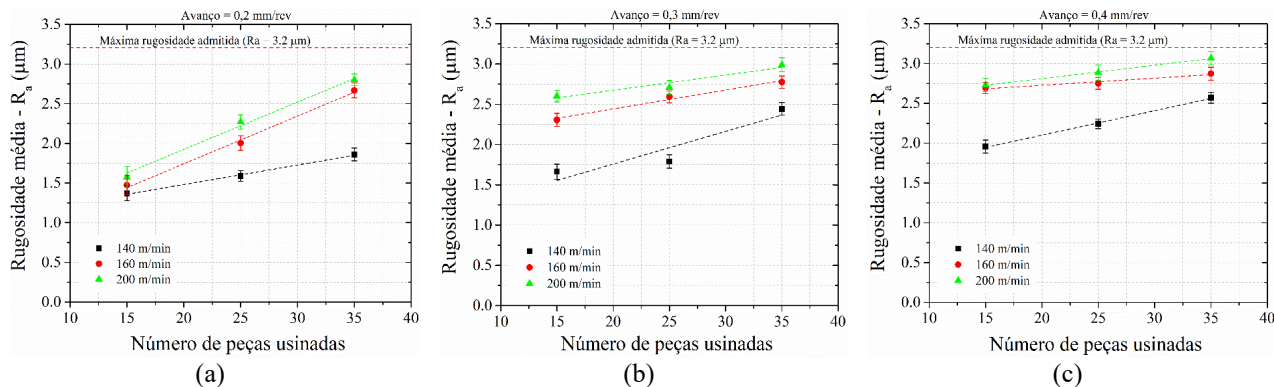


Figura 6. Evolução da rugosidade média (R_a) em função do número de buchas usinadas, para as diferentes velocidades de corte e avanços de (a) 0,2; (b) 0,3 e (c) 0,4 mm/rev, no torneamento convencional.

4.2 Ferramenta de alto avanço

A evolução do desgaste de flanco na ferramenta de alto avanço com o incremento da velocidade de corte, no mesmo intervalo de valores empregados nas análises realizadas com a ferramenta convencional, é mostrado na Figura 7 para os avanços de (a) 0,50 mm/rev (b) 0,75 mm/rev e (c) 0,82 mm/rev. Observa-se a manutenção do mesmo comportamento evidenciado na Figura 3, para a ferramenta convencional. Neste caso, entretanto, o acréscimo do desgaste de flanco com o incremento da velocidade de corte e do avanço é menos pronunciado. Essa afirmação é corroborada reproduzindo-se o comparativo previamente realizado, avaliando o acréscimo do desgaste com o aumento do avanço para uma velocidade de corte fixa, e para um avanço fixo com incremento da velocidade de corte. Neste sentido, tem-se:

- Para a velocidade de corte fixada em 200 m/min, um aumento no avanço de 0,5 mm/rot para 0,82 mm/rot promoveu uma diminuição no número (N) de peças usinadas da ordem de 30 para 27; o que representa uma redução de 10%; e
- para um avanço de 0,82 mm/rev o aumento da velocidade de corte de 140 para 200 m/min produziu uma redução da ordem de 32.5 para 27, diminuindo em cerca de 17% o número (N) de peças produzidas.

Comparativamente, o incremento do avanço para a velocidade de 200 m/min produziu no torneamento de alto avanço um desgaste de flanco praticamente da mesma ordem que aquele promovido no torneamento convencional, entretanto utilizando um avanço de corte $2\times$ superior. Fixando-se o avanço em 0,82 mm/rev, o aumento do desgaste de flanco produzido na ferramenta de alto avanço com o incremento da velocidade de corte entre 140 a 200 m/min foi 7% inferior quando comparado à ferramenta convencional, mesmo empregando um avanço superior a $2\times$. Esse resultado confirma a constatação previamente realizada, de que o incremento da velocidade de corte tem um maior impacto sobre o desgaste da ferramenta quando comparado àquele demonstrado pelo avanço.

