

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

INFLUÊNCIA DA PENETRAÇÃO DE TRABALHO NA MICRODUREZA DA SUPERLIGA INCONEL 718 APÓS RETIFICAÇÃO

Déborah de Oliveira, deborahrpoliveira@gmail.com¹

Rosemar Batista da Silva, rsilva@mecanica.ufu.br¹

Armando Marques, armando.marques@gmail.com²

Rogério Valentim Gelamo, rogelamo@gmail.com³

¹ Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Faculdade de Engenharia Mecânica, Av. João Naves de Ávila, 2121 - Campus Santa Mônica, Uberlândia – MG, Cep 38408-100. Brasil.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Av. Vitória, 1729, Cep 29040-780 - Vitória, ES – Brasil.

³ Universidade Federal do Triângulo Mineiro, UFTM, Instituto de Tecnologia e ciências exatas, Av. Dr. Randolpho Borges Junior, 1250, Uberaba – MG, Cep 38064-200. Brazil.

Resumo: O Inconel 718 é uma liga base de níquel que possui grande aplicação na indústria aeroespacial devido às suas excelentes propriedades tais como a capacidade de manter sua resistência mecânica, mesmo quando submetida a elevadas temperaturas, boa resistência à fluência e também à corrosão em ambientes agressivos. Por outro lado, a matriz austenítica desta liga, semelhante aquela dos aços inoxidáveis, faz com que ele se encruve rapidamente e, consequentemente, dificultando a sua usinabilidade. E em termos de usinagem por abrasão, os desafios na usinagem do Inconel 718 são potencialmente maiores, pois os rebolos convencionais (normalmente de alumina ou carbetto de silício que são cerâmicos) apresentam baixa condutividade térmica. Com isso, há uma grande geração de calor na região de corte que por sua vez eleva a temperatura na interface rebo-lo-cavaco-peça. Este calor será em sua grande parte dissipado para a superfície e interior da peça. Em alguns casos, se um meio como o fluido de corte não suficientemente eficiente para remover este calor em um curto espaço de tempo, a peça poderá sofrer alterações na superfície e sub-superfície usinadas. Desta forma, a seleção correta de parâmetros de corte durante a retificação desta liga torna-se importante a fim de evitar ou minimizar os danos que comprometam a funcionalidade das peças e ao mesmo tempo observando as condições econômicas de usinagem. Um dos parâmetros para avaliar se uma superfície foi afetada pelos parâmetros de usinagem é a medida a microdureza na sub-superfície. Neste contexto, este trabalho visou investigar a influência de diferentes valores de penetração de trabalho (a_e) ($10\ \mu\text{m}$, $20\ \mu\text{m}$ e $30\ \mu\text{m}$) na microdureza do Inconel 718 após a retificação plana com rebo-lo de alumina. Imagens das superfícies usinadas também foram adquiridas e utilizadas para avaliar se houve danos de origem térmica. Os resultados mostraram que praticamente não houve alteração da microdureza quando foram empregados os menores valores de penetração de trabalho, ao contrário do que foi observado quando o material foi usinado em condição de corte mais severa ($a_e = 30\ \mu\text{m}$). Nesta condição, também foi constatado que a camada afetada próxima a superfície reduziu cerca de 8 % em relação à dureza de referência do material antes da usinagem.

Palavras-chave: Retificação, Inconel 718, rebo-lo de alumina, penetração de trabalho, danos térmicos, microdureza.

1. INTRODUÇÃO

As superligas à base de níquel são conhecidas desde a década de 1930 e desde então vem sendo utilizadas principalmente em aplicações aeroespaciais, dentre outras. Estas aplicações requerem um material com elevada resistência mecânica, boa resistência à fadiga e à fluência, alta resistência à corrosão e capacidade de operar continuamente em elevadas temperaturas, cerca de $800\ ^\circ\text{C}$. (RESENDE et al., 2009 e SUGAHARA et al., 2009).

Estas propriedades peculiares das ligas a base de níquel só podem ser conseguidas devido à ótima combinação de uma matriz austenítica endurecida por solução sólida – fase γ com elevadas frações volumétricas de precipitados. Elas são ligas que contêm entre 30% a 75% de níquel, endurecidas por solução sólida e por precipitação. As ligas endurecidas por precipitação contêm alumínio, titânio ou nióbio, para causar a precipitação de uma segunda fase durante um tratamento térmico apropriado. Alguns exemplos de superligas à base de níquel são Astrolloy, Inconel 718,

Nimonic 80A, René 41, Udimet 500, K417 e Waspaloy (SUGAHARA et al., 2009). Na Tabela 1 são apresentadas as composições químicas de várias ligas à base de níquel.

