

MONITORAMENTO DA TEMPERATURA E FORÇA DE CORTE NO PROCESSO DE FURAÇÃO COM ALTO AVANÇO NA LIGA DE ALUMÍNIO 7075-T6

Cleiber Luan de Almeida

Wasley Amaral Coelho

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Engenharia Mecânica, CIMS - Centro de Inovação em Manufatura Sustentável, e-mail: cleiber-luan@hotmail.com, e-mail: wasleyamaral@hotmail.com

Carlos Henrique Lauro

Robson Bruno Dutra Pereira

Lincoln Cardoso Brandão

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Engenharia Mecânica, CIMS - Centro de Inovação em Manufatura Sustentável

e-mail: carloslauro@ufsj.edu.br, e-mail: robsondutra@ufsj.edu.br, e-mail: lincoln@ufsj.edu.br

Resumo. O objetivo principal deste artigo foi avaliar a influência que o uso de altos valores de avanço e a variação da velocidade de corte influencia na temperatura, torque e força axial quando é realizada a furação no alumínio 7075-T6. Foram utilizados os parâmetros do fabricante para a velocidade de corte e uma inovação que é o uso de altas taxas de avanço onde foi empregado um valor 10 vezes maior que o avanço recomendado pelo fabricante. Além disso, foram utilizados 2 tipos de fluido para verificar quais os melhores parâmetros para furação nesta liga de alumínio. Como resposta foram analisados o torque, a força axial e a temperatura, no qual o avanço se destacou como maior influenciador, principalmente na variação da temperatura no início e durante a furação. Além disso, na temperatura o fluido e avanço foram os parâmetros que mais alteraram os resultados. Os dados foram analisados usando análise de variância.

Palavras-chave: alumínio 7075, furação, temperatura, força de corte.

1. INTRODUÇÃO

O processo de furação é um dos mais utilizados nos processos de fabricação por usinagem. Segundo Hamade e Ismail (2005) dos processos de usinagem aplicados na indústria 40% são de furação. Com isso, faz-se importante o investimento em estudos aplicados aos processos de furação, visando buscar inovações e melhorias ao processo, atendendo as necessidades do mercado. A liga de alumínio 7075-T6 é amplamente utilizada na indústria aeronáutica, principalmente por ter características muito interessantes como, por exemplo, a relação resistência/peso apresentando valores superiores as convencionais ligas de aço. Além disso, estas ligas têm boa resistência mecânica à corrosão, boa conformabilidade e alta tenacidade se comparada com as outras ligas de alumínio.

A combinação de alta velocidade de corte e avanço proporciona maior taxa de remoção de material se comparado com as taxas convencionais empregadas de acordo como o fornecedor das ferramentas recomenda. Sabe-se que a taxa de remoção de material mais rápida gera maior produtividade. Os principais benefícios da furação com o emprego de alto avanço é a produtividade, porém ocorre simultaneamente a diminuição da potência de corte (HAMADE e ISMAIL, 2005).

O processo de furação é um dos processos de usinagem mais importantes na indústria metal mecânica. Basicamente, todos os furos realizados em componentes mecânicos estão direcionados ao transporte de fluidos ou montagem partes seja com precisão ou não. Furos podem ser fabricados apenas para a passagem de um parafuso e união de componentes mais simples ou para a montagem de componentes que demandam encaixes precisos e perfeitos. Além disso, o processo de furação pode ser empregado na furação de moldes com o objetivo de transportar fluidos para resfriamento rápido destes componentes.

Diversos autores têm estudado o processo de furação com objetivo de minimizar erros ou otimizar o processo. A geometria das brocas, por exemplo, tem influência direta na superfície furada e nos esforços de corte. Vieira e Brandão (2014) estudaram a geometria de brocas com variação do ângulo de ponta e tipo de afiação e sua influência sobre a rebarba formada nos furos. Rebarbas são partes de material que sobram, geralmente na saída dos furos, e comprometem a montagem ou qualidade dos componentes quando não são removidas. Normalmente, quando não são minimizadas ou eliminadas requerem uma operação posterior de usinagem denominada rebarbação. De acordo com os autores os parâmetros mais importantes na formação de rebarbas são o avanço e a geometria de afiação das brocas.

