

Análise comparativa de insertos de metal duro e cermet no torneamento do aço 1045 a seco

Vitor Marcelo Costa Halcsik¹, Alexandre Formigoni²

Resumo – Este artigo apresenta uma comparação da performance de ferramentas em Metal Duro com cobertura (MD) e Cermet no torneamento em acabamento do aço ABNT 1045, pelas análises da rugosidade superficial da peça, da forma do cavaco e da avaliação das superfícies de saída e de incidência dos insertos, mediante os seguintes parâmetros de corte para o torneamento sem refrigeração (a seco): velocidades de corte 220m/min para MD e 330m/min para Cermet, avanço de 0,25mm/rev. e profundidades de corte de 0,5 e 1mm. Os resultados obtidos indicaram melhor desempenho do inserto de MD.

Palavras-chave: Torneamento a seco, Metal Duro, Cermet, Aço ABNT 1045.

Abstract - This paper presents a comparison of the performance of tools in coated carbide (CC) and Cermet in finish turning of ABNT 1045 steel, by analyzing the surface roughness of the part, the shape of the chip and the evaluation of the exit and incidence surfaces of the inserts, using the following cutting parameters for turning without cooling (dry): cutting speeds 220m/min for MD and 330m/min for Cermet, feed of 0.25mm/rev. and cutting depths of 0.5 and 1mm. The results obtained indicated better performance of the CC insert.

Keywords: Dry turning, Carbide Insert, Cermet, ABNT 1045 steel.

1. Introdução

Fabricadas em diferentes materiais com variações de macro e micro geometria as ferramentas geralmente são capazes cobrir diferentes aplicações e processos. Normalmente apresentam bom desempenho em todas a um custo menor se comparadas aquelas destinadas a aplicações específicas. Apesar das ferramentas para uso específico apresentarem custo elevado possibilitam velocidades de corte (vc) maiores, resultando em tempos de ciclos menores, condição essencial para competitividade e lucratividade.

Este artigo apresenta uma análise comparativa entre duas ferramentas feitas de materiais diferentes em aplicações de acabamento, sendo uma de uso comum (MD) e outra de uso específico (Cermet) de modo a verificar a superioridade da segunda sobre a primeira. Os insertos foram testados com a mesma profundidade de corte (ap) e o mesmo avanço com as VCs recomendadas por seus fabricantes.

¹Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas Produtivos – CEETEPS - vitor.halcsik@fatecsp.br

²Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas Produtivos – CEETEPS - a_formigoni@yahoo.com.br

Este trabalho apresenta brevemente os conceitos de usinagem, materiais das ferramentas, rugosidade superficial, seguido da metodologia aplicada e dos resultados alcançados.

