



HAL
open science

ESTUDO DO EFEITO DO AVANÇO NAS FORÇAS E NO ACABAMENTO DE UM TORNEAMENTO DE AÇO SUPERDUPLEX

Anna Carla Araujo, José Paulo Vogel, Washington Souza

► **To cite this version:**

Anna Carla Araujo, José Paulo Vogel, Washington Souza. ESTUDO DO EFEITO DO AVANÇO NAS FORÇAS E NO ACABAMENTO DE UM TORNEAMENTO DE AÇO SUPERDUPLEX. 7^o CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, Apr 2013, Itatiaia, Brazil. hal-03214830

HAL Id: hal-03214830

<https://hal.science/hal-03214830>

Submitted on 3 May 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



COMPROMETIDA COM A PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO
DA ENGENHARIA E DAS CIÊNCIAS MECÂNICAS

7º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO
7th BRAZILIAN CONGRESS ON MANUFACTURING ENGINEERING
15 a 19 de abril de 2013 – Penedo, Itatiaia – RJ - Brasil
April 15th to 19th, 2013 – Penedo, Itatiaia – RJ – Brazil

ESTUDO DO EFEITO DO AVANÇO NAS FORÇAS E NO ACABAMENTO DE UM TORNEAMENTO DE AÇO SUPERDUPLEX

José Paulo Vogel¹, vogel@cefet-rj.br

Washington Souza Nery², washingtonnery@ig.com.br

Anna Carla Araujo³, anna@mecanica.ufrj.br

¹CEFET/RJ - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Av. Maracanã, 229 - Maracanã - 20271-110, Rio de Janeiro - RJ – Brasil.

²CEFET/RJ - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e Tecnologia de Materiais - PPEMM, Av. Maracanã, 229 - Maracanã - Rio de Janeiro - RJ - Brasil - CEP 20271-110.

³UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro - Programa de Engenharia Mecânica - Poli/COPPE/UFRJ Centro de Tecnologia, Bloco G - Sala G-201 – Gabinete 14 - Cidade Universitária - Rio de Janeiro - Brasil - CEP 21945-970.

Resumo: O objetivo deste trabalho é avaliar as forças e a superfície acabada no torneamento de um aço inoxidável super duplex utilizando ferramenta de metal duro. A geometria da ferramenta foi escolhida em função dos graus de acabamento definidos para as superfícies de corte na peça, utilizando fluido de corte. A velocidade de corte e a profundidade de corte são definidas com base nos parâmetros indicados pelo fornecedor da ferramenta. Foram utilizados quatro níveis de avanço em um corpo de prova cilíndrico cujas superfícies de corte estão separadas por quatro canais obtidos por sangramento, com o objetivo de avaliar o efeito deste parâmetro no produto final. Durante a operação foram medidas as forças de corte e após a usinagem foram avaliadas as dimensões e a rugosidade das superfícies de corte do corpo de prova. A análise mostra a influência destes fatores na qualidade do produto final. Foram efetuadas medidas de dureza Vickers e Rockwell nas superfícies cilíndricas do corpo de prova antes e após usinagem. Os corpos de prova apresentaram variações dimensionais inadequadas ao requerido, e esta variação foi avaliada.

Palavras-chave: Aço inoxidável super duplex; Torneamento Externo; Forças de Corte; Tolerância dimensional.

1. INTRODUÇÃO

O aço super duplex é um produto metálico, muito utilizado na indústria de petróleo e gás, que alia características de um aço inoxidável ferrítico e um austenítico, possuindo assim, alta resistência mecânica e à corrosão em relação aos aços inoxidáveis austeníticos convencionais.

A diferença dos aços inoxidáveis duplex e super duplex consiste principalmente nas concentrações de cromo, níquel, molibdênio e nitrogênio que essas ligas apresentam, sendo que alguns desses elementos interferem diretamente na resistência à corrosão por pite, que é uma forma de ataque químico em ambientes contendo íons halogênios, dentre eles destaca-se o íon cloreto (Cl⁻). Uma maneira de quantificar empiricamente essa propriedade química é através da resistência equivalente à corrosão por pite, ou PRE (Pitting Resistance Equivalent). De acordo com a norma ASTM A890/A890M, essa grandeza pode ser calculada de acordo com a expressão:

$$PRE = \%Cr + [(3,3) \times (\%Mo)] + [(16) \times (\%N)] \quad (1)$$

Assim, os aços inoxidáveis bifásicos (ferrítico/austenítico) cujos valores do PRE forem da ordem de 35 a 40, constituem a família dos aços inoxidáveis duplex e aqueles cujos PRE forem superiores a 40, constituem a família dos aços inoxidáveis super duplex (Martins, M. e Casteletti, L. C., 2007).