Tabela 1 - Composição química de metais comuns em discos de turbinas (adaptado de REED, 2006).

Liga	Cr	Co	Mo	W	Nb	Al	Ti	Fe	C	B	Zr	Ni
Astroloy	15,0	17,0	5,3	-	-	4,0	3,5	-	0,06	0,03-	-	Bal.
Inconel 706	16,0	-	-	-	2,9	0,2	1,8	40,0	0,03	-	-	Bal.
Inconel 718	19,0	-	3,0	-	5,1	0,5	0,9	18,5	0,04	-	-	Bal.
Rene 95	14,0	8,0	3,5	3,5	3,5	3,5	2,5	-	0,15	0,01	0,05	Bal.
Udimet 500	18,0	18,5	4,0	-	-	2,9	2,9	-	0,08	0,006	0,05	Bal.
Waspaloy	19,5	13,5	4,3	-	-	1,3	3,0	-	0,08	0,006	-	Bal.

A dificuldade em usar superligas de níquel pelos processos convencionais com ferramenta de geometria definida, por exemplo, pelo torneamento ou fresamento, deve-se principalmente ao rápido encruamento delas, elevada resistência mecânica que dificulta o cisalhamento do material e também ao acelerado desgaste das ferramentas que afeta a qualidade da superfície usinada.

As propriedades responsáveis pela baixa usinabilidade das superligas de níquel, especificamente o Inconel 718 quando se emprega ferramentas de geometria definida são (DUDZINSKI et al., 2004):

- a maior parte da sua resistência se mantém durante a usinagem devido às suas propriedades sob elevadas temperaturas;
- elas são muito suscetíveis ao encruamento, o que dificulta o cisalhamento e reduza a vida útil da ferramenta;
- as partículas de carbonetos abrasivos contidos em sua microestrutura causam desgaste abrasivo;
- a baixa condutividade térmica eleva a temperatura na interface de corte chegando a 1200°C;
- elas possuem grande afinidade química com a maioria dos materiais de ferramentas de corte, o que aumenta a probabilidade de desgaste por difusão na ferramenta de corte;
- devido à sua alta resistência mecânica, as forças de corte que se mantêm elevadas, o que excita a máquina gerando vibrações que podem comprometer a qualidade superficial.

Além disso geração de calor usualmente altera a microestrutura da liga e induz à tensão residual, esta também pode ser produzida por deformação plástica sem aquecimento, mas se houver aquecimento e deformação, poderá ocorrer a geração de trincas e modificações microestruturais na superfície usinada. Uma destas modificações interfere principalmente na microdureza do material (EZUGWU; TANG, 1995).

Um outro fator negativo é a condutividade térmica das ligas à base de níquel, em geral muito inferior aquela do níquel puro por causa da adição em teores mais elevados de muitos elementos de liga (RESENDE et al., 2009). E quanto à baixa condutividade térmica do Inconel 718, ela atua como um agravante para o processo de retificação, pois a maioria dos rebolos abrasivos convencionais são cerâmicos e, portanto, pobres condutores de calor. Isso faz com que a maior parte do calor (proveniente do atrito, riscamento e formação de cavaco) seja dirigida para a peça. Dependendo da quantidade de calor e do material da peça, a peça pode ter algumas das propriedades, como dureza e resistência mecânica, alteradas e, dependendo do nível, comprometer a sua funcionalidade.

Elevadas temperaturas e baixas taxas de dissipação de calor durante a usinagem podem gerar sérios danos na peça, os principais problemas decorrentes da elevação excessiva da temperatura da peça são (MACHADO et al., 2011):

- Alterações dimensionais relacionadas ao coeficiente de expansão térmica do material.
- Alterações microestruturais (queima) da peça.
- Indução de tensões residuais de tração.
- Surgimento de trincas.