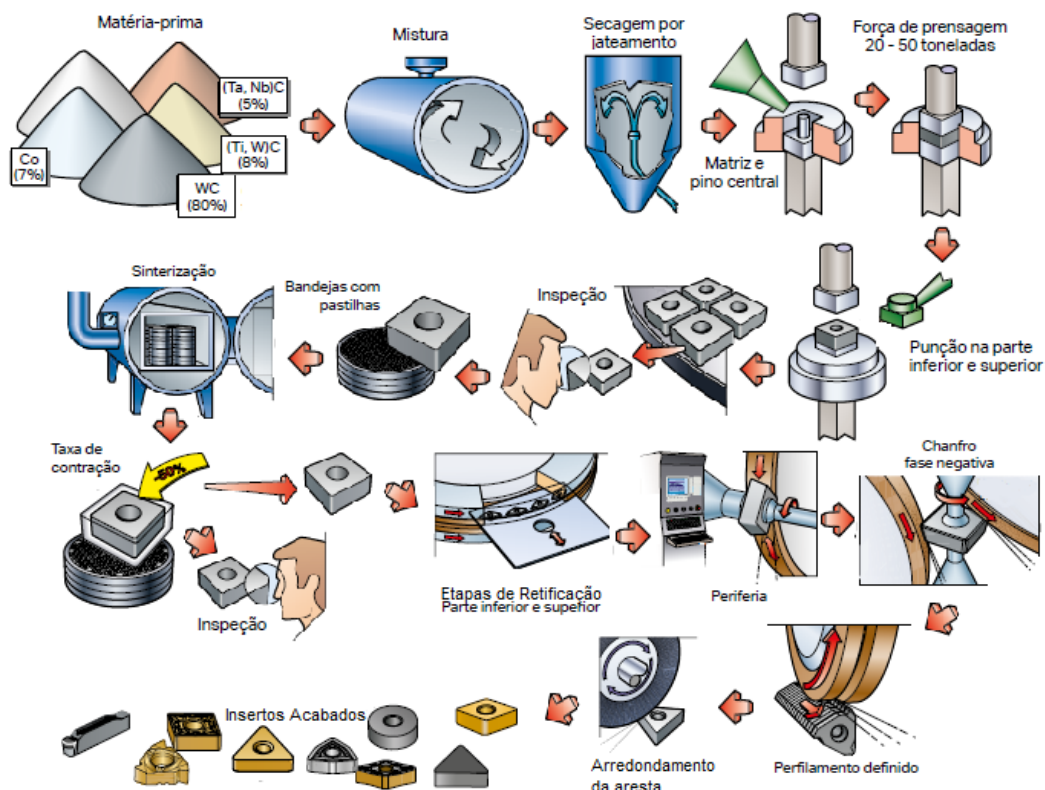
2. Referencial Teórico

O processo de usinagem caracteriza-se pela remoção de material por uma ferramenta cortante com maior dureza e resistência que a peça, entretanto outras propriedades são requeridas da ferramenta como: alta dureza, tenacidade, alta resistência a abrasão, ao choque térmico, ao impacto, a compressão e ao cisalhamento, além de boas propriedades mecânicas e térmicas a altas temperaturas de trabalho assim como a capacidade de ser inerte quimicamente. (MACHADO *et al.*, 2015)

Cabe observar que nenhuma ferramenta possui todas as propriedades, sendo necessário escolher a opção mais adequada conforme a aplicação. Atualmente são muito utilizados os inserts ou pastilhas intercambiáveis, produzidas por meio da metalurgia do pó.

A metalurgia do pó (MP) é uma tecnologia de fabricação onde as peças são produzidas a partir de pós metálicos, figura 1. Onde, após a mistura dos componentes, o pó é comprimido na forma desejada e depois aquecido de forma a provocar a ligação das partículas em um bloco duro e rígido. O tratamento de aquecimento, denominado sinterização, é realizado com temperaturas ligeiramente menores que o seu ponto de fusão, alterando assim a estrutura microscópica do elemento base e reduzindo o volume em até 50%. (KLOCKE, 2011)