Na indústria de petróleo e gás o aço super duplex tem apresentado problemas na obtenção de peças com tolerâncias dimensionais e de forma macro e microgeométricas, principalmente na indústria de bombas para a área de petróleo (principal usuário dos aços super duplex) onde o processo de torneamento é o mais utilizado. Assim, o aço super duplex (R\$50,00/kg) está sendo substituído, quando há possibilidade, pelo inonel (R\$250,00/kg), o que traz um aumento de custo em matéria prima de 400%. Além do custo da matéria prima, outro fator importante que influencia no custo de fabricação é a propriedade usinabilidade. Os modelos de previsão e determinação da usinabilidade e os

valores ideais dos parâmetros de processo na fabricação também têm sido áreas de interesse para pesquisadores e engenheiros de fabricação. Além disso, os modelos de usinabilidade têm restrições muito críticas para a seleção de parâmetros no processo de planejamento de sistemas de usinagem. Estes modelos não podem ser previstos sem trabalho experimental em material específico usando condições customizadas. O Inconel, por exemplo, é uma super liga de níquel, cromo e molibdênio com excelente resistência à corrosão numa vasta gama de meios corrosivos, porém de difícil usinabilidade. Neste trabalho, não foi tratada a questão comparativa quanto ao quesito usinabilidade porque envolve critérios específicos (o principal é a vida útil da ferramenta em função da sua importância econômica) entre os materiais citados neste trabalho, o aço super duplex e o inconel.

Os parâmetros de corte, principalmente velocidade de corte e avanço, influenciam de forma relevante as propriedades superficiais das peças usinadas, tais como, dureza, tensões residuais e rugosidade (Bouزيد Sai *et al*, 2000 e Cindra Fonseca, M. P. *et al*, 2008). As altas taxas de encruamento induzem modificações mecânicas e comportamento heterogêneo nas superfícies de corte destes aços e levam a vibrações e formação instável de cavacos (Saoubi *et al*, 1999 e Bordinassi, 2007). A literatura em geral aponta problemas encontrados na usinagem de aços inoxidáveis tais como: desgaste da ferramenta, acabamento superficial ruim (provável encruamento do material durante a usinagem), cavacos longos, baixas velocidades de corte.

Este trabalho é resultado de um esforço inicial objetivando um estudo experimental da usinagem de aços super duplex ainda carente de estudos, pois diversos trabalhos envolvendo aços super duplex de áreas correlatas não se aprofundam na análise dos efeitos da usinagem no material (Bordinassi, 2007). O presente artigo leva em conta um processo de torneamento externo de um aço super duplex. A escolha deste processo de usinagem levou em conta que cerca de 20% das operações de usinagem e 40% do tempo de usinagem na indústria em geral são de torneamento (Chang, 1998; Tönshoff e König, 1994, Bordinassi, 2007). Além disso, dois dos principais fabricantes brasileiros de tornos mecânicos paralelos convencionais estimam que só no Rio de Janeiro existem mais de 100.000 unidades destas máquinas operatrizes em funcionamento.

O objetivo deste trabalho é avaliar o processo de usinagem por torneamento com diferentes avanços e as características da peça acabada. Realizou-se o monitoramento das forças de usinagem, foram medidos os diâmetros finais da peça usinada, a rugosidade e a dureza das superfícies de corte acabadas e estes aspectos foram relacionados. Espera-se que com os testes convencionais de dureza (H_{V5} e HRA) planejados com cargas adequadas possam apresentar as diferenças das superfícies de corte entre a peça como recebida e a peça após a usinagem.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A realização de ensaios em laboratório é uma prática adotada para simular as condições de usinagem encontradas nas empresas e assim realizar estudos de melhorias no processo e compreensão de comportamento em usinagem. Existem muitas variáveis envolvidas na fabricação de peças por usinagem. Neste trabalho adotou-se realizar o estudo variando apenas a velocidade de avanço, mantendo-se todos os demais parâmetros constantes. Os dispositivos de produção foram escolhidos em função do material e da geometria do corpo de prova. A descrição da realização dos ensaios assim como as medidas experimentais obtidas é apresentada nesta seção.

2.1 EQUIPAMENTOS

Para a realização dos ensaios de usinagem, foi utilizado um torno mecânico paralelo convencional marca NARDINI modelo Mascote MS 205 x 1000 do Laboratório de Pesquisa em Usinagem (LABUS) do CEFET/RJ. Esse torno possui 18 rotações, 48 avanços longitudinais e 48 avanços transversais. Os dispositivos de produção usados no torno para o ensaio foram: placa de três castanhas autocentrante, cabeçote móvel com contrapontas rotativo, porta ferramentas direito (SDJCR 2525M11) e pastilha de metal duro (DCMT 11T3 08 MM 1105), ambos fornecidos pela Sandvik, selecionados de acordo com o material usinado, forma e dimensões da peça e de acordo com o suporte porta ferramentas marca Kistler específico para uso com o dinamômetro universal Marca Kistler a cristal de quartzo para medição dos três componentes ortogonais de uma força recomendado para medição de forças de corte durante operações de torneamento. O dinamômetro possui alta rigidez e frequência natural elevada, quatro faixas de medição comutáveis: 0,5kN a 10kN (F_x , F_y , F_z), sensibilidade: 10mV/N (F_x e F_y); 5mV/N (F_z), frequência natural: 2 kHz (F_x , F_y); 3,5 kHz (F_z) e temperatura de operação: 0 a 60°C. Para medição de rugosidade, foi usado um rugosímetro portátil da marca Mitutoyo modelo SJ 201 M/P com um comprimento de medição de 2,5mm (Cutoff) e sistema (Ra). Para as medições de dureza Vickers e Rockwell foi utilizado um durômetro marca Instron Wolpert. Para as verificações dimensionais foi usado um paquímetro (150 mm – 0,02 mm) marca Mitutoyo, um relógio comparador (5,0 mm – 0,01 mm) marca Mitutoyo, e um suporte universal para relógio comparador (150 mm) com base magnética marca Mitutoyo.