Segundo Osterle e Li (1997), em condições normais de usinagem a superliga Inconel 738 irá manter sua resistência até próximo de 1225 °C, e uma queda na dureza local poderá ser benéfica para manter as forças de retificação estáveis. Estes autores relataram que as tensões residuais e as microtrincas não ultrapassaram uma espessura superior a 10 µm na sub-superfície retificada se o fluido de corte for empregado para resfriar a superfície da peça. Além disso, eles informaram que danos mais severos só seriam observados em caso de incapacidade do fluido de corte de alcançar a zona de retificação. Ressalta-se que no trabalho destes autores foram empregadas profundidades de corte de 0,5 e 1,0 mm, valores bem superiores que resultam em condições de corte mais severas que àquelas adotadas neste trabalho.

Xu; Yu; Xu (2002) realizaram um estudo sobre o efeito da temperatura na integridade da superfície da liga de níquel K417 (utilizado para fabricação de palhetas de turbinas) após a retificação com rebolo de óxido de alumínio vitrificado a uma velocidade de corte igual a 25 m/s. Estes autores observaram que o acabamento piorou com o aumento da temperatura da peça. Além disso, eles detectaram a presença de microtrincas na maior parte das superfícies usinadas e atribuíram este problema ao grande gradiente de temperatura entre a superfície da peça e do rebolo durante a usinagem. Em alguns casos observou-se queima de aspecto visível na superfície.

De acordo com Malkin e Guo (2008), a queima é o tipo mais comum de dano térmico observado após processos de retificação na maioria dos metais quando as condições de corte não estão adequadas, principalmente em aços. Ela pode

se apresentar visualmente com a mudança de cor do material, entretanto, nem sempre a queima é visível, sendo necessárias análises para verificar e quantificar o nível alteração nas camadas na sub-superfície retificada. Desta forma, é importante realizar medições de microdureza na peça retificada para quantificar esta zona afetada termicamente.

Reforçando esta explicação, mais recentemente Thakur e Gangopadhyay, 2016, explicam que de acordo com os resultados gerais para esta liga existe tendência de encruamento quando os parâmetros de corte se elevam. No entanto sobre altas velocidades de corte pode haver amolecimento devido a danos térmicos mudando a tendência de endurecer. O encruamento deve ser relacionado à tensão residual, o que pode causar falha por fadiga, ou ser benéfica se for compressiva. Já o amolecimento por dano térmico requer uma investigação detalhada e nano-indentações devem ser realizadas a fim de evitar efeito de borda e confirmar o fenômeno de amolecimento.

1. METODOLOGIA

Os ensaios de retificação foram realizados em uma retificadora plana tangencial, do fabricante Mello, modelo P-36 com 2400 rpm constante.

O material a da peça é o Inconel 718 (com dureza média igual a 520 HV). O material foi preparado na forma de amostras com dimensões 30 mm x 20 mm x 15 mm (comprimento x altura x largura). A face de 20 mm x 15 mm (perpendicular a superfície retificada) foi aquela utilizada para os ensaios de microdureza do Inconel 718. Vale ressaltar que o tratamento térmico ao qual o Inconel 718 foi submetido pode interferir na homogeneidade do material.

Para os ensaios de retificação cada uma das três amostras de Inconel 718 foi devidamente fixada em uma morsa de precisão, que por sua vez foi montada na mesa eletromagnética da máquina ferramenta.

Foi utilizado um rebolo de óxido de alumínio (Al_2O_3), com a especificação AA60K6V, com dimensões de 300 mm x 25 mm x 76 mm (diâmetro externo x largura x diâmetro interno). Este rebolo foi dressado antes de cada ensaio com um dressador de ponta única de diamante para garantir a mesma capacidade de corte para todas as operações. A penetração de dressagem utilizada foi de 10 μ m que resultou em um grau de recobrimento do rebolo igual a 3.

Os seguintes parâmetros de corte foram empregados: três valores de penetração de trabalho (ae) iguais a 10 μ m, 20 μ m e 30 μ m (que permitiram atingir uma profundidade total de usinagem a 60 μ m, ou seja, foram realizados 6, 3 e 2 ciclos de retificação, respectivamente), velocidade do rebolo (V_c) = 35 m/s, velocidade da peça (V_w) = 10m/min que foram mantidas constantes em todos os ensaios.

O fluido de corte utilizado foi do tipo de sintético de base vegetal ME-3, do fabricante Tapmatic do Brasil Ind. e Com. Ltda, na diluição 1:19, o qual foi direcionado à zona de corte pelo método convencional (jorro) a uma vazão de 540 L/h e pressão de aproximadamente 120 kPa.

