

AVALIAÇÃO DA VIDA DA FERRAMENTA DE METAL DURO NA USINAGEM DO INCONEL 718 COM APLICAÇÃO DE LUBRIFICANTES SÓLIDOS DISPERSOS EM FLUIDO DE CORTE

Armando Marques, amarques@ifes.edu.br¹

Cleudes Guimarães, profcleudes@yahoo.com.br²

Eraldo José dos Santos, jsantos@ifes.edu.br¹

Rosemar Batista da Silva, rosemar.silva@ufu.br²

Álison Rocha Machado, alissonm@mecanica.ufu.br^{2,3}

¹Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes – Campus Vitória, Av. Vitória – 1729, Jucutuquara, Vitória/ES, 29040-780, Brasil

²Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Av. João Naves de Ávila, 2121, Uberlândia/MG, 38.408-100 Brasil

³Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC-PR, Av. Imaculada Conceição, 1155, Curitiba/PR, 80216-901, Brasil

Resumo: O Inconel 718 é uma superliga a base de níquel que tem sido amplamente empregada na indústria aeroespacial pois apresenta alta resistência mecânica nas elevadas temperaturas de trabalho. Entretanto, isso se torna um grande problema nas operações de usinagem, pois dificulta o cisalhamento necessário para a formação do cavaco. Geralmente o desgaste é acelerado e a vida da ferramenta é curta. Para amenizar os problemas causados pelas altas temperaturas geradas na zona de corte e grandes forças de usinagem, a aplicação de fluido de corte se torna indispensável quando empregando ferramentas de metal duro. Vislumbrando aumentar a eficiência do fluido de corte e melhoria da usinabilidade do Inconel 718, este trabalho avalia a influência da adição de lubrificantes sólidos (grafite e bissulfeto de molibdênio - MoS_2) no fluido de corte (concentrações de 5% e 20%), aplicados pelo método convencional (jorro) e MQF, durante o torneamento com ferramentas de metal duro revestidas com $\text{TiAlN}/(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3/\text{TiAlN}$ pelo processo PVD. A vida da ferramenta de corte foi avaliada em termos de tempo de usinagem e volume de material removido. O método convencional de aplicação do fluido foi superior (em média 202%) em relação à técnica MQF. A adição do grafite ao fluido de corte aplicado pela técnica MQF apresentou incrementos em torno de 4% e 15% nas vidas das ferramentas em relação ao fluido de corte puro (sem adição de lubrificantes sólidos) e ao fluido de corte contendo MoS_2 , respectivamente. A adição de lubrificante sólido (independente do lubrificante) ao fluido de corte aplicado pelo método convencional resultou em um incremento em torno de 4% na vida da ferramenta quando comparado a fluido de corte puro.

Palavras-chave: Lubrificantes sólidos, Torneamento de Inconel 718, Fluido de corte, MQF, Metal duro, Vida da ferramenta.

1. INTRODUÇÃO

A superliga a base de níquel Inconel 718 apresenta excelentes propriedades mecânicas, que combinadas com elevada resistência a corrosão em altas temperaturas e boa relação resistência/peso são amplamente utilizadas em turbinas a gás, motores de aeronaves, reatores nucleares, bombas, etc. (Choudhury, Baradie, 1998). Entretanto, a usinagem dessas ligas é extremamente complexa devido à sua baixa condutividade térmica, alta taxa de encruamento e alta afinidade química com os materiais das ferramentas de corte, resultando em um desgaste rápido e severo das mesmas, bem como baixa produtividade, danos superficiais e sub-superficiais (Kitagawa et al., 1997; Ezugwu et al., 1999 e Yazid et al., 2011). Essas ligas possuem a tendência de aderir à superfície da ferramenta devido às altas temperaturas geradas ($>1000^\circ\text{C}$) na zona de corte o que gera a formação de aresta postiça de corte - APC (Dudzinski et al., 2004). Além disso, a formação de cavacos contínuos, de alta resistência durante a usinagem, afeta negativamente a usinabilidade dessas ligas. Os mecanismos de desgaste das ferramentas estão fortemente relacionados com os parâmetros de corte e as propriedades da peça que está sendo usinada. Os modos de falha dominantes na usinagem das superligas a base de níquel com ferramentas de metal duro são o desgaste de flanco e de entalhe (Bhatt et al., 2010). A presença de fases duras no material da peça, bem como partículas duras removidas da ferramenta favorecem os mecanismos de desgastes abrasivos (Dudzinski et al., 2004). Apesar das interações dos mecanismos serem complexas, pode haver desenvolvimento simultâneo de desgaste por difusão, abrasão, adesão e outros (Ezugwu et al., 1999). Em baixas velocidades de corte, a APC pode ser formada reduzindo drasticamente a qualidade da superfície da peça usinada.

