

UTILIZAÇÃO DO FLUIDO DE CORTE EM ALTA PRESSÃO NO PROCESSO DE FURAÇÃO PROFUNDA

Salete Martins Alves, Dr. ⁽¹⁾

Joel Domingues, Tecnólogo ⁽²⁾

Waldemar Muller, Tecnólogo ⁽³⁾

Resumo. O processo de furação é um dos mais utilizados na indústria manufatureira, responsável por cerca de 30% de todas as operações de usinagem. Estima-se que 60% de todas as aplicações de furação na indústria mecânica referem-se a furos curtos, com uma profundidade de até 2,5 vezes o diâmetro da ferramenta. Contudo, um grande número de operações na indústria exige profundidades de furos maiores que 5 vezes o diâmetro. A furação profunda possui um grau de complexidade maior do que a furação convencional, devido às condições críticas de usinagem em que se realiza, como a dificuldade da formação e do escoamento do cavaco, o comprimento em balanço da ferramenta, a qualidade da superfície e as tolerâncias geométricas e de forma do furo. Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a utilização de refrigeração em alta pressão na furação profunda do aço SAE 1045 forjado, visando um melhor desempenho

do processo. Os experimentos foram realizados em torno CNC, utilizando-se brocas helicoidais com insertos de metal-duro intercambiáveis e com orifícios internos de refrigeração. Avaliou-se o desgaste das ferramentas nas diferentes condições testadas. Com os resultados obtidos neste trabalho verificou-se que o processo de furação profunda do aço SAE 1045 forjado pode ser otimizado com a utilização de fluido de corte em alta pressão, obtendo-se menor desgaste de ferramenta.

Palavras-chave: Alta pressão do fluido de corte, Furação profunda, Aço SAE 1045

INTRODUÇÃO

Entre os processos de usinagem, a furação ocupa um lugar destacado, tanto pela sua enorme utilização, quanto pela dificuldade das operações, representando cerca de 30% de todas elas, sendo que aproximadamente 60% de todas as aplicações

de furação na indústria mecânica referem-se a furos curtos, com

(1) Instituto Superior Tupy (IST)
(salete.martins@sociesc.org.br)

(2) Instituto Superior Tupy (IST)

(3) Instituto Superior Tupy (IST)

uma profundidade de até 2,5 vezes o diâmetro (STEMMER,1995). No entanto, um grande número de operações na indústria exige profundidades de furos maiores que 5 vezes o diâmetro. Esse tipo de operação, denominada de furação profunda, requer o emprego de ferramentas e equipamentos especiais para serem utilizados em condições isoníveis levadas, altas rotações, cursos longos no carro de avanço e altas pressões da bomba de fluido de corte (DINIZ et al, 2001).

Em alguns casos, pode-se também executar a furação profunda com brocas helicoidais convencionais, utilizando ciclos de interrupção do processo para a retirada dos cavacos, conhecidos como “pica-pau”, porém a qualidade e produtividade obtidas nesse procedimento são bem menores. O processo de furação profunda distingue-se da furação convencional pelos tipos de ferramentas empregadas e pela alimentação do fluido refrigerante, que é fornecido sob alta pressão diretamente sobre as regiões de corte, sendo que este tem a finalidade de refrigerar a ferramenta e remover os cavacos do interior do furo (DINIZ et al, 2001). A furação profunda é amplamente utilizada, principalmente na fabricação de componentes mecânicos como buchas, eletroferragens, refrigeração de moldes, blocos e cabeçotes para motores automotivos, etc. No entanto, é um processo que possui um grau de complexidade maior do que a furação convencional, devido às condições críticas de usinagem nas quais ocorre. Tais condições envolvem a dificuldade da formação e o escoamento do cavaco, o comprimento e balanço da ferramenta, a qualidade da superfície e as tolerâncias geométricas e de forma do furo (diâmetro, linearidade, cilindridade, circularidade etc.). Para NOVASKI e RIOS (2002), as principais funções dos fluidos na usinagem são a lubrificação da região de corte, reduzindo o atrito entre a peça e a ferramenta bem como o consumo de energia, além de proporcionar um melhor acabamento na peça final. Quanto à refrigeração, ela tem a função de eliminar o calor sem permitir que ocorram alterações dimensionais nas peças, promover a

expulsão dos cavacos gerados na usinagem e, por fim, proteger máquinas e ferramentas contra a corrosão atmosférica.