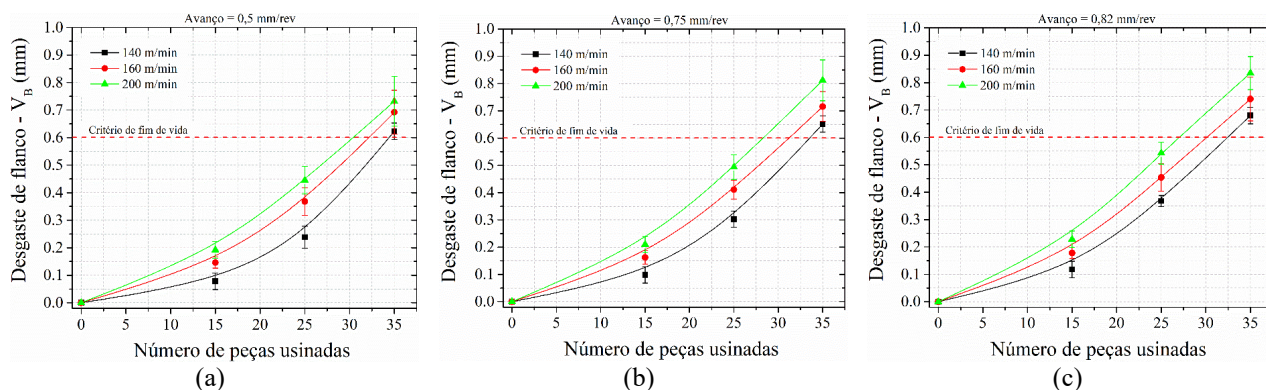


Figura 7. Evolução do desgaste de flanco da ferramenta de alto avanço em função do número de buchas usinadas, para as diferentes velocidades de corte e avanços de (a) 0,5; (b) 0,75 e (c) 0,82 mm/rev.

Nas Figura 8 e Figura 9 é mostrado, por meio de fotomicrografias e fotomicrografias, a magnitude do desgaste de flanco em função da velocidade de corte e do avanço para a ferramenta de alto avanço, após este atingir o critério de fim de vida. Estas imagens endossam os resultados apresentados na Figura 7, e mantém o mesmo padrão daquele evidenciado nas Figura 5 e Figura 6, no que concerne a incoerência da forma de desgaste por entalhe; e dos mecanismos de falha governando o desgaste de flanco e de cratera.

