

A usinabilidade de compósitos de matriz de alumínio reforçados com partículas de carbeto de silício

Este trabalho utiliza resultados de ensaios em materiais compósitos de matriz metálica, com o objetivo de estabelecer o índice de usinabilidade de cada material ensaiado. Ficou comprovada a dificuldade de adotar materiais convencionais como padrão de referência para determinação da usinabilidade destes materiais. Ficou claro também que existe muita dificuldade para usinar este tipo de compósito com ferramenta de carbeto, comparativamente à usinagem de materiais convencionais.

E. R. Barbosa de Jesus, E. S. Jesus Filho e J. Luiz Rossi

Os compósitos são materiais desenvolvidos inicialmente para aplicações específicas, principalmente nas indústrias aeronáutica e aeroespacial. Schwartz^[5] define material compósito como sendo um “sistema de materiais composto de uma mistura ou combinação de dois ou mais macroconstituintes que se diferem na forma e/ou composição e são essencialmente insolúveis entre si”.

Em virtude de algumas vantagens como maior limite de resistência mecânica e módulo de elasticidade, melhores propriedades a altas temperaturas, baixos coeficientes de expansão térmica e melhor resistência ao desgaste, entre outras, os materiais deste tipo atualmente encontram uma série de aplicações em outros setores industriais. Eles podem ser usados tanto em novas aplicações quanto na substituição de materiais convencionais em projetos já consagrados.

O último relatório publicado pelo *University of Michigan's Office for the Study of Automotive Transportation* (Delphi IX) faz um prognóstico de aumento no número de aplicações para compósitos de matriz metálica nos carros norte-americanos até o ano 2010. Entre os componentes

do motor, o relatório prevê a aplicação inicial de compósitos em barras de conexão e pistões entre 2002 e 2007, itens que deverão ocupar 3% e 5%, respectivamente, do mercado em 2007^[4].

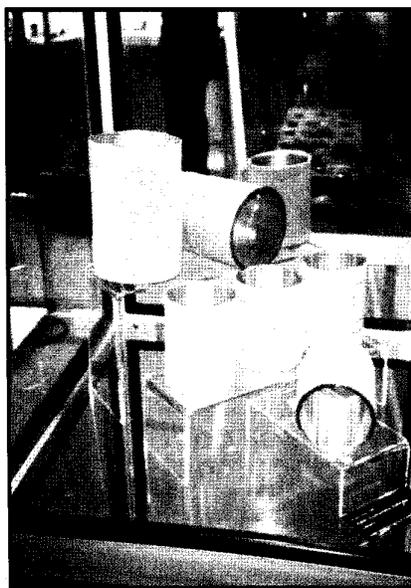
Um exemplo típico de aplicação destes materiais é o desenvolvimento de camisas de cilindro^[7,8] feito pela Sumitomo Electric Industries a partir de um material em que finas partículas de alumina encontram-se dispersas em uma matriz de liga de alumínio. A empresa obteve componentes com propriedades comparáveis àquelas obtidas em camisas de ferro fundido, mas com a vantagem de proporcionar cerca de 60% de redução em peso (figura 1).

Outros casos que podem ser exemplificados: a empresa Advanced Material Composites (AMC) desenvolveu o conector de hélice de helicóptero a partir do Al/SiCp; a mesma empresa desenvolveu, também a partir do mesmo material, a pinça de freios para carros de corrida de fórmula 1^[7], com ganho de cerca de 50% em tenacidade em relação a outras ligas de alumínio. A AMC desenvolveu ainda o suporte estrutural do piso do Airbus^[6], ainda a partir do Al/SiCp, com ótimos resultados principalmente em termos de melhoria em resistência mecânica.

Fatores a considerar

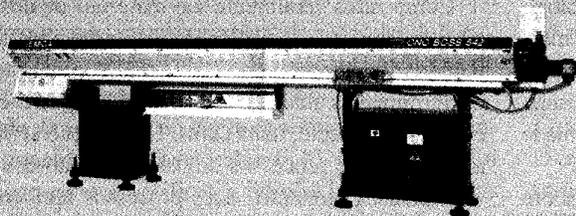
A viabilidade de inserir um novo material no ambiente industrial como um todo depende de uma série de fatores que devem ser levados em conta. Um deles exerce forte influência na produtividade

Fig. 1 – Camisas de cilindro em material compósito de matriz metálica^[7,8]



Aumente sua produtividade em 30/40 % ou mais.

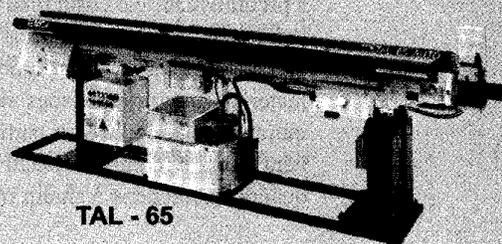
TOMATIZAÇÃO INTELIGENTE NA ALIMENTAÇÃO DE BARRAS NOS TORNOS.