Figura 1 – processo de fabricação de inserts

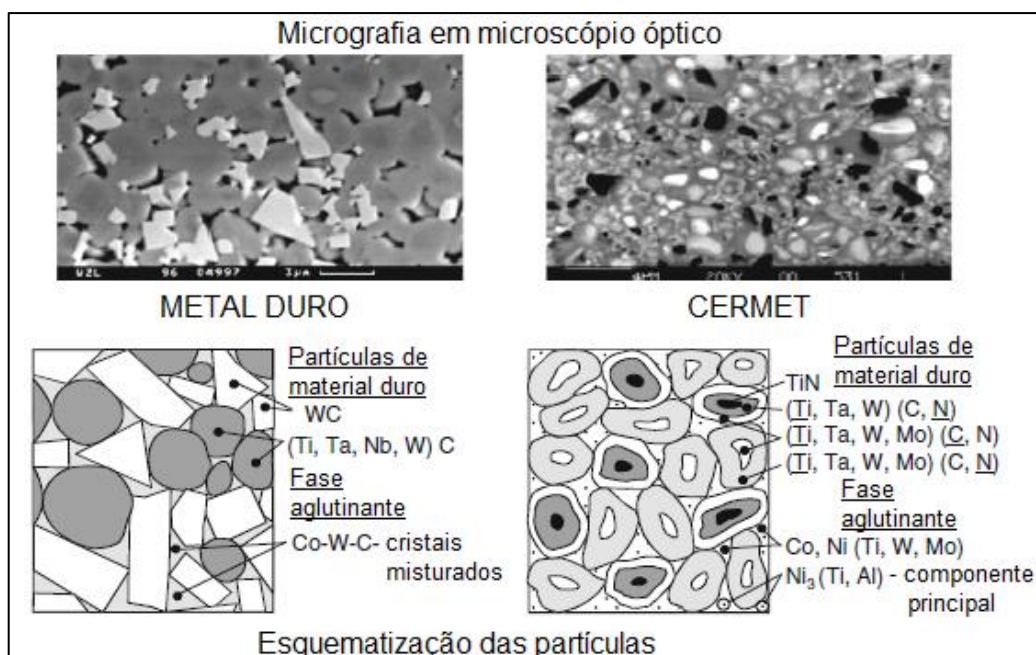


Fonte: Autor, adaptado de SANDVIK COROMANT ACADEMY, 2011.

O metal duro (MD) é um compósito com base de carboneto de tungstênio (WC) tendo como ligante o cobalto (Co), conta ainda com a adição de pequenas partes de elementos como o carboneto de titânio (TiC), carboneto de tântalo (TaC) e carboneto de nióbio (NbC). (Stemmer, 2001; Machado et al., 2015).

O Cermet é outro compósito com uma fase cerâmica e outra metálica, a cerâmica geralmente domina a mistura chegando até 96% do volume. Composto por uma base de nitreto ou carboneto de titânio (TiN/TiC) e tendo como ligante o níquel (Ni), pode ser acrescido de outros elementos assim como o MD. (GROOVER, 2010; DINIZ, MARCONDES e COPPINI, 2013)

Figura 2 - Representação das estruturas dos materiais das ferramentas.



Fonte: Autor, adaptado de KLOCKE, 2011.

De modo a melhorar as características das ferramentas, muitas delas são revestidas com uma ou mais camadas finas de TiC, TiN, óxido de alumínio (Al₂O₃) e carbonitreto de titânio (TiCN) com espessura que variam entre 2 e 12 micrômetros (GROOVER, 2010; MACHADO, et al., 2015).

Os revestimentos são feitos por deposição de vapor, que podem ser feitas química (CVD) e ou fisicamente (PVD).

No processo CVD, a cobertura é formada pela reação química de diferentes gases sob condições de vácuo. Onde a temperatura, tempo, vazão e atmosfera dos gases, são monitorados de modo a promover a deposição das camadas do revestimento. A temperatura no reator pode variar de 800 a 1100°C, conforme o material da cobertura. A CVD mais fina disponível atualmente é inferior a 4 micrômetros. No processo PVD, a cobertura é formada pela condensação de vapor de metal nas superfícies da pastilha, também em ambiente de vácuo, porém em uma atmosfera ainda menor. A temperatura é muito mais baixa do que no processo CVD, ficando em torno de 500°C. A espessura das camadas varia entre 2-6 micrômetros, dependendo da área de aplicação para a pastilha. (KLOCKE, 2011; SANDVIK COROMANT ACADEMY, 2011)

