

ANÁLISE DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL DO AÇO 1050 TORNEADO COM FERRAMENTA DE METAL DURO TRIPLO REVESTIDO

MSc. Humberto Lopes Rodrigues

Departamento de Materiais e Tecnologia
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333
Pedregulho, Guaratinguetá, SP
CEP-12516-410
email – humberto@feg.unesp.br

Dr. Sérgio João Crnkovic

Departamento de Materiais e Tecnologia
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333
Pedregulho, Guaratinguetá, SP
CEP-12516-410
crnkovic@feg.unesp.br

***Resumo.** A minimização de custos no processo de usinagem, pelo aumento da velocidade de corte sem prejuízo da durabilidade da ferramenta, resulta no constante desenvolvimento de pastilhas, principalmente, com substratos revestidos com materiais metálicos e cerâmicos, pelas técnicas de deposição física de vapor (PVD) e deposição química de vapor (CVD). Pesquisas importantes sobre estes revestimentos, identificam suas melhores características com relação ao atrito, ao desgaste por abrasão, à difusão química, à barreira térmica entre outros, de forma que revestimentos múltiplos passam a ter uma melhor eficiência no processo de corte. No presente trabalho, analisou-se o comportamento da rugosidade superficial das peças de trabalho, resultante da usinagem de aço ABNT-1050 com ferramentas de metal duro, revestido com TiN e camadas intermediárias de TiC e Al₂O₃. Esta análise baseada na relação da evolução dimensional do desgaste de flanco das pastilhas em função do percurso de corte, obtidas através do microscópio eletrônico de varredura, mostrou de forma geral que a rugosidade superficial apresenta um comportamento similar ao descrito pelo desgaste de flanco, ambos, em relação à distância usinada para as velocidades de corte $vc_1 = 297$ m/min, $vc_2 = 350$ m/min e $vc_3 = 403$ m/min. Entretanto, observa-se a existência de inflexões nas curvas do comportamento da rugosidade superficial indicando uma certa melhoria ou estabilidade no acabamento da peça.*

***Palavras chave:** Rugosidade superficial, desgaste de flanco e revestimento.*

1. INTRODUÇÃO

As exigências que o mercado impõe sobre a atual fabricação mecânica, não se atêm mais apenas à quantidade, ao custo e às implicações decorrentes da utilização de máquinas com controle numérico computadorizado, mas também com as exigências do tipo qualidade e precisão, tanto no que se refere às dimensões e erros de forma, quanto principalmente no grau de acabamento superficial.

A specularidade ou “espelhamento”, a precisão e tolerância, o escoamento de fluidos bem como a resistência à corrosão, ao desgaste e à fadiga, tem uma relação direta com a rugosidade superficial, que através da medição de seus valores, no processo de fabricação, podem atender às solicitações de projeto.

A rugosidade superficial da peça, obtida pelo processo de usinagem, é formada por sulcos e marcas resultantes do contato da ferramenta com o material de trabalho. Diversos fatores influenciam os valores desta rugosidade, desde a geometria da ferramenta, dos parâmetros de corte, das características do material a ser usinado, até fatores relativos à construção e instalação do

equipamento em uso no processo^(1, 2). Entretanto, este contato característico do corte produz o desgaste da ferramenta, um fator de influência acumulativa no acabamento da peça, elevando os valores da rugosidade à medida que a ferramenta se deteriora. Em função desta relação direta, os valores da rugosidade da superfície usinada assumem um papel importante como critério de fim de vida da pastilha.

As vidas das ferramentas têm sido estendidas ao longo dos tempos, pelo desenvolvimento dos materiais e do crescente conhecimento de seus comportamentos sob condições de trabalho. No entanto, independente do critério adotado para determinar a vida da ferramenta, é inevitável o desgaste crescente em função do tempo, ou até mesmo a ocorrência de avarias catastróficas cujo comportamento é mais aleatório^(3, 4).

Trabalhos anteriores^(5, 6), afirmaram que, especificamente, o crescimento do desgaste da superfície de folga da ferramenta de corte tem influência direta no aumento da rugosidade superficial da peça usinada. Wilkinson et al.⁽⁷⁾, também verificaram este comportamento em seus experimentos, mas observaram que, às vezes, ocorrem reduções nos valores da rugosidade superficial, conforme ilustra a figura 1.