Uma forma eficaz de melhorar a usinabilidade destes materiais de difícil usinagem é através do emprego de fluidos de corte que tem como principal objetivo a redução do atrito na região de corte por meio de lubrificação, redução da temperatura por meio do resfriamento pelo aumento da convecção, reduzindo assim o desgaste através da combinação lubri-refrigeração. No entanto, o uso de fluidos de corte em operações de usinagem tem diminuído nos últimos anos,

devido aos problemas ambientais e de saúde que provocam, além de auferir redução nos custos da usinagem (Reddy et al., 2010). Além disso, a maior parte dos fluidos de corte não podem oferecer boas características refrigerantes e lubrificantes simultaneamente. Visando atender estas duas condições, além de atender a apelos ecológicos, a utilização de lubrificantes sólidos vem sendo estudada por diversos pesquisadores (Reddy et al., 2010; Reddy e Rao, 2006; Zailani et al., 2011 e Krishna, Rao, 2008). O lubrificante sólido pode ser aplicado na zona de corte em pó (neste caso atende ao apelo ecológico diretamente) ou misturado ao fluido de corte (neste caso pode atender ao apelo ecológico indiretamente ou parcialmente). As formas de aplicação dos lubrificantes sólidos podem ser por gravidade (Krishna, Rao, 2008), com jato de ar (Rao e Krishna, 2008), por jorro (Zailani et al., 2011) e eletrostaticamente (Reddy et al., 2010). A utilização de lubrificantes sólidos na usinagem tem apresentado resultados satisfatórios quanto ao acabamento superficial, força de corte e vida da ferramenta de corte.

Vislumbrando aumentar a eficiência do fluido de corte e melhoria da usinabilidade do Inconel 718, este trabalho apresenta um estudo da influência da adição de lubrificantes sólidos (grafite e bissulfeto de molibdênio - MoS_2) no fluido de corte e aplicado na região de corte pelo método convencional (jorro) na concentração de 5% e pela técnica da mínima quantidade de fluido (MQF) na concentração de 20%, durante o torneamento com ferramentas de metal duro revestidas com $\text{TiAlN}/(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3/\text{TiAlN}$ pelo processo PVD. A vida da ferramenta de corte foi avaliada em termos de tempo de usinagem e volume de material removido.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para a realização dos ensaios de usinagem foi utilizado um torno CNC Multiplic 35D, fabricado pela empresa ROMI, com 16 kW de potência no eixo principal e rotação máxima de 3000 rpm, pertencente ao Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem – LEPU da Universidade Federal de Uberlândia – UFU.

Foram utilizadas barras de Inconel 718 na condição envelhecida, com dureza média de 40 HRC com 127 mm de diâmetro e 250 mm de comprimento. A composição química do material da peça usinada e as condições de usinagem são apresentadas na Tab. (1).

Tabela 1. Composição química (% em peso) e condições de usinagem

Torno	CNC Multiplic 35 D	
Material da peça	Inconel Envelhecido 718 (% em peso) Ni 52,92, Fe 18,91, Cr 18,34, Nb 5,13, Mo 2.99, Ti 0,98, Al 0,57, Si 0,04, Co 0,03, C 0,03, Mn 0,02, Cu 0,01, V 0,01.	
Dimensões	Ø 127 x 250 mm	
Dureza	40 HRC	
Parâmetros do processo		
Velocidade de corte (vc)	50 m/min	
Avanço (f)	0,1 mm/rot	
Profundidade de corte (ap)	0,5 mm	
Método de aplicação do fluido	MQF	Jorro
Vazão	40 mL/h	4,5 l/min
Pressão	0,5 MPa	Atmosférica
Fluido de corte	Óleo de base vegetal LB 2000	Óleo de base vegetal Vasco 1000
Distância do bocal/ferramenta	30 mm	50 mm
Lubrificante sólido		
Grafite	Tamanho das partículas (24 - 27 µm)	
Bissulfeto de molibdênio (MoS_2)	Tamanho das partículas (6 µm)	
Ferramentas	SNMG120408-SM (Sandvik)	
Classe	S1115	
Revestimento	$\text{TiAlN}/(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3/\text{TiAlN}$ PVD	
Raio da ponta	0,8 mm	
Suporte	PSBNR2525 M12	

Foram utilizadas ferramentas de metal duro ISO SNMG120408-SM classe (S1115) com quebra cavaco, revestidas com $\text{TiAlN}/(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3/\text{TiAlN}$ pelo processo PVD, com raio da ponta de 0,8 mm, ângulo de folga/saída de +6/-6° e ângulo de posição de 75°, quando montada no porta ferramenta. Para cada condição de ensaio foi utilizada uma aresta de corte nova e para efeito estatístico foram feitas três repetições. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Statística® 7.0, adotando um nível de significância de 5%, para uma confiabilidade de 95%. As

condições de corte foram mantidos constantes com a velocidade de corte de 50 m/min, a profundidade de corte de 0,5 mm e o avanço de 0,1 mm/rot.

