

Impacto das diferentes estratégias de torneamento sobre a qualidade superficial do aço inoxidável 316 UF

Impact of different turning strategies on the surface quality of 316 UF stainless steel

DOI:10.34117/bjdv7n10-189

Recebimento dos originais: 07/09/2021

Aceitação para publicação: 17/10/2021

Willian Baunier de Melo

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

E-mail: willian.melo@uftm.edu.br

Raphael Silva Lins

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

E-mail: raphael.lins@uftm.edu.br

José Ricardo Revolti

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

E-mail: jose-ricardo-04@hotmail.com

Mateus Lopes Ferro

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

E-mail: mateusloopes01@gmail.com

Matheus Correa Peres

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

E-mail: matheusperes0503@hotmail.com

Vitor Tomaz Guimarães Naves

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

E-mail: vitor.naves@uftm.edu.br

RESUMO

As ligas de aço inoxidável 316 UF contém aproximadamente 11% de cromo, que caracterizam este material por ter difícil usinabilidade, aliado a este fato, desperta-se o interesse cada vez maior da investigação destas ligas em diferentes tipos de processos de usinagem, uma vez que as mesmas possuem uma dada aplicação na indústria metal mecânica aliado ao bom comportamento mecânico e resistência aos efeitos de corrosão. O objetivo deste trabalho foi investigar a influência dos diferentes parâmetros de corte na usinagem no aço inoxidável 316 UF na determinação da rugosidade média variando três geometrias de insertos de ferramentas de metal duro diferentes. Além da variação da velocidade de corte, mantendo-se avanço e profundidade de corte constantes. Testes com a aplicação de fluido de corte e a seco foram realizados no torneamento desta liga. Os menores valores de rugosidade média foram obtidos na presença de fluido de corte e nos maiores valores de velocidade de corte.

Palavras-chave: Geometria definida, acabamento superficial, micro têmpera, refrigeração.

ABSTRACT

The 316 UF stainless steel alloys contain approximately 11% chromium, which characterizes this material for having difficult machinability, coupled with this fact, there is increasing interest in the investigation of these alloys in different types of machining processes, since they have a given application in the metal mechanical industry combined with good mechanical behavior and resistance to corrosion effects. The aim of this work was to investigate the influence of different cutting parameters when machining 316 UF stainless steel in determining the average roughness by varying three different carbide tool insert geometries. In addition to varying the cutting speed, keeping feed and depth of cut constants. Tests with both dry and cutting fluid application were performed in turning this alloy. The lowest average roughness values were obtained in the presence of cutting fluid and at the highest cutting speed values.

Keywords: Defined geometry, surface finish, micro-hardening, cooling.

1 INTRODUÇÃO

O aço inoxidável 316 UF é uma liga de ferro e cromo, podendo conter também níquel, molibdênio e outros elementos. Esse tipo de aço contém aproximadamente 11% de cromo, e é justamente por isso que se torna resistente à corrosão. Essa característica torna esta liga de inoxidável de difícil usinabilidade. As propriedades físico-químicas como a alta resistência à oxidação atmosférica o torna especial para várias finalidades. Dependendo da microestrutura, os aços inoxidáveis podem ser ferríticos, martensíticos ou austeníticos (Callister, 2008).

Os aços são classificados através da norma criada pela AISI (American Iron and Steel Institute) que divide os aços em 4 tipos: austeníticos, ferríticos, martensíticos e endurecidos por precipitação. Esses aços seguem uma nomenclatura de acordo com os elementos que compõem a matéria prima do aço, como por exemplo o ferro, o níquel o molibdênio, entre outros. O aço inoxidável em questão (316 UF) é um aço austenítico. Esse tipo de material possui difícil usinabilidade em função da sua baixa condutividade térmica, alto coeficiente de expansão térmica, alta ductilidade e alto endurecimento por deformação. As operações de acabamento, nestes tipos de aço, são realizadas comumente com insertos de metal duro revestidos, com velocidades de cortes entre 200 e 350 m/min (Tamayo et al., 2018). Baixas velocidades de corte levam a baixa eficiência de produção e, conseqüentemente, altos custos de produção (Tamayo et al., 2018). Sendo assim, é muito importante prever a rugosidade, que varia em função dos parâmetros de corte, da ferramenta de corte e do material da peça, após o torneamento, para não desperdiçar material e para que o processo seja mais direto e sem retrabalho.