2.2 MATERIAL DO CORPO DE PROVA

Para avaliação do comportamento do material relativo à usinagem, optou-se por um corpo de prova de aço inoxidável super duplex UNS S 32750 fornecido em barra redonda laminada a quente, recozida, torneada e polida com 40,16 mm de diâmetro. A composição química do material, em peso, está apresentada na Tab. 1.

Tabela 1. Composição química do aço inoxidável super duplex UNS S 32750 (% peso).

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	N
0,013	0,29	0,75	0,019	0,0006	24,79	6,95	3,83	0,15	0,28

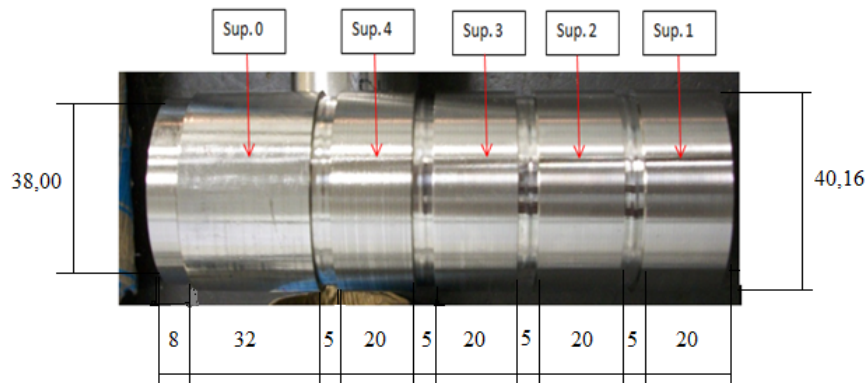


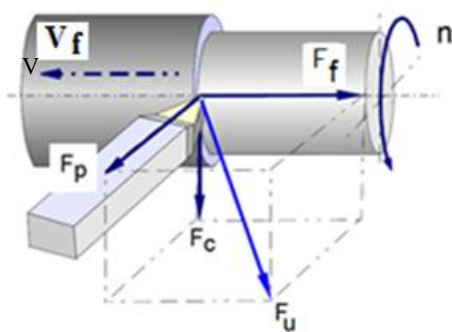
Figura 1. Corpo de prova (dimensões em mm)

Para corte do material como recebido e fabricação do corpo de prova, usou-se uma serra de fita para o seccionamento da barra bruta. Pode-se observar que o corte com serra de fita apropriada, com o uso de óleo de corte solúvel e velocidade de corte de 132 m/min transcorreu normalmente e não apresentou problemas visíveis de desgaste significativo da lâmina de serra. O corte com bedame de metal duro para fabricação das ranhuras transversais do corpo de prova foi realizado com óleo de corte solúvel porque o material não se mostrou apto a ser usinado “a frio”.

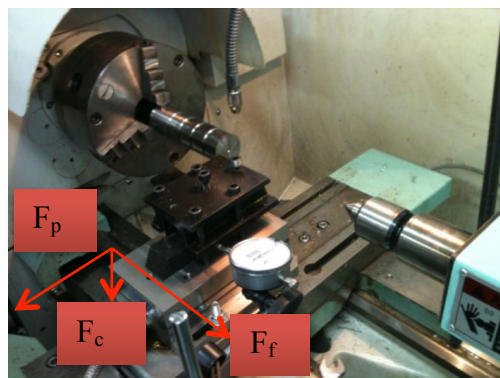
O corpo de prova (CP), mostrado na Fig.(1), foi cortado no comprimento de 140 mm e foram usinados quatro canais de 5,0 mm de largura e 3,0 mm de profundidade gerando quatro superfícies para usinagem posterior de 20,0 mm cada. O rebaixo de Ø 38,0 mm de diâmetro por 8,0 mm largura situado do lado esquerdo do CP, conforme mostrado na Fig. (2), serve para fixação do CP à placa do torno e evitar deslocamento axial. A superfície de 32,0 mm (Sup. 0) também mostrada na Fig. (1) não é usinada e serve como testemunha do material recebido. Na face oposta à fixação do CP na placa de três castanhas auto centrantes do torno, foi realizado um faceamento e um furo de centro para acoplamento a um contraponto rotativo no mangote do cabeçote móvel do torno. Esta providência visa reduzir as vibrações entre peça e ferramenta devido à relação entre comprimento/ diâmetro do corpo de prova ser maior que três.