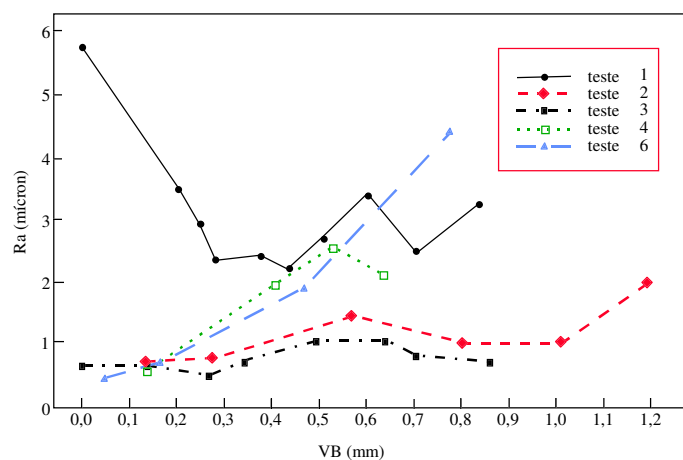


Figura 1: Valores da rugosidade Ra em função do desgaste de flanco VB para alguns testes de fresamento frontal⁽⁷⁾.

Baseado na relação da evolução dimensional do desgaste de flanco das pastilhas bem como na observação da topografia das superfícies de folga desgastadas, o presente trabalho tem por objetivo analisar o comportamento da rugosidade superficial das peças de trabalho, resultante da usinagem de aço ABNT-1050 com ferramentas de metal duro, revestido com TiN e camadas intermediárias de TiC e Al_2O_3 , discutindo as possíveis alterações encontradas nas curvas representativas do desenvolvimento dos valores da rugosidade superficial.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As ferramentas de corte utilizadas neste trabalho são caracterizadas como positivas, rômbricas de 55° , da classe “P-20” ISO, de larga utilização industrial, constituídas por um substrato de WC-Co, revestido seqüencialmente por camadas de TiC, Al_2O_3 e TiN, indicadas para acabamento no torneamento de aços.

A classificação do aço através de análise química e exames metalográficos, confirmou-se como ABNT-1050. Este material foi usinado a seco, com avanço de 0,15 mm/rot e profundidade de 0,5 mm, em três diferentes velocidades de corte: $vc_1 = 297$ m/min, $vc_2 = 350$ m/min e $vc_3 = 403$ m/min. Para cada uma das velocidades vc_2 e vc_3 foram realizados 04 testes. As medidas dos desgastes de flanco (VB) relativas a vc_1 , foram adquiridas nos seguintes intervalos de tempo; 2,2 min, 4,09 min, 6,14 min, 7,9 min, 14,2 min e 18,61 min, sendo utilizada uma ferramenta para cada um destes intervalos.

Realizaram-se três medidas da rugosidade superficial para cada corpo de prova, ou seja, a cada 100mm de distância linear percorrida pela ferramenta, três valores da rugosidade eram adquiridos. A aquisição destas medidas foi feita pelo uso do rugosímetro SURFTTEST-301 (MITUTOYO), ajustado com parâmetro de medição “Ra” (μm) e um comprimento de amostragem de 4 mm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas da rugosidade superficial em função do espaço percorrido estabelecidas através da usinagem com as velocidades de corte $vc_1 = 297$ m/min, $vc_2 = 350$ m/min e $vc_3 = 403$ m/min, apresentadas na figura 2a, demonstram claramente uma tendência de quanto maior a velocidade de corte melhor será o acabamento das peças. No entanto, há uma dependência evidente com o critério adotado para o fim de vida da ferramenta⁽⁸⁾. Verifica-se para as três velocidades de corte após 2250 m de percurso de corte até 4250 m, que os valores de Ra são muito próximos, indicando pouca influência da velocidade escolhida. Na adoção de 2250 m de percurso de corte como critério de fim de vida para a ferramenta, observa-se que o melhor acabamento da superfície usinada é obtido pela aplicação da maior velocidade de corte (vc_3). Porém, para a mesma velocidade, quando distâncias percorridas superiores a 4250 m são adotadas como critério de fim de vida, os valores de Ra medidos na superfície acabada são os piores possíveis.