Para a medição da microdureza, cada amostra precisa foi devidamente preparada segundo o procedimento de metalografia que já é comum para aços e ferros fundidos. As amostras foram inicialmente lixadas com lixas d'água de carbeto de silício (do fabricante 3M) de granulometria mesh na sequência 80, 180, 400, 600 e 1000. Em seguida elas amostras foram polidas com pasta de alumina 0,5 μ m em uma máquina politriz rotativa automática.

Um microdurômetro da marca SHIMADZU - série HMV-2 com penetrador Vickers foi utilizado para medir a microdureza. Os dados dos ensaios são: carga de 490,03 mN (HV 0,05), tempo de indentação de 15 s. As medições foram realizadas a 10 μ m a partir da superfície retificada com intervalos de 15 μ m, realizados de maneira escalonada para respeitar uma distancia mínima de duas vezes o comprimento da indentação. Na Fig. (1) é apresentada a tela do programa que é fornecida durante a realização das medições de microdureza do Inconel 718.

Para obtenção das imagens das superfícies retificadas utilizou-se o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), TM3000. Antes de serem levadas ao MEV, todas as amostras foram limpas com acetona no limpador por vibração ultrassônica, Cole-parmer 8848, e em seguida passaram por secagem apropriada. As superfícies das amostras foram observadas em sua totalidade, na face retificada, para a verificação da ocorrência de trincas e microtrincas.

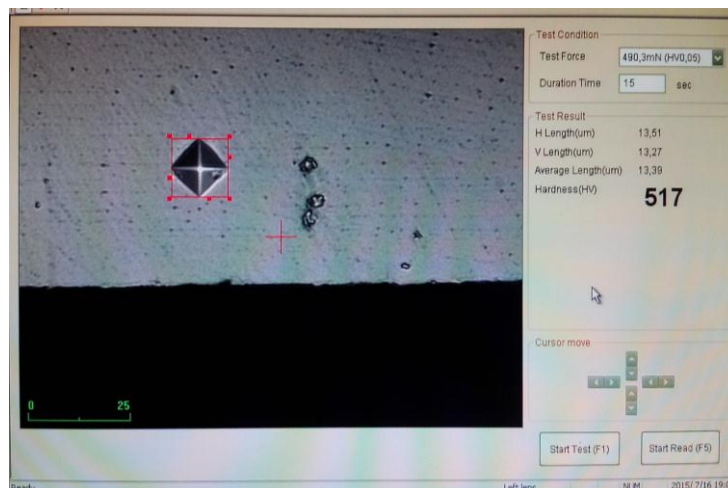


Figura 1 – Tela do programa com resultados de medição de microdureza.

Como o Inconel 718 na condição envelhecida possui diferentes fases, é natural que ocorram grandes variações em sua microdureza devido a regiões de concentração de materiais diferentes. Neste caso, foram retiradas amostras de seções diferentes do mesmo tarugo e então realizada a medição de microdureza pelo método conhecido como “microdureza média”. Após os ensaios de retificação cada amostra foi também levada para medição de microdureza. Para cada distância tomada como referência a superfície retificada foram realizadas três medições de microdureza. A distância em relação à lateral da amostra foi variada de modo aleatório para garantir propriedades estatísticas de representatividade de toda a barra.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 2, 3 e 4 são apresentados os resultados das medições de microdureza das amostras de Inconel 718 após a retificação plana tangencial com rebolo de óxido de alumínio branco com valores de penetração de trabalho (ae) iguais a 10 μm , 20 μm e 30 μm , respectivamente.

Pelo perfil de microdureza da Figura 2, após a retificação com ae = 10 μm , observa-se que os valores de microdureza variaram em torno da média dos valores para a condição antes da retificação, sugerindo que não houve alteração microestrutural para esta penetração de trabalho já que estas variações são inferiores ao seu desvio padrão.

