

INFLUÊNCIA DO RAIO DE PONTA DA FERRAMENTA E DA VELOCIDADE DE CORTE NO TORNEAMENTO DO AÇO SAE 4340

Adryano Wallyson de Carvalho

Paulo Sérgio Martins

Centro Universitário UNA – BH. Rua dos Aimores 1451, Belo Horizonte - MG, Brasil. 30140 071.

awc_didi@yahoo.com.br;paulo.martins@prof.una.br;

Pedro Henrique Pires França

Lucas Melo Queiroz Barbosa

Augusto César Santos Peixoto

Gustavo Henrique Nazareno Fernandes

Uni. Federal de Uberlândia, LEPU, Avenida Joao Naves de Avila, 2121, Uberlândia - MG, Brasil. 38408-100

pedrohenriquepiresf96@gmail.com; lmqbarbosa@gmail.com; augusto-csp@hotmail.com; ghnfernandes@gmail.com

Resumo. Cada vez mais os processos de fabricação destinados à obtenção de produtos com melhores qualidades e custos operacionais reduzidos vêm esmerando-se com o rápido avanço tecnológico industrial. No entanto, mesmo com o avanço tecnológico ainda há uma dificuldade em prever se o acabamento de todo produto está se dirigindo aos padrões necessários do projeto, devido as várias variáveis inerentes do processo de usinagem que a influência. Velocidade de corte, avanço, vida da ferramenta, rigidez da máquina, tipo de material e raio de ponta da ferramenta são alguns parâmetros que tem influência de forma significativa e que se não forem controlados, podem causar uma desaprovação nas tolerâncias geométricas e/ou na forma do produto. Com o objetivo de estudar alguns parâmetros que tem influência direta no acabamento, neste trabalho foi avaliado o acabamento de uma peça torneada de aço SAE 4340 através da medição de parâmetros de rugosidade Ra, Rq e Rz com a utilização de ferramentas com diferentes raios de ponta (0,4 e 0,8 mm) variando o parâmetro da velocidade de corte. Como resultado, obteve-se que o aumento na velocidade de corte pode promover uma melhora no acabamento da peça, assim como a utilização de ferramentas com raios de ponta maiores.

Palavras-chave: Torneamento, raio de ponta, velocidade de corte, usinabilidade, acabamento superficial.

1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais, a competição pela alta produtividade nos processos de fabricação vem exigindo menores tempos e menores custos, aliado a qualidade dos produtos fabricados, que são fatores de grande importância na indústria metalmeccânica (Santos & Sales, 2007).

Mesmo com toda automatização envolvida nos processos industriais, há, devido às dificuldades de equacionamento, necessidade de se levar em conta se o acabamento superficial esteja dentro dos limites esperados e se a ferramenta de corte atingiu sua vida estimada. Segundo (Machado et al., 2009) o fim de vida de uma ferramenta é determinado quando seu desgaste atinge valores previamente determinados, que geralmente está dentro de sua capacidade de produzir produtos dentro dos padrões de qualidade (acabamento e tolerância dimensional) baseados no projeto.

Pode-se classificar o acabamento superficial como as ondulações e desvios micro geométricos da superfície de uma peça. Sendo que esse acabamento superficial está ligado a diversas condições do processo de usinagem: velocidade de corte, profundidade de corte, fluido de corte, propriedades do material, rigidez da máquina, avanço, raio de ponta da ferramenta (Trent e Wright, 2000).

A fim de avaliar a qualidade de uma superfície acabada, neste trabalho estudou-se os parâmetros de rugosidades Ra, Rq e Rz de corpos de provas provenientes de um processo de torneamento. A justificativa deste estudo foi de estabelecer os melhores parâmetros dentro da faixa estabelecida para obter um melhor acabamento superficial na usinagem do aço SAE 4340 através do estudo dos parâmetros velocidade de corte e raio de ponta da ferramenta, que além de dar à ferramenta maior resistência, tem uma contribuição geométrica à rugosidade superficial da peça.