Borba et al. (2012) estudaram o acabamento superficial de furos e os esforços de corte com brocas escalonadas. Brocas escalonadas normalmente são empregadas para realizar simultaneamente furos com dois ou três diâmetros diferentes com

redução de tempos e custos. De acordo com os autores, parâmetros de corte com valores intermediários devem ser empregados para compensar a diferença de diâmetro das brocas sem comprometer a qualidade superficial dos furos. Além disso, os esforços de corte devem ser considerados para o menor diâmetro considerando a possibilidade de quebra das brocas no diâmetro menor pelo efeito da torção da broca. Os esforços de corte são outro fator importante no processo de furação, pois estão diretamente relacionados com a quebra de brocas. Arruda et al. (2015) estudaram o processo de furação de aços endurecidos onde o processo em cheio e com pré-furação foram comparados. De acordo com os autores a aresta transversal da broca tem uma importância significativa no processo de furação correspondendo a 2 vezes o valor do torque para furos em cheio com furos com pré-furação.

Oliveira et al. (2015) também estudaram o processo de furação em aços endurecidos empregados na fabricação de moldes. O trabalho teve o foco no aço AISI P20 que é usado para a injeção de plásticos onde foram realizados furos com comprimento de furação de 10 vezes o diâmetro dos furos. De acordo com os autores analisaram o acabamento superficial os sistemas de resfriamento e o avanço da broca foram os parâmetros que mais influenciaram nos erros de forma e rugosidade dos furos. O processo de furação é um dos processos de usinagem que mais necessita de fluidos refrigerantes para evitar desgaste excessivo das brocas e melhorar o acabamento superficial dos furos. Vários autores têm desenvolvido trabalhos com objetivo de buscar sistemas alternativos ao uso de fluidos em abundância.

Os autores Coelho e Brandão (2006-b) estudaram no processo de furação a influência dos parâmetros de corte na variação da temperatura. Estudos de temperatura tem como objetivo conhecer as propriedades térmicas dos materiais usinados e das ferramentas além de proporcionar um domínio da variação da temperatura com a variação dos parâmetros de usinagem. O fluxo de calor é importante para os processos de usinagem pois permite conhecer através de métodos matemáticos os valores de condução não só dos materiais usinados como dos materiais das ferramentas de usinagem (BRANDÃO, COELHO e NEVES, 2009; LAURO et al. 2013).

Normalmente, para a definição do fluxo de calor em processo de usinagem torna-se necessário o uso de técnicas de monitoramento como termografia infravermelha ou inserção de termopares próximos a região de corte. Brandão et al. (2011) usaram a técnica de termopares inseridos não só para monitorar a temperatura de usinagem como também para definir valores de condução de calor no processo e valores de convecção dos fluidos de corte. Neste trabalho, o sistema de MQL foi empregado e de acordo com os valores de temperatura e do fluxo de calor encontrados, observou-se que os sistemas de MQL quando otimizados com os parâmetros de corte tem capacidade de resfriamento bem próxima dos tradicionais sistemas de refrigeração.

Técnicas alternativas de monitoramento da temperatura aos tradicionais termopares também podem ser empregadas. A termografia é uma excelente técnica alternativa ao uso de termopares, pois não necessitam de inserção de elementos no corpo de prova que se deseja usinar. Carvalho et al. (2013) usaram a técnica de termografia infravermelha para monitorar e conhecer os valores de temperatura na furação da liga de Titânio Ti-6Al-4V. O método foi eficaz para monitorar a temperatura e definir parâmetros ótimos de furação para esta liga. Entretanto, apresenta uma limitação que é o uso de fluidos de corte, pois os mesmos formam uma barreira ao feixe infravermelho e contribuem para inserir ruídos no sinal durante o monitoramento. O mesmo problema foi constatado no processo de fresamento realizado por Lauro et al. (2013). O processo foi eficiente para monitorar a temperatura, entretanto no caso do fresamento, algumas condições de trabalho a seco são preferidas em relação ao uso de fluidos de corte. Os valores de temperatura obtidos no fresamento do alumínio aeronáutico 7075 foram decisivos para otimizar o processo de fresamento.