Quando a técnica de aplicação utilizada foi a da mínima quantidade de fluido (MQF), utilizou-se o fluido de corte de base vegetal Accu-Lube LB 2000 integral com uma vazão de 40 ml/h. Este produto é produzido pela ITW Chemical Products Ltda. O mesmo fluido de corte foi misturado aos lubrificantes sólidos (grafite e bissulfeto de molibdênio - MoS_2) na concentração de 20% e aplicado na região de corte com a mesma vazão. A aplicação foi feita através de um dispositivo dosador Accu-Lube (ITW), com um fluxo de ar com 0,5 MPa de pressão Fig. (1a).

Nos ensaios de usinagem na qual a aplicação do fluido de corte foi pelo processo convencional (jorro), utilizou-se o fluido de corte de base vegetal Vasco 1000, miscível em água na concentração de 8%, fabricado pela Blaser Swisslube do Brasil Ltda e aplicado na região de corte com uma vazão de 4,5 l/min. O mesmo fluido de corte foi misturado aos lubrificantes sólidos (grafite e bissulfeto de molibdênio - MoS_2) na concentração de 5% e aplicado na região de corte com a mesma vazão Fig. (1b).

Para acompanhamento do desgaste das ferramentas de corte foi utilizado uma metodologia que consiste em medições periódicas do desgaste em intervalos pré-determinados. A cada 20 mm de comprimento usinado a ferramenta era retirada do suporte e submetida à análise no estereomicroscópio, onde a sua superfície de folga era fotografada e as medições de desgaste eram realizadas. As medidas dos desgastes foram feitas por microscopia ótica, usando um estereomicroscópio marca Olympus, modelo SZ6145TR, com câmera digital e software Image-Pro Express 5.1. Utilizou-se como critério de fim de vida da ferramenta o desgaste de flanco máximo ($\text{VB}_{\text{máx}}$) de 0,6 mm, de acordo com a norma ISO 3685 (1993).

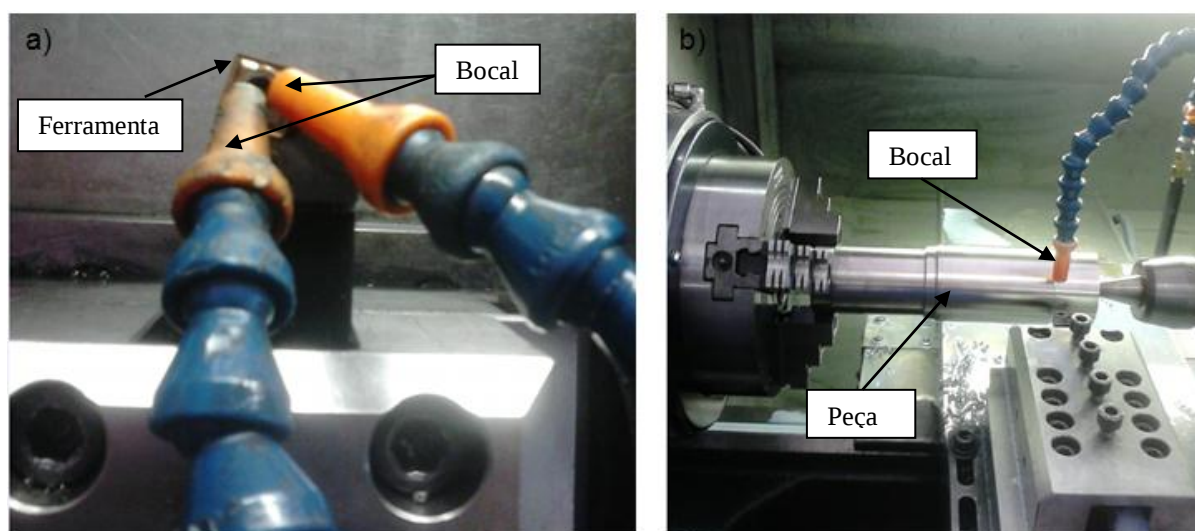


Figura 1. Sistema de lubri-refrigeração: a) MQF (vista superior); b) Convencional (jorro)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do gráfico representado pela Fig. (2), observam-se os resultados do desgaste da ferramenta em função do tempo de usinagem para todas as condições lubri-refrigerante aplicadas. De um modo geral pode-se observar que para todas as condições de lubri-refrigeração os resultados apresentam uma curva característica, no qual os três estágios de desgaste da ferramenta podem ser observados (MACHADO et al., 2015). No primeiro estágio há um aumento acelerado do desgaste da ferramenta, natural de adequação ao sistema tribológico envolvido, promovendo uma acomodação ao processo. No segundo estágio a taxa de desgaste é praticamente constante ao longo do tempo, pois a ferramenta já se encontra totalmente adequada ao processo e os mecanismos específicos de desgaste operam em uma taxa relativamente constante. No terceiro estágio ocorre uma aceleração acentuada na taxa de desgaste podendo promover, em um curto espaço de tempo, o colapso da ferramenta.