2.3 USINAGEM DO CORPO DE PROVA E MONITORAMENTO DA FORÇA DE USINAGEM

Para usinagem das superfícies do corpo de prova foi utilizado um inserto de metal duro ISO DCMT 11T3 08 MM 1105. Na Fig.(2)(a) são mostradas as componentes das forças de usinagem no torneamento. A força total de usinagem decorre da ação de várias forças que agem nas áreas de contato entre a ferramenta e a peça (corpo de prova no caso). Destaca-se na Fig. (2)(a), a força de corte F_c , a força passiva F_p a força de avanço F_f e a soma vetorial representada pela força de usinagem F_u , sendo, f o avanço unitário mm/rot na direção de V_f e n a velocidade de rotações (rpm).



(a) Direção das componentes da força de usinagem



(b) Experimento de medição das forças de usinagem

Figura 2. Forças de usinagem no torneamento

Na Fig.(2)(b) pode ser observado o corpo de prova fixado à placa do torno e o alinhamento do suporte porta ferramentas (com relógio comparador) fixado em cima da plataforma dinamométrica, com a indicação da orientação dos eixos da força de corte, a força passiva e a força de avanço. A plataforma dinamométrica está fixada no lugar do castelo porta ferramentas do torno e suporta um dispositivo porta ferramentas fornecido pelo fabricante do dinamômetro. Para a aquisição dos valores de força segue-se o esquema: o sinal enviado pela plataforma dinamométrica Kistler é amplificado no condicionador de sinais e enviado para o digitalizador A/D que por sua vez, envia o sinal para um computador que recebe os dados. A partir de então, estes dados são tratados computacionalmente. Foram utilizados quatro avanços diferentes conforme a Tab.(2). A usinagem foi feita com óleo solúvel orgânico em um torno mecânico paralelo, usado nos testes com o corpo de prova de aço superduplex fixado à placa. O alinhamento do conjunto foi feito com um relógio comparador com desvios medidos menores que 0,01mm. Os parâmetros de corte adotados foram: velocidade de corte- 63,08 m/min; rotação- 500 rpm; avanços unitários- 0,109 mm/rot; 0,199 mm/rot; 0,293 mm/rot; 0,486 mm/rot.

3.0 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

O conhecimento das forças de usinagem é fundamental na experimentação e na pesquisa tanto de novos materiais quanto de materiais conhecidos de difícil usinagem no tocante aos resultados finais relativos a tolerâncias dimensionais e de forma macro e microgeométricas (rugosidade). As informações das forças de corte podem indicar fenômenos não conhecidos de um determinado material. Assim foram medidas as forças de usinagem e foram realizados testes de dureza, de rugosidade e de metrologia básica nas superfícies de corte do corpo de prova com o objetivo detectar possíveis alterações nas propriedades do material.

3.1 FORÇAS DE USINAGEM

Na Fig. (3) é apresentada a variação das forças obtidas nos testes com os valores de avanço mostrados na Tab.(2). O tratamento estatístico é realizado na região do sinal que representa as forças de usinagem do regime permanente. Nesta região são calculadas a média, a mediana e o desvio padrão das forças obtidas em cada experimento executado.

Tabela 2. Forças de usinagem

Avanços (mm/rot.)	Número de pontos selecionados	Componentes da força de usinagem	Força média (N)	Desvio padrão (N)
0,109	14001	corte	104,14	7,27
		passiva	79,12	2,80
		avanço	37,27	3,01
0,199	8001	corte	150,24	14,12
		passiva	103,85	4,72
		avanço	40,90	4,85
0,293	5000	corte	212,10	38,60
		passiva	136,90	14,55
		avanço	45,60	11,62
0,486	3001	corte	256,54	52,70
		passiva	166,56	21,76
		avanço	40,66	13,60

