

REFRIGERAÇÃO POR TUBO VÓRTICES NO FACEAMENTO RÁPIDO DO AÇO ABNT 1045

Davi Pires Araújo, davidaviaraujo@hotmail.com¹
Denis Barbosa Sousa, denis_dbs@hotmail.com¹
Danilo dos Santos Oliveira, unbdanilo@gmail.com¹
Rafael Nogueira Santos, nogueirasantos@gmail.com²
Jhon Nero Vaz Goulart, jvazgoulart@gmail.com¹
Rhander Viana, rhanderviana@gmail.com¹

¹Universidade de Brasília Campus-Gama, Área Especial de Indústria Projeção A, CEP: 72444-240, Brasília-DF

²Faculdade de Tecnologia Senai Ítalo Bologna, Rua Armogaste J. Silveira, n° 612, CEP: 74560-020, Goiânia-GO

Resumo: O tubo vórtices é um dispositivo totalmente mecânico capaz de produzir dois fluxos de ar em sentidos contrários, com temperaturas diferentes, ar quente e ar frio, baseando-se exclusivamente na sua geometria, com apenas uma entrada de ar comprimido. Este dispositivo tem sido estudado cada vez mais, com o propósito de verificar sua eficiência e possíveis aplicações. Neste trabalho o objetivo é aplicar o ar frio gerado pelo tubo vórtice na refrigeração do processo de torneamento, especificamente, no faceamento rápido de um disco de aço ABNT 1045 com ferramenta de aço-rápido com 10% de cobalto, comparando com o processo sem refrigeração e a jorro. Os resultados mostraram que a aplicação do tubo vórtices aumentou a vida da ferramenta de aço-rápido em 14,82%, se comparado a utilização de refrigeração por jorro, possibilitando o faceamento do aço ABNT 1045 por 122,15 mm de diâmetro antes de seu colapso por deformação plástica.

Palavras-chave: Tubo vórtices, faceamento rápido, refrigeração, deformação plástica.

1. INTRODUÇÃO

Os processos de usinagem atualmente são bem difundidos, estando presentes nas etapas de fabricação da maioria dos produtos industrializados. De acordo com Trent (1984), o processo de fabricação mais popular no mundo é o de remoção de material com produção de cavaco. Neste há mais adeptos pela capacidade de fabricar peças com grau de tolerância desejado, custo e produtividade.

Os processos mais comuns utilizados pela indústria são: furação, fresamento, torneamento, rosqueamento, brunimento, brochamento e mandrilamento. Nestes há a necessidade de utilizar fluídos de corte com o intuito de refrigerar e/ou lubrificar o processo de usinagem, com o objetivo de aumentar a vida útil da ferramenta e, também, melhorar a qualidade superficial da peça.

No trabalho realizado por Diniz *et al.* (2013), observou-se a busca por processos de usinagem que utilizam pouco ou nenhum fluído de corte, sem alterar o objetivo da utilização deste. Tal acontecimento está sendo proposto pelos riscos entre o contato do fluído de corte com o operador. Segundo Miranda (2003), trabalhadores expostos ao fluído de corte possuem 50% de chance a mais de adquirirem câncer quando se comparado aos trabalhadores que não tem contato com fluído.

Além do risco de câncer mencionado acima, os fluídos de corte em geral não possuem descarte adequado. Podendo poluir o meio ambiente. Há busca por um novo método de refrigeração da ferramenta de corte na usinagem também está sendo impulsionada, uma vez que o fluído de corte 16% do custo final de fabricação da peça. Nesta porcentagem estão incluídas aquisição, preparo, descarte e armazenamento (Machado *et. al.*, 2009).

Mediante os pontos inferidos anteriormente, buscou-se uma refrigeração a qual seria de baixa aquisição e minimizaria os riscos. A utilização do ar comprimido para tal função mostrou-se como uma boa alternativa. Nesta não há a preocupação com todos os trâmites do fluído de corte e em relação a saúde do operador.