O acabamento de uma superfície usinada é a combinação de vários fatores que podem ser divididos em rugosidade, ondulações e falhas (Machado et al., 2011). Ondulações podem ser definidas como sendo irregularidades superficiais ou erros geométricos onde os espaçamentos são maiores que as irregularidades consideradas rugosidade. Já as falhas podem ser estabelecidas como interrupções na topografia típica de uma superfície. A rugosidade é determinada por irregularidades finas ou de erros micro geométricos, em uma superfície, resultantes da ação inerente ao processo de corte. Para medição da rugosidade, é utilizado um aparelho chamado rugosímetro. A medição pode ser realizada com ou sem contato entre um apalpador e a peça. No caso onde a medição é efetuada com contato, o equipamento baseia-se em um apalpador de diamante que percorre, em linha reta, uma distância previamente definida. O deslocamento vertical do apalpador é convertido em sinal elétrico e então amplificado.

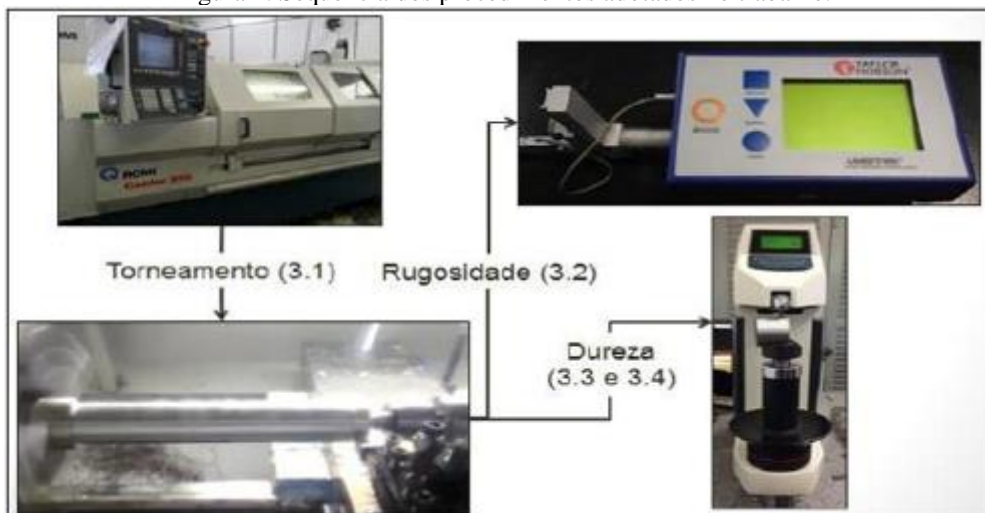
De acordo com Gravalos (2007), os materiais quando são usinados passam por mudanças em sua estrutura e em suas propriedades mecânicas, uma vez que passam por um processo de encruamento quando usinados. No entanto, muitas vezes essas variações em suas propriedades são indesejáveis.

O presente estudo visa a comparação de diferentes classes de insertos intercambiáveis, no torneamento do aço inoxidável 316 UF, com parâmetros de corte semelhantes e desta forma dentro do universo de comparação determinar qual ferramenta atingiu melhor acabamento superficial e qual o melhor parâmetro de corte para os insertos analisados.

2 METODOLOGIA

O material de trabalho empregado nesta pesquisa foi a liga de aço inoxidável austenítico, denominada por ABNT 316UF, da linha USIFAC, produzida pela empresa Villares Metals S.A. A sigla UF representa usinagem fácil, ou seja, o material tem uma melhor usinabilidade quando comparado com o aço inoxidável ABNT 316 padrão (Naves, 2013). A Fig. (1) ilustra de forma sucinta o procedimento experimental utilizado.

Figura 1. Sequência dos procedimentos adotados no trabalho.