Observa-se claramente neste gráfico o melhor desempenho da ferramenta quando se utilizou o processo de usinagem convencional por jorro, independentemente do tipo de lubrificante utilizado. A vida da ferramenta teve um incremento em média de 202% em relação ao método de aplicação por MQF. Resultados semelhantes foram encontrados por Suarez (2012) no torneamento do aço ABNT 1050 com uma velocidade de corte de 350 m/min. Estes resultados estão de acordo com a literatura (MACHADO et al., 2015), em que a técnica de MQF não tem apresentado bons resultados no processo de torneamento, pois a sua ação refrigerante é menos eficiente do que a técnica de usinagem convencional (jorro).

Como os parâmetros de corte foram os mesmos em ambas as condições de usinagem, esta melhoria na vida da ferramenta pode ser atribuída à melhor capacidade de resfriamento do fluido de corte aplicado por jorro. As altas temperaturas nas ferramentas de corte não só aceleram os mecanismos de desgaste termicamente ativados, mas também reduzem o limite de escoamento do material da ferramenta. As temperaturas encontradas na interface ferramenta/cavaco podem atingir a ordem de 1100°C quando usinado as superligas a base de níquel (MACHADO et al., 2015). Quando comparado independentemente, observa-se que o tempo de vida da ferramenta para o sistema com aplicação de fluido por MQF, a adição do grafite ao fluido de corte apresentou um incremento na vida da ferramenta em torno de 15% quando comparado ao fluido de corte com adição de MoS₂ e 4% se comparado ao fluido de corte puro, ou seja, sem adição de lubrificante sólido. A adição de MoS₂ não apresentou resultados satisfatórios, proporcionando uma vida da ferramenta em torno de 12% inferior que a condição do fluido puro. Possíveis causas deste resultado pode estar nas temperaturas de corte desenvolvidas nestas condições, que não são favoráveis para a ação lubrificante efetiva dos bissulfetos de molibdênio. Estes sólidos normalmente requerem uma temperatura ideal para maximizar a ação lubrificante. O grafite pode proporcionar lubrificação até cerca de 500 °C em ambiente aberto, embora o atrito tende a aumentar à medida que ocorre um aumento da temperatura. Em ambientes com temperaturas mais elevadas, ele começa a oxidar e perder a sua capacidade de lubrificação (ERDEMIR, 2001). A maioria dos metais de transição (dicalcogenídeos MX₂) tendem a oxidar-se em temperaturas elevadas, levando à perda de sua lubrificidade. O bissulfeto de molibdênio (MoS₂) pode proporcionar lubrificação até 400 °C (SLINEY, 1982). No sistema de aplicação convencional (jorro), a adição de lubrificante sólido ao fluido de corte apresentou um incremento na vida da ferramenta em torno de 4% quando comparado a fluido de corte puro. Mas, entre os lubrificantes sólidos não foi observada diferença significativa.