Este trabalho tem por objetivo o estudo e aplicação de ar comprimido mediante a utilização do tubo vórtices na usinagem, especificamente no torneamento. O intuito é investigar um novo sistema lubri-refrigerante na usinagem, os resultados dos ensaios serão comparados com o sistema a seco e a jorro.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

A seguir serão apresentados os materiais e a metodologia necessária para execução deste trabalho.

2.1. Materiais

Na realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Torno convencional modelo Mascote MS-205 - Nardini;
- Bits de aço-rápido da classe M2 com 10% de cobalto e seção quadrada 3/8" x 3/8" e 6" de comprimento;
- Disco de aço ABNT 1045 com diâmetro de 200 mm e 60 mm de espessura;
- Fluido de corte solúvel sintético de base vegetal ME-3 - Quimatic/Tapmatic;
- Compressor Schulz 175 lbf/pol²;
- Relógio comparador com resolução de 0,01 mm - Mitutoyo;
- Paquímetro de 6" - Starrett;
- Tubo vórtices desenvolvido pelo Senai-Ítalo Bologna de Goiânia-GO;
- Câmera termográfica - Fluke Ti90.

2.2. Metodologia

A metodologia utilizada para realização deste trabalho consiste em 3 etapas: ensaios de temperatura nas saídas do tubo vórtices, caracterização do diâmetro usinado e ensaios de facemaneto rápido.

2.2.1. Tubo Vórtices

O tubo vórtices é um dispositivo mecânico sem partes móveis. Podendo ser encontrado em duas configurações: unifluxo e contrafluxo, a que será utilizada neste trabalho será a segunda. Esta possui uma única entrada de ar comprimido, uma câmara de vórtice, um ducto de saída de ar frio e um ducto de saída de ar quente. Válvulas podem ser adicionadas para auxiliar no escoamento do fluido e para regular a quantidade de saída mássica de ar frio e quente.

A eficiência deste dispositivo está atrelada a alguns parâmetros como a dimensão do tubo, geometria das válvulas de regulagem e da câmara de entrada. Para melhor exemplificação de como estão dispostas as peças e componentes do tubo vórtices a Fig. (1) explicita a nomenclatura destes para melhor entendimento. Este dispositivo foi construído no Senai-Ítalo Bologna de Goiânia.

Há registros de temperaturas significativas alcançadas por este tubo, variando entre -46°C a 127°C (Anayet, 2014).

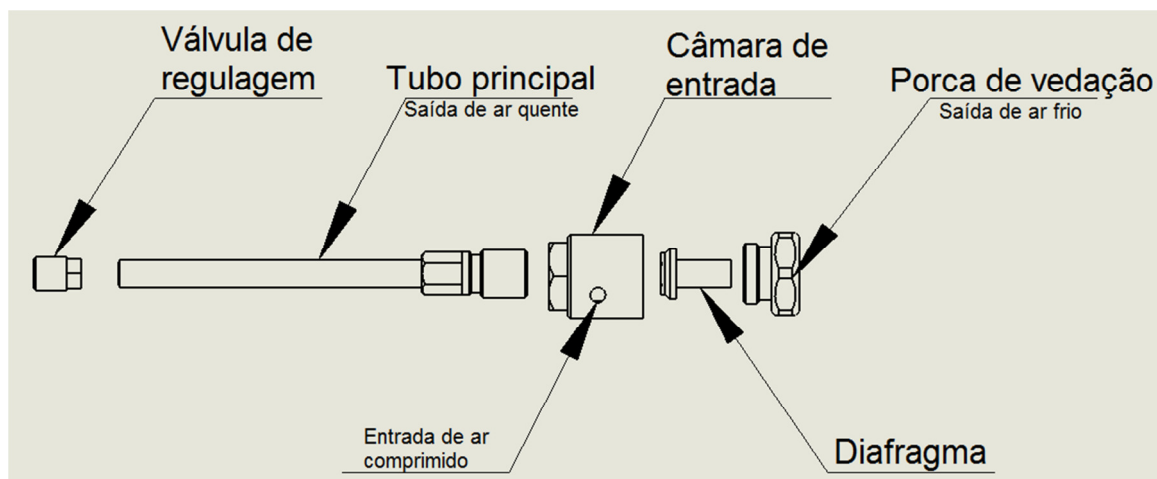


Figura 1. Tubo Vórtices e seus componentes.