Foi escolhido o aço SAE 4340 devido a sua grande aplicação em diversas ocasiões como: em trens de pouso de aeronaves, envelopes de motores para foguetes, em junções de algumas partes de veículos lançadores de satélites e outros fins estruturais, nas indústrias automotivas e de equipamentos (Cardoso, 2011).

2. METODOLOGIA

Para a realização dos ensaios foram usinadas duas barras de aço SAE 4340 com diâmetro inicial de 31,75 mm. Antes de iniciar os testes de acabamento, foi realizado um torneamento para regularizar o diâmetro das barras (resultando em 26 mm), para que a profundidade de corte pudesse ser constante em todos os pontos da peça. Também foram realizados canais para dividir os corpos de prova em comprimentos iguais de 40 mm conforme mostrado na figura 1.



Figura 1. Preparação da barra de aço SAE 4340 para a realização dos ensaios.

Para a realização dos ensaios foi utilizado um torno convencional ROMI modelo I-30A. Como ferramenta, foram utilizados dois tipos de insertos da marca SECO, um com raio de ponta 0,8 mm, e outro com raio de ponta 0,4 mm com uma cobertura CVD de TiNCN + Al₂O₃ com números de identificação TNMG160408R-UX TP2500 ISO P e TNMG160404R-UX TP25 ISO P. Como porta-ferramenta, foi utilizado um suporte da Walter Tools® com número de identificação MTJNR 3225 P16. Todos os experimentos foram realizados a seco.

Durante os experimentos tanto para os corpos de prova usinados utilizando-se insertos com raio de ponta 0,8 mm e raio de ponta 0,4 mm, manteve-se constante o avanço (0,1 mm/volta) e a profundidade de corte (0,3 mm). Assim, somente o raio de ponta e a velocidade de corte (V_c) sofreram variações conforme demonstra a tabela 1, sendo a V_c obtida a partir da rotação do eixo da árvore.

Tabela 1 – Parâmetros utilizados para a realização dos ensaios.

Diâmetro do corpo de prova (mm)	Inserto com raio de ponta 0,8 mm	Velocidade de corte (m/min)
26	A1	18,30
	A2	36,76
	A3	57,99
	A4	91,48
Diâmetro do corpo de prova (mm)	Inserto com raio de ponta 0,4 mm	Velocidade de corte (m/min)
26	B1	18,30
	B2	36,76
	B3	57,99
	B4	91,48

Para cada ensaio com os insertos com raio de ponta 0,8 mm (A1, A2, A3 e A4) e raio de ponta 0,4 mm (B1, B2, B3 e B4), foi usinado um canal, conforme indicado pelas Fig. 2 (a) e 2 (b). Antes de alterar a velocidade do eixo de rotação a aresta de corte dos insertos foram alteradas para uma nova aresta de corte, de forma a reduzir o efeito do desgaste da ferramenta sobre a rugosidade.

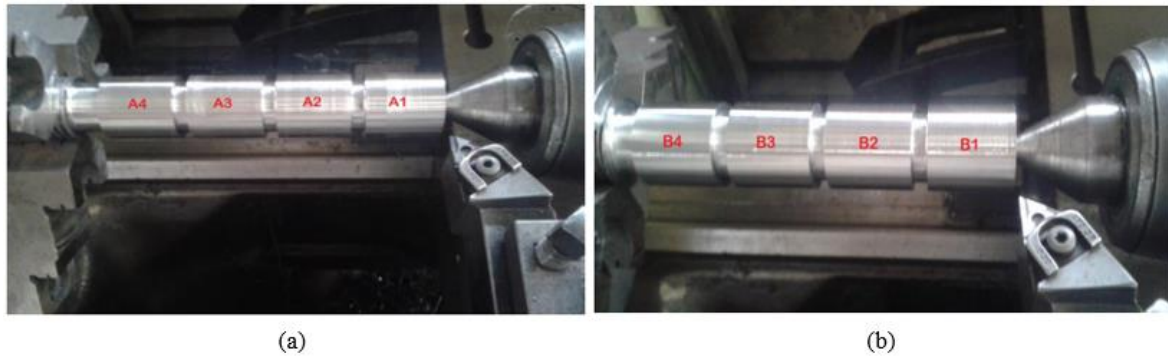


Figura 2. (a) Corpos de prova usinado com inserto de raio de ponta de 0,8 mm. (b) Corpos de prova usinado com inserto de raio de ponta de 0,4 mm.