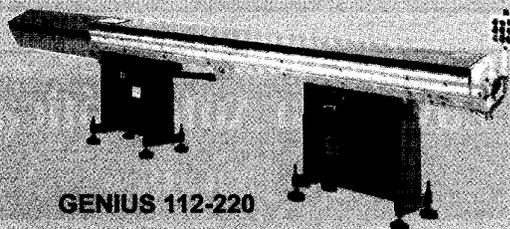
BOSS 542

**Aumento da
Eficácia Aprox. 20%**

**Retorno Rápido
do Investimento**



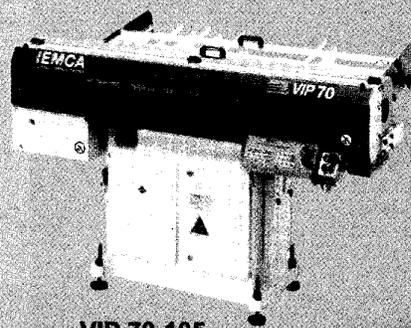
TAL - 65



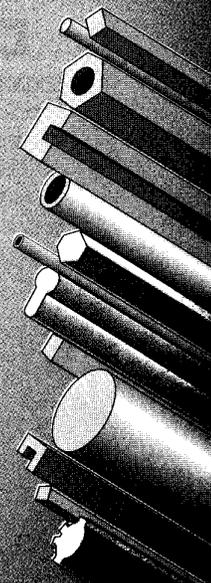
GENIUS 112-220

**Qualidade
a
Baixo Custo**

**Maior Qualidade
Melhor Acabamento**



VIP 70-105



IEMCA
ADVANCED FEEDING SYSTEMS

Division of IGMI SpA - Faenza (RA) ITALY

Advancing Your Productivity

Serviço de consulta 4706



FEMAT

INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

PABX: (11) 5182-4844

Fax: (11) 5181-6926

E-mail: diretoria@femat.com.br

Home Page: <http://www.femat.com.br>

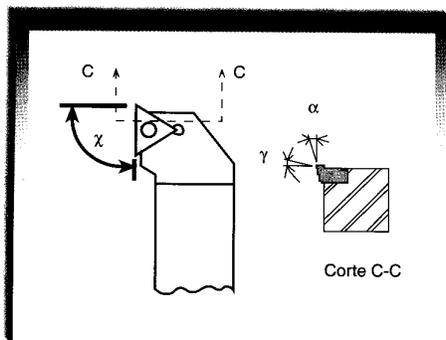


Fig. 2 – Detalhe do conjunto das ferramentas utilizadas

de um valor numérico comparativo (índice ou porcentagem), o conjunto de propriedades de usinagem de um metal em relação a um outro tomado como padrão.

A influência que a usinabilidade exerce sobre a produtividade e o custo final de produção serve como parâmetro para reforçar a necessidade da preocupação não só com o desenvolvimento de materiais com propriedades mecânicas, físicas e químicas superiores e/ou particulares, mas também com o comportamento desses materiais quando submetidos a algum tipo de processo de

e nos custos finais de fabricação do produto de uma empresa: é a usinabilidade do material. A usinabilidade é um parâmetro que está associado ao grau de dificuldade de usinagem de determinado material. Define-se usinabilidade^[6] como sendo uma grandeza tecnológica que expressa, por meio

manufatura. A idéia é que eles sejam passíveis de sofrer operações de processamento pelas técnicas existentes, tanto do ponto de vista prático quanto econômico.

A não ser em aplicações muito específicas – como é o caso das indústrias aeronáutica e aeroespacial – os custos mais elevados não podem ser amplamente justificados em outros setores industriais, nem mesmo pela melhoria em termos de segurança.

Compósitos geralmente são materiais de difícil usinagem que, em processos convencionais, requerem maior tempo de usinagem e utilização de ferramentas mais resistentes ao desgaste e, conseqüentemente, mais caras. Uma opção seria a utilização de processos de usinagem não-convencionais. Entretanto, estes processos também são geralmente inviabilizados por altos custos.

O ideal é que se trabalhe na usinagem com altas velocidades de corte sem a necessidade de utilização de ferramentas ou de processos especiais. Somente materiais com altos índices de usinabilidade podem oferecer estas condições de trabalho. A engenharia deve concentrar esforços neste sentido.

MICRO USINADOS DE PRECISÃO

- Experiência de quase meio século na fabricação de micro torneados.
- Usinados sob encomenda em latão, aço, alumínio e outros materiais.
- Equipamentos de precisão alemã e suíça.

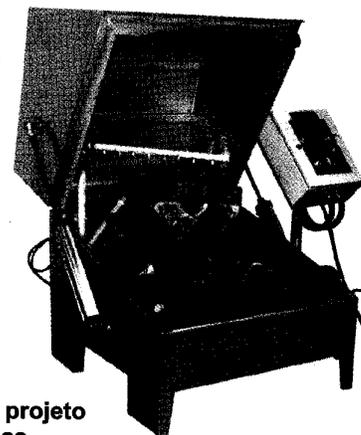


Serviço de consulta 4707

Lavadora Automática de Peças

Ecologicamente correta!

- Em aço inoxidável
- Separador de óleo
- Cesto giratório motorizado
- Água quente e desengraxante biodegradável
- Vários modelos e tamanhos



Executamos o seu projeto de lavagem de peças



INTERMACHINE
Indústria Automotiva Ltda.
 Rua Maria Pasqualim Vaccari, 203
 CEP 83010-390 - São José dos Pinhais
 Fone: (41) 382-1887 - Fax: (41) 383-6878
 e-mail: intermac@terra.com.br

Serviço de consulta 4708

REPRESENTANTE EXCLUSIVO

Materiais e métodos

Materiais

Foram avaliados materiais compósitos de matriz de alumínio reforçados com partículas de carbeto de silício (SiC). Estes materiais foram obtidos pela rota da metalurgia do pó em três diferentes quantidades (frações volumétricas) de reforço: 5%, 10% e 15%. Foram utilizados pós comerciais de alumínio puro (AA 1100) com tamanho mediano de partículas de 22 μm e de carbeto de silício tipo preto com tamanho mediano de partículas de 6 μm .

Pela mesma rota e nas mesmas condições de processamento também foi obtida uma quantidade de material de controle somente com o componente da matriz (alumínio). O objetivo foi comparar e verificar a influência da adição das partículas de reforço nos compósitos. Este material será denominado Al/SiC 0% ou simplesmente material sem reforço ao longo deste trabalho

Usinagem

Para os ensaios de usinagem foram preparados oito corpos de prova com diâmetro de 31,75 mm

e comprimento de 160 mm para usinagem entre pontas.

Foram utilizadas ferramentas de carbeto cementado (Cermet) na forma de pastilhas sobre um porta-pastilhas cujas características de conjunto (suporte + pastilha) são as seguintes: ângulo de saída (γ) = 0°, ângulo de incidência ou folga (α) = 11° e ângulo de posição (χ) = 90° (figura 2, pág. 114).