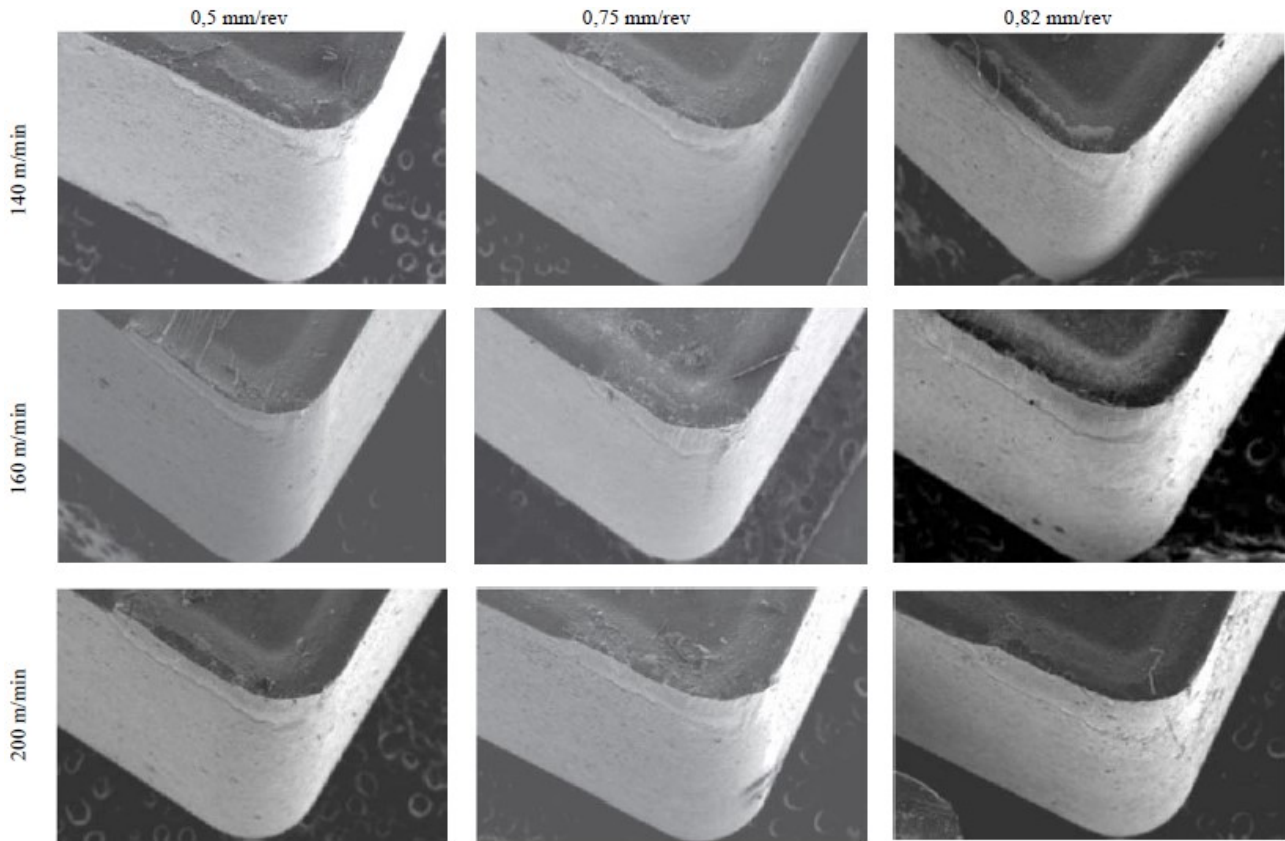


Figura 8. Fotomicrografias ilustrando o desgaste de flanco sofrido pela ferramenta de alto avanço após atingir o critério de fim de vida especificado, para cada conjunto de parâmetros de corte avaliados. Aplicação de 35 $\times$.

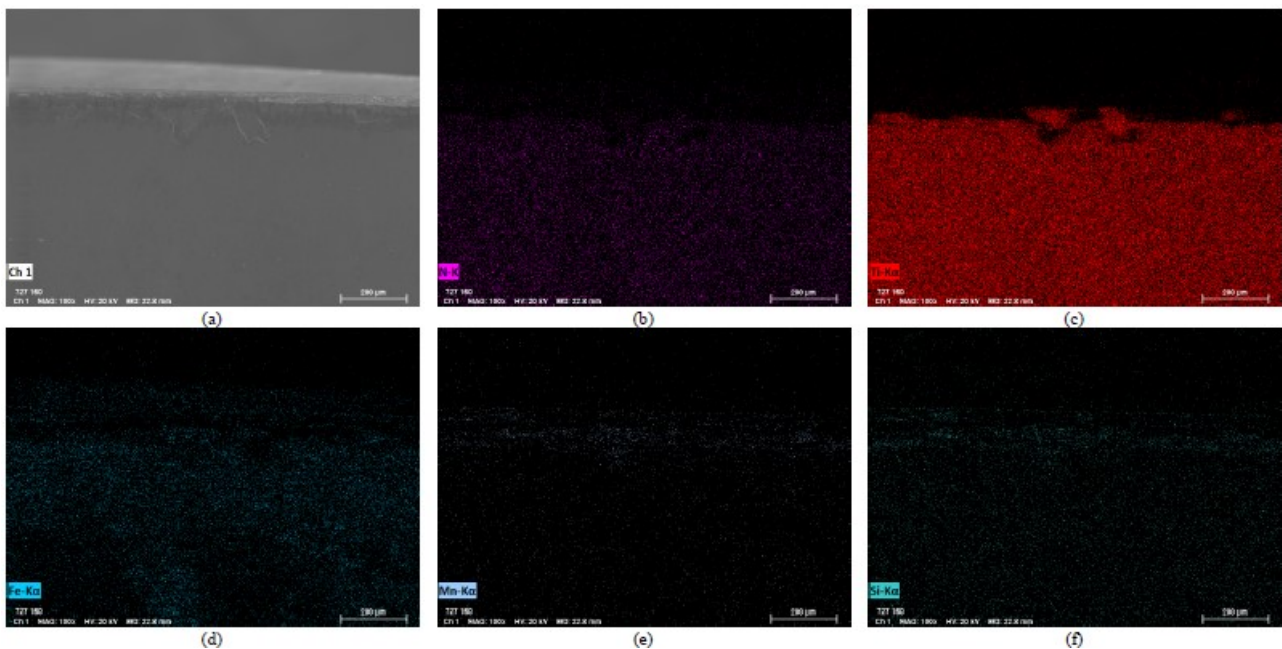


Figura 9. Fotomicrografias e mapas composicionais ilustrando os mecanismos de desgaste sofridos pelo flanco da ferramenta de alto avanço após atingir o critério de fim de vida especificado, adotando uma velocidade de corte de 160 m/min e avanço de 0,5 mm/rev. Aplicação de 100 $\times$.