2.2.2. Ensaios de Temperatura

A instrumentação utilizada com o intuito de verificar o funcionamento do tubo vórtices, foi realizada por meio de uma câmera termográfica, cujo objetivo foi medir as temperaturas de entrada e saída do tubo. A câmera termográfica tem como principal objetivo exibir uma imagem da radiação térmica emitida por um corpo. As imagens capturadas pela câmera foram processadas por meio do *software SmartView*, cujo objetivo foi encontrar o gradiente de temperatura, através de uma linha, a qual capta a região a ser mensurada, inserida no arquivo.

O princípio de funcionamento da câmera é capturar a radiação térmica emitida pelo objeto que está na área demarcada pelas lentes da câmera, estas convertem em energia que é concentrada por milhares de sensores infravermelhos em um sinal eletrônico. O sinal é processado com o intuito de mostrar uma imagem ou vídeo térmico no *display* da câmera (Flir, 2016).

2.2.3. Caracterização do Diâmetro Usinado

O objetivo desta etapa foi identificar a posição do ressalto formado na peça usinada, ocasionado pela deformação plástica da ferramenta durante a usinagem, e medir o diâmetro usinado. A caracterização do ressalto pode ser vista sem o auxílio de equipamentos, porém para padronizar os ensaios, normalizou-se um valor de ressalto de 0,3 mm, que foi medido através de um relógio comparador Mitutoyo com resolução de 0,01 mm. A Figura (2) ilustra a medição do degrau formado. Depois de localizado o ressalto formado, a medição do diâmetro usinado foi realizada com o auxílio de um paquímetro.

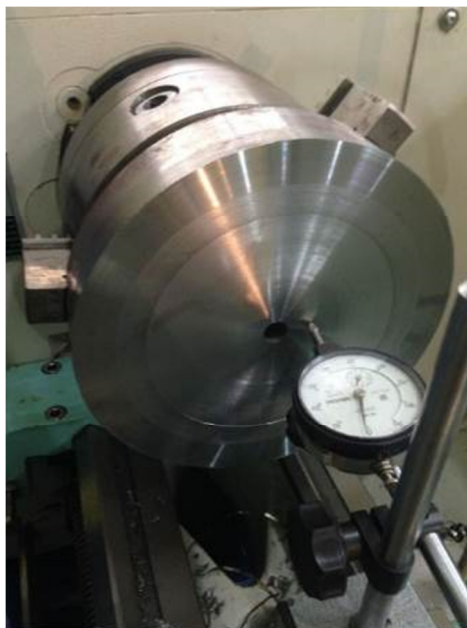


Figura 2. Montagem do relógio comparador para medição do ressalto formado.

2.2.4. Ensaios de Faceamento Rápido

Neste ensaio foi utilizado um torno convencional Nardini modelo Mascote MS-205, utilizando ferramentas (*bits*) de aço-rápido da classe M2 com 10 % de cobalto e seção quadrada 3/8" x 3/8" e 6" de comprimento, um disco de aço ABNT 1045 com diâmetro de 200 mm e 60 mm de espessura. Este ensaio consistiu em facear um disco, utilizando o torno, com rotação e avanço constantes. Tendo como marco inicial a ferramenta de corte localizada no centro do disco e indo em direção ao diâmetro externo. Este processo causa o aumento na velocidade de corte, consequentemente, ocasiona em um determinado ponto de usinagem, o colapso da ferramenta. Este ponto de colapso da ferramenta é de fácil visualização na superfície usinada. Na Figura (3) pode ser observada a montagem do experimento.