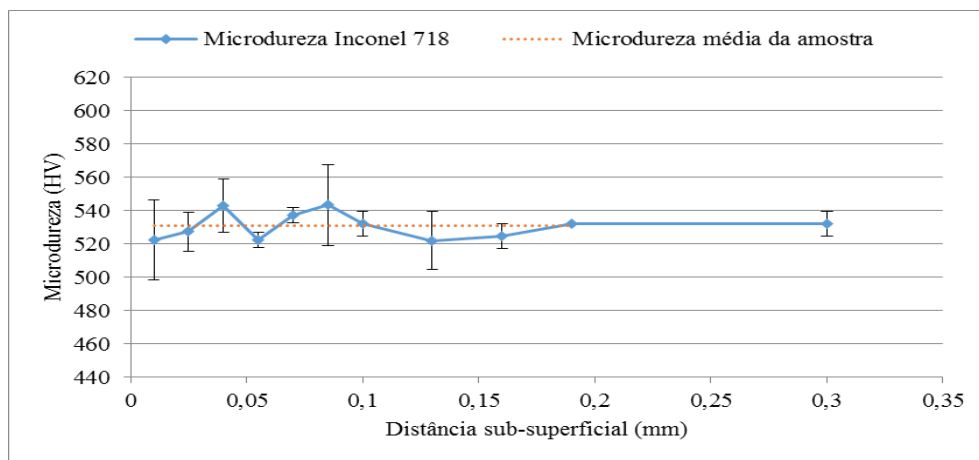


Figura 2 - Perfil de microdureza para amostra de Inconel 718, ae = 10 μm .

Em relação à Figura 3, cujos os resultados são dos ensaios de retificação com ae = 20 μm , é possível inferir que não houve alteração ou esta foi muito pequena. O primeiro valor de microdureza, distante de 0,015 μm da borda, muito abaixo do valor de microdureza média, pode ser o indicativo de alteração metalúrgica. Contudo, esta afirmação precisa ser avaliada com mais cautela, pois o valor microdureza média obtida para amostra de Inconel 718 utilizada neste ensaio é muito superior aos valores obtidos para os outros ensaios (aproximadamente 60 Hv). Este fenômeno é comum de ocorrer em materiais não homogêneos e pode ser também um problema durante o processo de fundição/forjamento da liga.

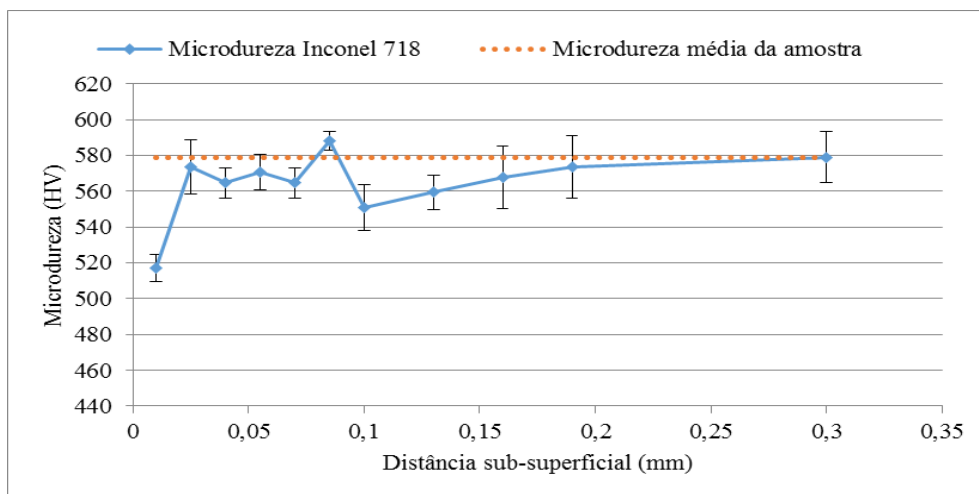


Figura 3- Perfil de microdureza para amostra de Inconel 718, ae = 20 μm .

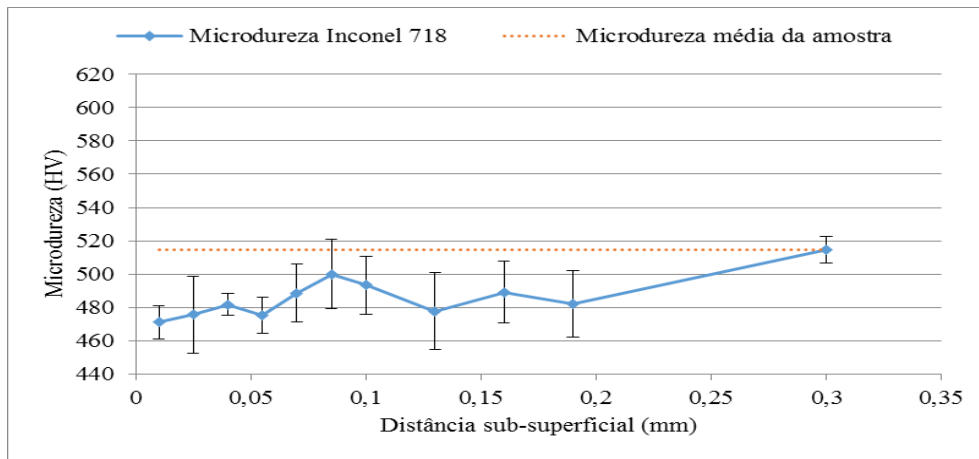
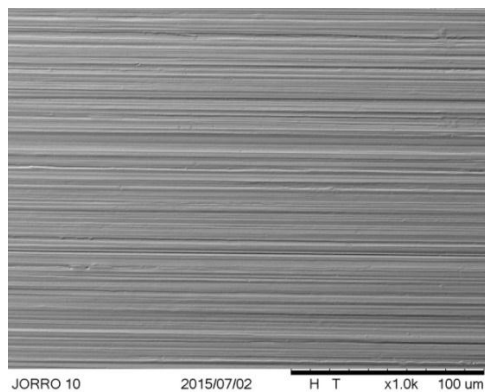