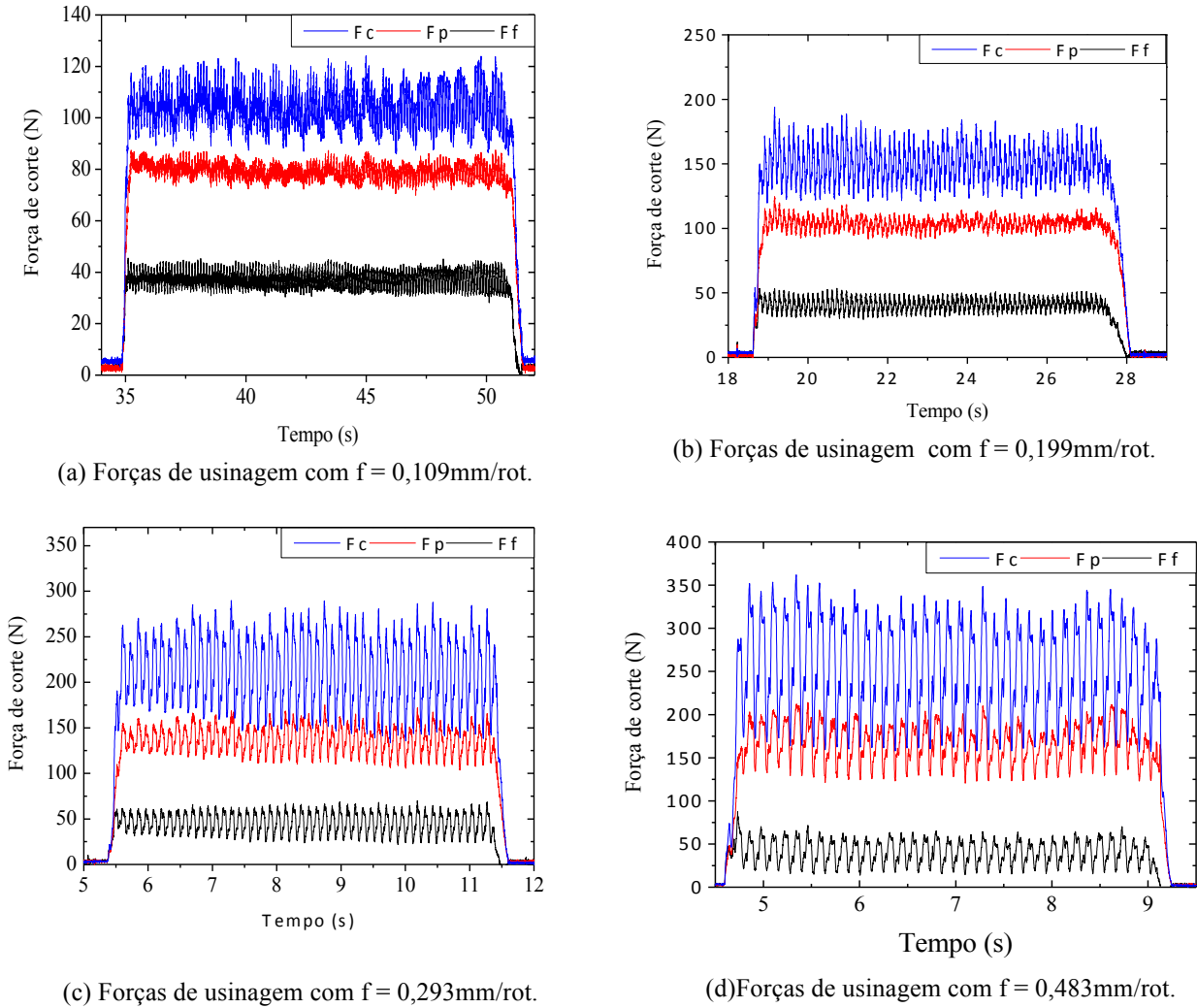


Figura 3. Forças de usinagem experimental

3.2 PRESSÕES ESPECÍFICAS

Para avaliar as componentes dos vetores de pressão específica de corte $k_a^{(1)}$, divide-se as forças de usinagem pela área de corte. Considera-se que a área S_1 é calculada a partir da profundidade de corte p_1 e do avanço determinados na máquina. Esta profundidade de corte foi imposta à máquina ferramenta durante o processo com precisão de 0,01mm.

$$S_1 = f_a \cdot p_1 \quad (2)$$

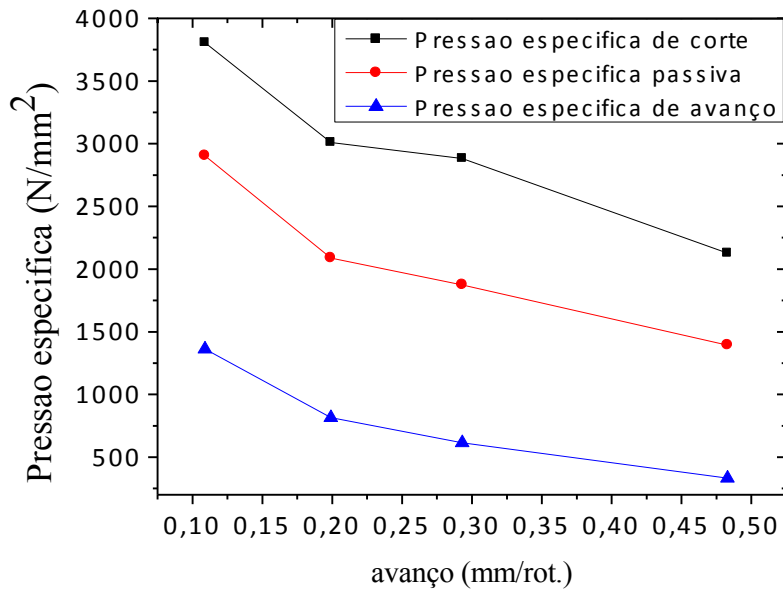
Estas pressões, calculadas a partir da área de corte, podem ser chamadas de pressões específicas calculadas com a área teórica, pois desconsideram os valores efetivos durante a usinagem como indicado na Eq. 3, onde o índice a indica as pressões médias de corte, passiva e de avanço.