De acordo com BARADIE (1996), a correta seleção e aplicação dos fluidos de corte ganharam maior importância nas indústrias, recentemente, pois se o fluido de corte for corretamente aplicado, pode aumentar a produtividade e reduzir os custos, permitindo o uso de maiores velocidades de corte, altas taxas de remoção de cavacos e grandes profundidades de corte. Além disso, uma efetiva aplicação possibilita aumentar a vida da ferramenta e a precisão dimensional, bem como diminuir a rugosidade superficial da peça e a potência consumida. Em algumas operações de usinagem, como por exemplo a furação profunda, o único meio de se retirar o cavaco da região de corte é via fluxo de fluido de corte. Para isso, esse fluxo deve ser de alta pressão e baixa viscosidade (DINIZ et al 2001). BIANCHI et al (2001) também afirma que a aplicação do fluido de corte em altas pressões na usinagem está se tornando mais importante devido à alta taxa de remoção de material, à alta qualidade exigida das peças e ao avanço no desenvolvimento de novas ferramentas, que usam parâmetros de corte cada vez mais altos. A seleção de um eficiente método de aplicação é um modo significativo de encontrar metas de produtividade e pode ser tão importante quanto a seleção das especificações da ferramenta e do processo.

Em um mercado cada vez mais competitivo, no qual é necessário atender a normas de qualidade rígidas, um processo de usinagem em uma linha de produção deve conjugar a qualidade das peças usinadas e a vida da ferramenta, em tempos de fabricação reduzidos. Para isso, a forma como o fluido de corte é aplicado contribui significativamente para a busca dessa condição.

Neste trabalho, o material utilizado para os corpos-de-prova e as ferramentas testadas foram as mesmas empregadas em produção seriada de uma empresa do ramo de eletroferragens. O objetivo principal deste trabalho é verificar a viabilidade da aplicação do fluido de corte com pressão superior às pressões normais de trabalho, a fim de conseguir a redução no custo de ferramentas na usinagem das peças e aumento de produtividade.

1 MATERIAIS E MÉTODOS

Os testes experimentais deste estudo foram realizados no processo de fabricação de terminais de eletroferragens na empresa Volani Metais. Tais peças são produzidas em aço SAE 1045 conformados por processo de forjamento. Os testes foram realizados no processo de usinagem na operação de furação. A profundidade do furo usinado correspondeu a 102 mm e o diâmetro igual a 15,60 mm, sendo considerada furação profunda (7 vezes o diâmetro do furo).

1.1 MATERIAIS

O corpo de prova utilizado no teste foi o terminal da linha de eletroferragens, conforme as Figuras 1A e 1B, da Empresa Volani Metais. Este terminal é produzido pelo processo de forjamento a quente em aço SAE 1045, considerado aço de médio carbono. Após o processo de aquecimento, o material é aquecido a uma temperatura média de 1200 °C e após o resfriamento realizado em temperatura ambiente, o material apresenta uma característica com variação de dureza. Essa variação dificulta o processo de

usinagem já que, na mesma peça, o material pode apresentar de 160 HB até 240 HB de dureza. Com isto não há uma constante na quebra do cavaco, tornando difícil o escoamento do mesmo.

