

Tecnologia de usinagem com laser pulsado

PRODUÇÃO TÉCNICO CIENTÍFICA DO IPEN
DEVOLVER NO BALCÃO DE EMPRÉSTIMO

O uso do laser pulsado para o processamento de materiais já atingiu um grau tecnológico bastante avançado. Os desenvolvimentos em usinagem de metais dependem essencialmente de um relacionamento profundo dos parâmetros do processo e da metalurgia das ligas. Na tentativa de contribuir com esse processo, este artigo discute alguns aspectos da usinagem a laser que fornecem dados gerais sobre a tecnologia e a sua aplicabilidade em alguns casos interessantes para a indústria nacional.

M. S. F. Lima e S. P. Morato

Uma máquina a laser é formada pela fonte laser, por um sistema de entrega do feixe, um comando numérico e um sistema de deslocamento – que pode ser uma mesa de processo ou um robô. A usinagem a laser ocorre quando o feixe é focalizado sobre a superfície do material através de uma lente e atinge uma elevada potência, tipicamente acima de 1 MW/cm². Nesses níveis de intensidade concentrada, a zona exposta ao laser passa por múltiplos processos térmicos entre a

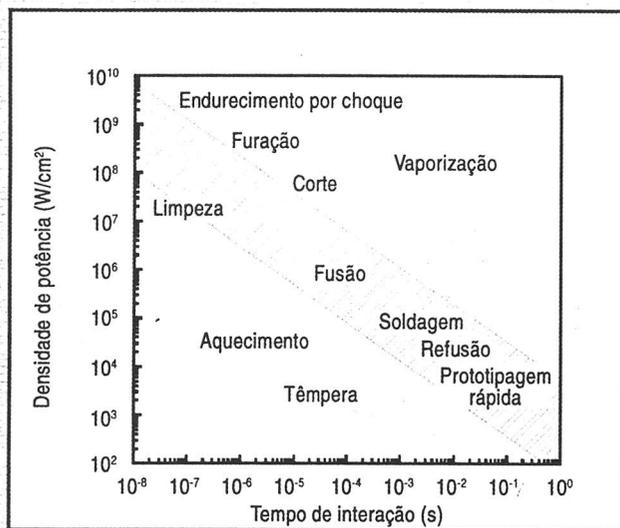
fusão e a formação de um plasma, formando uma cratera de poucos microns cúbicos de volume e ejetando partículas da zona em tratamento.

O feixe laser é muito concentrado, o que proporciona uma baixa zona afetada termicamente e, conseqüentemente, uma baixa deformação. Essa baixa deformação permite que a fixação das peças seja mais simples e com maior precisão. O processo laser tem alta reprodutibilidade devido às facilidades de robotização, inclusive permitindo o trabalho em geometrias complexas com máquinas de três ou mais eixos. Não existe desgaste de ferramenta, nem consumo de fluidos de corte, o que permite obter superfícies limpas e prontas para o uso.

Mas o processo também tem inconvenientes. Entre eles incluem-se:

- Relativo alto custo do investimento inicial do equipamento, que é amortizado mais rapidamente se a máquina operar continuamente e
- baixo rendimento energético, uma vez que menos de 40% da potência elétrica consumida transforma-se em potência óptica efetiva na saída do feixe.

Fig. 1 – Carta de processamento para laser pulsado



Milton Sergio Fernandes de Lima é pesquisador do Centro Técnico Aeroespacial, em São José dos Campos (SP). Spero Penha Morato é diretor da empresa LaserTools, em São Paulo (SP). Este artigo foi originalmente apresentado como palestra no Congresso Usinagem 2002 realizado nos dias 29 a 31 de outubro de 2002, em São Paulo (SP). Reprodução autorizada.