$$k_a^{(1)} = \frac{F_i}{S_1} \quad (3)$$

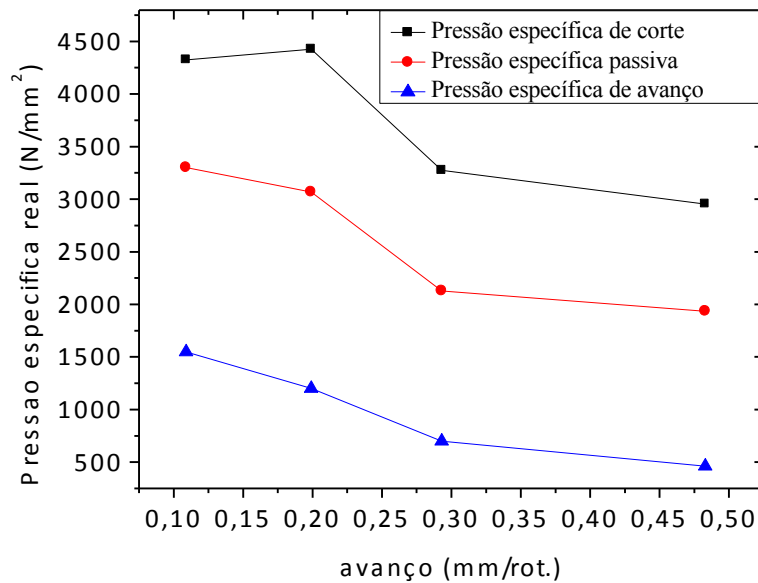
Utilizando esta equação e os valores das forças, as pressões específicas são calculadas com a área teórica e não com a área real após medição do corpo de prova. Após a usinagem, os diâmetros finais foram medidos e foi constatado que a profundidade de corte real variou em relação ao que foi imposto pela máquina-ferramenta. Com isso, o cálculo da pressão específica também deve ser alterado. Ao invés de calcular a partir da profundidade de corte fixa ($p_1 = 0,25 \text{ mm}$), calculam-se as pressões específicas com as profundidades de corte medidas (constatou-se variações da ordem de 0,03 mm a 0,08 mm) após a usinagem.

As curvas apresentadas na Fig.(4a – obtida com resultados teóricos) e na Fig.(4b obtida com resultados após a medição do corpo de prova usinado) resumem os resultados teóricos e práticos. Percebe-se claramente, em ambos os cálculos, que a pressão específica decai com o aumento do avanço. O aumento do avanço diminui o grau de recalque (R_{c1}), conforme verificado experimentalmente (mostrado na Fig. 4) e pela teoria do corte ortogonal (apud Hucks, H., © Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas 2013

1956), o aumento do avanço diminui o grau de recalque e pela equação $k_s = k \cdot \tau \cdot R_{c1}$ (k é uma constante; τ é a tensão de ruptura do material ao cisalhamento e R_{c1} é o grau de recalque) resulta em uma diminuição de k_s (pressão específica de corte). A ferramenta de metal duro usada nos testes, não mostrou sinais significativos de desgaste.



(a) Pressão Específica calculada com a profundidade de corte



(b) Pressão Específica calculada a partir da variação do diâmetro

Figura 4. Variação da pressão específica com o avanço

3.3 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE DUREZA

Após a usinagem das superfícies do corpo de prova, foram realizadas medidas de dureza Vickers com carga de 5 kgf (HV_5) e Rockwell A com carga de 60 kgf usando um durômetro universal obedecendo as normas ABNT NBR NM ISO 6508-1:2008 para escala Rockwell e ABNT NBR NM ISO 6507-1:2008 para a escala Vickers. Os resultados destas medições constam na Fig. (5). Alguns resultados de dureza Vickers apresentaram anisotropia na leitura das diagonais e foram descartados em função da impossibilidade de leitura das diagonais. Na Fig.(5) observam-se os resultados gráficos dos testes de dureza Rockwell A e dos ensaios de dureza Vickers nas superfícies do corpo de prova.