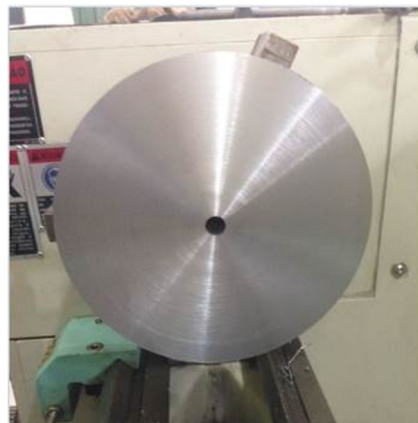


Figura 3. Montagem do experimento de faceamento rápido.

A Tabela (1) indica os parâmetros utilizados no ensaio de faceamento rápido do aço ABNT 1045.

Tabela 1. Condições de corte e geometria da ferramenta no faceamento rápido do Aço ABNT 1045.

Ensaio de Faceamento Rápido do Aço ABNT 1045	
<i>Rotação - rpm</i>	400
<i>Avanço - mm/rot</i>	0,167
<i>Profundidade de corte - mm</i>	0,5
<i>Ângulo de saída</i>	12°
<i>Ângulo de folga</i>	8°
<i>Ângulo de posição</i>	75°

As condições de corte foram iguais para todos os ensaios. As condições de refrigeração da ferramenta foram diferentes, sendo elas a seco, com jorro de fluido de corte e ar comprimido refrigerado com a utilização do Tubo Vórtices. Para estas três condições observou-se a vida útil da ferramenta, por meio do seu colapso por deformação plástica. Para cada condição realizou-se três ensaios. A Figura (4) ilustra o ensaio de faceamento rápido a seco.



Figura 4. Faceamento rápido a seco.

Para a aplicação do fluido de corte em jorro foi utilizado o bocal de injeção já montado no torno com fluido emulsionável ME-3 Quimatic/Tapmatic na proporção 1:10. A Figura (5) ilustra o ensaio de faceamento rápido com aplicação de jorro de fluido de corte. A vazão com que o fluido de corte é aplicado na ferramenta foi de 2,7 l/min.



Figura 5. Faceamento rápido com jorro de fluido de corte.

Para os ensaios de faceamento rápido com a utilização do Tubo Vórtices, o dispositivo foi fixado no torno com pressão de entrada de 8 bar, uma vez que essa pressão teve o melhor desempenho na diminuição da temperatura na saída de ar frio do tubo vórtice, como mostra a Tab. (2). A Figura (6) ilustra o ensaio de faceamento rápido com a utilização do Tubo Vórtices.



Figura 6. Faceamento rápido com utilização do Tubo Vórtices.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Medição da Eficiência Térmica do Dispositivo

Nas análises iniciais, variou-se a pressão três vezes (4, 6 e 8 bar) e a válvula de regulação foi modificada em duas configurações, aberta e fechada. Na Tabela (2), foram indicados os melhores valores obtidos através do *software SmartView*, sendo que TQ e TF significam temperatura quente e fria, respectivamente.

Tabela 2. Relação entre temperaturas, pressão e abertura de válvula.

Pressão	Saídas de ar	Válvula aberta	Válvula fechada
4 bar	Quente	34,2°C	42,8°C
	Frio	4,2°C	5,5°C
6 bar	Quente	36,5°C	44,2°C
	Frio	0,2°C	2,5°C
8 bar	Quente	38,8°C	44,7°C
	Frio	-7,8°C	2,3°C

Através da Tab. (2) pode-se observar que ao abrir a válvula de regulação, obtém-se menores temperatura na extremidade fria. As temperaturas na saída de ar frio e na saída de ar quente variam de acordo com a pressão de entrada do tubo vórtices, como também com a variação da abertura da válvula de saída de ar quente.

No gráfico da Fig. (7) é possível observar a relação das temperaturas com a pressão injetada. Os melhores valores obtidos relacionaram-se com a pressão de 8 bar, como pode ser observada na figura abaixo, onde TQA, TFA, TQF e TFF indicam a temperatura na saída de ar quente com a válvula aberta, temperatura na saída de ar frio com a válvula aberta, temperatura na saída de ar quente com a válvula fechada e temperatura na saída de ar frio com a válvula fechada, respectivamente.

