



VERIFICAÇÃO DA USINABILIDADE DOS AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS E DO COMPORTAMENTO DAS BROCAS DE METAL DURO NO PROCESSO DE FURAÇÃO

Olívio Novaski

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica
Depto de Eng. de Fabricação – Núcleo de Manufatura e Qualidade - NMQ
novaski@fem.unicamp.br - Campinas, SP, Brasil.

Vinicius Sanches Ambrogi

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica
Depto de Eng. de Fabricação – Núcleo de Manufatura e Qualidade - NMQ
ambrogi@fem.unicamp.br - Campinas, SP, Brasil.

Maurício Correa

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica
Depto de Eng. de Fabricação – Núcleo de Manufatura e Qualidade - NMQ
mcorrea@fem.unicamp.br - Campinas, SP, Brasil.

Francisco Lima

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica
Depto de Eng. de Fabricação – Núcleo de Manufatura e Qualidade - NMQ
franclima@fem.unicamp.br - Campinas, SP, Brasil.

Resumo. *O presente trabalho busca o desenvolvimento tecnológico, objetivando comparar os processos de furação a seco, com mínima quantidade de refrigeração e com fluido de corte abundante, na usinagem dos aços inoxidáveis austeníticos. Foram testados dois tipos de aços correspondentes ao grau ABNT304. O primeiro na sua versão normal e o segundo na sua versão com usinabilidade melhorada através da desoxidação com cálcio, desenvolvido pela Villares Metals S.A. Para isto, empregou-se broca helicoidal de metal duro com recobrimentos TiN e (Ti,Al)N. Neste sentido, verificou-se a possibilidade de se furar os materiais citados com MQR (Mínima Quantidade de Refrigeração) e a seco, com ferramentas que possuem características geométricas adequadas ao estudo. Avaliaram-se os esforços de corte e a desempenho das ferramentas, possibilitando obter as condições técnicas e a base de conhecimento prático necessário à consolidação do processo.*

Palavras-chave: furação; refrigeração; aço-inoxidável; cálcio; usinagem.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, 20 a 100 litros de fluidos refrigerantes e lubrificantes circulam por minuto em centros de usinagem para refrigerar a área usinada, retirar o cavaco, garantir a estabilidade térmica da máquina e permitir alta segurança no processo (Kammermeier, 1999). Por

exemplo, apenas na Alemanha, em 1997, foram utilizados nos processos industriais de metais aproximadamente 800.000 toneladas de emulsão refrigerante, por isso, torna-se clara a necessidade do estudo de novas tecnologias de refrigeração para a usinagem de metais, para este caso com um enfoque à furação. A furação constitui uma grande parte das operações de usinagem nos processos industriais de metais e, apesar disso, somente nos últimos anos notou-se grandes investimentos para a evolução neste processo; no entanto, ainda faz-se, quase sempre, necessária a utilização de fluidos de corte para a furação (König, 1994) (Arosón, 1995).

Assim, partindo para um processo ecologicamente correto, tendência atual dos fabricantes de ferramentas de corte, tem-se a furação a seco, sobre a qual as vantagens econômicas ainda não podem ser confirmadas, mas sabe-se que atualmente as despesas apenas com a refrigeração variam de 14% a 17% do custo total na usinagem de metais (Kammermeier, 1999). Assim, é muito provável que este processo venha a ser economicamente viável, já que dos processos de usinagem, a furação é o que envolve maior necessidade de refrigeração e auxílio à extração do cavaco.

Para o processo de furação a seco, faz-se necessária à utilização de ferramentas que combinem avanço e quebra do cavaco com uma alta resistência ao desgaste (Andae, 1998). Essas necessidades podem ser analisadas em: geometria e material da ferramenta, usinabilidade do material, processo/refrigeração e custos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Processo. A não utilização de meios de lubrificação no processo de furação, que separam a ferramenta do material usinado, não é assegurada tecnicamente por um longo período, pois o atrito torna-se muito mais elevado com o tempo. As conseqüências desse acréscimo são o aumento dos desgastes por abrasão e adesão do cavaco na ferramenta. Além disso, sem o efeito da refrigeração, sobem as temperaturas das superfícies de contato peça/ferramenta e conseqüentemente do cavaco e da máquina (Dörr, 1999).