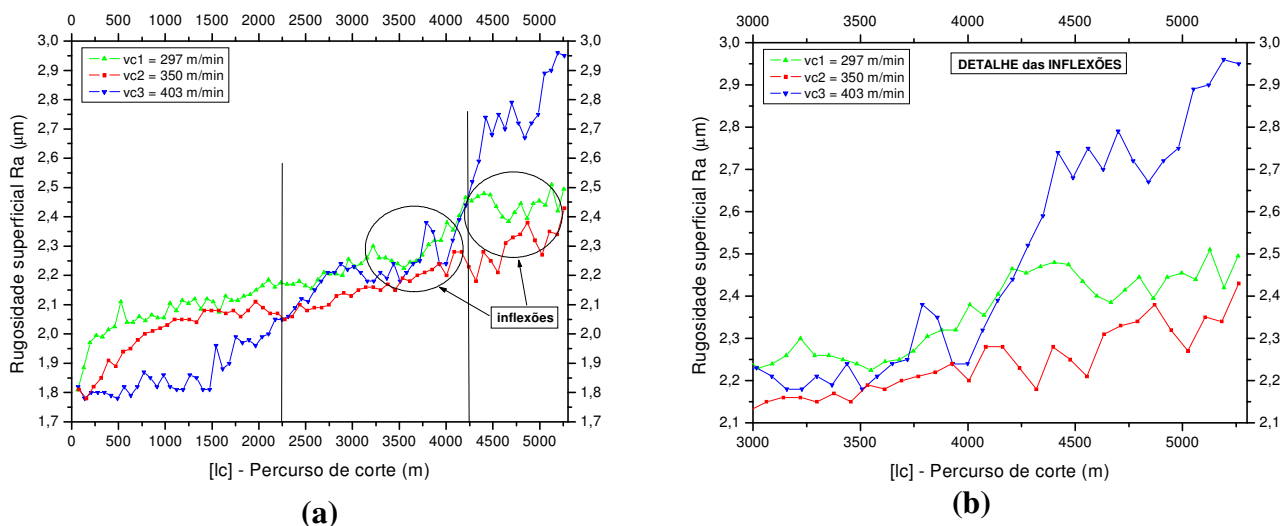


Figura 2: Rugosidade superficial em função do percurso de corte para velocidades de corte de 297, 350 e 403 m/min: (a) intervalos de fim de vida; (b) detalhe das inflexões.

Inflexões nas curvas também são notadas nesta figura 2a e melhor observadas no detalhe apresentado na figura 2b, podendo indicar melhoria ou instabilidade no acabamento da superfície do aço torneado. Thomas⁽⁹⁾, Poon e Bhushan⁽¹⁰⁾ mostraram que muitas áreas reais não são de fato bem caracterizadas pelos métodos lineares de medição tradicional, pois em pequena escala deve haver concordância com a imagem vista em uma micrografia eletrônica da área em análise. Deste ponto de vista, estas inflexões deveriam ser resultante da escolha de uma forma não adequada de medir a rugosidade superficial.

No presente trabalho, se esta assertiva fosse aplicável, a repetição das inflexões deveriam ocorrer em períodos diferentes para cada teste. No entanto percebe-se que para cada velocidade de corte aplicada, os ensaios correspondentes oferecem como resultado valores que se acumulam, originando as inflexões na curva descrita pela média dos valores da rugosidade.

Os valores encontrados do desgaste de flanco (VB), medidos em cada uma das ferramentas de corte utilizadas nos ensaios com a velocidade $vc_1 = 297$ m/min, apresentados na figura 3, ilustram que o comportamento deste desgaste em relação ao tempo de usinagem, apresenta-se praticamente linear em três regiões distintas, onde em cada uma delas apresenta um gradiente de crescimento

característico. Estes resultados demonstram estar de acordo com aqueles obtidos por Kramer⁽¹¹⁾, que afirmam que o desenvolvimento deste desgaste em função do tempo é definido em três estados com crescimentos praticamente constantes, sendo que no estado de desgaste inicial e final o gradiente de crescimento se faz de forma bastante elevada e entre estes de uma forma gradual previsível, caracterizando os mesmos de desgaste inicial ou primário, secundário e terciário ou catastrófico. Estes gradientes podem ser mais ou menos intensos, conforme variação nas condições de corte, e aumentam sensivelmente⁽²⁾ à medida que se eleva a velocidade de corte.

Desta forma, verifica-se que o comportamento, apresentado na figura 3, indicado pelos valores registrados neste trabalho para o desgaste de flanco da ferramenta de corte multi-revestida em função do tempo de usinagem do aço SAE 1050, é semelhante aos resultados obtidos pelos pesquisadores^(4, 11), que trabalharam com ferramentas sem revestimento, ou seja, com o material do substrato (WC-Co), o metal duro.