Alternativamente, métodos numéricos de elementos finitos são usados quando se deseja monitorar temperatura. Lauro et al; (2013) usaram o método dos elementos finitos e compararam os gráficos experimentais de temperatura com os resultados simulados. De acordo com os autores os valores simulados se ajustaram muito bem nas curvas experimentais e os valores de condução e convecção dos fluidos empregados ficaram bem próximos aos encontrados na literatura de referência. Portanto, o objetivo deste trabalho é conhecer os valores de temperatura e esforços de corte no processo de furação profunda da liga de alumínio 7075. Em furação profunda o uso de brocas com refrigeração interna é padrão, porém monitoramento da temperatura usando sistemas de resfriamento internos e externos ainda são poucos e necessitam ser desenvolvidos para um aprimoramento das técnicas de furação e um melhor domínio dos parâmetros de usinagem.

A velocidade de corte a ser utilizada no processo, geralmente é encontrada nos manuais dos fabricantes de ferramentas onde leva-se em consideração diversos parâmetros do processo. Esses parâmetros incluem o tipo de material (a dureza), o tipo de alargador, quantidade de material a ser retirado e acabamento. O aumento da velocidade gera uma produção mais rápida e acabamento de menor qualidade. Já com a diminuição de velocidade de corte a produção se torna mais lenta e consequentemente uma qualidade superficial melhor. Geralmente a velocidade de corte utilizada deve estar entre 65 e 75% da equivalente para a furação do mesmo material. Quanto maior a quantidade de metal a ser removida, menor deve ser a velocidade (BORILLE, 2005).

Avanço é a distância percorrida pela ferramenta em cada rotação da peça. Assim como a velocidade de corte, o avanço depende de diversos fatores, como material da ferramenta e da peça, temperatura de usinagem, tipo da ferramenta utilizada, e estes fatores também são facilmente encontrados nos catálogos de fabricantes, que são baseados para se obter o resultado desejado. O aumento do avanço gera um aumento considerável na força e pode proporcionar uma diminuição da vida útil ou até mesmo a quebra da ferramenta além disso pode aumentar a temperatura do processo. Já um avanço menor leva a um maior desgaste na ponta da ferramenta e resulta em um melhor acabamento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada foi dividida em 2 partes. Logo após a confecção dos corpos de prova, foi usado o um torno CNC para a confecção dos furos laterais, no qual seria fixado o termopar. Foi feito também um apoio para os corpos de prova, no qual foi fixado na placa de castanhas. Logo após este passo, os corpos de prova foram conferidos para verificar se haveria um encaixe preciso do termopar no furo. Foi montada toda a estrutura para a realização do experimento, colocando o dinamômetro, multiplicador de velocidade, termopar, broca e peça e assim se iniciou o processo. Como ia ser utilizado o processo com altas taxas de avanço, depois de realizados alguns testes para verificar os valores máximos de avanço que conseguiríamos a partir da broca, foi definido o valor correspondente a 10 vezes mais que o valor mínimo apresentado no catálogo de informações do fabricante. Assim nosso avanço variou de 0,1 à 1,0 mm/rev. Por outro lado, para as velocidades de corte utilizamos perto da máxima e mínima do fabricante, 110 e 180 m/min. Além disso, foram utilizados 2 meios de lubrificação, seco e com fluido. Assim, ocorreu a necessidade de revestir o termopar com uma capa e deixar a caixa que transmitia seus dados impermeável.