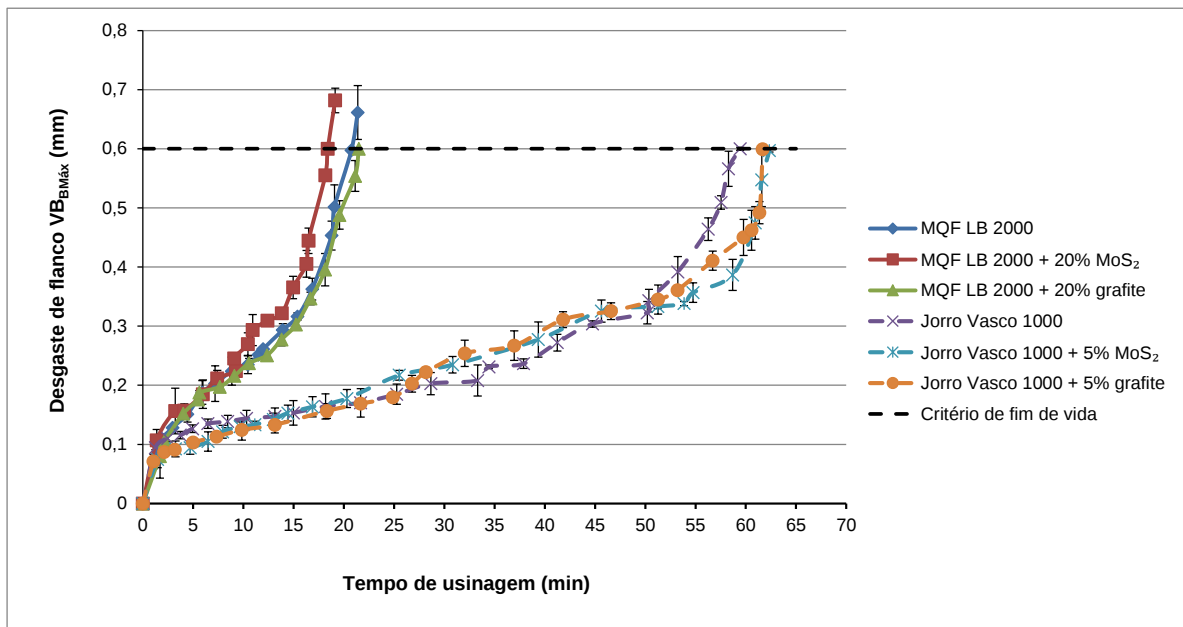


Figura 2. Desgaste de flanco ($VB_{BMáx}$) em função do tempo de usinagem - velocidade de corte de 50 m/min, avanço 0,1 mm/rot e profundidade de corte 0,5 mm

Outra maneira de apresentar os resultados é por meio do volume de material removido – VMR. A Figura (3) apresenta a média do volume de material removido considerando um desgaste de flanco máximo de 0,6 mm, para todas as condições de corte avaliadas. No sistema de aplicação de fluido por MQF, a adição de grafite ao fluido de corte apresentou uma pequena vantagem quando comparado o fluido de corte puro, no entanto a adição de MoS₂ foi prejudicial, reduzindo o volume de material removido. Já na usinagem com aplicação do fluido pela técnica convencional (jorro), a adição de lubrificante sólido proporcionou um aumento do volume de material removido com pequena vantagem para o MoS₂. Esta diferença, entretanto, não é significativa, como pode ser observado pelas barras de dispersão.

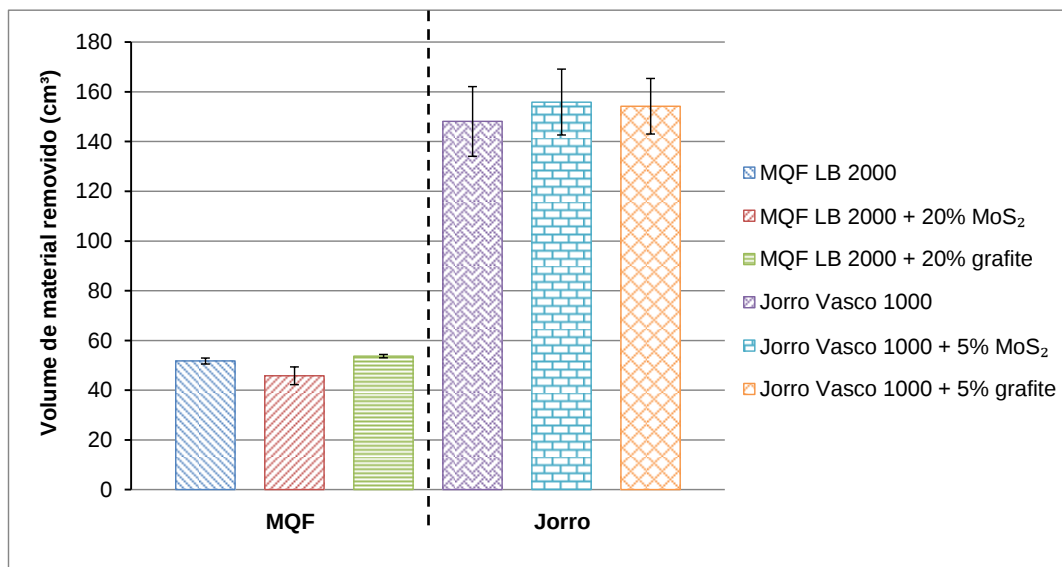


Figura 3. Volume de material removido para diversas condições de lubri-refrigeração - velocidade de corte de 50 m/min, avanço 0,1 mm/rot e profundidade de corte 0,5 mm

Para melhor compreensão dos resultados foi realizada uma análise estatística utilizando o programa Statistica® 7.0 que gerou o quadro de ANOVA (análise de variância). Para realizar esta análise foram utilizados os resultados do volume de material removido para cada condição de lubri-refrigeração avaliada.

Na Tabela (2) está representado o quadro de ANOVA para os resultados obtidos nos ensaios em que o fluido de corte foi aplicado por MQF.