Para realizar as medições de rugosidade foi utilizado um rugosímetro da marca Mitutoyo modelo SJ-210. Para cada corpo de prova foi medida a rugosidade em quatro pontos aleatórios, assim obtendo para cada parâmetro (R_a , R_q e R_z) um total de dezesseis medições de rugosidade, seguindo a norma ISO 4287.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise do parâmetro R_a

A partir dos dados coletados foi gerado um gráfico da média do parâmetro de rugosidade R_a em função da velocidade de corte. Pode-se observar que para menores velocidades de corte, tanto no torneamento utilizando inserto com raio de ponta 0,8 mm e inserto com raio de ponta 0,4 mm, foi obtido rugosidades mais elevadas. À medida que houve um aumento da velocidade de corte, a rugosidade média de R_a reduziu, e por consequência o acabamento superficial também melhorou. Uma hipótese para essa ocorrência é porque em baixas velocidades de corte, as forças de usinagem são maiores, podendo gerar maiores vibrações no sistema e consequentemente gerando valores de rugosidades mais elevados. Em altas velocidades de corte, a elevação de temperatura provoca a redução da resistência ao cisalhamento do material da peça, promovendo a redução das forças de usinagem.

Para ambas as condições de raio de ponta das ferramentas de 0,8 e 0,4 mm, foi notado pequenas dispersões dos valores de rugosidade para algumas faixas de valores (18,30 – 36,76 m/min e 57,99-91,48 m/min). Porém ao variar a velocidade de corte de 36,76 m/min para 57,99 m/min houve uma brusca queda nos valores de R_a médio que em média foi de 370 % (de 4,376 μm para 1,182 μm) para um raio de ponta de 0,8 e 429 % (de 5,411 μm para 1,261 μm) para um raio de ponta de 0,4 mm. Uma possível hipótese que descreve esse declínio dos valores médios de R_a é a geração de aresta postiça de corte (APC), que é um fenômeno presente em velocidades de cortes mais baixas. O efeito da APC no acabamento superficial é atribuído ao fato de que parte do material cisalhado durante o processo de corte permanece aderido à superfície da peça, causando uma piora no acabamento (Machado et. al, 2009).

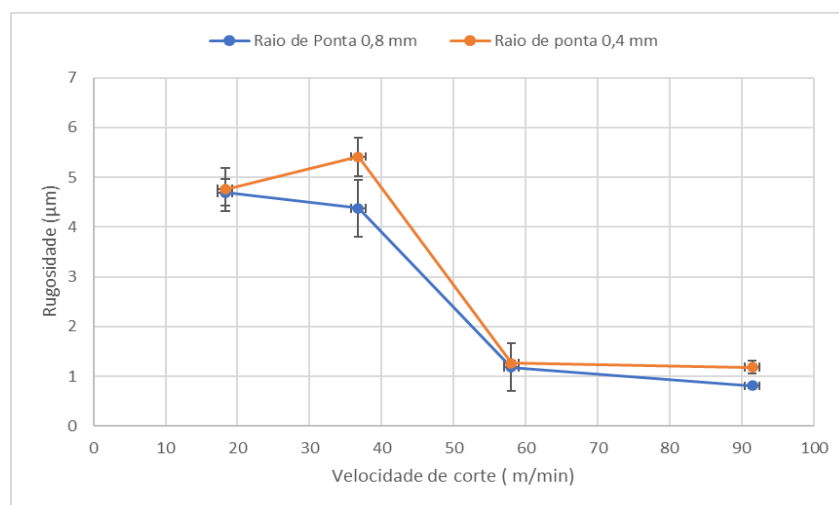


Figura 3. Rugosidade média do parâmetro R_a em função da velocidade de corte para as diferentes ferramentas com raios de ponta de 0,4 e 0,8 mm.