Para a realização dos testes experimentais foram utilizados os seguintes equipamentos, a saber; cabeçote multiplicador de rotação da marca Sanches Blanes modelo MO10 Cone BT que podia fornecer até 22.000 rpm, mas a rotação máxima utilizada neste trabalho foi de 16.520 rpm. Broca helicoidal de metal duro (42CrMo4) Xtreme A3399XPL, com diâmetro de 3,5 mm e comprimento efetivo de corte de 26 mm com um ângulo de ponta de 140° e canais internos de refrigeração. Equipamento para o monitoramento da temperatura, usando o sistema de aquisição de temperatura da empresa National Instruments modelo CDAQ-9174 empregando o termopar nos corpos de prova. Para obtenção dos valores de temperatura, foi medido os valores sempre antes da furação e durante o processo, sendo analisado o valor de diferença entre os picos. Após cada furação era esperado um tempo para a temperatura do corpo de prova voltar a temperatura ambiente, cerca de 21-22°C.

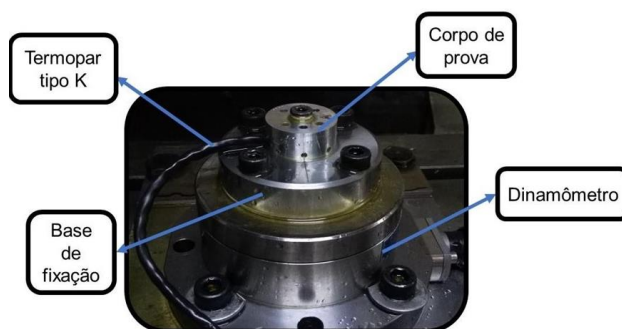


Figura 1. Torque em relação ao avanço

O sistema para medição da temperatura está detalhado na Fig. 1. Nele podemos ver o termopar tipo K definido nos experimentos devido a faixa de temperatura estar dentro dos parâmetros de usinagem ($0 \text{ à } 1250 \pm 2,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$) com diâmetro $d = \varnothing 1,5 \text{ mm}$ fixado no corpo de prova, a base de fixação que foi produzida para o experimento e o dinamômetro, no qual obteve os valores de força axial e o torque, é um dinamômetro piezoelétrico estacionário com quatro canais Kistler 9272, um amplificador de sinais Kistler 5070A e o software DynoWare. O dinamômetro integrado ao centro de fresamento utilizado para a aquisição de dados, está interligado a um computador composto por um processador Dual Core com 2.2 GHz com 2GB de memória RAM, que armazena os dados coletados pelo dinamômetro. O corpo de prova, que está na Figura (1) é o alumínio 7075-T6 que foram confeccionados em forma cilíndrica da liga com dimensão de 15 x 32 x 32 mm. A Tab. 1 mostra detalhadamente quais parâmetros de entrada foram utilizados.

Tabela 1. Parâmetros de entrada com seus respectivos níveis

Parâmetros de entrada	Níveis de entrada		
	-1	-1	-1
Avanço [mm/rot]	0,1	0,55	1
Velocidade de corte [m/min]	110	145	180
Sistema de fluido de corte	Seco		Fluido

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Usinagem do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ. O processo de furação foi executado no centro de fresamento vertical marca ROMI modelo Discovery 560 com velocidade de avanço rápido longitudinal e transversal de 15 m/min, rotação máxima de 10.000 rpm e potência máxima na árvore de 12,5 kW. O torno empregado nos experimentos foi um modelo GL 240-M da marca Romi. O software estatístico, MiniTab versão 17 foi utilizado para análise dos dados de força e de temperatura e verificação dos fatores de influência no processo.

3. RESULTADOS

3.1. Torque

Todas as repetições dos dados obtidos como os esforços de corte e diferença da temperatura foram lançadas em uma planilha no programa MiniTab. O MiniTab mostra a partir do teste de hipótese qual dos parâmetros da usinagem influenciou o experimento, e quando o P-Valor é menor que 5%, significa que o parâmetro de entrada influenciou na resposta.