Tabela 2. Análise de variância do volume de material removido – MQF

	SQ	Grau de liberdade	Q.M	F	p
Média	22885,94	1	22885,95	4657,70	0,000000
Condição de lubri-refrigeração	101,62	2	50,81	10,34	0,011371
Resíduos	29,48	6	4,91		

Adotando-se um índice de confiabilidade de 95% e um nível de significância de 5%, tem-se que o valor de “p” é menor que 0,05, portanto conclui-se que existe diferença entre pelo menos dois dos tipos de lubrificantes utilizados. Pode-se observar na Fig. (4) que estatisticamente existe diferença significativa entre o fluido de corte com adição do grafite e o fluido de corte com adição de bissulfeto de molibdênio, com ligeira vantagem para o primeiro. No entanto, se comparado o fluido de corte sem adição de lubrificante sólido com os fluidos de corte com adição de lubrificantes sólidos, não se observa estatisticamente uma diferença significativa. Isto pode ser observado também na Tab. (3), na qual se utilizou o método estatístico de comparação de 2 tratamentos com confiabilidade de 95%.

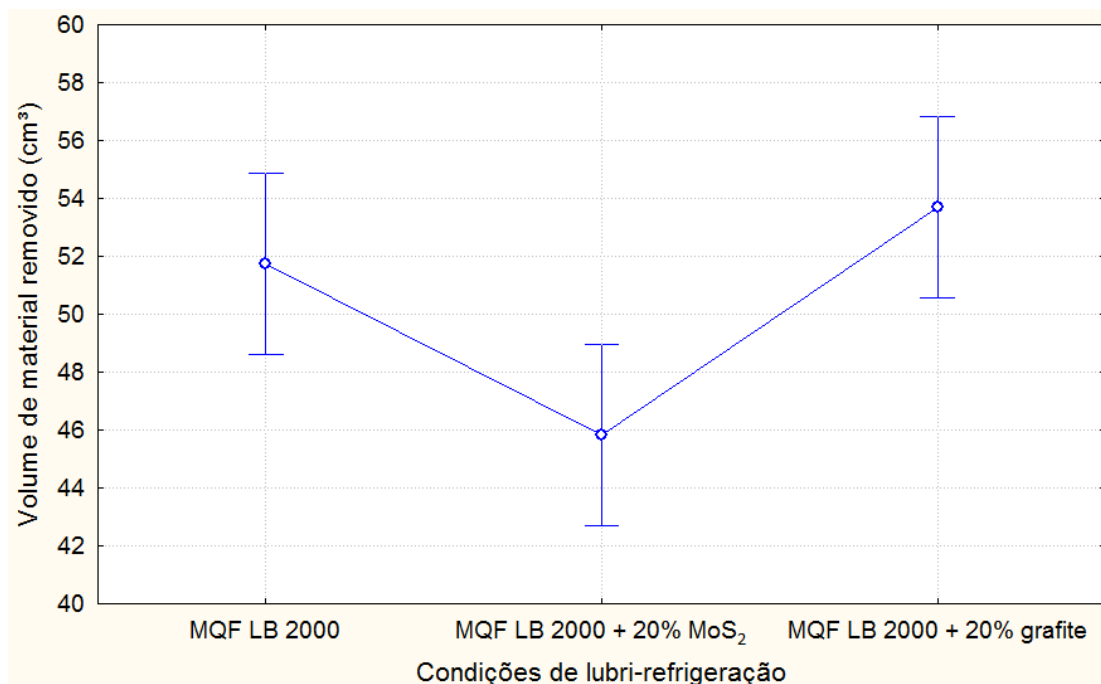


Figura 4. Efeito médio das condições de lubri-refrigeração no volume de material removido

Tabela 3. Comparação de 2 tratamentos para o volume de material removido – MQF

Condições de lubri-refrigeração		p
MQF LB 2000	MQF LB 2000 + 20% grafite	0,0661
MQF LB 2000	MQF LB 2000 + 20% MoS ₂	0,0531
MQF LB 2000 + 20% grafite	MQF LB 2000 + 20% MoS ₂	0,0198

Na Tabela (4) está representado o quadro de análise de variância para os resultados obtidos nos ensaios em que o fluido de corte foi aplicado pela técnica convencional (jorro).

Tabela 4. Análise de variância do volume de material removido – Jorro

	SQ	Grau de liberdade	Q.M	F	p
Média	209915,0	1	209915,0	1270,46	0,0000
Condição de lubri-refrigeração	100,1	2	50,1	0,30	0,7492
Resíduos	991,4	6	165,2		

Adotando-se um índice de confiabilidade de 95% e um nível de significância de 5%, tem-se que o valor de “p” é maior que este nível, portanto conclui-se que não existe diferença significativa entre pelo menos dois dos tipos de lubrificantes utilizados. Pode-se observar no gráfico representado pela Fig. (5) que estatisticamente não existe diferença significativa no volume de material removido para as condições de lubri-refrigeração utilizadas. Os resultados dos valores de “p” mostrados na Tab. (5), na qual se utilizou o método estatístico de comparação de 2 tratamentos com confiabilidade de 95% confirmam as conclusões apresentadas acima.