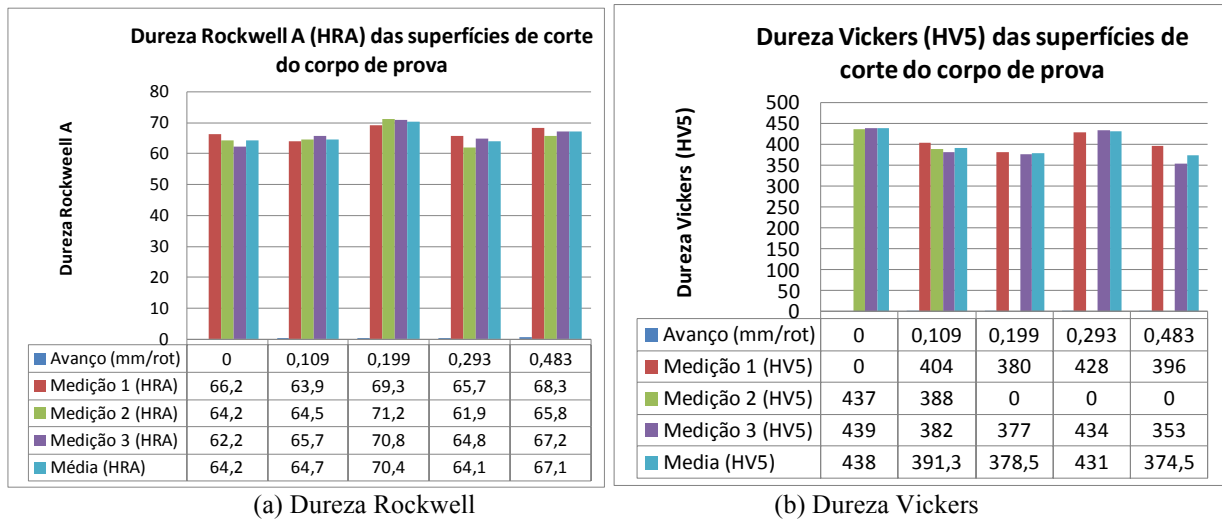


Figura 5. Resultados gráficos das medições de dureza Rockwell e Vickers

A partir dos resultados obtidos com a escala de dureza Rockwell A, pode-se verificar que a superfície de corte da segunda usinagem com avanço de 0,199 mm/rot., teve um acréscimo de dureza (diferença de cerca de seis pontos na escala HRA).

A escala de dureza Vickers com carga de 5kg (HV₅) não se mostrou apropriada para medir dureza neste material, mesmo a norma prevendo ser desnecessário o ajuste para o diâmetro do material, levando-se em conta que a medição foi feita no centro da curvatura do corpo de prova.

3.4 RESULTADOS DE RUGOSIDADE

A partir dos resultados da medição da rugosidade, foi verificado que a usinagem com velocidade de corte de 63,08 m/min, avanço de 0,109 mm/rot. e profundidade de corte (p) de 0,25 mm apresentou o mesmo grau de acabamento (Ra = 0,95 µm) que a usinagem com o avanço de 0,119 mm/rot.

Na superfície da barra como recebida obteve-se 0,33 µm de rugosidade, sugerindo uma operação de retificação, o que pode ser comprovado na especificação do fabricante do aço. A Fig.(6) ilustra esta afirmação.

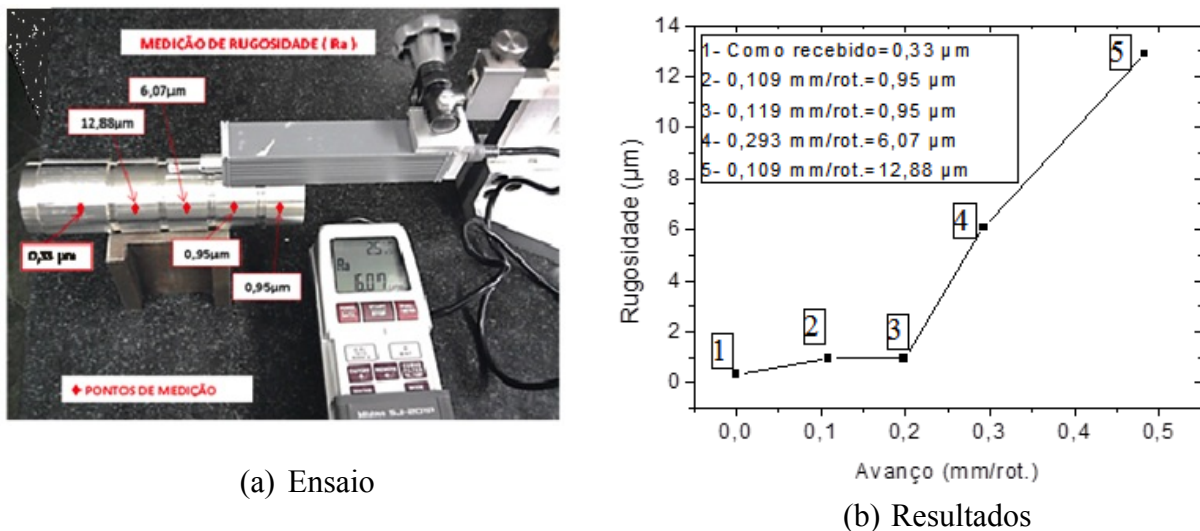


Figura 6. Ensaio e resultados de rugosidade

4 CONCLUSÕES

Foram realizados testes iniciais para caracterização do comportamento do aço superduplex durante operação de torneamento. Os ensaios foram realizados nas mesmas condições de usinagem variando apenas a velocidade de avanço. O diâmetro final de cada passe apresentou variações, mesmo com o cuidado de ajustar as folgas da porca bipartida do fuso do carro transversal, regulagem das réguas dos carros longitudinal e transversal e o torno ser novo e pouco utilizado para operações corriqueiras. Não houve folga no parafuso do carro transversal do torno, nem falta de