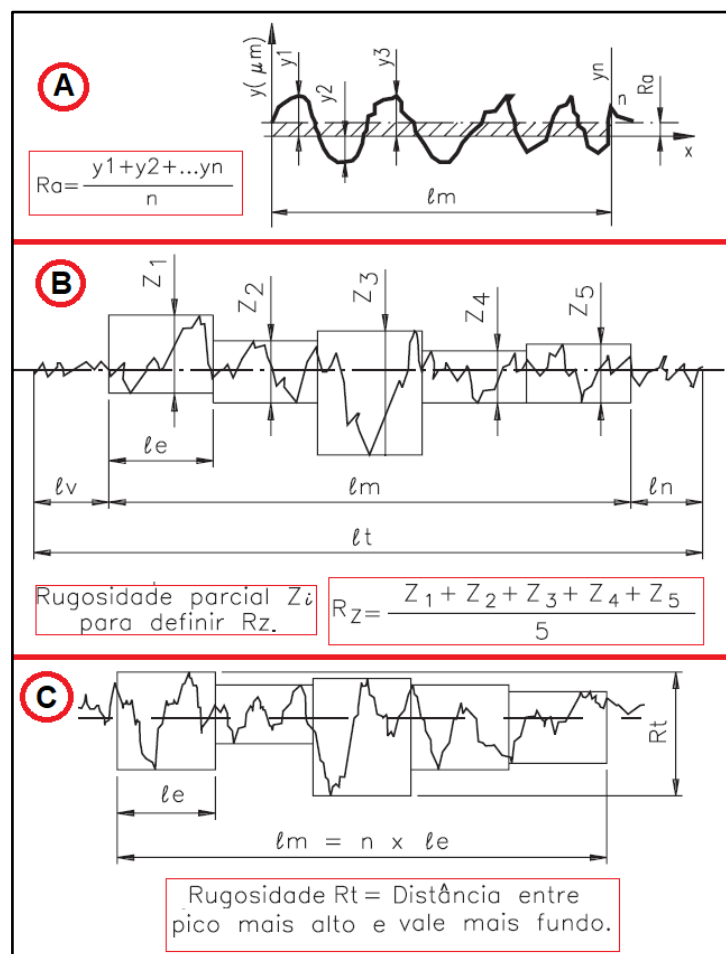
Por suas características e processo de fabricação a cobertura CVD tem menor custo que a PVD, porém tem espessura maior, não sendo indicada para operações de acabamento, pois altera a aresta de corte.

Um fator importante na avaliação da qualidade de peças usinadas é a rugosidade superficial.

Para MACHADO *et al.*(2015), a rugosidade ou textura de uma superfície é composta de erros microgeométricos (saliências e reentrâncias) presentes nas peças, causadas pela ação da ferramenta durante a retirada de material, sendo muito utilizada como parâmetro de saída para controle dos processos de usinagem.

A quantificação da rugosidade pode ser feita em diferentes parâmetros, sendo o mais comum a rugosidade média por meio dos parâmetros R_a ou R_z , sendo o primeiro a média aritmética dos valores absolutos dos afastamento (Y_i), dos pontos do perfil de rugosidade em relação a linha média ao longo do comprimento medido (l_m) e o segundo é a média aritmética das cinco rugosidade parciais (Z_i) que é a soma dos valores absolutos dos pontos mais afastados, acima e abaixo da linha média, dentro do comprimento de amostragem (l_e), as vezes é necessário o uso do parâmetro R_t que é a soma dos maiores afastamentos acima com o abaixo dentro do comprimento de medição, sendo este últimos bastante influenciado pelos defeitos na superfície, figura 3. (SANTOS e SALES, 2007; MACHADO *et al.*, 2015)

Figura 3 -a) rugosidade R_a , b) rugosidade R_z e c) rugosidade R_t



Fonte: Autor, adaptado de DE CAMARGO, 2002.

A escolha das ferramentas foi baseada em informações contidas nos catálogos dos fabricantes de ferramentas e na literatura especializada, para materiais de dureza 170HB, como o aço ABNT 1045.

3. Método

Os corpos de prova foram feitos em aço ABNT 1045 na forma cilíndrica de diâmetro 100mm x 170mm de comprimento e composição química conforme a tabela 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: Dados fornecidos pelo fabricante.

Foram utilizados insertos intercambiáveis em um porta-ferramentas de código ISO, PCLNL-2020K-12, com as seguintes características: ângulo de posição $K_r=93^\circ$, ângulo de saída $Y_0=-6^\circ$ e ângulo de inclinação $\lambda_s=-6^\circ$.