Tabela 2. Análise dos parâmetros no torque

Fatores	F-Valor	P-Valor
Velocidade de corte [m/min]	0,43	0,784
Avanço [mm/rev]	5,27	0,013
Lubrificação	0,20	0,662

Nos resultados de torque foi possível observar que o avanço teve um valor estatisticamente muito significativo nas furações, o único a influenciar a o torque na furação. Isso se deve pois foi utilizado o sistema high feed, e os avanços eram extremamente elevados. Outra explicação é porque ocorre o aumento da taxa de remoção de material e consequentemente esforços maiores segundo Borba, (2013) que observou o mesmo comportamento no seu trabalho. A Fig. 2 apresenta o gráfico de efeitos principais, representando os resultados de torque.

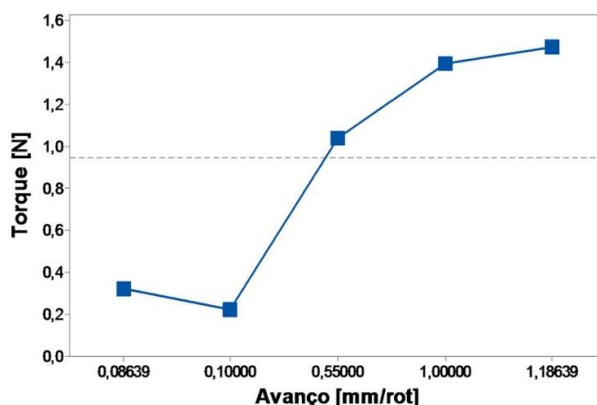


Figura 2. Torque em relação ao Avanço

Com o gráfico pode-se perceber que com o aumento do avanço, o torque foi aumentado significativamente, e de forma quase constante. Torques elevados são prejudiciais na furação, pois podem ocorrer erros de cilindridade, mas os valores obtidos podem não ter mudado o comportamento do cavaco, pois foram relativamente baixos. Observa-se que se aumentássemos mais os valores de avanço, os valores de torque também aumentariam gradativamente.

3.2. Força Axial

Para o resultado de força axial foi possível observar que o avanço também teve um valor estatisticamente significativo, mas olhando o P-Valor, vemos que é extremamente o único fator que influenciou na força axial, quanto maior o número do F-Valor, maior representatividade no parâmetro.

Tabela 3. Análise dos parâmetros na força axial

Fatores	F-Valor	P-Valor
Velocidade de corte [m/min]	0,08	0,988
Avanço [mm/rev]	3340,59	0,000
Lubrificação	0,24	0,629

Novamente isso aconteceu devido ao teste de furação com altos avanços, pois o avanço chegou a 10 vezes mais que o avanço mínimo considerando os dados do fabricante. Nos testes experimentais foram definidos valores maiores de avanço, mas por custos econômicos e dúvidas referentes a futuros problemas na broca, por exemplo quebra da ponta,

foram testados valores somente 10 vezes acima do convencional. Na Fig. 3 é mostrado o comportamento da força axial conforme vai aumentando esse avanço.