Equipamento

O equipamento utilizado nos ensaios foi um torno de comando numérico computadorizado (CNC). Para que os ensaios fossem realizados foram desenvolvidas rotinas na linguagem do comando do equipamento.

Procedimentos

Os ensaios consistiram basicamente na usinagem dos corpos de prova a profundidade de

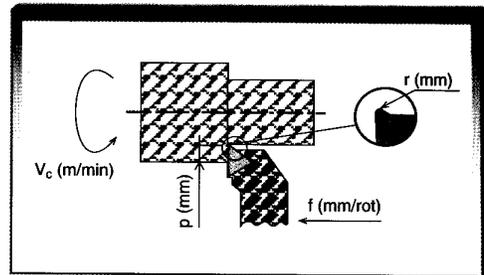
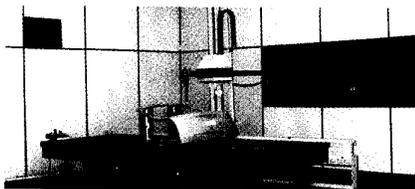


Fig. 3 – Representação esquemática ilustrativa dos parâmetros de usinagem utilizados nos experimentos

A TECNOLOGIA INDISPENSÁVEL NA INDÚSTRIA MODERNA

MEDIÇÃO TRIDIMENSIONAL

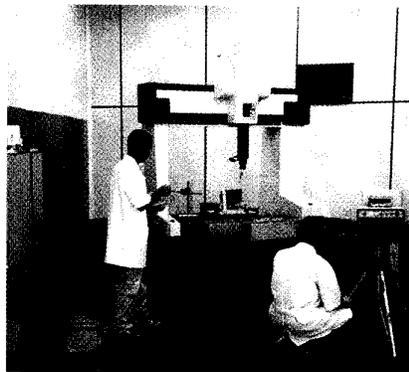


Prestação de serviços de medição, digitalização e engenharia reversa, utilizando máquinas de medição tridimensional em nosso show room. Utilizamos o que há de mais moderno em softwares de digitalização, geração e análise de superfície, com sistema ponto a ponto ou contínuo em processos totalmente automático.

- Winmeil - Software de medição de elementos geométricos.
- Cad-up - Software de geração de relatórios gráficos.
- Digitrek - Software de digitalização.
- Smesh - Software de geração de superfície (engenharia - reversa).
- CTRQ - Software de medição por comparação matemática de superfície.
- Power Inspect - Software de medição por comparação matemática de superfície.
- Elaboração de programas complexos para medição tridimensional.
- Serviços de medição em lotes de peças seriadas programas ou esporádicas com emissão de relatórios de fácil entendimento.

CALIBRAÇÃO, MANUTENÇÃO E RETROFITTING

- Calibração em equipamentos de medição tridimensional COORD3 e de outros fabricantes, conforme Norma CMMA e ISO 10360 com a utilização de blocos padrão, Ball bar e Interferômetro laser, rastreados.
- Manutenção preventiva e corretiva em máquinas COORD3 com peças originais no estoque local, realizadas por equipe especializada.
- Retrofitting de máquina tridimensional COORD3 manual e CNC e em máquinas manuais de qualquer outro fabricante.

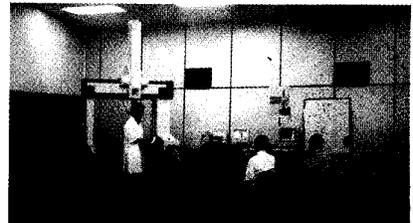


ASSESSORIA TÉCNICA

- Equipe técnica de vendas com engenheiros de aplicação.
- Assessoria na compra do equipamento mais apropriado para atender as necessidades de medição apresentadas.
- Equipe técnica de vendas.



- Seminários e palestras sobre a utilização da tecnologia da máquina tridimensional na indústria moderna.
- Treinamento na utilização da máquina de medição em nossas instalações ou na planta do cliente.



COORD3 BRASIL

Rua da Moóca, 3682 Moóca CEP 03165-000 São Paulo SP Brasil
Fone: (0xx11) 6604 2277 Fax: (0xx11) 6604 2303
e-mail: coord3@coord3.com.br Site: www.coord3.com.br

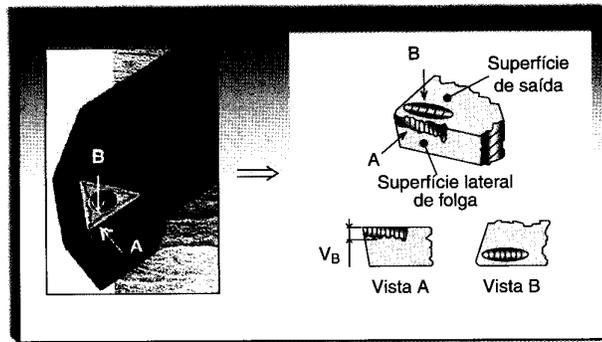


Fig. 4 – Esquema indicativo dos locais de desgaste:
 A) Desgaste do flanco (superfície lateral de folga)
 B) Desgaste da cratera (superfície de saída)

corde p , avanço f e raio de ponta r constantes iguais a 0,875 mm, 0,1 mm/rot e 0,4 mm, respectivamente, de acordo com indicações da norma ISO 3685^[2] (figura 3, pág. 115).

A velocidade de corte foi o parâmetro variável. Foi aplicado um total de quatro velocidades (273, 229, 185 e 141 m/min) durante as usinagens. Para cada velocidade de corte, a ferramenta de corte percorreu um total de 393,96 metros (comprimento de cavaco), com paradas para avaliação da evolução do desgaste da ferramenta a cada 65,66 m, perfazendo um total de seis paradas para cada velocidade de corte utilizada.