Durante o processo de furação a seco, pedaços de material são parcialmente submetidos a fusão e assim tornam-se mais difíceis de serem modelados, além de tenderem a aderir à ferramenta. A não utilização de refrigeração tem o efeito adicional do impacto térmico no conjunto máquina-ferramenta e na precisão da máquina. A falta de assistência na retirada do cavaco pode em alguns casos causar o entupimento de uma ou das duas superfícies de saída (entupimento dos canais), principalmente em materiais maleáveis, resultando em um defeito generalizado na superfície gerada.

Ferramenta. Na prática, permitir a segurança e a economia no processo a seco com a eliminação das funções de lubrificação, dissipação do calor e assistência a retirada do cavaco, requerem uma aproximação por novas soluções no sistema de processo – peça – máquina – ferramenta (Barlt, 1998). Portanto, como em todos os casos de aplicações de brocas helicoidais é importante o estudo da geometria de afiação, pois ela permite: reduzir os esforços de usinagem, melhorar o mecanismo de corte e formação de cavacos, trazendo dessa maneira conseqüências diretas ao acabamento do furo e a vida da ferramenta (Correa, 1996).

Além de otimizar as condições operacionais (velocidade de corte e avanço da máquina utilizada no processo), busca-se uma vida de ferramenta compatível às exigências do processo, sem dissociar-se dos demais requisitos de uma furação bem sucedida como a alta produtividade e qualidade do furo usinado.

Estudos têm mostrado que a geometria de broca helicoidal ideal à furação a seco, deve-se ater a (Cook, 1973) (Müller, 1994):

- um ângulo ortogonal de saída maior, mantendo assim uma menor temperatura na zona primária;
- a menor guia de broca possível e eventualmente arredondada, a fim de diminuir o atrito entre a ferramenta e a parede do furo;
- uma conicidade no diâmetro da broca da ordem de 0,2%, diminuindo a aderência do material da peça na ferramenta;
- canais de extração do cavaco maiores, evitando eventuais entupimentos dos mesmos.

Material. A escolha do aço inoxidável austenítico deve-se ao fato da sua inferior usinabilidade em relação aos aços carbono. Isto está relacionado à sua composição química, que determina suas características, como: possuir alta ductibilidade e tenacidade, alta taxa de encruamento e alta resistência mecânica em elevadas temperaturas. Ainda, estima-se que pelo menos um milhão de toneladas por ano de barras sofrem pelo menos uma operação de usinagem, com remoção de cavacos.

Os aços inoxidáveis austeníticos envolvidos nos ensaios são do tipo baixo teor de carbono, 18% Cr- 8% Ni. A composição química dos aços testados encontra-se na Tabela 1. Os aços apresentam uma composição química que atende ao grau ABNT 304. O aço desoxidado com cálcio, será diferenciado do aço convencional pelo sufixo UF. O aço 304 UF difere do convencional pela utilização da técnica de desoxidação com cálcio, quando da fabricação do aço, bem como pelo controle de inclusões duras e abrasivas do tipo alumina (Tessler,1994).

Tabela 1 – Composição química dos aços inoxidáveis testados (% em massa) .

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	P	S
304	0,027	0,29	1,80	18,30	8,75	0,46	0,42	0,034	0,003
304 UF	0,020	0,34	1,79	18,30	8,24	0,42	0,52	0,034	0,024

3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para a análise das possibilidades de utilização de métodos de refrigeração e auxílio à extração do cavaco, foram realizadas três séries de ensaios, em um centro de usinagem vertical de três eixos modelo SV-40 (Mori Seiki), nos quais foram obtidos a força de corte e momento torçor através do uso de um dinamômetro Kistler, tipo 9272.

Nestas séries de ensaios, foram utilizadas brocas helicoidais com diâmetro de 10mm e rotação fixada em 1250 rpm para brocas com recobrimento TiN e 1600 rpm para brocas com recobrimento (Ti,Al)N, com avanço por rotação de 0,11 mm e 0,14 mm respectivamente. Essas condições de corte foram investigadas com base nas sugestões do fabricante e em ensaios preliminares. As brocas com revestimento TiN possuíam canal de refrigeração interno e as com recobrimento (Ti,Al)N eram inteiriças.