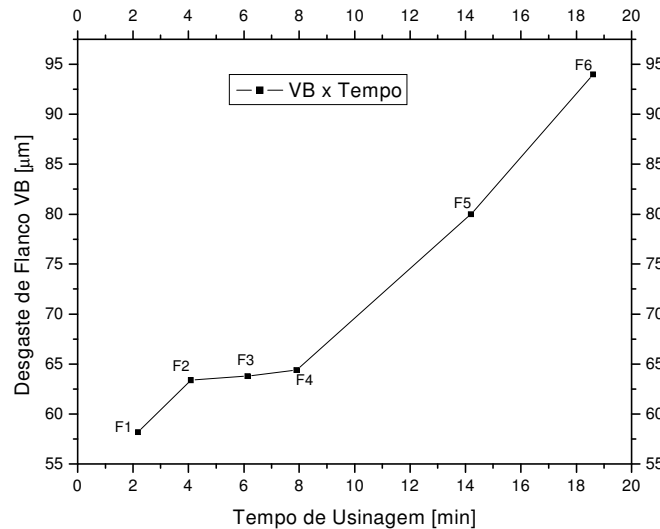


Figura 3: Desgaste de Flanco (VB) das ferramentas de corte multi-revestidas em função do tempo de usinagem.

A rugosidade superficial da peça de trabalho obtida pela usinagem de cada uma das ferramentas multi-revestidas, são ilustradas na figura 4 em função do tempo de usinagem. A primeira ferramenta F1 apresenta o tempo de usinagem de 2,20 min, a F2 4,09 min, a F3 6,14 min, a F4 7,90 min, a F5 14,20 min e por último a F6 com 18,61 minutos.

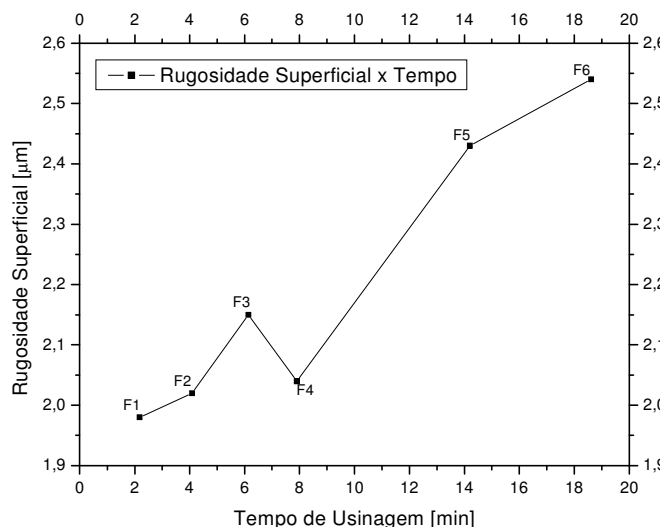


Figura 4: Comportamento da rugosidade superficial final em função do tempo de usinagem, evidenciando uma inflexão na ferramenta F4.

Nesta figura 4, observa-se o crescimento da rugosidade superficial da peça de trabalho em função do tempo de usinagem, porém uma inflexão é notada no intervalo de 6,14 minutos da ferramenta 3 (F3) até 7,90 minutos da ferramenta 4 (F4), caracterizando um decréscimo significativo da rugosidade, ou seja, uma melhoria no acabamento da peça de trabalho, quando da usinagem com a ferramenta de corte 4.

Estudos realizados^(5, 6), indicaram que o crescimento da rugosidade superficial em função do tempo de usinagem é similar ao crescimento do desgaste de flanco com o tempo. Porém das observações das figuras 3 e 4, verifica-se uma discordância a esta tendência, indicada pela inflexão existente entre as ferramentas 3 e 4. Wilkinson et al.⁽⁷⁾ confirmaram esta tendência, constatando que às vezes existiam reduções dos valores da rugosidade.

Trabalhos anteriores^(8, 12) notificam resultados que corroboram com os aqui apresentados, ressaltando ainda a presença de várias inflexões nas curvas descritas pelos comportamentos da rugosidade superficial em relação ao tempo de usinagem para cada pastilha utilizada. Nestes trabalhos, as falhas prematuras dos revestimentos e as alterações geométricas das ferramentas, foram indicadas como prováveis causas destas inflexões, podendo produzir significativas variações da rugosidade superficial das peças usinadas, originando uma variação na vida da ferramenta.