A cada parada a pastilha era retirada do suporte e levada até o microscópio óptico para medição e registro da evolução do desgaste de flanco V_B (figura 4). Em seguida, a pastilha era fotografada em um microscópio estereoscópico e então recolocada no suporte para continuidade do ensaio. Com a mudança no valor de velocidade de corte, a aresta de corte danificada da pastilha era substituída por uma nova aresta, iniciando-se então um novo ciclo de medições. Em todos os ensaios foi utilizado fluido refrigerante na concentração de 5% em solução aquosa, com vazão sobre a região de corte em torno de 2.000 L/h.

Usinabilidade

Para determinação do índice de usinabilidade de cada material foi aplicado o método do comprimento usinado citado por Ferraresi^[1]. Este é um método de ensaio de curta duração que não requer grandes quantidades de material nem longos períodos de ensaio. A escolha deste método esteve relacionada principalmente à limitação na quantidade de material disponível.

Métodos de ensaio dessa natureza (curta duração) normalmente não apresentam boa correspondência com os equivalentes de longa duração. Entretanto, Ferraresi faz algumas considerações quanto aos ensaios de curta duração. O autor refere-se a um trabalho onde é feita uma comparação estatística de vários ensaios de curta duração, baseados no desgaste da ferramenta, com o correspondente ensaio de longa duração. Os resultados mostram que entre todos os métodos analisados apenas dois apresentaram boa correlação com o correspondente de longa duração – entre eles o método do comprimento usinado.

Resultados e discussão

Propriedades físicas e mecânicas dos materiais obtidos

A tabela 1 fornece dados dos resultados de densidade, dureza e resistência mecânica encontrados durante a caracterização física e mecânica dos materiais obtidos.

Aspecto microestrutural dos materiais obtidos

Pelas figuras, é possível verificar, no material sem reforço, a presença de vazios e inclusões homogeneamente distribuídos, provavelmente provenientes da etapa de mistura durante o processamento do material (figura 5a, pág. 118). Nos materiais com 5%, 10% e 15% de reforço, é possível verificar a existência de aglomerados de

Tabela 1 – Características físicas e mecânicas dos materiais obtidos

Material	Densidade teórica (g/cm ³)	Densidade hidrostática (g/cm ³)	Valores de dureza (HB)	Limite de escoamento LE _{0,2} (MPa)	Limite de resistência LR (MPa)	Alongamento e (%)	Redução em área RA (%)
Al/SiC 0 %	2,702	2,687 ± 0,003	32 ± 1	88 ± 1	120 ± 1	32 ± 2	64 ± 4
Al/SiC 5 %	2,7277	2,713 ± 0,002	39 ± 1	84 ± 3	128 ± 2	26 ± 2	47 ± 5
Al/SiC 10%	2,7535	2,718 ± 0,001	44 ± 1	93 ± 4	135 ± 2	22 ± 3	32 ± 5
Al/SiC 15%	2,7793	2,729 ± 0,001	49 ± 1	94 ± 3	138 ± 4	15 ± 2	20 ± 3

MC EVOLUTION

Capacidade e potência



Potência do motor do cabeçote S1

Velocidade de rotação

Cursos dos eixos X-Y-Z

Avanço rápido X-Y-Z

Número de ferramentas

Precisão de posicionamento
unidirecional X-Y-Z



FAMUP
MACHINING
CENTERS

FAMUP DO BRASIL
INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
Av. Mal. Arthur Costa e Silva, 1330 - Jd. Glória
CEP 13487-220 - Limeira - SP - Brasil
TEL. 0055 (19) 451-8045 e 451-5647
FAX 0055 (19) 451-6192
e-mail: famup@widesoft.com.br

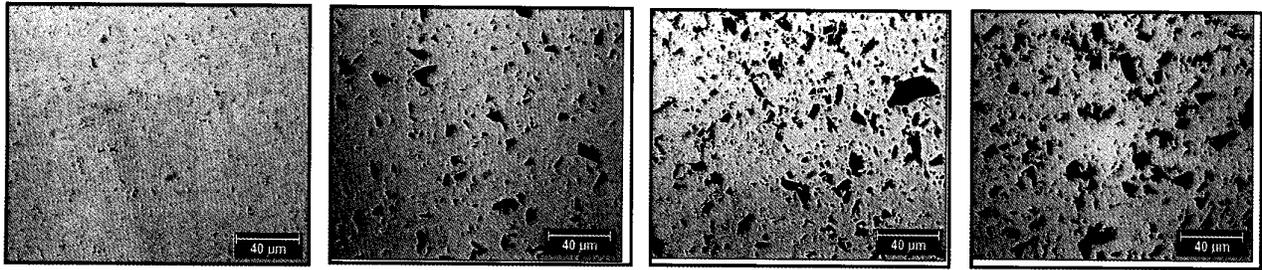


Fig. 5 – Micrografias ópticas mostrando o aspecto microestrutural dos materiais obtidos (sem ataque)

a) Al/SiC 0% – secção transversal

b) Al/SiC 5% – secção transversal

c) Al/SiC 10% – secção transversal

d) Al/SiC 15% – secção transversal

material de reforço no material da matriz, resultado provavelmente da diferença entre os tamanhos das partículas de pó de alumínio e SiC utilizados na produção dos materiais. Também é possível verificar que a distribuição das partículas de reforço apresentou-se de forma bastante homogênea em todos os materiais reforçados (figuras 5b-d).

Usinabilidade

Os ensaios realizados, muito embora a quantidade de material removido ainda não representasse a melhor condição, enquadrando-os no grupo daqueles ditos de curta duração; permitem através dos resultados algumas observações que podem levar ao estabelecimento do chamado índice de usinabilidade de cada material.

Aplicando-se o conceito sugerido por Ferraresi^[1], que associa para uma dada velocidade de corte o comprimento usinado em metros pela ferramenta em cada material até atingir um valor de desgaste de flanco (V_B) pré-estabelecido (no caso deste trabalho em 0,6 mm), caracterizando o chamado Método do Comprimento Usinado, verificou-se que para os materiais ensaiados a relação é mantida bastante próxima ou pelo menos dentro de uma certa faixa, quando o conceito é aplicado em cada uma das quatro velocidades de corte utilizadas no ensaio (figuras 6 a-d, págs. 119 e 120, e tabela 2, pág. 120).