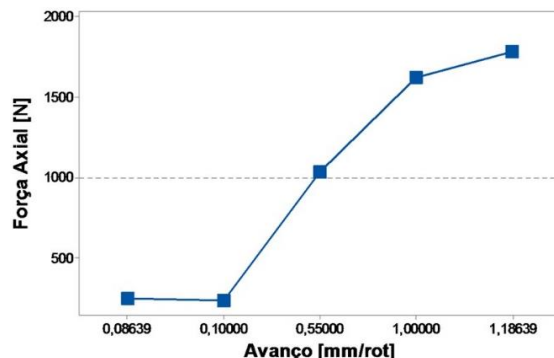


Figura 3. Força Axial com relação ao Avanço

Os resultados de força axial, foram diretamente proporcionais ao avanço. Observa-se que à medida que foram aumentados os valores de avanço, os valores de força axial aumentaram proporcionalmente. O aumento da força axial na medida em que aumentou o avanço pode ser justificado com o aumento da quantidade de material removida pela broca (BORDINASSI, 2003). Fato interessante foram os valores obtidos, chegando a perto de 2000 N, o que foi até uma preocupação nos experimentos, porque avanços muito elevados faziam com que a furação no comprimento de 15 mm ocorresse realmente muito rápida, então cada experimento durava poucos segundos. Dessa forma, foi observado também que se os valores de avanço fossem aumentados, os valores de força axial também aumentariam proporcionalmente.

3.3. Temperatura

A temperatura também foi estudada simultaneamente com a força, sendo os testes repetidos 2 vezes para garantir uma repetibilidade mínima. Entretanto, os valores obtidos nos dois testes foram muito similares e foram considerados como ótimos. Procurou-se manter todos os termopares montados com a mesma distância na peça, e se o fluido não estava presente entre o termopar e a peça, mantendo-se assim a montagem do conjunto muito homogênea durante a fixação do termopar. Alguns desses problemas como os ruídos da máquina, podem interferir nos resultados da temperatura e gerarem dados duvidosos. Porém, os valores obtidos ficaram abaixo do que foi obtido. Como tivemos que refazer várias vezes os experimentos, foi utilizado todos eles para a confecção dos resultados, é como se fossem réplicas do primeiro experimento. Na Tab. 4 mostramos que a partir do P-Valor menor que 5%, que os fatores de avanço e lubrificação influenciaram diretamente a temperatura do processo. Podemos ver que a velocidade de corte quase não modifica o processo a partir do baixo valor do F-Value.

Tabela 4. Análise dos parâmetros na diferença de temperatura

Fatores	F-Valor	P-Valor
Velocidade de corte [m/min]	0,38	0,819
Avanço [mm/rev]	9,69	0,002
Lubrificação	19,50	0,000

Na Figura 4 foram expostos 2 gráficos, nele mostramos a interação dos parâmetros na temperatura, como também pode ser vista a curva de comportamento e os parâmetros com seus valores aumentando aleatoriamente.

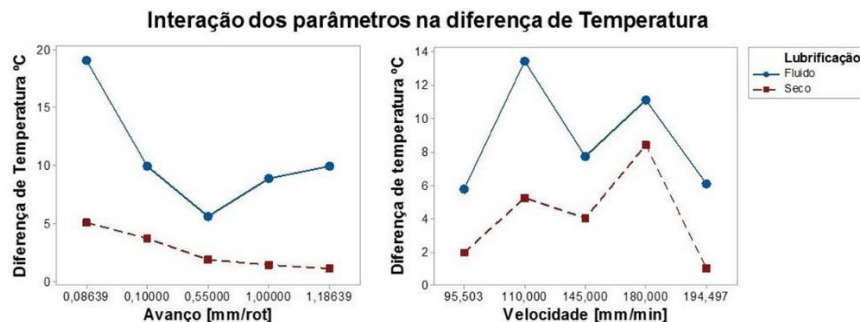


Figura 4. Interações entre os parâmetros na temperatura

Na primeira parte do gráfico, considerando os valores de avanço, podemos perceber que quando foi utilizado o fluido de corte, para menores valores de avanço foram obtidos valores de temperatura maiores. Com avanços intermediários, por exemplo 0,55 mm/rot, ocorreram os menores valores de diferença de temperatura, e quando se aumentou os valores de avanço novamente, a diferença de temperatura voltou a aumentar. Por outro lado, nos testes a seco o gráfico a temperatura se comportou com uma tendência a cada vez mais diminuir a diferença. Isto pode ter ocorrido devido ao tempo de furação que ocorreu tão rápido que o termopar não conseguiu obter valores precisos em um curto espaço de tempo. Além disso, pode ter ocorrido a dissipação de calor pelos cavacos, que sem a interferência do fluido fizeram com que o calor se dissipasse da zona de corte muito mais rapidamente.