rigidez do sistema porta ferramentas com o dinamômetro, entretanto, nenhum destes argumentos justificam as variações dimensionais apresentadas diametralmente (de 0,06 mm a 0,16 mm). Pode-se admitir que parte das forças de usinagem gerasse uma conformação da superfície de corte e dos sistemas de fixação, daí gerando as diferenças entre os diâmetros medidos e os desejados regulados através do movimento de profundidade de corte do fuso transversal do torno. O que ocorreu nestes ensaios de usinagem corresponde exatamente o que tem sido relatado por profissionais que trabalham com esse material. Essa variação dimensional foi interpretada como variação da pressão específica, em um primeiro momento, para questionar o seu cálculo e verificar se apresentaria mudança considerável no comportamento da curva da pressão específica em função do avanço, o que não ocorreu.

Na avaliação da dureza percebe-se uma variação de dureza de 64,2 HRA na superfície como recebida, para uma dureza de 70,4 HRA na superfície usinada com avanço de 0,199 mm/rot. A avaliação de rugosidade apresentou um acréscimo nos avanços mais altos, o que é esperado, pois a rugosidade média é função do avanço.

5 REFERÊNCIAS

- Diniz, Anselmo E., Marcondes, Francisco C. e Coppini, Nivaldo L. “Tecnologia da Usinagem dos Materiais”, Editora Artliber, 5ª edição, São Paulo, Brasil.
- Bordinassi, Éd Claudio, 2007, “Contribuição ao Estudo da Integridade Superficial de um Aço Inoxidável Super-Duplex após Usinagem”, Tese de doutorado da USP, São Paulo, Brasil.
- Bouzdai, W., Ben Salah, N., Lebrun, J.L., 2001, “Influence of Machining by Finishing Milling on Surface Characteristics”, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 41, pp. 443–450.
- Chang, C., 1998, “Turning of Stainless Steel With Worn Tools having Chamfered Main Cutting Edges”, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 4, pp. 291-313.
- Cindra Fonseca, M. P. Araujo, A. C.; Pardal, J. M., Barbosa, M.F.M., Bartholo, R. N., Junior, A. M., 2008, “Estudo das Tensões Residuais Geradas na Usinagem por Fresamento de Amostras de Aço Superduplex”, V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Salvador, Bahia.
- Diniz, A.E., Marcondes, F.C., Coppini, N.L., 2003, “Tecnologia da Usinagem dos Metais”, Editora Artliber, 4ª ed., São Paulo, Brasil.
- Ferraresi, D., 1977, “Fundamento da Usinagem dos Metais”, Editora Edgard Blücher, São Paulo, Brasil.
- Machado, Á. R., Abrão, A. M., Coelho e R.T., Silva, M.B. da, 2009, “Teoria da Usinagem dos Materiais”, Editora Blücher, 1ª edição, São Paulo, Brasil.
- Martins, M. e Casteletti, L. C., 2007, “Obtenção e Caracterização dos Aços Inoxidáveis Duplex e Superduplex”, Revista Fundição e Serviços, Vol. 17, pp. 108-119.
- Sandvik Coromant, 2011, “Ferramentas para Torneamento”, Catálogo de Produtos, impresso na Suécia.
- Saoubi, R.M., Outeiro, J. C., Changeux, B., Lebrun, J. L. e Dias, A. M., 1999, “Residual Stress Analysis in Orthogonal Machining of Standard and Resulfurized AISI 316L Steels”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 96, pp. 225-233.
- Smith, Graham T., 2008, “Cutting Tool Technology”, Industrial Handbook; Southampton Solent University, Southampton, U. K..
- Tönshoff, H. K. e König, W., 1994, “Machining of Holes, Developments in Drilling Technology”, Annals of the CIRP, Vol. 43, pp. 551-561.

3. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo material produzido e incluído neste artigo.

STUDY OF THE EFFECT OF ADVANCEMENT IN THE FORCES AND IN THE FINISHING OF A SUPER DUPLEX STEEL TURNING.

Abstract *The aim of this study is to evaluate the strengths and the finished surface in turning of a super duplex stainless steel using a carbide tool. The geometry of the tool was chosen due to the degree of completion set for cutting the workpiece surfaces, using cutting fluid. The cutting speed and the depth of the cut are defined based on the parameters given by the supplier of the tool. We used four levels of advancement in a cylindrical test samples whose cutting surfaces are separated by four channels obtained by mortising chisel, with the goal of evaluating the effect of this parameter in the final product. During the operation cutting forces were measured and after the machining dimensions and the roughness of the cutting surfaces of the test samples were evaluated. The analysis shows the influence of these factors on the quality of the final product. Vickers hardness and Rockwell hardness measurements were performed on cylindrical surfaces of the test samples, before and after machining. The test samples showed inadequate dimensional variations, and that variation was evaluated.*

Keywords: Stainless Steel Super Duplex; Turning; Cutting forces; Dimensional tolerance.