A adoção do AlSiC 0% (material sem partículas de reforço) como padrão de referência para determinação da usinabilidade foi impraticável, uma vez que os valores de desgaste gerados na ferramenta durante a usinagem desse material

PASTILHAS CERÂMICAS DE ALTA PERFORMANCE

TELEDYNE
DIAMMET, INC
 QUALITY CARBIDE PRODUCTS

MB
COMÉRCIO DE FERRAMENTAS LTDA
 R. José Maria Miranda, 839 s. 22
 CEP 13170-230 Sumaré, SP
 Fone: (+5519) 873.6778
 Fax: (+5519) 873.6264
 email: mb@sum.desktop.com.br

TECENGE
 COMERCIAL TÉCNICA LTDA
 Av. Assis Brasil, 3190 s. 402
 CEP: 91010-003 Porto Alegre, RS
 Fone: (+5551) 347.1855
 Fax: (+5551) 347.1343
 e-mail: tecenge@plug-in.com.br

DESAFIO

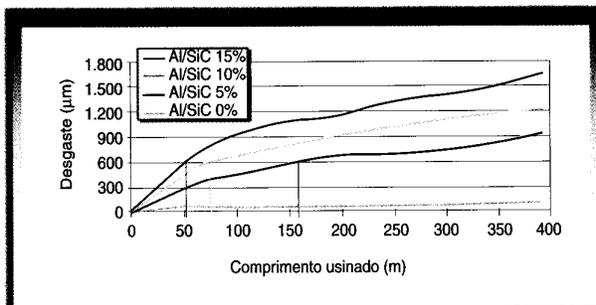


Fig. 6 (a) - Evolução do desgaste da ferramenta ao longo do comprimento usinado para os materiais com 5%, 10% e 15% de reforço e para o material sem reforço, utilizando velocidade de corte de 273 m/min

foram muito reduzidos. A extrapolação desses resultados para um critério de vida da ferramenta igual a 0,6 mm (figuras 6 a-d) seria um tanto quanto duvidosa (asteriscos da tabela 2).

Na impossibilidade de adotar o material sem reforço como referência, adotou-se o material com 5% de reforço como sendo de usinabilidade 100%. Observa-se que a usinabilidade do material com 10% de reforço em relação ao de 5% está na faixa dos 48%, que seria a média dos valores para as velocidades de corte de 273, 229 e 141 m/min (tabela 2). Ou seja, é cerca de 52% mais difícil de usinar do que o de 5%. Já o material com 15% de reforço fica na faixa dos 29%, equivalente à média dos valores para as velocidades de corte de 273, 229 e 185 m/min - portanto, cerca de 71% mais difícil de usinar do que o material com 5% de reforço.

Os valores para o material de 10% (v_c 185 m/min) e para o material de 15% (v_c 141 m/min)

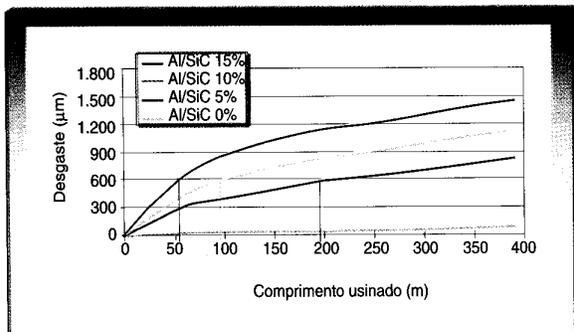
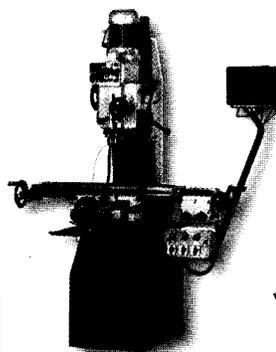


Fig. 6 (b) - Evolução do desgaste da ferramenta ao longo do comprimento usinado para os materiais com 5%, 10% e 15% de reforço e para o material sem reforço, utilizando velocidade de corte de 229 m/min

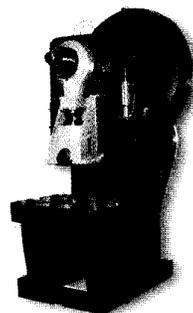
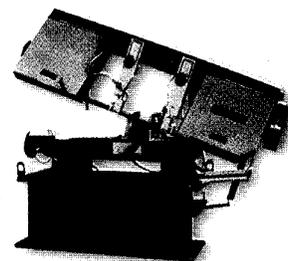
Stamac

MÁQUINAS OPERATRIZES



Furadeiras / Fresadoras
furadeiras fresadoras, fresadoras
ferramenteiras, produção, radiais

Serras
de fita (horz., vert. e prog. CN),
hidráulicas, disco, mecânicas



Prensas
hidráulicas, excêntricas



Tornos
mecânico, CNC, revolver,
automático

COMPLETA LINHA DE MÁQUINAS NOVAS E USADAS

ACESSÓRIOS



Morsas - Placas - Divisores - Mesas Coordenadas e Divisoras
Pontas rotativas - Luminárias - Mandris - Porta ferramentas
Retificas de suporte para tornos - Jogos de pinças - Cabeçotes
para fresar - Conjuntos de refrigeração - Flanges - Lunetas
Buchas de redução, etc.

Stamac INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE MÁQUINAS LTDA.