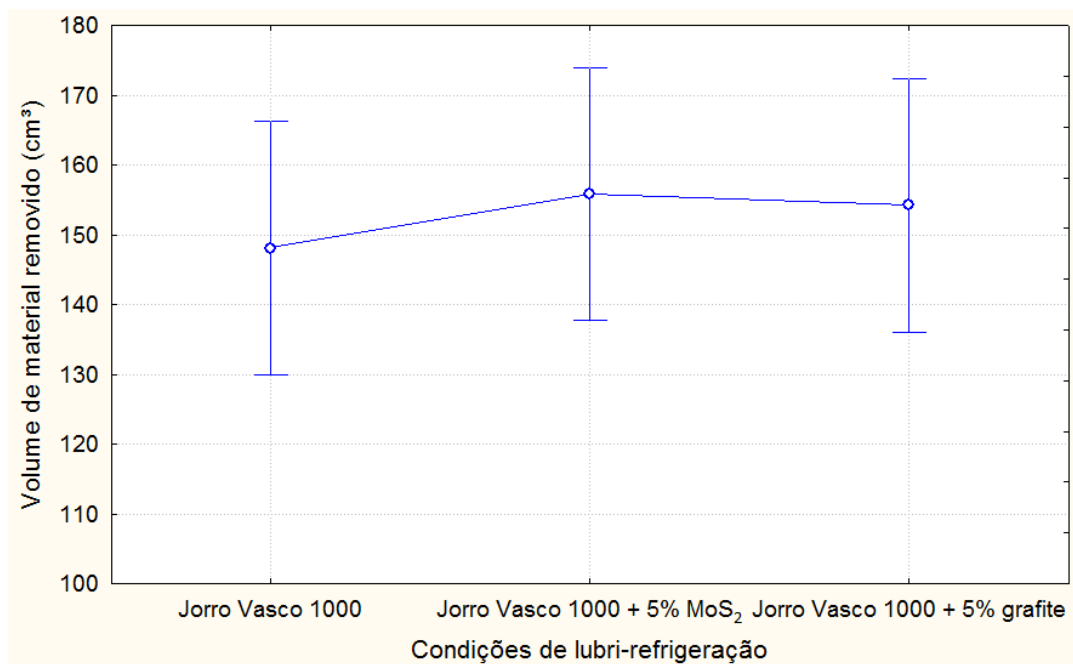


Figura 5. Efeito médio das condições de lubri-refrigeração no volume de material removido

Tabela 5. Comparação de 2 tratamentos para o volume de material removido – Jorro

Condições de lubri-refrigeração		p
Jorro Vasco 1000	Jorro Vasco 1000 + 5% grafite	0,5867
Jorro Vasco 1000	Jorro Vasco 1000 + 5% MoS ₂	0,5212
Jorro Vasco 1000 + 5% MoS ₂	Jorro Vasco 1000 + 5% grafite	0,8750

4. CONCLUSÕES

Na usinagem do Inconel 718 com ferramentas de metal duro, a aplicação do fluido de corte de forma convencional (jorro) promoveu um incremento em média de 202% na vida da ferramenta quando comparado com o MQF;

A adição do grafite ao fluido de corte resultou em um incremento na vida da ferramenta em torno de 15% quando comparado ao fluido de corte com adição de MoS₂ e 4% se comparado ao fluido de corte puro, para a aplicação de fluido por MQF;

No sistema de aplicação convencional (jorro), a adição de lubrificante sólido ao fluido de corte resultou um incremento na vida da ferramenta em torno de 4%, quando comparado a fluido de corte puro. Mas, entre os lubrificantes sólidos não foi observada diferença significativa;

A técnica de usinagem convencional (jorro) permitiu uma maior remoção de volume de material ao longo da vida da ferramenta, quando comparado com MQF;

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos órgãos de fomento, CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelo apoio financeiro, à Villares Metals pelo material cedido para a pesquisa e à Sandvik Coromant pela doação das ferramentas. Um dos autores agradece o apoio recebido do Instituto Federal do Espírito Santo – IFES Campus Vitória.

6. REFERÊNCIAS

- Bhatt, A., Attia, H., Vargas, R., Thomson, V., 2010, “Wear mechanisms of WC coated and uncoated tools in finish turning of Inconel 718”. Tribology International, Vol. 43, pp. 1113–1121.
- Choudhury, I.A., El-Baradie, M.A., 1998, “Machinability of nickel-base super alloys: a general review”. J. Mater. Process Technol, Vol. 77, pp. 278 - 284.