Foi observado que as rugosidades médias do parâmetro Ra atingidas durante os testes utilizando o inserto com raio de 0,8 mm foram menores em todas as variações da velocidade de corte. Como o avanço utilizado (0,1 mm/volta) manteve-se constante durante os testes, a condição da ferramenta com raio de ponta de 0,8 mm proporcionou menores valores de rugosidade e consequentemente um melhor acabamento superficial. Essa maior disparidade entre os parâmetros médios foi melhor observada na velocidade de corte 36,76 m/min, onde o parâmetro médio atingido com o raio de ponta 0,4 mm foi 20,13% maior do que o valor atingido com o raio de 0,8 mm. O motivo dessa ocorrência pode ser explicado através da relação entre o avanço e o raio de ponta da ferramenta, descrita por Machado (2009) e Ferraresi(1977), que diz que aumentar o raio de ponta (pelo menos o dobro do avanço) irá diminuir as marcas de avanço, apresentando melhorias na rugosidade. Porém, um raio de ponta excessivamente grande poderá induzir vibrações.

3.2 Análise do parâmetro Rq

Pela Figura 4 é possível observar o gráfico que representa os resultados da rugosidade média Rq em função da velocidade de corte das diferentes ferramentas com raios de ponta de 0,4 e 0,8 mm.

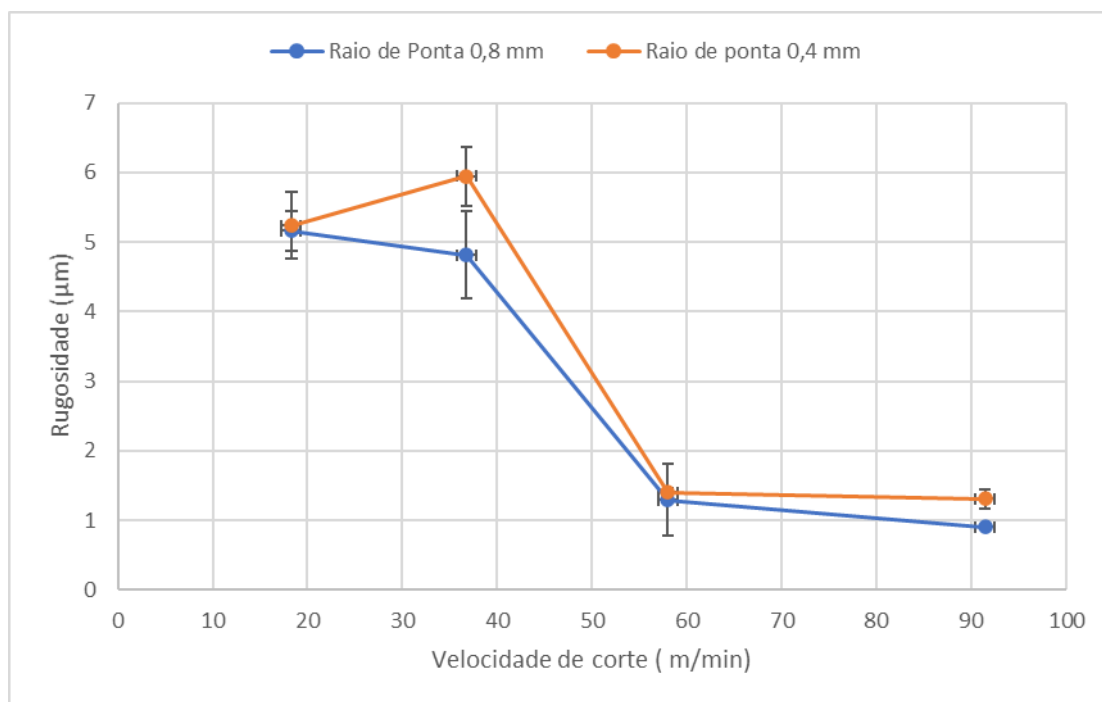


Figura 4. Rugosidade média do parâmetro Rq em função da velocidade de corte para as diferentes ferramentas com raios de ponta de 0,4 e 0,8 mm.

Comparando o comportamento dos valores da Figura 4, é possível observar uma semelhança em relação ao parâmetro de rugosidade Ra. Com o aumento da velocidade de corte foi obtido valores menores médios da rugosidade Rq. Além disso, também foi possível observar o mesmo comportamento de declínio dos valores de rugosidade ao variar o parâmetro de velocidade de corte de 36,76 m/min para 57,99 m/min, que pode ser uma provável formação de APC para essas velocidades de corte mais baixas.