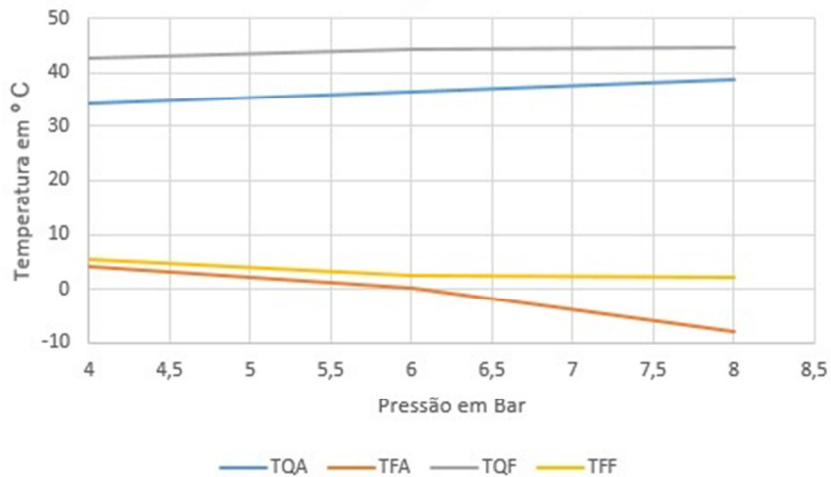


Figura 7. Relação entre temperatura e pressão

A Figura (8-a) indica o maior valor de temperatura obtido nos experimentos. Com auxílio do *software* uma linha foi inserida na imagem com o intuito de obter o gradiente de temperatura. Na Figura (8-b) obteve-se o gráfico de variação da temperatura.

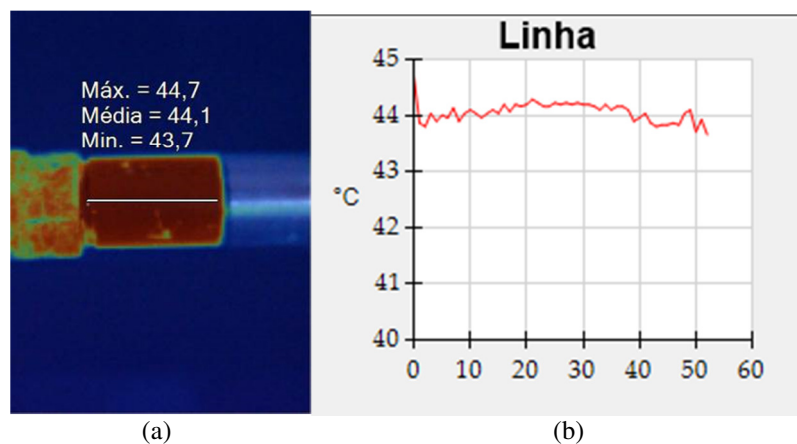


Figura 8. Gradiente de temperatura na saída de ar quente

O fluido que foi inserido no processo de torneamento está relacionado com a temperatura na saída fria do dispositivo. Na Figura (9-a) ilustra os melhores valores de temperatura no duto frio, e na Fig. (9-b) tem-se o gráfico da variação de temperatura no duto.

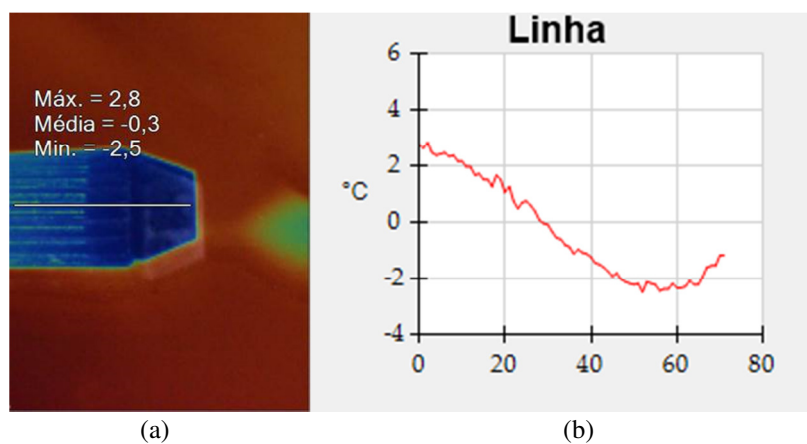


Figura 9. Gradiente de temperatura na saída de ar frio

De posse da menor temperatura no duto, tirou-se uma foto frontal do bico de saída fria para uma melhor análise, observou-se uma queda de temperatura, podendo ser vista na Fig. (10-a), também foi plotado o gráfico da variação de temperatura na Fig. (10-b).