Figura 1B – Terminal de eletroferragem - Corpo de prova

A ferramenta selecionada para os testes foi a broca helicoidal com ponta intercambiável em metal duro revestida com cobertura de titânio. As características da broca são: diâmetro de 15,60 mm e comprimento de 109,2 mm, dotada de refrigeração interna com canal passante de 1,5 mm. As ferramentas são fabricadas pela empresa americana Kennametal Corporation (Fig. 2). Essa broca tem o corpo produzido em aço especial capaz de absorver alguns esforços extras evitando, assim, possíveis quebras da haste helicoidal.



Figura 1A – Terminal de eletroferragem - Corpo de prova



15

(

pressões do jato do fluido de corte. O modelo da bomba

Tabela 1 – Parâmetros de corte utilizados nos ensaios

é HP 40/30 FB, fabricada pela COOLANT-JET. Esta bomba oferece pressão de trabalho de até 40 bar de pressão e vazão de 30 l/min. A emulsão utilizada na refrigeração nos testes foi o Blasocut 2000, da Blaser Swisslube.

1.2 METODOLOGIA

Os testes consistiram em duas etapas:

- Comparação do processo atual com a variação de pressão de aplicação do fluido de corte.
- Otimização do processo de furação com fluido de corte com alta pressão.



Figura 2 – Broca KSEM com inserto

A máquina utilizada foi um torno CNC marca Index modelo MC400, com: 18 kW de potência, placa automática hidráulica de dez polegadas e duas castanhas, rotação máxima de 5.000 rpm, equipado com bomba de refrigeração com 4,5 bar de pressão máxima e vazão de 30 l/min. Uma bomba de alta pressão de refrigeração foi acoplada à máquina para permitir maiores

Em todos os testes foi adotada, como critério de fim de teste, a quantidade de 200 terminais furados com insertos de broca KSEM. Também foram realizadas 5 repetições, totalizando 1000 furos com esse processo em cada condição testada. Após o término dos testes, os insertos foram submetidos à análise de desgaste através das imagens obtidas em um estereoscópio Modelo SZ40 com programa Image Pró/Plus.

Na primeira etapa dos testes, foi avaliado o processo com aplicação do fluido de corte com a bomba original da máquina cuja pressão de trabalho foi 4,5 bar, com aplicação do fluido utilizando-se de bomba de alta pressão (40 bar). Foi utilizado ciclo intermitente (pica-pau) para facilitar a saída de cavaco. Os parâmetros de corte utilizados estão apresentados na Tabela 1.

TESTES	Velocidade de corte (Vc)	Rotação (RPM)	Avanço Por volta (ap)	Pressão de trabalho	Vazão Volume	Ciclo utilizado
1	89 m/min	1800	0,22 mm	4,5 bar	30 l/min	Intermitente
2	89 m/min	1800	0,22 mm	40 bar	30 l/min	Intermitente

Na segunda etapa dos testes foram utilizados novos parâmetros de corte, com o objetivo de otimizar o processo estudado. Também foi utilizado um ciclo direto sem intermitência a fim de reduzir os tempos de usinagem. Os parâmetros de corte utilizados na segunda etapa dos ensaios estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros de corte utilizados nos ensaios

TESTES	Velocidade de corte (Vc)	Rotação (RPM)	Avanço Por volta (Vc)	Pressão de trabalho	Vazão Volume	Ciclo utilizado
1	89 m/min	1800	0,22 mm	40 bar	30 l/min	Intermitente
2	108 m/min	2200	0,26 mm	40 bar	30 l/min	Direto

2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos na realização deste projeto, avaliando-se a influência da pressão do jato do fluido de corte no desempenho da furação profunda, considerando o desgaste da ferramenta como critério de análise.

2.1 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA APLICAÇÃO DO FLUIDO DE CORTE

Na primeira situação avaliada, a pressão de trabalho utilizada na refrigeração foi 4,5 bar, a velocidade de corte foi de 89 m/min, a rotação foi de 1800 rpm e o avanço foi de 0,22 mm por volta.