Na Figura 10 é retratada a evolução a rugosidade média com o incremento do número (N) de peças usinadas no torneamento de alto avanço, adotando-se diferentes condições de velocidade de corte e avanço. Mantendo o padrão de comportamento esperado, a rugosidade média sofre acréscimo com o aumento do avanço e da velocidade de corte,

confirmando que o incremento desenfreado dos valores destes dois parâmetros pode trazer prejuízo à qualidade superficial da peça usinada. Assim, a rugosidade máxima especificada em projeto para o componente a ser usinado, constitui uma restrição à máxima taxa de remoção de material, governada principalmente pela velocidade de corte e pelo avanço de corte. Cabe destacar que especificamente no caso da ferramenta de alto avanço, todas as condições de corte avaliadas levam à uma rugosidade média superior à máxima estabelecida no projeto da peça de referência.

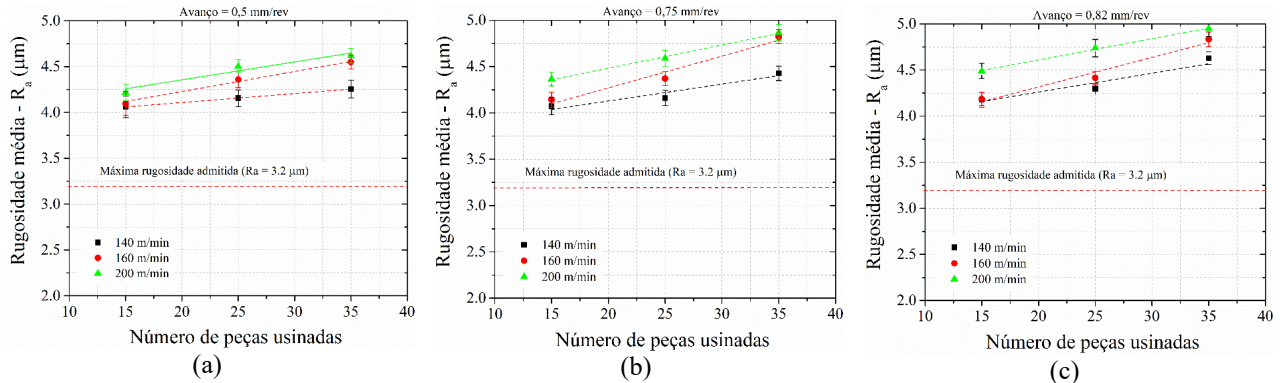


Figura 10. Evolução da rugosidade média (R_a) em função do número de buchas usinadas, para as diferentes velocidades de corte e avanços de (a) 0,5; (b) 0,75 e (c) 0,82 mm/rev no torneamento de alto avanço.

Na Figura 11 é mostrada a evolução da rugosidade média (R_a) com o desgaste de flanco das ferramentas convencionais e de alto avanço. O gráfico foi elaborado correlacionando os dados previamente apresentados nas Figura 3 e Figura 6 para o torneamento convencional, e nas Figura 7 e Figura 10 para o torneamento de alto avanço. Verifica-se claramente que a rugosidade média da superfície usinada cresce com o aumento de desgaste de flanco da ferramenta, conforme esperado. Nota-se, também, que esse acréscimo se dá de forma linearmente proporcional. É amplamente sabido que o desgaste de flanco modifica a geometria do corte, alterando a posição e forma da aresta de corte. Tal modificação é responsável pelo crescimento das irregularidades da superfície usinada com a evolução do desgaste de flanco da ferramenta.