Os insertos utilizados são o de MD o CNMG-120408N-GE classe ISO P10-P30 (Sumitomo AC820P) com revestimento CVD e o de Cermet o CNMG-120408-SY classe ISO P01-P20 (Mitsubishi VP25N) com revestimento PVD.

Os ensaios de torneamento ocorreram em um torno CNC Hardinge GS150 com potência de 13 kW e 6000 rpm de rotação máxima.

Por serem de materiais diferentes, as pastilhas operam em velocidades também diferentes, assim os parâmetros de corte empregados consideram as orientações dos fabricantes para torneamento a seco, um avanço de 0,25mm/rev. com velocidades de corte de 220m/min para MD e 330m/min para o Cermet. O teste foi definido de forma que cada passagem removesse a mesma quantidade de material da peça de trabalho com ap de 0,5mm e repetidos para a profundidade de 1mm.

As medições foram feitas ao final de cada passagem da ferramenta. Para a medição da rugosidade foi utilizado um rugosímetro portátil Mitutoyo, modelo SurfTest SJ-301 com cut-off de 2,5mm, mediram-se os parâmetros de rugosidade R_a e R_t , em três pontos dos corpos de prova e calculado o valor médio. A verificação das superfícies de saída e de incidência foi feita pelo software Cooling Tech com micrografias ópticas captadas por meio de microscópio óptico digital (MO) assistido por um PC. Ao final dos testes as ferramentas passaram por um microscópio de varredura eletrônica (MEV), JEOL - JCM 6000 utilizando ampliações de 40x de modo a obter imagens com melhor definição.

4. Resultados e Discussão

Os resultados serão apresentados por parâmetros de saída na seguinte ordem: rugosidade superficial, análise do perfil dos cavacos e desgaste da ferramenta de corte.

Para a análise de rugosidade superficial foram calculadas as rugosidades teóricas, de R_a por meio da Eq. (1) e de R_t pela Eq. (2), como o avanço (f) 0,25mm/rev. e o raio de ponta do inserto (r_ϵ) 0,8mm são os mesmos para as duas

ferramentas, os valores são substituídos nas equações resultando em $R_a = 2,71\mu\text{m}$ e $R_t = 10,56\mu\text{m}$, observa-se pelas equações que nenhum outro dado de corte interfere na rugosidade.

$$R_a = \frac{f^2}{18 \cdot \sqrt{3} \cdot r_\epsilon}$$

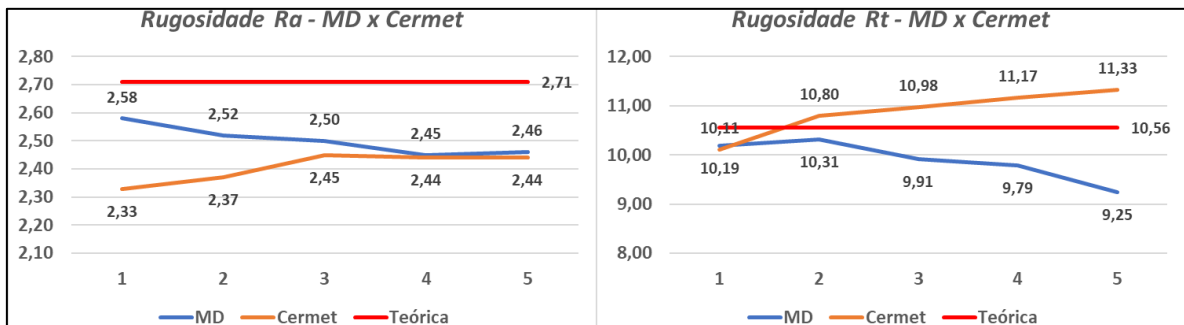
Eq.(1)

$$R_t = \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon}$$

Eq. (2)

Na figura 4, observa-se o desenvolvimento das curvas da rugosidade durante os cinco passes na usinagem com as ferramentas de MD e Cermet para ap de 0,5mm, nota-se que na rugosidade R_a os valores estão abaixo do valor teórico e que enquanto as rugosidades do Cermet aumentam a do MD diminui tanto em R_a quanto em R_t . A rugosidade média do Cermet é de $R_a=2,406\mu\text{m}$ e a do MD $R_a=2,502\mu\text{m}$, e $R_t=10,878\mu\text{m}$ e $R_t=9,89\mu\text{m}$ respectivamente.