Com o processo nestas condições, o desgaste do inserto da ferramenta foi grande, predominando o desgaste por abrasão, ocorrendo ainda lascamentos na aresta de corte, não sendo possível a reafiação, com a conseqüente inutilizando do mesmo. Nota-se, também, que há grandes concentrações de arestas postiças (desgaste por adesão), como mostra a “Fig.

3A”. Isto provoca lascamentos e prejudica consideravelmente o quebra cavaco, podendo causar quebra da ferramenta da peça, trancamentos e, conseqüentemente, a quebra da broca, mostrado na “Fig. 3B”. A “Fig. 3C” e a “Fig. 3D” também ilustram outros desgastes e avarias ocorridos durante a furação.

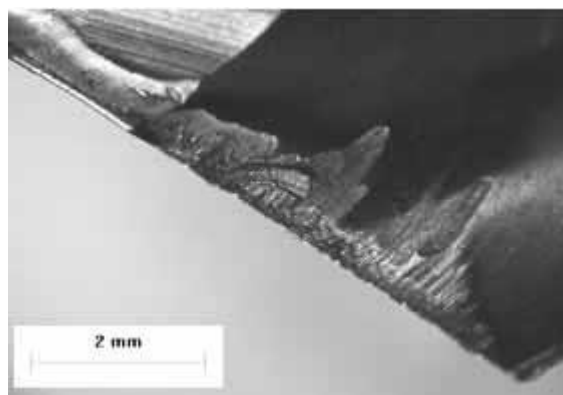
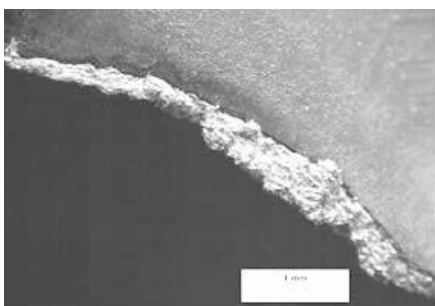


Figura 3C – Desgaste por abrasão

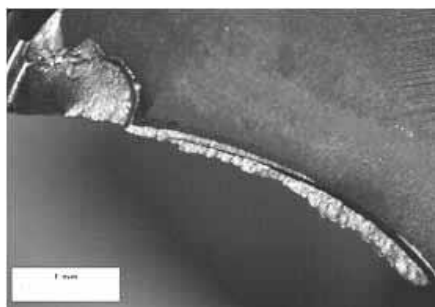


Figura 3D – Desgaste por abrasão

Na segunda condição, variando-se apenas a pressão de trabalho para 40 bar e mantendo-se os mesmos parâmetros de corte da condição 1, percebeu-se que praticamente não ocorreu a formação de arestas postiças (desgaste por adesão), também



resultados podem ser observados na “Fig. 4A” e na



“Fig.

4B”.

Figura 3A

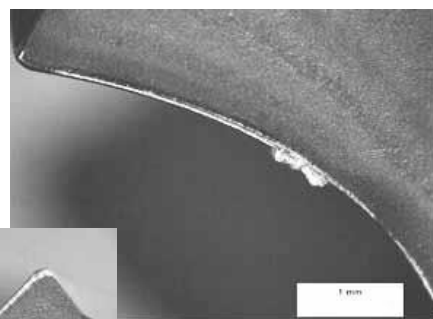
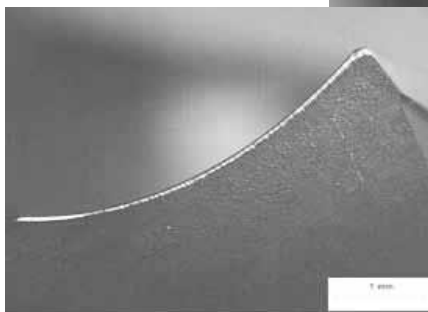


Figura 4A – Desgaste por adesão

– Desgaste por adesão

artigos

Figura 3B – Avaria, lascamento

Figura 4B – Desgaste por abrasão

Através destes estudos, ficaram evidentes a importância e a influência da pressão do fluido de corte no processo de usinagem, principalmente na operação de furação profunda. Combinando a pressão de 40 bar e uma vazão de volume próximo de 30 l/min, oferecem-se grandes benefícios tanto no quesito desgaste como na

vida útil da ferramenta de corte. Também foi verificado um aumento do rendimento em torno de 40%. A diferença nos desgastes pode ser observada na “Fig. 5A” e na “Fig. 5B”, apresentadas abaixo.