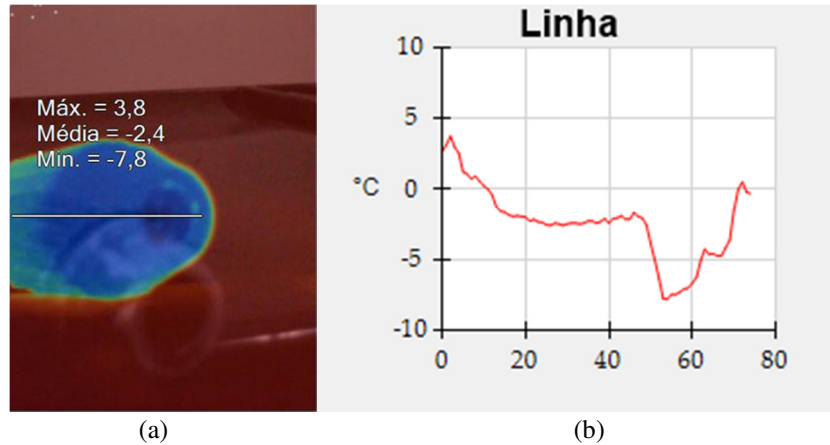


Figura 10. Gradiente de temperatura da vista frontal da saída de ar frio

3.2. Medição do Diâmetro de Colapso

A Figura (11) demonstra os resultados obtidos no ensaio de faceamento rápido para as mesmas condições de corte, alterando apenas o modo de refrigeração da ferramenta de corte. Para os ensaios realizados obtiveram-se os valores de 91,07 +/- 3,85 mm, 106,38 +/- 1,04 e 122,15 +/- 2,37 para o a seco, jorro de fluido e com a utilização do tubo vórtices, respectivamente.

Observa-se que com a aplicação do fluido, a ferramenta entra em colapso em um diâmetro maior do que quando não se aplica nenhuma refrigeração na ferramenta, ou corte a seco, ocasionando em um aumento de 16,81% de aumento da vida útil da ferramenta. Tal fato já era esperado, pois a função do fluido é refrigerar e ou lubrificar a ferramenta, prolongando assim seu desempenho.

Já ao se utilizar o tubo vórtices, o ar frio foi direcionado para ponta da ferramenta de corte, cujo objetivo era diminuir a temperatura na zona de corte. O comprimento usinado, foi 14,82% superior ao jorro de fluido. Tais resultados foram satisfatórios, mostrando-se viável a utilização de ar comprimido no processo de usinagem.

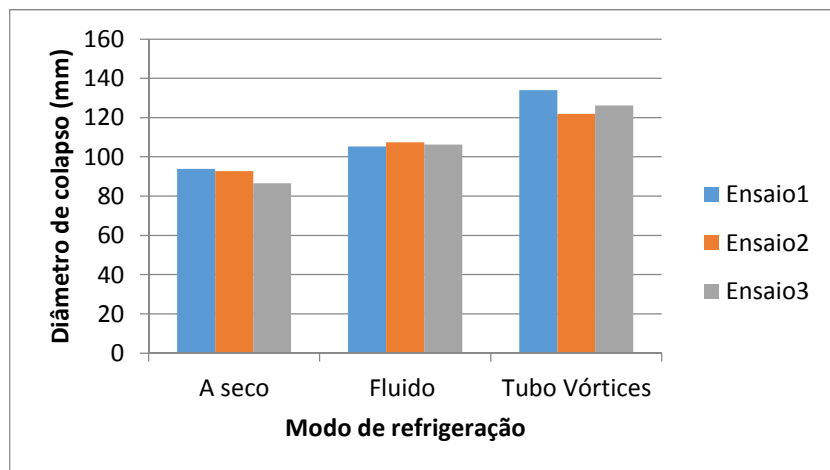


Figura 11. Resultados do faceamento rápido em diferentes condições de refrigeração.

4. CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho apontaram as seguintes conclusões:

- Observando os resultados obtidos termicamente, verificou-se que a melhor eficiência do dispositivo se deu com uma pressão de 8 bar de entrada de ar comprimido, quando a válvula de saída de ar quente encontra-se aberta, chegando assim a uma temperatura de $-7,8^{\circ}\text{C}$;
- Os cavacos podem ser removidos facilmente com a utilização de ar comprimido;
- A utilização do ar frio na usinagem tende a diminuir a temperatura na zona de corte;
- Os resultados dos ensaios de faceamento rápido apontaram que a utilização do tubo vórtices aumenta a vida útil da ferramenta,
- O tubo vórtices é de fácil instalação e aplicação.

5. AGRADECIMENTOS

Ao curso de Engenharia Automotiva da Universidade de Brasília Campus-Gama e o Senai Ítalo-Bologna unidade de Goiânia-GO.

6. REFERÊNCIAS

- Anayet U. P.; Habib M.A.; Chowdhury M. S.; Rana M., 2014. “Thermal Investigation of Vortex Generated Green Coolant on Surface Texture for Drilling Process”, 6th BSME International Conference on Thermal Engineering, pp 808-813.
- Diniz, A. E.; Marcondes F. C.; Coppini, N. L., 2013, “Tecnologia da usinagem dos materiais”. 8. Ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda., 272 p.
- Flir, 2016, “Thermography”, disponível em <<http://www.flir.com/thermography/americas/br/view/?id=55706>>, acessado em 18 nov 2016.
- Machado, A.R.; Abrão, A.M.; Coelho, R.T.; Silva M. B., 2009. “Teoria da Usinagem dos Materiais”. Editora Edgard Blucher, 1ª Ed., 371 p.
- Miranda, G.W.A., 2003. “Uma contribuição ao processo de furação sem fluido de corte com broca de metal duro revestida com TiAlN” Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Campinas, 175 p.
- Trent, E. M., 1984, “Metal cutting”. 2ª edition, Butterworths.

7. DIREITOS AUTORAIS

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

VORTEX TUBE AIR COOLING IN THE RAPID FACING ABNT 1045 STEEL

Davi Pires Araújo, davidaviaraujo@hotmail.com¹
Denis Barbosa Sousa, denis_dbs@hotmail.com¹
Danilo dos Santos Oliveira, unbdanilo@gmail.com¹
Rafael Nogueira Santos, nogueirasantos@gmail.com²
Jhon Nero Vaz Goulart, jvazgoulart@gmail.com¹
Rhander Viana, rhanderiana@gmail.com¹

¹Universidade de Brasília Campus-Gama, Área Especial de Indústria Projeção A, CEP: 72444-240, Brasília-DF
²Faculdade de Tecnologia Senai Ítalo Bologna, Rua Armogaste J. Silveira, nº 612, CEP: 74560-020, Goiânia-GO

Abstract: The vortex tube is a fully mechanical device capable of producing two streams of air in opposite directions, with different temperatures, hot air and cold air, based exclusively on its geometry, with only one air inlet. This device has been studied more and more, with the purpose of verifying its efficiency and possible applications. In this work the objective is to apply the cold air generated by the vortex tube in the cooling of the turning process, specifically, in the rapid facing of an ABNT 1045 steel disc with a 10% cobalt high speed steel tool, compared to the process without refrigeration and wet. The results showed that the application of the vortex tube increased the life of the high speed steel tool by 14,82 %, compared to the use of wet cooling, making it possible to face ABNT 1045 steel by 122,15 mm in diameter before its collapse by plastic deformation.

Keywords: Vortex tube, Rapid Facing, Cooling, Plastic deformation.