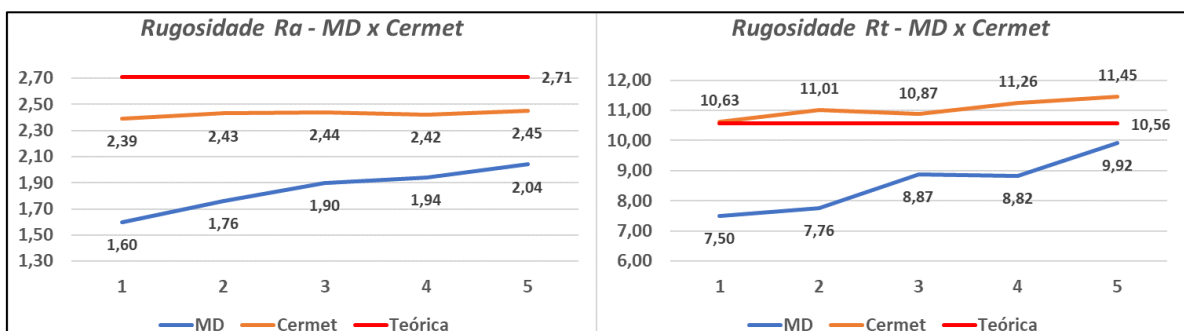
Figura 4 - Desenvolvimento da Rugosidade no torneamento com $a_p=0,5\text{mm}$.



Fonte: Autor.

Na Figura 5 observa-se o gráfico de desenvolvimento da rugosidade para a_p de 1mm, assim como no a_p de 0,5mm a rugosidade R_a medida é menor que a teórica a rugosidade do Cermet é maior que a do MD, porém a rugosidade do primeiro tem comportamento mais estável, enquanto MD apresenta crescimento de cerca de 27% para R_a e de cerca de 33% para R_t , o que pode indicar uma tendência a desgaste. A rugosidade média para o Cermet foi de $R_a=2,426\mu\text{m}$ e do MD de $R_a=1,848\mu\text{m}$, e $R_t=11,044\mu\text{m}$ e $R_t=8,574\mu\text{m}$ respectivamente.

Figura 5 – Desenvolvimento da Rugosidade no torneamento com $a_p=1\text{mm}$







Fonte: Autor.

No decorrer dos ensaios não houve alteração na forma dos cavacos, os perfis se mantiveram do primeiro ao último passe, independente da ferramenta ou da profundidade de corte.

O quadro 1 apresenta os cavacos produzidos, nas condições ensaiadas e classificados conforme MACHADO *et al.* (2015, pag. 72). Nota-se que a forma do cavaco se altera com o aumento da profundidade de corte.

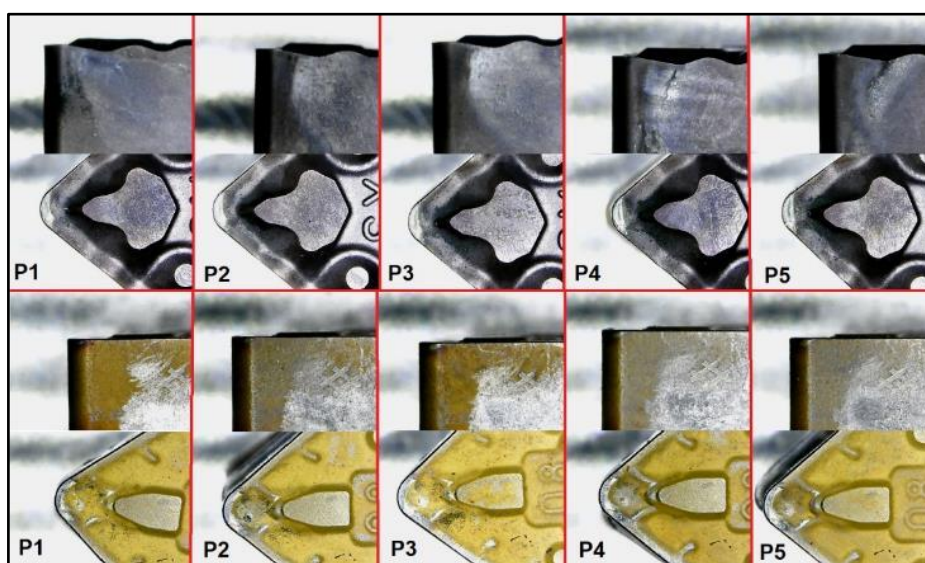
Quadro 1 – Classificação dos cavacos coletados.