Figura 5B – Desgaste na condição 2

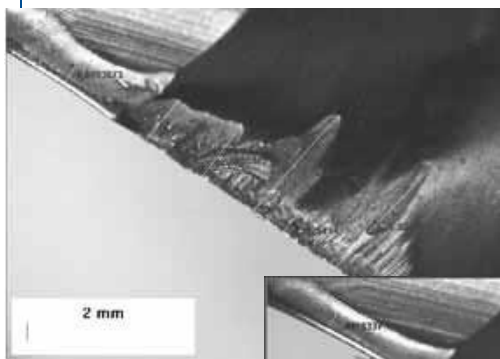
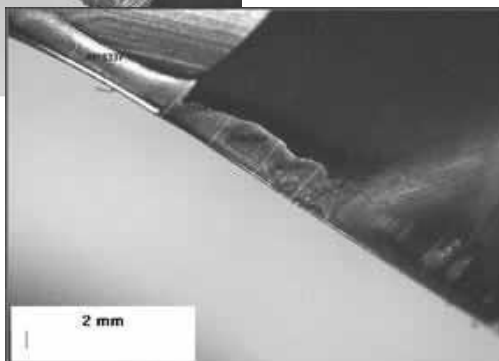


Figura 5A – Desgaste na condição 1



O desgaste de flanco dos insertos é uma média de 10 medidas (5 repetições e duas arestas). O $B_{\text{máx}}$ obtido para o teste, com a pressão do fluido de corte igual a 4,5 bar, foi de 1,96 mm, enquanto que o $VB_{\text{máx}}$ obtido para o teste, com a pressão igual a 40 bar, foi de 0,70 mm.

Outro benefício constatado nos testes foi o aumento da vida útil do suporte da ferramenta que, neste caso, refere-se ao corpo da broca KSEM apresentado na “Fig. 2”. Na furação profunda executada no aço ABNT 1045, considerado médio carbono, a dificuldade está no escoamento do volume de cavaco que está sendo produzido no processo. Este cavaco deve ser

escoado de dentro do furo da peça pelo canal helicoidal da broca, não om esmov olumeq uev ais endop rodizado, caso contrário pode ocorrer o trancamento de cavaco, ocasionando a quebra do corpo da broca, conforme mostrado na “Fig. 6 A” e na “Fig. 6B” ou podendo, ainda, ocasionar danos, uma vez que grandes esforços desalinham a geometria da máquina. Este benefício da alta pressão também foi constatado por RAHIM et al (2008).



Figuras 6 A e B – Exemplo de broca trancada na peça

2.2 ANÁLISE DA OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CORTE

Com a aplicação da alta pressão de refrigeração, 40 bar, foi possível otimizar o processo, aplicando-se parâmetros de cortes maiores (velocidade de corte de 108 m/min, rotação de 2200 rpm e avanço por volta igual a 0,22) e utilizando-se ciclo de furação direto, eliminando o ciclo intermitente (pica-pau). Desta forma, reduziu-se o tempo de usinagem em relação às condições anteriores, aumentando a produtividade. Percebeu-se que, com alteração dos parâmetros de corte, as condições dos insertos após a usinagem de 200 amostras não foram muito diferentes do processo anterior, como se mostra em: “Fig. 7 A”, “Fig. 7B”, “Fig. 7C”, e “Fig. 7D”.