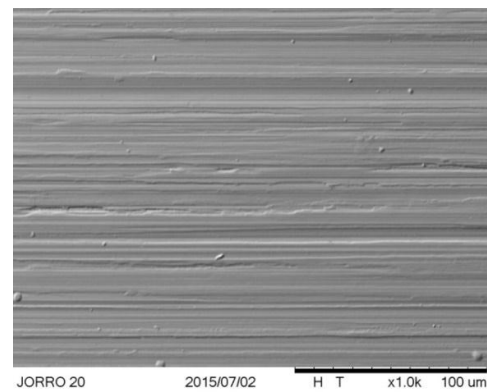
Figura 4 - Perfil de microdureza para amostra de Inconel 718, $ae = 30\mu\text{m}$.

Em relação aos resultados da Figura 4, cujos resultados foram obtidos após a retificação com $ae = 30\mu\text{m}$, observa-se que eles estão abaixo da linha de referência para a microdureza da amostra medida antes do processo de retificação. Nota-se que houve uma queda nos valores de microdureza em praticamente todos os pontos avaliados em todo o perfil de microdureza, sugerindo que esta condição de maior penetração de trabalho, que é a mais severa, influenciou negativamente na microdureza. Este comportamento está de acordo com o esperado, pois o emprego de um maior valor de penetração de trabalho implica em maior área de contato dos grãos abrasivos com a peça, que por sua vez aumenta o comprimento de contato, o atrito. Tudo isso leva a geração de maiores deformações e, portanto, maior geração de calor na interface reboło/peça e na sub-superfície da peça. Este calor, combinado com as tensões elevadas, é responsável pelo aumento da temperatura na interface, o que pode causar alteração microestrutural da peça, neste caso detectada pela alteração na microdureza (MARINESCU; ROWE; DIMITROV, 2004).

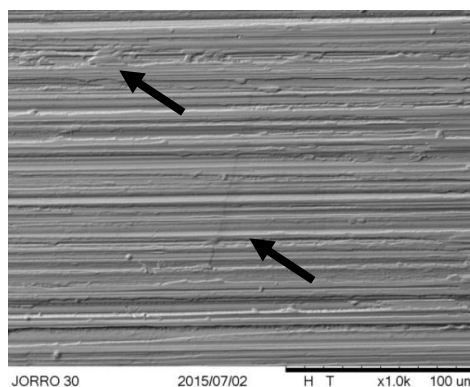
Na Figura 5 são apresentadas imagens da superfície das amostras após a retificação com diferentes valores de penetração de trabalho. As imagens estão com uma ampliação de mil vezes, neste caso foi utilizado o canhão de topo do microscópio eletrônico de varredura.



a) $ae = 10\mu\text{m}$.



b) $ae = 20\mu\text{m}$.



c) $ae = 30\mu\text{m}$.

Figura 5 - Imagens da superfície retificada, para diferentes penetrações de trabalho.