Já o segundo gráfico da Figura 4, vemos a diferença de temperatura na velocidade de corte, a tabela mostra que isso não teve significância, mas o gráfico mostra o motivo, pois mostra várias subidas e descidas dos valores de temperatura, considerando a diferença de valores, mesmo com o aumento do avanço. Outra coisa que deve ser destacada nesse gráfico é que com a ação do fluido, os valores aumentaram novamente, e como anteriormente explicado isto pode ter ocorrido devido as oscilações de medição ocorridas no do termopar e devido a dissipação de calor para o meio muito rápida, gerada principalmente devido a eliminação dos cavacos.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, as seguintes conclusões podem ser definidas.

- ✓ O sistema de furação com alto avanço foi eficiente, mostrando que pode acelerar os processos de furação e aumentar as forças, porém não foi verificadas características específicas que impede deste processo ser utilizado.
- ✓ A temperatura também não se elevou, diminuindo conforme foi aumentada as altas taxas de avanço.
- ✓ O torque foi maior com os valores de altos avanços, mas também nada que pudesse prejudicar a qualidade do processo considerando a cilindricidade do furo.

O tipo de refrigeração influenciou nos experimentos, pois com a refrigeração com fluido obteve-se diferenças de temperatura maiores que na furação a seco. Isto pode ter ocorrido devido a ótima dissipação de calor oriunda na formação dos cavacos.

- ✓ O uso da técnica de alta taxa de avanço pode ser muito interessante, e algo que deve ser mais bem estudado, pois pode gerar um grande avanço na indústria, pois diminuiria os tempos de produção sem afetar a qualidade dos furos.

5. REFERÊNCIAS

- Amaral, W.; Estudo do processo de furação com altas taxas de avanço na liga de alumínio 7075-t6. In: COBEF2017
- Arruda, E. M.; Ribeiro Filho, S. L. M.; Borba, R.B.; Brandão, L.C., Análise dos esforços de corte durante os processos de furação em cheio e com pré-furo do aço endurecido AISI P20. In: COBEF - Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2015, Salvador. Anais... Rio de Janeiro: ABCM - Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2015. v. 1. p. 45-53.
- Borba, R.B.; Brandão, L.C.; Souza, M. S.; Ribeiro Filho, S. L. M., Estudo da influência das afiações em brocas escalonadas de canal reto na furação da liga de alumínio SAE 306. In: VII CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA - CONEM 2012, 2012, São Luis. Anais... Rio de Janeiro: ABCM - Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2012. v. 1. p. 23-30.
- Brandão, L. C.; Coelho, R. T.; Lauro, C. H., Contribution to dynamic characteristics of the cutting temperature in the drilling process considering one dimension heat flow. Applied Thermal Engineering, v. 31, p. 3806-3813, 2011.
- Brandão, L.C.; Coelho, R.T. (a), Influência dos Sistemas de refrigeração na furação do aço AISI H13 endurecido com variação da velocidade de corte. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2006, Recife. Anais... Rio de Janeiro: ABCM - Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2006. v. 1. p. 1-10.
- Brandão, L.C.; Coelho, R.T.; Neves, F. O., Definição do fluxo de calor e do coeficiente de convecção no processo de furação por comparação dos métodos analíticos e dos elementos finitos. In: COBEF - Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2009, Belo Horizonte. Anais. Rio de Janeiro: ABCM - Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2009. v. 1. p. 21-30.
- Carvalho, L. A.; Souza, M. S.; Brandão, L.C.; Ribeiro Filho, S. L. M., Definição dos valores de temperatura na furação da liga Ti-6Al-4V usando a técnica de termografia infravermelha. In: XI Congresso de Produção Científica, 2013, São João del-Rei. Anais... São João del-Rei: Editora da UFSJ, 2013. v. 1. p. 1- 10.
- Coelho, R.T.; Brandão, L.C. (b), Comparação dos valores de temperatura entre sistemas de refrigeração na furação do aço AISI H13 endurecido. In: USINAGEM 2006, 2006, São Paulo. Anais. São Paulo: Aranda, 2006. v. 1. p. 11-20.
- DIN Deutsches Institut für Normung. DIN 8589-2-2003-09. Fertigungsverfahren Spanen – Teil 2: Bohren, Senken, Reiben, Einordnung, Unterteilung, Begriffe.
- Lauro, C. H.; Brandão, L. C.; Vale, T. J. S.; Christóforo, A. L., An Approach to Define the Heat Flow in Drilling with Different Cooling Systems Using Finite Element Analysis. Advances in Mechanical Engineering, v. 2013, p. 1-9, 2013.