Av. Dr. Cardoso de Mello 1191 - CEP 04548-004 - São Paulo - SP
F: (11) 820 2855 - Fax: (11) 820 9834 - E-mail: stamac@stamac.com.br
www.stamac.com.br

a partir de 26/2, novo prefixo: 3845

Serviço de consulta 4712

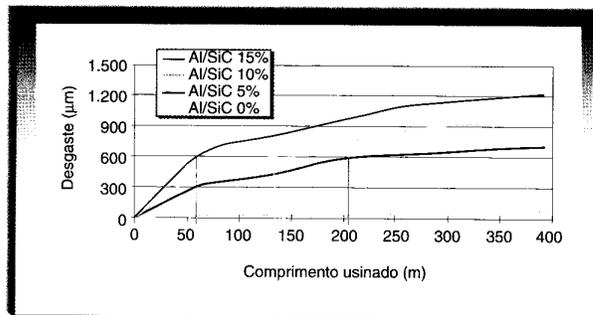


Fig. 6 (c) – Evolução do desgaste da ferramenta ao longo do comprimento usinado para os materiais com 5%, 10% e 15% de reforço e para o material sem reforço, utilizando velocidade de corte de 185 m/min

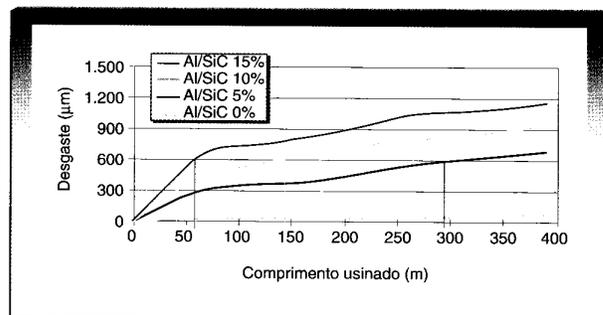


Fig. 6 (d) – Evolução do desgaste da ferramenta ao longo do comprimento usinado para os materiais com 5%, 10% e 15% de reforço e para o material sem reforço, utilizando velocidade de corte de 141 m/min

foram desconsiderados em virtude da dispersão em relação aos demais resultados, visto que podem ser resultado, em algum momento, de erros na medição da evolução do desgaste ou outra influência qualquer do sistema durante o procedimento experimental.

Colocando-se os valores obtidos nos ensaios em um gráfico logarítmico da velocidade de corte versus vida da ferramenta (para um critério de vida de $V_B = 0,6$ mm, como mostra a figura 7, pág. 122) e procedendo a avaliação desses resultados, conforme anexo F item F.2 da ISO 3685^[2], foram obtidas as constantes **C** e **n** da equação de Taylor (equação 1). Esta equação possibilita extrair valores ideais de velocidade de corte, de acordo com a vida da ferramenta que se deseja obter ou vice-versa para as condições de avanço e profundidade de corte utilizadas nos ensaios.

$$V_c = C / t^n \quad (1)$$

Onde:

V_c = velocidade de corte (m/min)

C e n = constantes

t = tempo (min)

Tabela 2 – Valores de comprimento usinado para um desgaste de flanco (V_B) igual a 0,6 mm (figuras 6 a-d) e respectivas relações de usinabilidade entre os materiais.

Material	Comprimento usinado (m) v_c 273 m/min		Comprimento usinado (m) v_c 229 m/min		Comprimento usinado (m) v_c 185 m/min		Comprimento usinado (m) v_c 141 m/min	
	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%
Al/SiC 5%	160	100 %	199	100 %	224	100 %	298	100 %
Al/SiC 10%	77	48 %	98	49 %	134	60 %	143	48 %
Al/SiC 15%	52	33 %	54	27 %	60	27 %	58	20 %
Al/SiC 0%	*	*	*	*	*	*	*	*

Pelo gráfico da figura 7, **n** é a inclinação da reta em cada caso e **C** é igual à velocidade de corte para uma vida de ferramenta igual a 1 min. Então, tem-se para cada caso uma configuração específica para a equação de Taylor (tabela 3):

Tabela 3 – Forma geral da equação de Taylor para os materiais compostos com diversas frações volumétricas de SiC

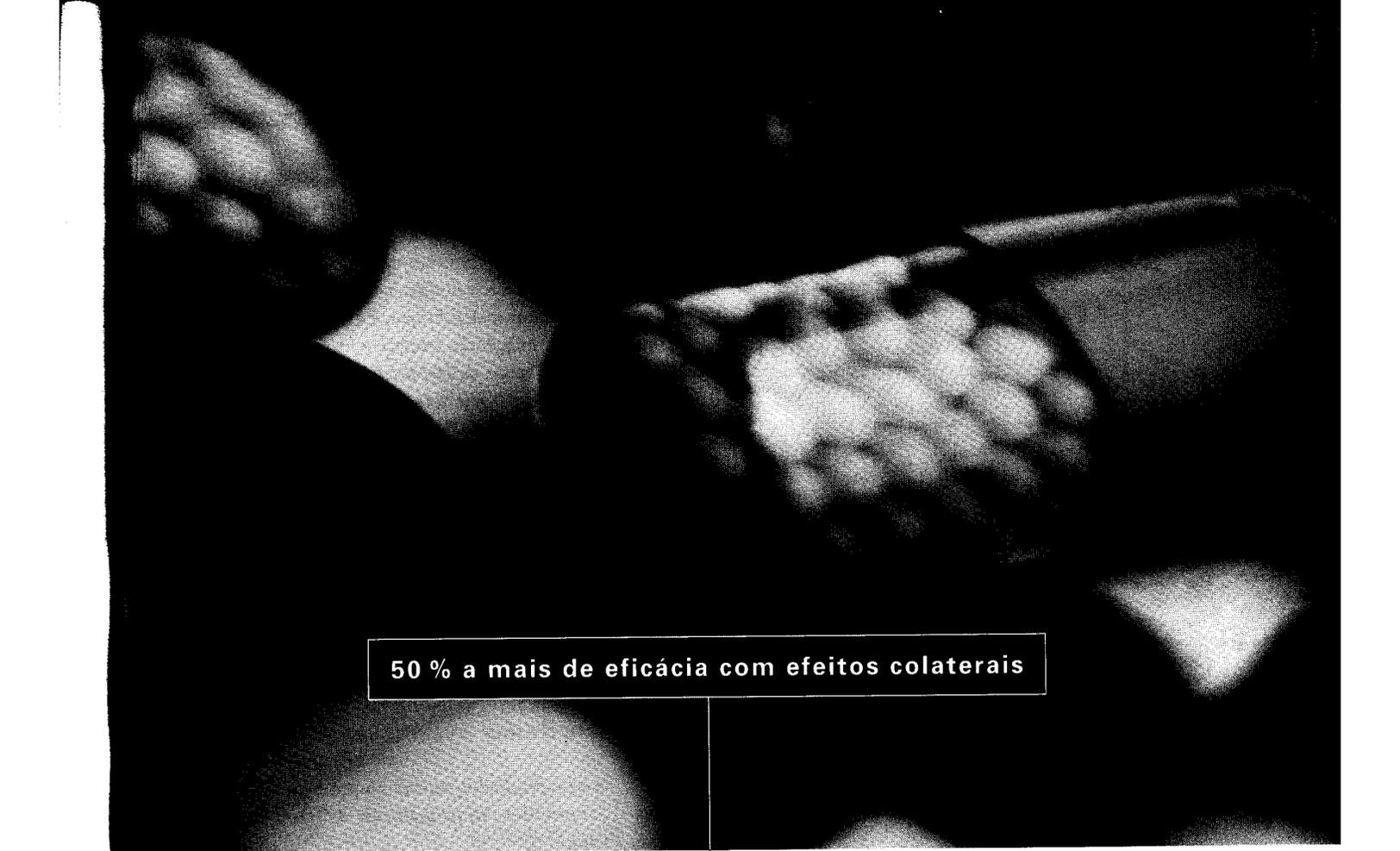
Material		
Al/SiC 5 %	Al/SiC 10 %	Al/SiC 15 %
$v_c = 190 / t^{0,5}$	$v_c = 142 / t^{0,51}$	$v_c = 75 / t^{0,81}$