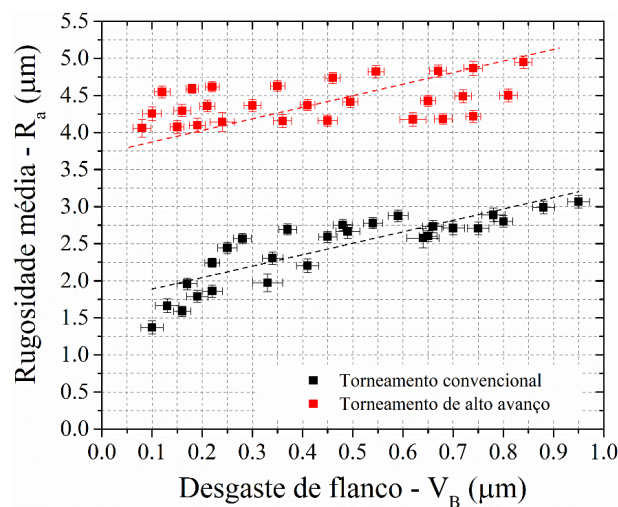


Figura 11. Rugosidade média em função do desgaste de flanco no torneamento convencional e de alto avanço

Nota-se igualmente pela análise da Figura 9 que o emprego da ferramenta de torneamento convencional produz valores de rugosidade média cerca de duas vezes menor que aquela gerada pelo uso da ferramenta de torneamento de alto avanço. Conforme amplamente sabido, a rugosidade média (R_a) no processo de torneamento é dependente do avanço (f) e do raio de ponta da ferramenta (r_e) segundo a Eq. (1). Com base na Eq. (1) e considerando os valores mais elevados de avanço empregados no torneamento de alto avanço e o menor raio de ponta da ferramenta utilizada neste caso, pode-se concluir que a maior rugosidade observada na estratégia de torneamento de alto avanço era esperada.

$$R_a = \frac{f^2}{31,2 \cdot r_e} \quad (1)$$

Por fim, observa-se também que a inclinação da reta de evolução da rugosidade com o desgaste de flanco das ferramentas convencionais e de alto avanço apresentam praticamente a mesma inclinação. Com base nesta observação pode-se inferir que, isolando o efeito do raio de ponta e avanço usados em cada estratégia de torneamento, o incremento da rugosidade média devido ao desgaste da ferramenta dá-se a uma mesma taxa em ambas as operações.

5. CONCLUSÕES

Pelos resultados discutidos, pode-se concluir preliminarmente, que:

- O desgaste de flanco da ferramenta de corte é maior na ferramenta de torneamento convencional quando comparado à ferramenta de alto avanço;
- O critério de fim de vida da ferramenta adotado é alcançado antes de serem usinadas as 35 peças tomadas como referência, sob todas as condições de corte avaliadas;
- O mecanismo de desgaste predominante na superfície de folga das ferramentas convencionais e de alto avanço corresponde à abrasão;
- O mecanismo de desgaste predominante na superfície de saída das ferramentas convencionais e de alto avanço corresponde à adesão;
- A rugosidade média da peça usinada cresce com o aumento da velocidade de corte e avanço em ambos os casos avaliados, sendo maior no torneamento de alto avanço;
- Isolando o efeito da geometria do inserto e avanço adotado, o incremento da rugosidade média com o desgaste da ferramenta se dá em uma mesma taxa para ambas ferramentas;
- O incremento da rugosidade média da superfície é proporcional ao aumento do desgaste de flanco da ferramenta.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Bruning Tecnometal pelo incentivo à realização deste trabalho, e por dispor a infraestrutura e os materiais necessários para a sua execução.