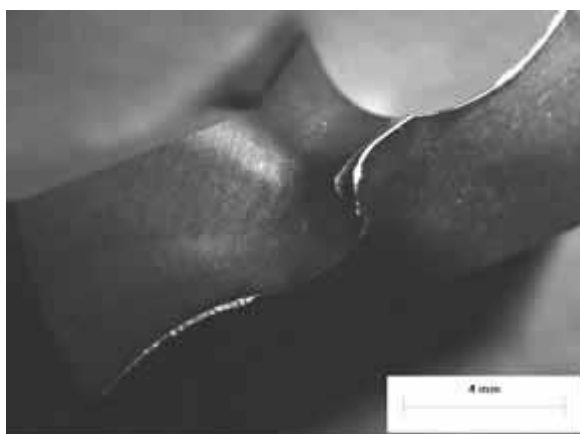


Figura 7A – Desgaste por abrasão

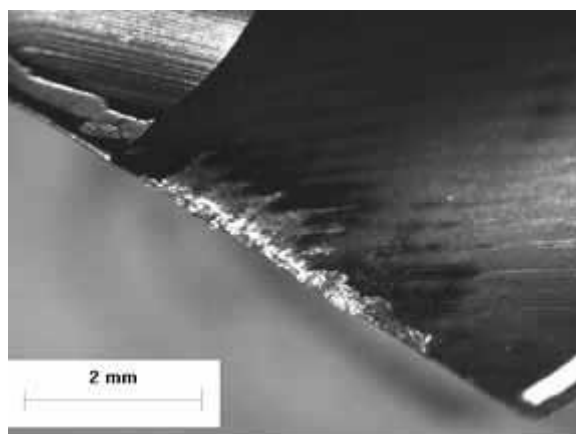


Figura 7B – Desgaste por abrasão

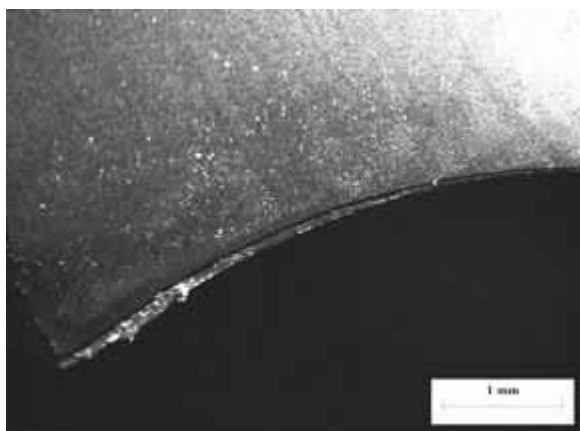


Figura 7C – Desgaste por abrasão

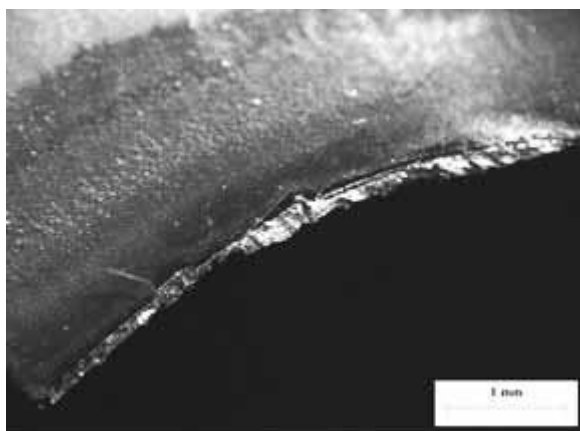


Figura 7D – Desgaste por abrasão

Mesmo utilizando-se parâmetros de corte bem superiores, o que permitiu a redução do tempo de usinagem nesta operação, na condição 3 os inserts utilizados com o processo otimizado apresentaram valores de desgaste semelhantes à condição 2. Após análise dos valores médios de desgaste dos inserts utilizados nos ensaios, pode-se perceber que a média de desgastes dos inserts utilizados para a condição otimizada ficou abaixo dos registrados para as condições anteriores, mesmo com parâmetros de corte mais elevados, onde as forças durante a furação exigem maior resistência dos inserts. Com estes resultados foi possível construir um gráfico apresentado na “Fig. 8”.