4. CONCLUSÕES

Das discussões anteriores, conclui-se que:

1. O aumento da velocidade de corte aplicada no processo de usinagem reduz os valores obtidos para a rugosidade superficial da peça de trabalho, em pequenos percursos de corte,
2. Para percursos de corte intermediários, os valores da rugosidade superficial da peça de trabalho são praticamente iguais, não sofrendo influência da escolha da velocidade de corte,
3. Em altos percursos de corte, o aumento da velocidade de corte pode proporcionar uma rugosidade superficial da peça de trabalho extremamente elevada,
4. O comportamento da rugosidade superficial em função do tempo ou do percurso de corte, é similar ao comportamento do desgaste de flanco (VB), porém na região de estágio secundário de desgaste da ferramenta, ocorre uma inflexão, numa clara indicação de melhoria do acabamento superficial do material usinado.

5. REFERÊNCIAS

1. REIS, A. M.; SILVA M. B. Análise das superfícies usinadas em presença de aresta postiza de corte. Anais do I Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2001
2. MICHELETTI, G. F. **Mecanizado por arranque de viruta**: usinagem. 2^a ed. Barcelona: Editorial Blume, 1980. 426p.
3. DEGARMO, E. P., BLACK, J. T., KOHSER, R. A., **Materials and processes in manufacturing**: machining. 8^a ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997. 618-43p.
4. MESQUITA, R. M. D. **O desgaste das ferramentas de corte e a sua relação com as forças de corte**: 1988. 305f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
5. SANDVIKEN. **Tool wear**. In: Modern metal cutting a practical handbook: usinagem. 1^a ed. Sweden: Tofters Tryckeri AB, 1994. IV1-27p.
6. FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais**. usinagem. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1970. 751p.
7. WILKINSON, P.; REUBEN, R. L.; JONES, J. D. C.; BARTON, J. S.; HAND, D. P.; CAROLAN, T. A.; KIDD, S. R. Surface finish parameters as diagnostics of tool wear in face milling. **Wear**, Edinburgh v.205, p. 47-54, 1997.
8. RODRIGUES, H. L.; CRNKOVIC, S. J. Comportamento da rugosidade superficial no torneamento de acabamento com ferramentas de metal duro com revestimento múltiplo. In:

- CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 13., 1998, Curitiba - PR. Anais do 13^o CBECIMAT Curitiba: Universidade Federal do Paraná, CD-ROM.
9. THOMAS, T. R. Trends in surface roughness. **International Journal Machine Tools Manufacturing**, v. 38, nos. 5-6, p.405-411, 1998.
 10. POON, C. Y. BHUSHAN, B. Comparison of surface roughness measurements by stylus profiler, AFM and non-contact optical profiler. **Wear**, v. 190, p. 76-88, 1995.
 11. KRAMER, B. M. SUH, N. P. Tool wear by solution: A quantitative understanding. **Journal of Engineering for Industry**, New York, v. 102, p. 303-311, 1980.
 12. RODRIGUES, H. L.; CRNKOVIC, S. J. Métodos determinísticos na determinação da vida de ferramentas de metal duro com revestimento triplo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, Anais do 15^o CBECIMAT, 2002, Natal - RN. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, CD-ROM.

ANALYSIS OF SURFACE ROUGHNESS OF THE STEEL 1050 SHAPED WITH TOOL OF HARD METAL TRIPLE-COATED

Abstract. *The minimization of costs in the machining process, through the increase of the cut speed without damage of the tool durability, results in the constant development of inserts, mainly, with substrate coated with metallic and ceramic materials, by techniques of physical vapor deposition (PVD) and chemical vapor deposition (CVD). Important researches on these coatings, identify their best characteristics regarding the friction, the abrasive wear, the chemical diffusion and the thermal barrier, for example, so that multiples coatings start to have a better efficiency in the cutting process. In the present work, was analyze the surface roughness behavior of the workpieces, resulting from the machining of ABNT-1050 steel with hard metal tools, coated with TiN and intermediate layers of TiC and Al₂O₃. This analysis established on the relationship of the dimensional evolution of the inserts flank wear in function of the cutting length, obtained through techniques of scanning electronic microscope. The results obtained for the surface roughness show a similar behavior to the presented by the flank wear, both, in relation to the cutting length for the cut speeds $vc_1 = 297$ m/min, $vc_2 = 350$ m/min and $vc_3 = 403$ m/min. However, the existence of inflections is observed in the curves of the surface roughness behavior indicating a certain improvement or stability in the finish of the workpiece.*

Words key: *Surface roughness, flank wear and coating.*