Os insertos apresentados na Tab. (1), utilizados no experimento possuem raio de ponta em 0,8mm. O eixo possui o diâmetro bruto de 100mm e o comprimento de 350mm. Sendo necessário o uso de contraponto rotativo ($L > 3D$), para minizar as vibrações e balanço do material durante a aplicação das forças de usinagem.

Tabela 1. Especificações das ferramentas e pastilhas.

Nº	Ferramenta	Pastilha (AISI)	Especificação de uso
01	PDJNR 252SM 15	DNMG 442 - PM	Indicado para aços (classe P)
02	PCLNR 2020 K12	CNMG 432EMU	Indicado para aços e aços inoxidáveis (classes P e M)
03	SVJCR 2020 K16	VCMM 332ESU	Indicado para aços (classe P)

Para realização do procedimento experimental cada ferramenta foi submetida a seis diferentes condições de corte, e foram usinados três eixos perfazendo um total de cinquenta e quatro corpos de prova. Os valores teóricos do respectivos de Ra, e cut-off se encontram anexados nesta Tabela (2).

O processo de usinagem foi realizado com o auxílio de um torno CNC ROMI Centur 35D, ao qual foi inserido uma programação específica com as condições de corte seguindo a Tabela 2. As velocidades de corte foram escolhidas, de modo que estivessem dentro da faixa considerada ideal para o torneamento de aço inoxidável austenítico, como indicado pela Figura 12.2 (Machado et al, 2011). As medições das rugosidades superficiais para diferentes tipos de ferramenta e condições de corte foram executadas com o auxílio do rugosímetro Taylor Hobson Surtronic 25.

Tabela 2. Condições de corte

Amostra	Ferram.	Vc m/mim]	Rot. [R.P.M]	ap [mm]	f [mm/rot]	re [mm]	Rug. Teórica [μ m]	Cut- Off	Fluido
1	Ferramenta 01	100	637	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Não
2		125	796	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Não
3		150	955	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Não
4		100	637	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Sim
5		125	796	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Sim
6		150	955	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Sim
7	Ferramenta 02	100	637	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Não
8		125	796	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Não
9		150	955	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Não
10		100	637	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Sim
11		125	796	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Sim
12		150	955	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Sim
13	Ferramenta 03	100	637	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Não
14		125	796	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Não
15		150	955	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Não
16		100	637	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Sim
17		125	796	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Sim
18		150	955	0,4	0,1	0,8	0,40	0,8	Sim

Após os processos de torneamento, aplicou-se o ensaio de dureza às 18 condições de corte, todas identificadas numericamente em uma das faces. Os ensaios de dureza foram realizados com o auxílio da máquina Rockwell Hardness Tester, Mod. TH300, Tine Group Inc. calibrada com um escopo de dureza de 100, aplicada durante 5 segundos, utilizando uma esfera de 1/16" de diâmetro. Sendo assim, procederam-se 4 medidas, equidistantes, ao longo do diâmetro dos corpos de prova, com o objetivo de minimizar o efeito de medidas errôneas.