A profundidade dos furos para os ensaios foi de duas vezes o diâmetro das brocas, ou seja, 20mm; todos os furos foram em cheio (sem pré-furo) e não passantes. Os corpos de prova possuíam as dimensões 400x300x45mm (para desgastar a broca) e Ø40x50mm (para fixação no suporte do dinamômetro) e receberam um desbaste superficial para diminuir os efeitos das micro-irregularidades nas superfícies a serem usinadas.

Foram efetuados 8 furos no corpo de prova para desgaste e 1 furo no corpo de prova do dinamômetro, sucessivamente, até se completarem 108 furos (15 minutos de usinagem). A verificação do nível de desgaste VB, médio e máximo alcançados, foi realizada a cada 18 furos e os esforços foram medidos a cada 8 furos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

1ª Série - Seco. Para a furação de ambos os aços em estudo, utilizou-se brocas com recobrimento (Ti,Al)N, obtendo resultados inexpressivos, como a quebra da broca com 4 furos. Evidenciam-se dois motivos para tais resultados:

1. Não foi desenvolvida uma geometria específica, para o caso, devido ao fato de não ser este o escopo deste trabalho. As brocas utilizadas nos ensaios sem fluido foram brocas comerciais dos respectivos fabricantes, indicadas para trabalhos a seco em aços austeníticos, com presença de níquel em proporções menores de 18%, portanto, inadequadas.
2. Aderência do cavaco à ferramenta, devida a elevada temperatura do cavaco em contato com a ferramenta, indicando a necessidade da diminuição do tempo de contato pelo aumento da velocidade de corte ou a utilização de penetrações tipo “pica-pau”.

A “Fig 1” ilustra o detalhe do entupimento dos canais de saída do cavaco, mostrando a necessidade da existência de um fluido, a fim, de extrair o cavaco.



Figura 1 – Quebra da broca, furação sem fluido

2ª Série - Refrigeração externa. Foi utilizada emulsão a 1% de óleo de corte, pela região externa à broca e ao furo, em alta pressão. Com broca de recobrimentos TiN e (Ti,Al)N. Os resultados desta série mostraram-se muito próximos aos resultados sem a aplicação de fluido, com quebra da broca por entupimento dos canais de saída do cavaco.

3ª Série - Refrigeração interna. Os problemas com a extração do cavaco, tornaram a tentativa da utilização da MQR (Mínima Quantidade de Refrigeração) inviável. Assim sendo, realizou-se o ensaio utilizando-se brocas com canal de refrigeração interna, com recobrimento TiN e geometria: ângulo lateral de saída 30°, ângulo de ponta 138° e ângulo de aresta 48°. Essa geometria confere uma superfície principal de folga mais rebaixada dando maior facilidade a expulsão do cavaco. A lubrificação foi emulsão a 1% de óleo de corte a uma vazão de entre 21,0L a 25,2L.

As “Fig 2” e “Fig 3” mostram o desempenho das brocas, no aço inoxidável ABNT 304 e no aço inoxidável 304 UF, respectivamente. Comparando os resultados apresentados nas “Fig 2” e “Fig 3” nota-se, que em relação aos desgastes os dois materiais apresentaram desempenhos próximos, principalmente no início dos ensaios. Em relação ao desgaste máximo, apenas para tempos de corte superiores a 800 segundos, ocorreu um menor desgaste no material 304 UF.

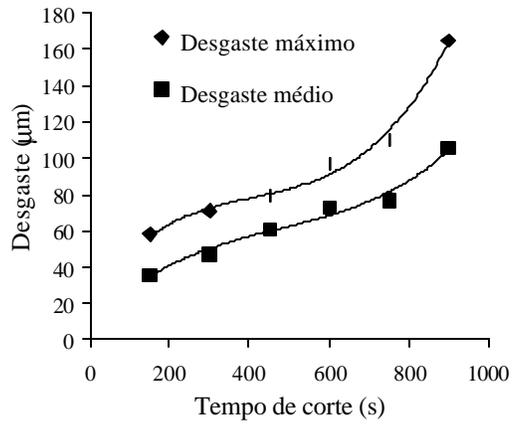


Figura 2 – Desgaste das arestas principais, aço ABNT 304.