Micrografia Óptica	Ferramenta	ap (mm)	Classificação
	Cermet	0,5	Cavaco tubular longo
	Cermet	1,0	Cavaco em arco conectado
	MD	0,5	Cavaco helicoidal longo
	MD	1,0	Cavaco helicoidal curto

Fonte: Autor.

Para a verificação do desgaste das ferramentas a figura 6, apresenta as micrografias ópticas capturadas dos insertos de MD e Cermet ao final de cada passe, durante a torneamento com ap de 0,5mm, observa-se que os insertos não apresentam desgaste relevantes ou avarias, apenas alguma mudança na coloração causada pelas elevadas temperaturas.

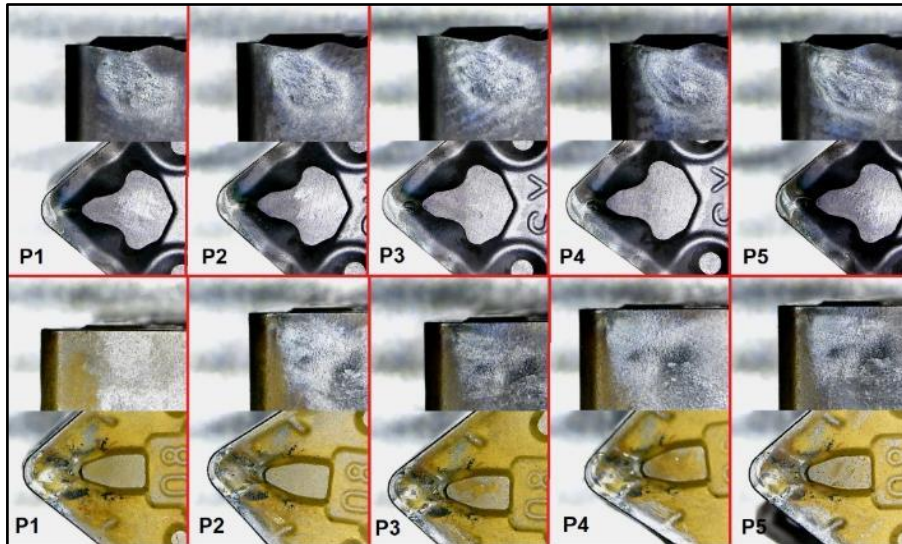
Figura 6 – Micrografias ópticas dos insertos de Cermet (acima) e MD (abaixo).



Fonte: Autor.

Os procedimentos foram repetidos para o torneamento com a_p de 1mm. Nas micrografias ópticas da figura 7, nota-se em ambos inserts além da alteração da coloração na região de corte, sinais de adesão na superfície de incidência, provavelmente causado pela colisão do cavaco. O inserto de Cermet também apresenta pequena adesão no final da aresta de corte próximo ao ponto da profundidade de corte e que pode vir a causar desgaste.