Ao relacionar o valor de rugosidade Rq médio obtido para o menor parâmetro de velocidade de corte de 18,30 m/min com o maior 91,48 m/min observou-se uma diferença de 82,53 % na ferramenta com raio de ponta de 0,8 mm. Já para a de 0,4 mm foi visto uma redução de 75,02 %.

Comparando a diferença dos raios de ponta das ferramentas, foi obtido um melhor acabamento superficial da peça para as condições em que foi utilizado um raio de 0,8 mm. Apresentando diferenças do parâmetro Rq de 1,39 %, 19 %, 7,5 % e 31,3 %. Para as respectivas velocidades de corte de 18,30, 36,76, 57,99 e 91,48 m/min.

3.3 Análise do parâmetro Rz

A figura 5 demonstra o comportamento da média dos valores de rugosidade do parâmetro Rz em função da velocidade de corte para as diferentes ferramentas com raios de ponta de 0,4 e 0,8 mm. Pode-se observar que os valores de Rz são relativamente maiores que os de Ra e Rq. Assim como nos parâmetros Ra e Rq o maior raio de ponta e o aumento da velocidade de corte promoveu uma melhora no acabamento superficial, gerando menores valores de Rz.

Além dos comportamentos semelhantes da rugosidade R_z em relação a R_a e R_q para um aumento da velocidade de corte, também foi possível observar o mesmo fenômeno de uma possível formação de APC.

Comparando a menor velocidade de velocidade de corte de 18,30 m/min com o maior de 91,48 m/min foi observado uma diferença de rugosidade média de 81,93 % para a ferramenta com raio de ponta de 0,8 mm e 74,95 % para a ferramenta com raio de ponta de 0,4 mm.

Em relação a diferença dos raios de ponta das ferramentas, assim como os outros parâmetros, foi encontrado um acabamento superficial melhor para os ensaios que foi utilizado uma ferramenta com um raio de ponta de 0,8 mm. Apresentando diferenças de 0,07 %, 19,15 %, 6,5 % e 28 %. Para as respectivas velocidades de corte de 18,30, 36,76, 57,99 e 91,48 m/min.

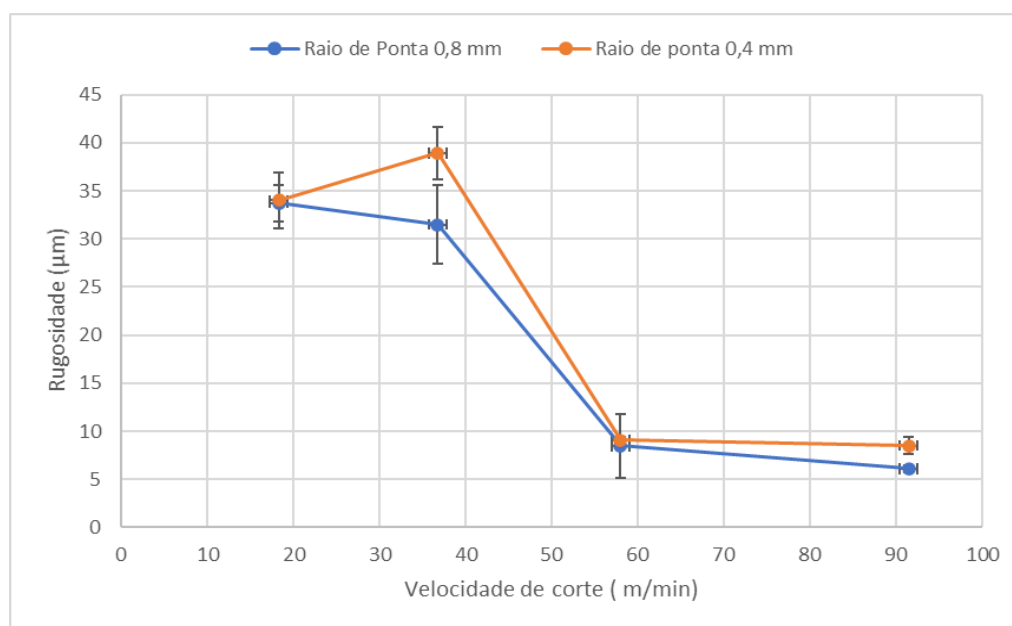


Figura 5. Rugosidade média do parâmetro R_z em função da velocidade de corte para as diferentes ferramentas com raios de ponta de 0,4 e 0,8 mm.