7. REFERÊNCIAS

- Barcelos, M.B. 2022a. Avaliação da vida da ferramenta e mecanismos de desgaste no torneamento convencional e de alto avanço da zona termicamente afetada pelo corte térmico prévio no aço ABNT NBR 6655 GRAU LN 280. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Maria.
- Barcelos, M.B. 2022b. Caracterização da zona termicamente afetada produzida pelo corte a plasma no aço ABNT NBR 6655 GRAU LN 280. Anais do *I Simpósio Gaúcho de Engenharia Aeroespacial e Mecânica –SEAM2022*. Santa Maria, Brasil.
- Clavier, F., Valiorgue, F., Courbon, C., Dumas, M., Rech, J., Van Robaeys, A., Lefebvre, F., Brosse, A., Karaouni, H. 2020. Impact of cutting tool wear on residual stresses induced during turning of a 15-5 PH stainless steel. *Procedia CIRP*, Vol. 87, p. 107–112.
- Das, S.R.; Dhupal, D.; Kumar, A. 2015. Study of surface roughness and flank wear in hard turning of AISI 4140 steel with coated ceramic inserts. *Journal of Mechanical Science and Technology*. Vol. 29, p. 4329–4340.
- Favero Filho, A., da Silva, L.R.R., de Souza Ruzzi, R., Costa, E.S., Sales, W.F., Jackson, M. J., Machado A.R. 2019. Influence of milling direction in the machinability of Inconel 718 with submicron grain cemented carbide tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 105, N. 1, p. 1343–1355.
- Grzesik, W. 2008. Influence of tool wear on surface roughness in hard turning using differently shaped ceramic tools. *Wear*. Vol. 265, p.327-335.
- Kim, J-H., Kim, E-J., Lee, C-M. 2020. A study on the heat affected zone and machining characteristics of difficult-to-cut materials in laser and induction assisted machining. *Journal of Manufacturing Processes*. Vol. 57, p. 499-508.
- Kirkpatrick, I. 1994. Variety of cutting processes spoil fabricators for choice. *Welding and Metal Fabrication*. Vol. 62, p. 11-12.
- Oliveira, A.R.F., da Silva, L.R.R., Baldin, V., Fonseca, M.P.C., Silva, R.B., Machado, A.R. 2021. Effect of tool wear on the surface integrity of Inconel 718 in face milling with cemented carbide tools. *Wear*, Vol. 476, 203752.
- Rosa, G.C., Souza, A.J., Possamai, E.V., Amorim, H.J., Neis, P.D. 2017. Wear analysis of ultra-fine grain coated carbide tools in hard turning of AISI 420C stainless steel. *Wear*. Vol. 376–377, p. 172-177.
- Shahabi, H.H.; Ratnam, M.M. 2009. In-cycle monitoring of tool nose wear and surface roughness of turned parts using machine vision. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 40, p. 1148–1157.
- Thomas, D.J. 2011. Characterisation of Steel Cut Edges for Improved Fatigue Property Data Estimations and Enhanced CAE Durability. Ph.D. Thesis, Swansea University UK, Swansea, UK.
- Wang, J., Zhang, G., Chen, N. 2021. A review of tool wear mechanism and suppression method in diamond turning of ferrous materials. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 113, p. 3027–3055.
- Wood, W.E. 1994. Heat-Affected Zone Studies of Thermally cut Structural Steels (Report FHWA-RD-93-O 15); US Department of Transportation Federal Highway Administration: Washington, DC, USA.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CUTTING TOOL LIFE IN CONVENTIONAL AND PRIME TURNING OF A LOW CARBON MANGANESE-ALLOYED STEEL

Mauricio Belchor Barcelos

Diego Tolotti de Almeida

Bruning Tecnometal Ltd., Panambi, RS, Brazil.

mbelchor@hotmail.com, diegot@bruning.com.br

Felipe Tusset

Regional University of the Northwest of the State of Rio Grande do Sul, Panambi, RS, Brazil

felipe.tusset@unijui.edu.br

Cristiano José Scheuer

Materials Technology and Mechanics Group. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil.

cristiano.scheuer@ufsm.br

Abstract. *Cutting tool life has a significant impact on the final costs of the machined product. Thus, it is essential that criteria be established to define the end of its useful life, in order to mitigate the effects of wear and damage on the geometric quality of the manufactured part. This need is even more evident in the case of machining operations on materials with a high density of surface defects, such as those previously processed by thermal cutting operations. In this sense, this work comparatively evaluates the life of conventional and prime tools in the turning of ABNT NBR 6655 grade LN280 steel bushings, with a profile generated by thermal plasma cutting. Machinability tests were performed using class P carbide tools, with a triplex coating based on $\text{TiCN}+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiN}$ deposited on the flank, and duplex based on $\text{TiCN}+\text{Al}_2\text{O}_3$ applied on the rake surface. To evaluate the performance of both tools, a standard value of cutting depth was set (1.5 mm) and the cutting speed (140, 160 and 200 m/min) and feed (0.2 ; 0.3 and 0.4 rpm) in three levels. The results obtained show that the adoption of prime turning leads to less wear and damage to the cutting tool, but produces a worse finish on the machined part.*

Keywords: *Conventional Turning; Prime Turning; Tool Life; Part Finishing.*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.