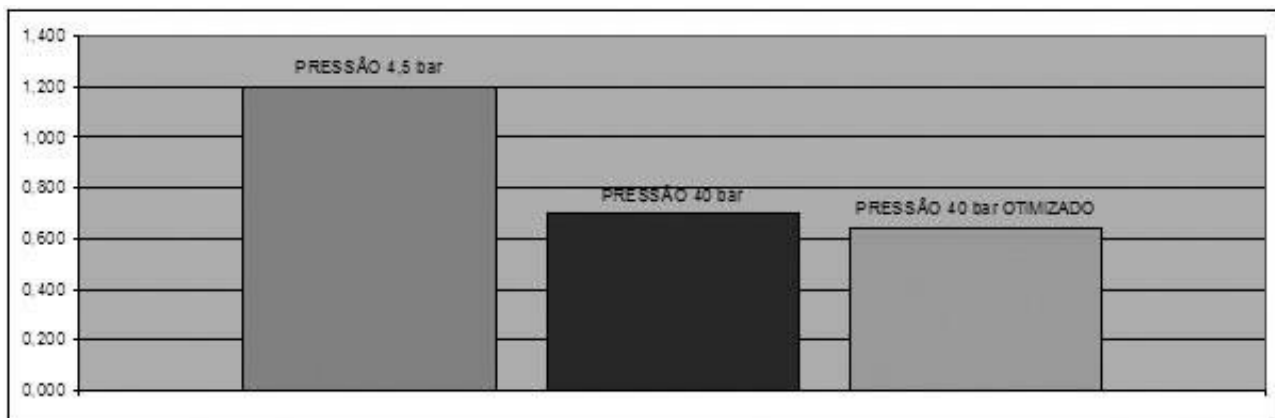


Figura 8 – Gráfico da média de desgaste das condições analisadas

CONCLUSÕES

Concluiu-se com estes estudos que a utilização de processos de furação profunda do aço forjado de médio resultados positivos, os quais são relacionados a seguir.

- Aumento do rendimento da vida útil do inserto
- Aumento da vida útil do suporte da ferramenta
- Otimização do processo utilizando-se ciclo processo.
- Aumento dos parâmetros de corte, reduzindo o

um sistema de alta pressão, nos testes de carbono, apresenta vários benefícios com

da ferramenta em até 40%.

(corpo da broca).

direto de furação, reduzindo o tempo do

tempo de usinagem.

REFERÊNCIAS

BARADIE, M.A.E. Cutting fluids: part I. Characterization. Journal of Materials Processing Technology, Irlanda, pág. 786-790, 1996.

BIANCHI, C. E.; MONICI, R. D.; SILVA, E. J.; AGUIAR, P. R., VALARELLI, I. Estudo da Influência da Pressão e Vazão do Fluido de Corte no Processo de Retificação Revista De Ciência & Tecnologia, v. 8, nº 18, pág. 79-85, 2001.

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. Tecnologia da usinagem dos materiais. 5ª ed., Editora Artliber, 2001.

RAHIM, E. A., KAMARUDIN, K. e THAMIZHMANI, S. Estudos sobre as forças de corte, formação do cavaco e vibração na furação de ligas de titânio. Revista Máquinas & Metais, 507, pág. 94-109, abril, 2008.

NOVASKI, O.; RIOS, M. Vantagens do uso de fluidos sintéticos na usinagem. Revista Metal Mecânica, nº 118, pág. 56-62, 2002.

STEMMER, G. r. E. Ferramenta de Corte I. 4 ed. Florianópolis: UFSC, 1995.