4. CONCLUSÕES

Ao analisar os resultados dos experimentos realizados pode-se verificar que o raio de ponta da ferramenta e a variação da velocidade de corte no torneamento influenciaram diretamente no acabamento superficial do aço SAE 4340.

O aumento da velocidade de corte resultou em valores de rugosidade para os parâmetros R_a , R_q e R_z .

Em relação a influência dos raios de ponta das ferramentas foi possível concluir que a utilização de um raio de ponta maior de 0,8 mm resultou em valores de rugosidade mais baixos do que um raio de ponta de 0,4 mm para os parâmetros de rugosidade R_a , R_q e R_z .

Ao variar a velocidade de 36,76 m/min para 57,99 m/min foi possível observar para todos os parâmetros de rugosidade uma quebra brusca em seus valores.

5. REFERÊNCIAS

- Cardoso, A.S.M., 2011. "Caracterização mecânica e microestrutural dos aços SAE 4340 e 300M após soldagem a laser e tratamento superficial de nitretação a plasma". Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Ferraresi, D., 1977. "Fundamentos da Usinagem dos Materiais".
- Machado, A.R., Abrão, A.M., Coelho, R.T., Da Silva, M.B., 2009. "Teoria da usinagem dos materiais", Editora Blucher.
- Nunes, L.T., 2011. "Análise estatística da influência dos parâmetros de corte na rugosidade no torneamento do aço microligado DIN 38 MnSiVS5". Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia(UFU), Uberlândia.
- Santos, S. C. e Sales, W. F., 2007. "Aspectos tribológicos da usinagem dos materiais".
- Trent, E. M., Wright, P. K., 2000. "Metal Cutting".

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) o(s) único(s) responsável(is) pelas informações incluídas neste trabalho.

THE INFLUENCE OF TOOL TIP RADIUS AND CUTTING SPEED ON TURNING STEEL SAE 4340

Adryano Wallyson de Carvalho

Paulo Sérgio Martins

Centro Universitário UNA – BH 1451 Aimores Street, Belo Horizonte - MG, Brazil. 30140-071.

awc_didi@yahoo.com.br;paulo.martins@prof.una.br;

Pedro Henrique Pires França

Lucas Melo Queiroz Barbosa

Augusto César Santos Peixoto

Gustavo Henrique Nazareno Fernandes

Univ. Federal de Uberlândia, LEPU, 2121 Joao Naves de Avila avenue, Uberlândia - MG, Brazil. 38408-100

pedrohenriquepiresf96@gmail.com; lmqbarbosa@gmail.com; augusto-csp@hotmail.com; ghnfernandes@gmail.com

Resumo. *Increasingly, manufacturing processes aimed at obtaining products with better qualities and reduced operating costs have been being deemed by the rapid industrial technological advance. However, even with technological advancement there is still a difficulty in predicting whether the finishing of every product is addressing the necessary design standards, due to the various inherent variables of the machining process that influence. Cutting speed, feed, tool life, machine stiffness, material type and tool tip radius are some parameters that have significant influence and that if not controlled, can cause a disapproval in geometric tolerances and/or product form. In order to study some parameters that have a direct influence on the finish, in this work the finishing of a turned piece of SAE 4340 steel was evaluated by measuring roughness parameters Ra, Rq and Rz with the use of tools with different nose radii (0.4 and 0.8 mm) varying the parameter of cutting speed. As a result, it was obtained that the increase in cutting speed can promote an improvement in the finish of the workpiece, as well as the use of tools with higher tip radii.*

Keywords: Turning, tip radius, cutting speed, machinability, surface finish.

RESPONSIBILITY NOTICE

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