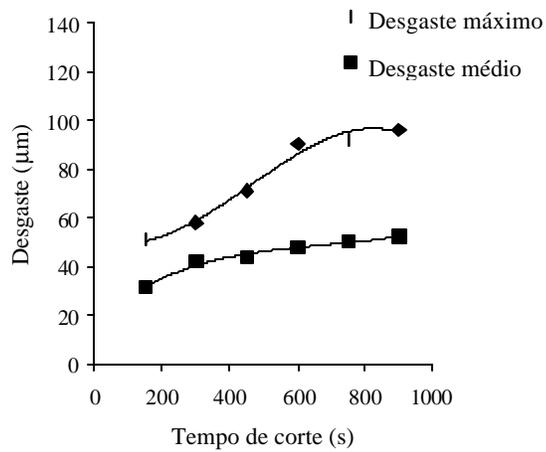


Figura 3 – Desgaste das arestas principais, aço 304 UF.

As “Fig 4” e “Fig 5”, mostram os esforços de corte, obtidos para ambos os materiais ensaiados. Nota-se que o nível dos esforços, bem como a estabilidade dos mesmos, foram muito semelhantes, no entanto, para o momento torçor, pode-se verificar pelas “Fig. 4” e “Fig. 5”, que o aço 304 UF apresentou menor variação e menor valor médio.

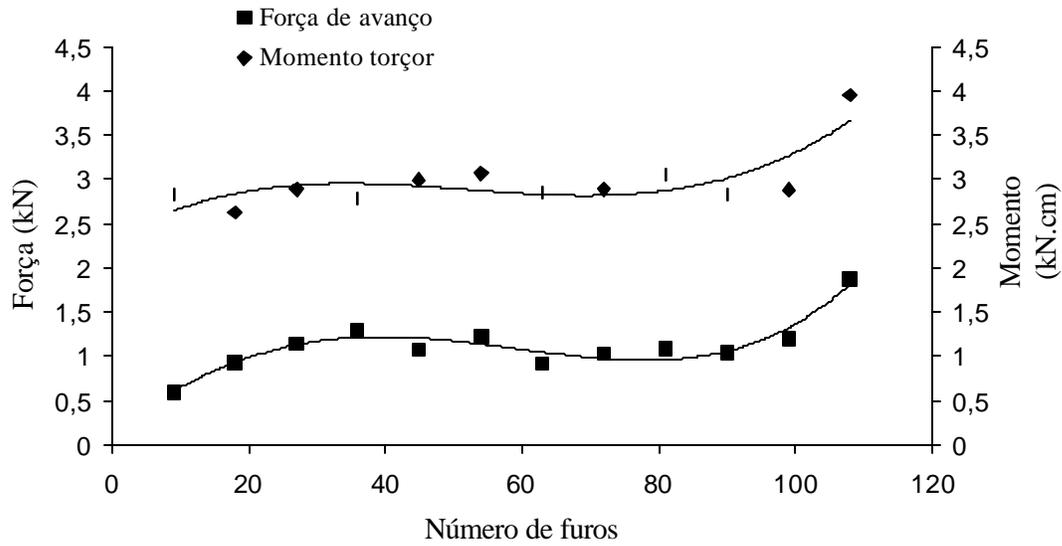


Figura 4 – Força de avanço e momento torçor no aço ABNT304.