- Lauro, C. H.; Brandao, L.C.; Ribeiro Filho, S. L. M., Monitoring the temperature of the milling process using infrared camera. Scientific Research and Essays, v. 8, p. 1112-1120, 2013.
- Melo, T, Brandão, L. C., análise comparativa de ferramentas com diferentes geometrias no processo de alargamento no aço endurecido aisi p20. In: XII Congresso de produção científica e acadêmica.
- Oliveira, J. A.; Ribeiro Filho, S. L. M.; Maciel, D. T.; Silva, S. P.; Brandão, L.C., Estudo do processo de furação profunda com brocas helicoidais no aço AISI H13 endurecido. In: COBEF – Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2015, Salvador. Anais... Rio de Janeiro: ABCM - Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2015. v. 1. p. 28-35.
- Souza, K, Furlan, H, Análise experimental da temperatura durante o processo de furação em aço SAE 1030. In: X WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULA SOUZA
- Trent, E., Wright, P., Metal Cutting, 4 ed., Woburn: Butterworth, Heinemann, 446 p., 2000.
- Vieira, J. T.; Brandão, L.C., Influência dos parâmetros de entrada na formação de rebarbas no processo de furação da liga de alumínio 7075. In: XXI SIC - SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2014, São João del-Rei. Anais... São João del-Rei: Editora da UFSJ, 2014. v. 1. p. 20-38.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

MONITORING TEMPERATURE AND CUTTING FORCES IN THE DRILLING PROCESS WITH HIGH-FEED RATE IN 7075-T6 ALUMINUM ALLOY

Cleiber Luan de Almeida

Wasley Amaral Coelho

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Engenharia Mecânica, CIMS - Centro de Inovação em Manufatura Sustentável, e-mail: cleiber-luan@hotmail.com, e-mail: wasleyamaral@hotmail.com

Carlos Henrique Lauro

Robson Bruno Dutra Pereira

Lincoln Cardoso Brandão

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Engenharia Mecânica, CIMS - Centro de Inovação em Manufatura Sustentável

e-mail: carloslauro@ufsj.edu.br, e-mail: robsondutra@ufsj.edu.br, e-mail: lincoln@ufsj.edu.br

Abstract. In this article, the main objective was to evaluate the influence that high-feed rate and the variation in cutting speed influences temperature, torque, and axial force when drilling in 7075-T6 aluminum. According to the manufacturer catalog for the cutting speed, the parameters were used, but an innovation, which is the use of high feed rates where a value 10 times higher than the feed recommended by the manufacturer was used. Besides, 2 types of fluid were used to check the best drilling parameters in this aluminum alloy. As an outcome, torque, axial force, and temperature were analysed. The feed rate stood out as the most significant influencer, mainly in the temperature variation at the beginning and during drilling. Furthermore, temperature, fluid, and feed rate were the parameters that most changed the results. The data were analysed using analysis of variance.

Keywords: 7075 aluminum, drilling, temperature, cutting force.

RESPONSIBILITY NOTICE

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