3 RESULTADOS

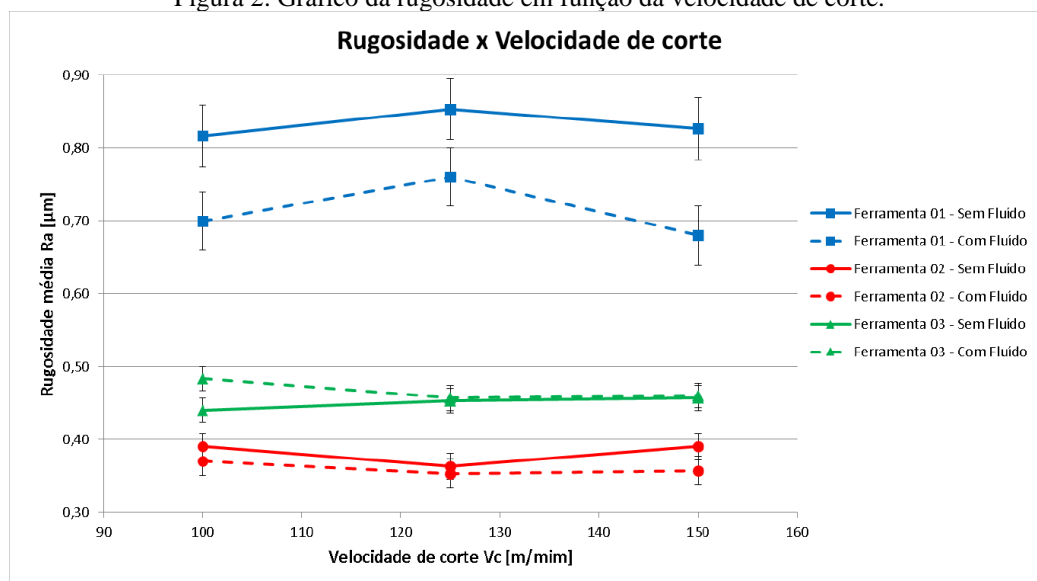
Ao final dos procedimentos de usinagem dos corpos de prova, tornou-se possível a elaboração de gráficos, apresentados a seguir, que demonstram os comportamentos dos parâmetros de rugosidade e dureza em função dos parâmetros de velocidade de corte, utilização do fluido de corte e especificação da pastilha de corte.

Dessa forma, pode-se notar que a pastilha 2 mostrou resultados mais próximos e até melhores em relação aos valores teóricos de rugosidade, caracterizando-a como a melhor em desempenho. A pastilha 1 foi a que mostrou piores resultados de rugosidade, em que o fato pode ser explicado pela presença de vibração durante a usinagem, onde foi visivelmente percebida, pelo operador, e que pode ter sido provocada principalmente pela

má fixação proporcionada pelo contraponto. As consequências foram refletidas em altos valores de rugosidade, aproximadamente o dobro da teórica. A pastilha 3 proporcionou valores intermediários em relação às pastilhas 1 e 2. A principal diferença para os valores dentre as pastilhas se deu pelo fato de a pastilha 2 ser aconselhável, pelo fabricante, à usinagem de aços inoxidáveis, o que não ocorre para as outras, e o fator que proporcionou diferença entre os valores das pastilhas 1 e 3 foi a presença de vibração na pastilha 1, já citada. As especificações das pastilhas podem ser revistas na Tabela 1 já apresentada nesse trabalho.

Analisando a Fig. (2), nota-se que as velocidades de corte não apresentaram variações significativas nos valores de rugosidades para as pastilhas 2 e 3. Para a pastilha 1 mostrou-se um aumento da rugosidade na faixa de 100m/mm a 125m/mm, e uma diminuição na faixa de 125m/mm a 150m/mm.

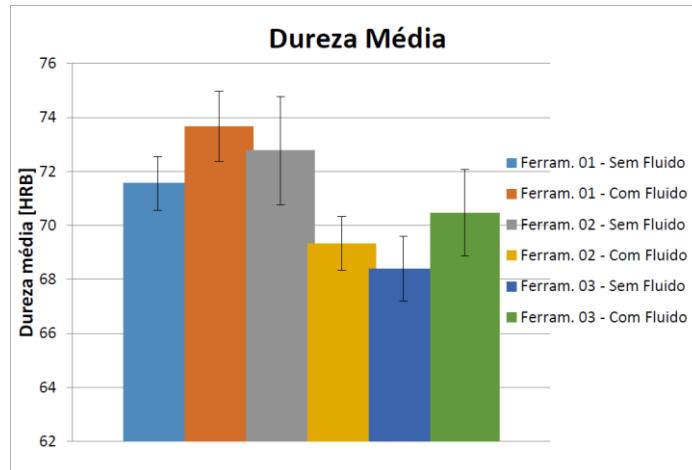
Figura 2. Gráfico da rugosidade em função da velocidade de corte.