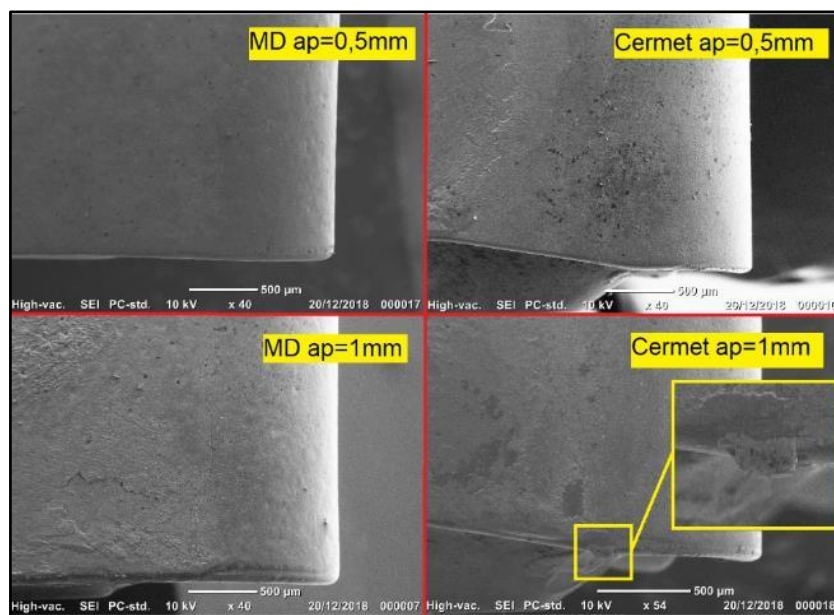
Figura 7 - Micrografias ópticas dos inserts de Cermet (acima) e MD (abaixo).



Fonte: Autor.

O MEV, foi utilizado para realçar as superfícies de folga, as micrografias eletrônicas obtidas, figura 8, confirmam o que foi visto nas anteriores, o desgaste pouco relevante e a ocorrência de adesão na superfície de incidência dos inserts.

Figura 8 – Micrografias eletrônicas das superfícies de incidência dos inserts.



Fonte: Autor.

5. Considerações finais

Considera-se que em relação a torneamento com ap de 0,5mm, o Cermet não foi superior ao MD, ambos não apresentaram desgastes ou avarias, enquanto a rugosidade Ra média do Cermet foi menor a Rt média foi maior, apresentando crescimento da rugosidade enquanto o MD diminui.

Para as usinagens com ap de 1mm o Cermet apesar de não reduzir a rugosidade apresenta comportamento estável com pequeno aumento, enquanto o MD inicia com uma rugosidade menor, porém apresenta um crescimento muito grande para o número de passadas.

De um modo geral o MD apresentou resultados ligeiramente superiores ao Cermet, porém pode-se considerar que a pequena ocorrência de sinais de desgaste ou avarias, ocorreu pelo baixo número de ensaios, associado aos parâmetros de corte cautelosos, recomendados pelos fabricantes, sendo assim torna-se necessário um estudo com número maior de passadas e um melhor ajuste dos dados de corte, de modo a se obter uma avaliação mais consistente.

Referências

DE CAMARGO, R. **Rugosidade Superficial nas Operações de Torneamento**. Santa Bárbara d'Oeste: Senai, 2002.

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 8ª. ed. [S.l.]: Artliber, 2013.

GROOVER, M. P. **Fundamentals of Modern Manufacturing, Materials, Processes and Systems**. 4ª. ed. Hoboken: JOHN WILEY & SONS, INC., 2010.

KLOCKE, F. **Manufacturing Process 1: cutting**. Londres: Springer, 2011.

MACHADO, A. R. et al. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. 3ª. ed. [S.l.]: Blucher, 2015.

SANDVIK COROMANT ACADEMY. **Tecnologia de Usinagem - Manual de treinamento**. 1. ed. Sandviken: [s.n.], v. 1, 2011.

SANTOS, S. C.; SALES, W. F. **Aspectos Tribológicos da Usinagem dos Materiais**. São Paulo: Artliber, 2007.

STEMMER, C. E. **Ferramentas de Corte I**. 5ª. ed. Florianópolis: UFSC, v. I, 2001.