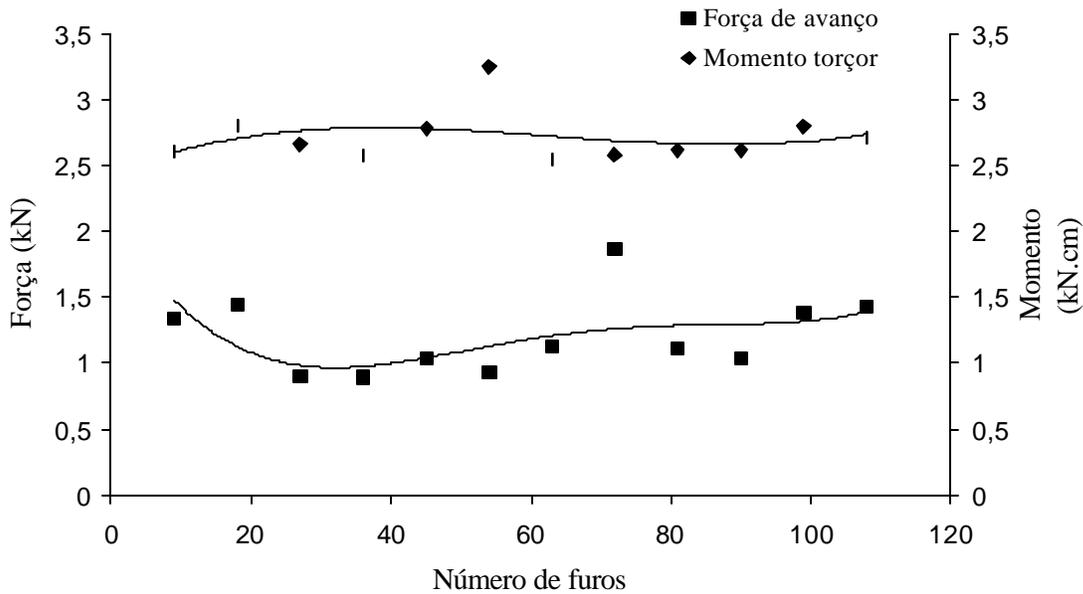


Figura 5 – Força de avanço e momento torçor no aço 304 UF.

5. CONCLUSÃO

O uso da MQR e do fluido de refrigeração e lubrificação externa à broca, para o aço inoxidável austenítico, conforme resultados, não são indicados. Assim, fica evidenciada a necessidade da utilização de meios de auxílio à extração de cavaco mostrando, que a

utilização de brocas helicoidais com canais de refrigeração internos e o recobrimento com TiN, são as mais indicadas por serem muito eficientes na refrigeração das superfícies de contato peça/ferramenta e extração do cavaco.

Apesar de existirem tentativas de eliminar o fluido de corte, os mostram que isto nem sempre é possível. Nestes casos é interessante a utilização de fluidos que causem menor impacto ao meio ambiente.

Evidenciou-se pelos resultados, que o controle da composição química e da técnica de desoxidação na fabricação do aço 304 UF (Villares Metals S.A.), sem alterar suas propriedades mecânicas (conforme informe do fabricante), não conseguiu alterar significativamente o desempenho das brocas. Todavia, a busca de valores ideais à técnica da desoxidação por cálcio (valores não revelados pela Villares Metals), apresenta-se de maneira positiva.

Agradecimentos

Deixo meus agradecimentos à FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo; ao meu orientador Prof. Dr.-Ing. Olívio Novaski e ao Msc. Eng. Maurício Correa e às empresas Villares Metals S.A., Seco Tools Ind. e Com. LTDA e Sandvik S.A. (Titex Plus), que tornaram possível a construção de um novo conjunto de informações.

REFERÊNCIAS

- Kammermeier, D. et all, 1999, Account of Studs Kennametal Hertel.
- König, A. Neises et all, 1994, Machining of holes developments in drilling technology, Ann CIRP 43, January, pp.551-561.
- Aronson, R. B., 1995, Why dry machining?, Manufacturing Eng., pp. 33-36.
- Andae, P. et all, 1998, cd rom Department Cutting Processes of IFW (Institut Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen), TU Hannover.
- Dörr, J., 1999, Minimum Lubrification in Metal Cutting Processes, (Near-Dry Machining) – I Colóquio em Tecnologia de Manufatura e Gestão da Produção, NMQ/Unicamp, Agosto.
- Bartl R., 1998, Trockenbearbeitung Prismatischer Teile, VDI-Z 1400.
- Correa, M., 1996, Estudo Comparativo das Afições Cônicas e Cônicas Radial de Brocas Helicoidais de HSS na Usinagem de Aço – Unicamp.
- Cook, N. H. et all, 1973, Tool Wear and Tool Life – Journal of Engineering for Industry.
- Müller, P., 1994, Umweltgerechet, Maschinenmarkt pp.99-100.
- Tessler, M. et all, 1994, Aços inoxidáveis austeníticos com usinabilidade melhorada, Anais do 49º Congresso Anual ABM, pp 173-187.

MACHINABILITY OF THE AUSTENITICS STAINLESS STEELS AND THE BEHAVIOUR OF HARD METAL DRILLS

Abstract. The present work compares the drilling process without cooling, with minimal quantity cooling and total cooling, in machining of stainless steels ABNT 304 and the same stainless steel with improved machinability, 304 UF, developed by Villares Metals S.A. It was used hard metal drills with TiN and (Ti,Al)N coatings. The cutting forces were measured and the tools performance were analyzed.

Keywords: drilling, cooling, stainless steels, calcium, machining.