Os resultados relacionados às baixas velocidades de corte podem estar relacionadas a formação de aresta postiça de corte (APC), que alteram os ângulos de corte e podem acarretar em um acabamento inferior, diferentemente do que acontece a velocidades mais altas, que propiciam o desaparecimento da APC e provocam a redução da resistência ao cisalhamento do material da peça por meio do aumento da temperatura (efeito de amolecimento), provocando, assim, a redução das forças de usinagem e a consequente melhoria do acabamento. Ainda na Figura 2, pode-se perceber, de modo geral, que a utilização do fluido de corte acarretou em um melhor acabamento superficial.

Analisando influência do fluido de corte na dureza média demonstrada na Fig. (3), é possível observar que o fluido de corte propicia um aumento de dureza superficial. O atrito do inserto na superfície da peça propiciou encruamento do aço inoxidável 316 UF.

Figura 3. Ensaio de dureza média nos corpos de prova usinados.



Devido à temperatura de austenitização ter sido atingida há formação de austenita nas camadas superficiais, que, após o resfriamento brusco, seja pelo fluido de corte, seja pela condução de calor para o restante da peça, se transformará em martensita não revenida, também chamada “camada branca”, que apresenta dureza e fragilidade elevadas (Neailey,1988). Este fenômeno pode ter ocorrido durante o experimento e será investigado em trabalhos futuros.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No universo amostral do experimento detectou-se uma melhor rugosidade média (Ra) sempre que se utilizou fluido de corte comparando-se parâmetros de corte semelhantes. Este resultado pode ser atribuído a uma redução do desgaste da ferramenta oriundo atrito na interface ferramenta/peça e/ou cavaco.

A ferramenta que obteve o melhor desempenho foi a ferramenta 2, que proporcionou melhores resultados de rugosidade, sendo até melhores que o teórico, a ferramenta apresenta revestimento do tipo CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN, além de possuir a Classe P e M aconselhável para a usinagem de aços inoxidáveis e aços carbono, o que não ocorre para os outros insertos que possuem a Classe P, que apesar de possuírem o mesmo revestimento, são recomendados para aço carbono. A melhor rugosidade obtida

foi $0,35 \mu\text{m}$ com velocidade de corte de 125 m/min, sendo que durante os experimento o avanço de 0,1mm/rot e profundidade de corte de 0,4 mm mantiveram-se constantes.

A ferramenta 1 comparando os parâmetros de corte semelhantes apresentou os piores acabamentos superficiais, e a melhor rugosida média obtida foi de $0,678 \mu\text{m}$ para uma velocidade de corte de 150 m/min. A ferramenta 3 apresentou resultados intermediários, sendo sua melhor rugosidade média $0,446 \mu\text{m}$ para uma velocidade de corte de 100 m/min. Atribui-se tais resultados aos ângulos de saída, de folga e cunha dos insertos de metal duro, de acordo com a classe recomendada para usinagem de materiais. Sendo objeto de investigação em trabalhos futuros.

Quanto ao ensaio de dureza média, conclui-se que, utilizando especificamente esses parâmetros de corte e condições de usinagem, obteve-se uma dureza média maior com a utilização do fluido de corte.

REFERÊNCIAS

Callister, W.D., 2008. “Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução”, Ed. LTC, Rio de Janeiro, Brasil, 702p. Gravalos, M. T. et al., 2007, “Efeito da Usinagem na Estrutura e Propriedades Mecânicas do Aço Superaustenítico ASTM

A351 CN3MN”, Revista Escola de Minas, Vol.60, pp. 83-88.

Machado A.R. et al., 2011, “Teoria da Usinagem dos Materiais”, Ed. Blucher, S.Paulo, Brasil, 397 p.

Naves, V.T.G., 2013, “Usinagem do Aço Inoxidável Austenítico ABNT 316 UF com Aplicação de Fluido de Corte a Alta Pressão”, Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 107 p.

Neailey, K., 1988, “Surface Integrity of Machined Components: Microstructural Aspects”, Metals and Materials, Vol.4, pp. 61-68.

Tamayo, Y.M. et al., 2018, “Comparison of Two Methods for Predicting Surface Roughness in Turning Stainless Steel AISI 316L”, Revista chilena de ingeniería, Vol.26, pp. 97-105.