- Dudzinski, D., Devillez, A., Moufki, A., Larrouquere, D., Zerrouki, V., and Vigneau, J., 2004, "A review of developments towards dry and high speed machining of Inconel 718 alloy," *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 44, pp. 439-456.
- Erdemir, A., 2001, "Solid Lubricants and Self-Lubricating Films". Cap. 22, 2001.
- Ezugwu, E. O., Wang, Z. M., Machado, A. R., 1999, "The Machinability of Nickel-Based Alloys: A Review". *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 86, pp. 1-16.
- ISO 3685. Tool-life testing with single-point turning tools, 1993.
- Kitagawa, T., Kubo, A., Maekawa, K., 1997, "Temperature and wear of cutting tools in high-speed machining of Inconel 718 and Ti-6Al-6V-2Sn". *Wear*, Vol. 202, pp. 142 - 148.
- Krishnaa, P. V., Rao, D. N., 2008, "Performance evaluation of solid lubricants in terms of machining parameters in turning", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 48, pp. 1131-1137.
- Machado, A. R.; DA Silva, M. B.; Coelho, R. T.; Abrão, A. M., 2015, *Teoria da Usinagem dos Metais*, 2ª ed.; Editora Edgard Blucher, São Paulo, Brasil.
- Rao, D. N., Krishna, P. V., 2008, "The influence of solid lubricant particle size on machining parameters in turning", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol.48, pp. 107-111.
- Reddy, N. S. K., Nouari, M., Yang, M., 2010, "Development of electrostatic solid lubrication system for improvement in machining process performance", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 50, pp. 789-797.
- Reddy, N. S. K., Rao, P. V., 2006, "Experimental investigation to study the effect of solid lubricants on cutting forces and surface quality in end milling", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 46, pp. 189-198.
- Sliney, H.E., 1982, "Solid lubricant materials for high temperatures". A review, *Tribol. Int.*, 15, p. 293-302.
- Trent, E.M.; Wright, P.K., 2000, "Metal Cutting", Butterworths, 4th Edition, London.
- Yazid, M. Z. A., CheHaron, C.H., Ghani, J.A., Ibrahim, G. A., Said, A.Y. M., 2011, "Surface Integrity of Inconel 718 when Finish Turning with PVD Coated Carbide Tool Under MQL". *Procedia Engineering*, Vol.19, pp. 396 - 401.
- Zailani, Z. A., Hamidon, R., Hussin, M.S., Hamzas, M. F. M. A., Hadi, H., 2011, "The Influence Of Solid Lubricant In Machining Parameter of Milling Operation", *International Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 3 No. 6.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

EVALUATION TOOL LIFE DA VIDA DA FERRAMENTA DE METAL DURO NA USINAGEM DO INCONEL 718 COM APLICAÇÃO DE LUBRIFICANTES SÓLIDOS DISPERSOS EM FLUIDO DE CORTE

Armando Marques, amarques@ifes.edu.br¹

Cleudes Guimarães, profcleudes@yahoo.com.br²

Eraldo José dos Santos, jsantos@ifes.edu.br¹

Rosemar Batista da Silva, rosemar.silva@ufu.br²

Álison Rocha Machado, alissonm@mecanica.ufu.br^{2,3}

¹Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes – Campus Vitória, Av. Vitória – 1729, Jucutuquara, Vitória/ES, 29040-780, Brasil

²Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Av. João Naves de Ávila, 2121, Uberlândia/MG, 38.408-100 Brasil

³Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC-PR, Av. Imaculada Conceição, 1155, Curitiba/PR, 80216-901, Brasil

Abstract: *The Inconel 718 is a nickel-based superalloy that has been widely used in the aerospace industry because it has high mechanical strength at high working temperatures. However, this becomes a major problem in the machining operations, since it makes the shear necessary for the chip formation difficult. Usually wear is accelerated and tool life is short. To soften the problems caused by high temperatures generated in the cutting zone and large machining forces, the application of cutting fluid becomes indispensable when using carbide tools. Envisioning increased cutting fluid efficiency and improved machinability of the Inconel 718, this work evaluates the influence of the addition of solid lubricants (graphite and molybdenum disulfide (MoS₂)) in the cutting fluid (5% and 20% concentrations), applied by the conventional technique and MQF, during turning of the nickel base superalloy (Inconel 718) with carbide tools coated with TiAlN / (Al, Cr)₂O₃ / TiAlN by PVD process. The life of the cutting tool was evaluated in terms of machining time and volume of material removed. The conventional method of applying the fluid was higher (averaging 202%) relative to the MQF technique. The addition of graphite to the cutting fluid applied by the MQF technique presented increases of about 4% and 15% in the tool lives in relation to pure cutting fluid (without addition of solid lubricants) and cutting fluid containing MoS₂, respectively. The addition of solid lubricant (Independent of the lubricant) to the cutting fluid applied by the conventional method resulted in an increase in tool life of about 4% when compared to pure cutting fluid.*

Keywords: *Solid lubricants, Turning of Inconel 718, Cutting fluid, MQF, Carbide tools, Tool life.*