Calculando-se em cada caso o valor de velocidade de corte para uma vida da ferramenta igual a 15 min (marca estabelecida e considerada ideal, sendo inclusive adotada por alguns fabricantes de ferramentas como referência para o desenvolvimento de novos produtos), tem-se a tabela 4.

Tabela 4 – Valores de velocidade de corte extraídos da equação de Taylor de cada material, para uma vida de ferramenta igual a 15 minutos

Material		
Al/SiC 5 %	Al/SiC 10 %	Al/SiC 15 %
$v_c = 49$ m/min	$v_c = 36$ m/min	$v_c = 8$ m/min

Do ponto de vista industrial estes resultados são considerados extremamente baixos e torna, em alguns casos, inviável a utilização de ferramenta de carboeto na usinagem desses materiais –

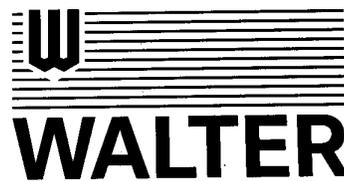


50 % a mais de eficácia com efeitos colaterais

50 % a mais de eficácia sem efeitos colaterais



Quartec® A nova pastilha intercambiável Quartec®, da WALTER pode ser obtida sem receita, apesar de ter um efeito extremamente positivo sobre a produtividade. Quartec®, é a síntese de quatro inovações: novos substratos, novas geometrias, novas coberturas e novas arestas de corte. Efeito: aumento de 50% na produtividade. Testes práticos demonstraram que a série Quartec®, quando combinada com ferramentas NOVEX® 3000, constitui um meio de eficácia comprovada para aumentar a vida útil, reduzir os tempos de produção e baixar os custos de produção. Tudo sem riscos ou efeitos secundários. Consulte-nos. WALTER DO BRASIL Ltda., Rua Campinas 77, Jardim Leocádia, CEP 18085-400 Sorocaba - SP. Telefone (015) 224-5700, Fax (015) 224-5722



WALTER

Serviço de consulta 4713

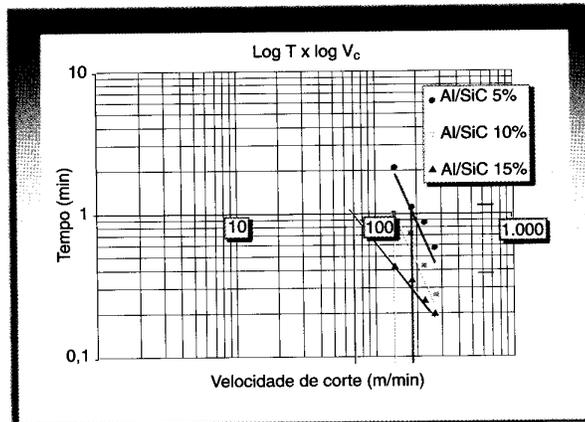


Fig. 7 – Gráfico logarítmico da velocidade de corte versus vida da ferramenta ($V_B = 0,6 \text{ mm}$) para os materiais compósitos com 5%, 10% e 15% de SiC

principalmente quando se trata da produção de grandes lotes de peças. Tomac e Tonnessen^[9] também encontraram valores bastante baixos, que podem variar de 20 a 50 m/min, e salientam que a utilização de ferramentas de carbetto só é aplicável no caso de produção de pequenos lotes.

É possível notar que o valor de n é bastante alto para os três materiais, indicando que a variação no valor da velocidade de corte tem pouca

influência sobre a vida da ferramenta. A esse respeito, Weinert, Biermann e Meister^[10] também chegaram a conclusões semelhantes na usinagem de alumínio reforçado com SiC e B4C.

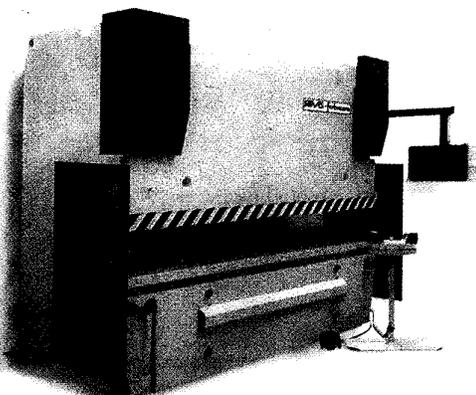
Ora, se a velocidade de corte (que normalmente em materiais convencionais é o fator que maior influência exerce sobre a vida da ferramenta) neste caso tem efeito reduzido, então há de ser outro fator o responsável pela diminuição drástica da vida da ferramenta na usinagem deste tipo de material. Neste caso, este fator é a presença de partículas extremamente duras e abrasivas na estrutura destes materiais.