A partir das imagens da Figura 5, pode-se observar que as marcas dos grãos abrasivos estão bem evidentes e que a largura das marcas aumenta com a penetração de trabalho, como esperado. Pode-se averiguar ainda que não houve queima de retífica visível e nem presença de trincas de origem térmica aparentes, usualmente perpendiculares ao sentido de usinagem, apesar de haver indícios para a penetração de trabalho de 30 μm (indicado pela seta inferior na imagem da Fig. 5c). Sinha et al., 2016, encontraram resultado semelhante após realizarem ensaios de usinagem de Inconel 718 com rebolos de Alumina (WA60K5V) e Carbetto de Silício (CGC60K5V) na condição a seco e com os seguintes parâmetros de corte: velocidades de corte iguais a 10 m/s e 20m/s, dois valores de penetração de trabalho (5 μm e 15 μm) e velocidade da mesa de 3 m/min e 15 m/mi. Eles observaram que o valor da dureza da amostra de Inconel 718 com queima foi menor, cerca de 15%, e atribuíram esta queda à formação da camada de óxido sobre a superfície da amostra. Além disso, eles acreditam que o calor excessivo gerado durante a usinagem foi direcionado para a peça de forma, e assim provocando queda da dureza em região próxima da superfície.

Ainda da Fig. 5, é possível perceber, contudo, que a textura da superfície da peça piora com o aumento da penetração de trabalho (o que foi confirmado pelos valores de rugosidade os quais não foram apresentados neste trabalho, mas que foram monitorados). Além disso, os ensaios de retificação com a maior penetração de trabalho provocaram deformação plástica intensa na peça que foi evidenciada pelas marcas de fluxo de material irregular (como indicado pela seta superior da imagem da Fig. 5c). Este fato pode ser um indicativo de elevada geração de calor durante a retificação. Esta hipótese pode ser confirmada pela grande variação de microdureza observada na sub-superfície retificada nesta condição (Figura 4).

3. CONCLUSÕES

- i. A penetração de trabalho radial do rebolo influenciou na microdureza do Inconel 718 nas condições investigadas. Em geral, a variação na microdureza foi maior quando se empregou o maior valor ($a_e = 30 \mu\text{m}$).
- ii. A retificação do Inconel 718 com penetração de trabalho (a_e) de 20 μm demonstrou ser a mais adequada pois, para um mesmo volume de material removido, implica em menor número de ciclos de retificação em relação ao valor a_e de 10 μm , sem gerar prejuízos em termos de microdureza e textura da superfície retificada.
- iii. A retificação na condição mais severa, penetração de trabalho igual 30 μm , resultou em queda de microdureza, embora não tenham sido observadas nem queimas de aspecto visual e nem trincas aparentes. Esta condição não é recomendada operações de retificação (com o rebolo e condições de corte empregadas nesta pesquisa) em que são requeridas elevada qualidade superficial das peças.
- iv. Pelas imagens obtidas das superfícies usinadas, observou-se que as profundidades das marcas de retificação aumentaram com a penetração de trabalho. Para as condições mais severas de usinagem notaram-se deformação plástica intensa na peça, evidenciadas pelas marcas de fluxo de material irregular.

4. AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Uberlândia, à Faculdade de Engenharia Mecânica e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Os autores agradecem também a FAPEMIG, CNPq e CAPES (PROEX) pelo apoio financeiro, bem com à Saint Gobain Abrasivos da América do Sul e a Tapmatic pela doação do rebolo e fluido de corte, respectivamente.

5. REFERÊNCIAS

- DEVILLEZ, A., LE COZ, G., DOMINIAK, S., DUDZINSKI, D., Dry Machining of Inconel 718, Workpiece Surface Integrity, Journal of Materials Processing Technology, V. 211, p. 1590–1598, 2010.
- DUDZINSKI, D., DEVILLEZ, A., MOUFKI, A., LARROUQUE`RE, D., V. ZERROUKI , VIGNEAU J., A review of developments towards dry and high speed machining of Inconel 718 alloy, International Journal of machine tools & manufacture 44, 2004.
- EZUGWU, E.O., TANG, S.H., Surface abuse when machining cast iron (G-17) and nickel-base superalloy (Inconel 718) with ceramic tools, Journal of Materials Processing Technology 55, p. 63–69,1995.
- MACHADO, A.R., ABRÃO, A. M., COELHO, R. T., DA SILVA, M. B., Teoria da usinagem dos materiais, 2ª ed., Blucher, São Paulo, Brasil, 2011.
- MALKIN, S.; GUO, C. Grinding technology: theory and application of machining with abrasives. [S.l.]: Industrial Press Inc., 2008.