Tomac e Tonnessen^[9] encontraram $n = 0,61$ na usinagem de AlSi7Mg com 14% volume SiC. Eles também concluem que este é um valor muito alto se comparado, por exemplo, com os valores encontrados na usinagem de aço com metal duro, onde o valor de n fica na faixa de 0,2 a 0,3.

Conclusões

- Os resultados mostraram que a usinagem por métodos convencionais de compósitos de

Prensas feitas com perfeição



As Prensas Dobradeiras modelo PR são máquinas controladas por comando numérico tipo DNC Graphic-Color 2D/3D. Com capacidade até 1000ton. de força de dobra



MÁQUINAS FERDINAND VADERS S.A.
Rodovia Raposo Tavares, Km 27,8 - nº27.580
CEP 06700-000 - Cotia - SP - Brasil
Tel.: (011) 7922-9133 - Fax: (011) 7922-2772
E-mail: export.feva@feva.com.br

Serviço de consulta 4714

MINI CENTRO GRAVADORA CNC

Mini Centro CNC de 03 eixos com possibilidade para 4º eixo. Para usinagem e gravação de peças pequenas em alto e baixo relevo. Diversos "software" para gravações, cortes, furações, fotogravuras, fresagens etc. Gravação de peças metálicas, gravação de moldes, joalherias, circuito impresso, calçados etc.

Diversos tamanhos de área de trabalho desde 100 x 160 mm à 2.000 x 3.000 mm. Opcionais tais como: magazine para troca automática de ferramentas, "pre-setting" automático, cabeçote com até 60.000 rpm e 10 KW. Drive de comunicação HPGL, ISO entre outros. Compatível com qualquer "software" CAD/CAM existente no mercado. Possibilidade de digitalizar superfícies a serem gravadas.



Ind. Mel. FESMO Ltda.

Av. Dep. Benedito Matarazzo, 8.22
São José dos Campos - SP
CEP 12245-190 - Cx. Postal 270
Tel.: (012) 341.6556
Fax: (012) 341.4300
E-mail: fesmo@tecsat.com.br

Serviço de consulta 4715

matriz metálica com ferramenta de carbetto é inaceitável do ponto de vista industrial e produtivo. Com ferramentas de carbetto, somente a baixas velocidades de corte é possível alcançar valores aceitáveis de vida da ferramenta.

- As partículas de reforço influem sobremaneira nas características de usinagem destes materiais, agindo no sentido de reduzir drasticamente a vida da ferramenta quando se tenta utilizar parâmetros de usinagem normalmente utilizados na usinagem de materiais convencionais. A aplicação dos valores obtidos durante as usinagens baseadas na equação de Taylor mostrou que a variação da velocidade de corte na usinagem de compostos exerce influência na vida da ferramenta. Porém, ela não é tão acentuada como no caso da usinagem de materiais convencionais. A redução drástica da vida da ferramenta, neste caso, pode então ser atribuída à presença de partículas extremamente duras e abrasivas na estrutura destes materiais.
- Os índices de usinabilidade para os materiais com 10% e 15% de reforço, tomando o mate-

rial de 5% como padrão de referência (portanto de usinabilidade 100%), está na faixa de 48% e 29%, respectivamente. Estes são valores muito baixos e indicam a extrema dificuldade de usinagem deste tipo de material se comparado à usinagem de materiais convencionais.

Bibliografia

- 1] Ferraresi, D.: - Fundamentos da usinagem dos metais. V. 1, Ed. Edgard Blücher, p. XXV-XLIV/566-568, 1970.
- 2] ISO/DIS 3685: - Tool-life testing with single point turning tools. International Organization for Standardization, 2nd Edition, 1993.
- 3] Jesus, E. R. B.: - Obtenção, usinagem e desgaste de materiais compostos de matriz metálica processados via metalurgia do pó. Dissertação de mestrado, IPEN/USP, p. 22-36 / 39-72, 1998.
- 4] Metal Powder Report: - V. 53, n° 11, november 1998, p. 16-17.
- 5] Schwartz, M. M.: - Composite Materials Handbook. Mc Graw Hill, 1983, p. 1.1-1.3.
- 6] Show Case Catalogue: - Powder Metallurgy World Congress & Exhibition. Paris, France, june 5-9, 1994.
- 7] Show Case Guide: - Powder Metallurgy World Congress & Exhibition. Granada, Spain, october 18-22, 1998.
- 8] The International Journal Of Powder Metallurgy: - Award winning japanese parts. Vol. 35, n° 2, March 1999, p. 7-13.
- 9] Tomac, N.; Tønnessen, K.: - Machinability of particulate aluminium matrix composites. Annals of the CIRP, Vol. 41/1/1992, p. 55-8.
- 10] Weirnert, K.; Biermann, D.; Meister, D.: - Machining of metal matrix composites - tool wear and surface integrity. Proc. of ICCM-10, Whistler, B. C., Canada, August, vol. III, p III-589-96, 1995.

TORNO MULTIFUSO CNC

S 32/51 PC

Totalmente CNC

Torno automático multifuso S 32

Representante: São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais
 H. D. P. - Comércio e Assessoramento Técnico Ltda
 Rua Padre Manuel Goiano, 280
 CEP: 04414-100 - São Margerida - SP
 Tel.: (0xx11) 5621-8930 - Fax: (0xx11) 5621-3284
 E-mail: hdp@net.com.br

GURU
 MACHINING

Representante: Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul
 Av. Cândido de Abreu, 427 - cond. 1813
 CEP: 81630-400 - Curitiba - PR
 Tel.: (0xx41) 284-8470 - Fax: (0xx41) 284-8888
 E-mail: gade@netpar.com.br