- MARINESCU, I. D., ROWE, W. B., DIMITROV, B., Tribology of abrasive machining processes, Willian Andrew, New York, 758p., 2004.
- OSTERLE, W., LI, P.X., Mechanical and thermal response of a nickel-base superalloy upon grinding with high removal rates, Elsevier, Materials Science and Engineering A238, p. 357–366, 1997.
- REED, R. C., The Superalloys Fundamentals and Applications, 1^a ed., Cambridge University Press, New York, 2006.
- RESENDE, D. L., NETO, C. M., REIS, D. A. P., HIRSCHMANN, A. C. O. , Estudo do comportamento mecânico da superliga Inconel 718 em temperaturas elevadas, Anais do 15º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – XV ENCITA, 2009.
- SINHA, M. K., SETTI, D., GHOSH, S., RAO, P. V., An investigation on surface burn during grinding of Inconel 718, Journal of Manufacturing Processes, 21, p.124–133, 2016.
- SUGAHARA, T., NETO, C. M., REIS, D. A. P., HIRSCHMANN, A. C. O., PIORINO NETO, F., Estudo do comportamento em fluência da superliga Inconel 718, Anais do 15º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – XV ENCITA, São José dos Campos, São Paulo, Brasil, 2009.
- THAKUR A., GANGOPADHYAY, S., State-of-the-artinsurfaceintegrityinmachiningofnickel-basedsuper Alloys, International Journal of Machine Tools & Manufacture 100, p.25–54, 2016.
- XU, X. P., YU, Y.Q., XU, H.J., Effect of grinding temperatures on the surface of a nickel-based superalloy, Journal of Materials Processing Technology 129, p. 359-363, 2002.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

INFLUENCE OF THE RADIAL DEPTH OF CUT IN MICROHARDNESS OF INCONEL 718 SUPERALLOY AFTER GRINDING OPERATION

Déborah de Oliveira, deborahrpoliveira@gmail.com¹

Rosemar Batista da Silva, rsilva@mecanica.ufu.br¹

Armando Marques, armando.marques@gmail.com²

Rogério Valentim Gelamo, rogelamo@gmail.com³

¹Federal University of Uberlândia, UFU, School of Mechanical Engineering, João Naves de Ávila Avenue 2121 - Santa Mônica Campus, Uberlândia - MG. Zipcode 38408-100. Brazil.

²Federal Institut of Education, Science and Technology of Espírito Santo, Vitória Avenue, 1729, Zipcode 29040-780 - Vitoria, ES - Brazil

³Federal University of Triangulo Mineiro, UFTM, Institute of Technological and Exact Sciences, Dr. Randolfo Borges Junior Avenue 1250, Uberaba - MG. Zipcode 38064-200. Brazil.

Abstract. Inconel 718 is a nickel based-alloy that widely employed in aerospace industry, among others, due to their excellent properties such as the ability to maintain their mechanical strength, even when subjected to high working temperatures, good resistance to creep and corrosion in aggressive environment. On the other hand, the austenitic matrix of this alloy, similar to that for stainless steels, Inconel 718 presents a rapid work-hardening, which make it a very difficult-to-cut material. This is worsened and poses as a challenger specially in grinding operation where conventional abrasives wheels (usually ceramics, alumina or silicon carbide) have low thermal conductivity. Thus, there is a great heat generation in the grinding area which, in turn, raises the temperature in the grinding wheel-chip-workpiece interface. This heat will be most dissipated to the surface and within the workpiece. In some cases, if environment such as cutting fluid is not efficiently enough to remove this heat in a short time, metallurgical and other thermal alterations may take place in the surface and/or sub-surface of machined component. This is the reason why a correct selection of cutting parameters for the grinding of this alloy becomes important in order to prevent or minimize thermal damages that compromise the parts functionality and, at the same time, envisages the economic machining conditions. One of the parameters to check if a surface is affected by the machining parameters is by the measurement of the microhardness below the machined surface. Into this context, this study aimed to investigate the influence of different depth of cut values (a_e) (10 μm 20 μm and 30 μm) in microhardness of nickel-based, Inconel 718, alloy after peripheral surface grinding operation with alumina abrasive wheel. Images of the machined surfaces were also acquired and used to identify occurrence of thermal damage. The results showed that microhardness was not affected after machining under lower depth of cut values, unlike what observed after machining with the highest depth of cut of 30 μm . Also, for this cutting condition, it was verified that the affected layer near the machined surface decreased by about 8% compared to the reference hardness values of the material before machining.

Keywords: Grinding, Inconel 718, alumina, radial depth of cut, thermal damages, microhardness.