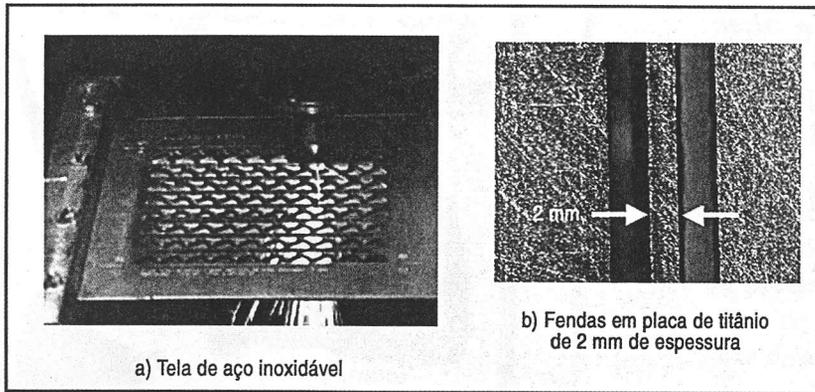


Fig. 2 – Exemplos de corte utilizando laser Nd:Yag

As características do *laser* levaram ao desenvolvimento de inúmeras aplicações desde a década de 1960, como os processos que utilizam *laser* pulsado. Como ilustração, a figura 1 (pág. 130) apresenta uma carta de processamento para os processos que utilizam *laser* pulsado. De uma forma geral, é possível verificar que existe uma diferença entre os processos que utilizam uma fonte de calor concentrada para unir (soldagem), melhorar a superfície (têmpera e refusão) ou sinterizar aglomerados (prototipagem rápida). Estes processos são caracterizados por uma baixa densidade de potência e longo tempo de pulso. Por outro lado, verificam-se os processos nos quais uma quantidade de material deve ser usina-

do (corte, furação e limpeza) ou encruado por *laser* (endurecimento por choque). Nestes casos, utiliza-se alta potência e curto tempo de pulso *laser*.

Embora exista no mercado um grande número de fontes *laser*, são utilizados essencialmente dois tipos no processamento de materiais: o CO₂ e o Nd:Yag. Quanto ao modo de funcionamento, o *laser* pode ser

dividido em contínuo (CW) e pulsado, segundo a luz contínua ou em intervalos de tempo.

As máquinas baseadas em CO₂, com comprimento de onda de 10,6 μm, representam cerca de 70% do mercado mundial e são conhecidas pela robustez e eficiência na produção automatizada. São essencialmente máquinas de potência contínua entre algumas dezenas de watts, para o corte de filmes poliméricos ou de chapas finas de acrílico para embalagens, até 3 kW para cortes de placas de aço carbono de 20 mm de espessura, 14 mm de espessura em inox ou ainda 8 mm de espessura em alumínio. A precisão de corte típico é de cerca de 1/10 mm. Os novos desenvolvimentos em *laser* CO₂ aumentaram ainda mais a potência e com-

Gravações Industriais



● CARIMBOS

● ELETRODOS
cobre/grafite

● ESCALAS
NÔNIOS

● ROLDANAS

● MACHO E MATRIZ

● POSTIÇOS DE
MOLDE

USINAGENS
de postigos (pequeno e médio porte)

- Alto e Baixo Relevo
- Peças Planas ou Raiadas
- Conforme Amostra, Desenho, Norma...
- Sistema CAD/CAM, Pantógrafos e Frezadoras CNC



GRAVURAS INDUSTRIAIS DAGER LTDA.

Novo Endereço:

Rua Toledo Barbosa, 507 - Belenzinho

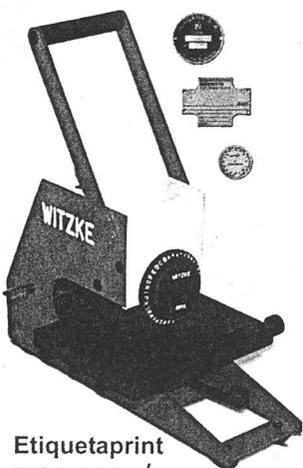
CEP 03061-000 - São Paulo - SP

Fone: (011) 291-5122 - Fax: (011) 6692-7554

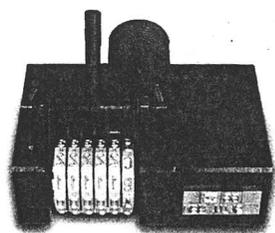
http: www.dager.com.br

e-mail: gravurasdager@terra.com.br

GRAVAÇÕES



Etiquetaprint
processo p/
marcar plaquetas

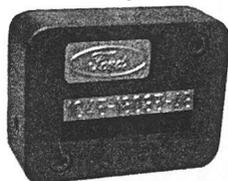


Numerador

Punções, tipos
e carimbos



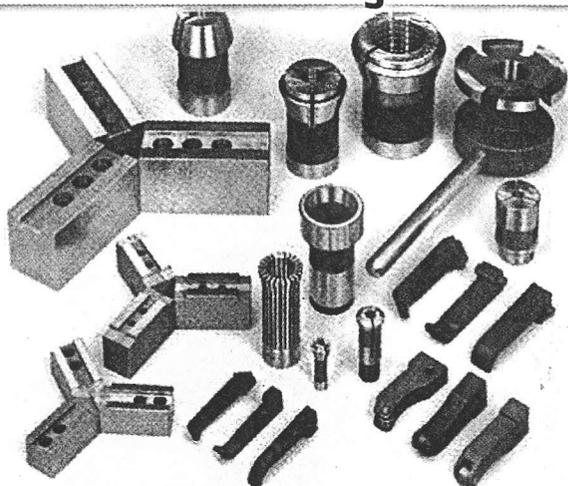
Porta Tipos



(11)4461-4122/4461-5243
www.witzke.com.br

Serviço de consulta 4228

FERRAMENTAS DE FIXAÇÃO



Pinças para tornos automáticos, revolver e CNC.
Garras para tornos automáticos monofusos e multifusos.
Castanhas para uso em placas automáticas.

DANIDREA®

INDUSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
Estrada das Lágrimas, 2362 -CEP 04232-000
São Paulo - SP - Tel/Fax: (0**11) 6947-1088
www.danidrea.com.br - danidrea@danidrea.com.br

Serviço de consulta 4229

pactaram as fontes *laser*, porém os investimentos estão reduzidos a alguns nichos como a indústria naval e de corte de chapas grossas. Embora menos comum, o *laser* CO₂ também pode ser pulsado, necessitando de menor potência média e, portanto, de cavidades menores. Ele foi aplicado com sucesso no processamento em microeletrônica, em escala de produção seriada. Entretanto, nesta faixa de aplicações, o *laser* de estado sólido, como o Nd:Yag, apresenta maior aceitação.

As máquinas baseadas na tecnologia Nd:Yag, com comprimento de onda de 1,06 μm, representam pouco mais de 10% do total instalado, para uso em operações de corte e solda. São equipamentos para trabalhos refinados, com precisão superior a 1/100 mm e para microusinagem. Geralmente, elas possuem uma faixa de potência média inferior à do *laser* CO₂, chegando a 1 kW nas versões comerciais, e trabalham em regime de pulsos. Este tipo de *laser* também pode operar em regime Q-Switched, gerando pulsos curtos que são especialmente eficazes para sistemas de gravação.

O comprimento de onda do *laser* Nd:Yag permite a entrega do feixe por fibra óptica, o que dá especial versatilidade à técnica. Recentemente, foram desenvolvidas máquinas *laser* Nd:Yag de alta potência em modo contínuo, aliando o aumento da absorção dos metais pelo *laser* Nd:Yag à melhoria no ciclo térmico de processamento. No entanto, estes desenvolvimentos estão primeiramente focados em solda contínua de blanques, como no caso da carroceria de automóveis em alumínio, onde a absorção do Nd:Yag é muito superior à do CO₂.

Existem também máquinas híbridas de processamento que usam TIG + *laser*, plasma + *laser*, jato de água + *laser* e puncionadeira + *laser*. Naturalmente, todas têm vantagens e desvantagens competitivas frente às novas necessidades de qualidade e automação, mas já estão estabelecidas para produtos específicos em algumas empresas.

Aplicações em corte e furação

O corte e furação a *laser* são essencialmente o mesmo processo, uma vez que a

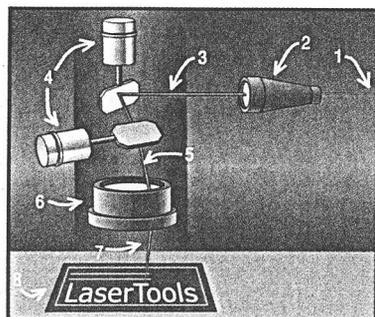


Fig. 3 – Princípio de operação do laser para gravação (os números estão referidos no texto)

ferramenta envolvida é apenas luz. O corte a *laser* realiza-se essencialmente por fusão ou vaporização (ablação). Na figura 2 (pág. 132), são apresentados exemplos de corte a *laser* de aço inoxidável e titânio.

No processo de corte por fusão, o *laser* funciona como uma fonte de calor quase pontual, gerando um canal de vapor ao redor de uma camada de líquido. O sistema que compreende o canal de vapor e o líquido é chamado de *key-hole*. O processo de corte ocorre como o sopro deste líquido por um jato de gás coaxial ao feixe, conforme mostra a figura 2a. A largura do corte, ou *kerf*, tem, em geral, entre 0,1 e 0,5 mm. Porém, pode ser maior conforme a aplicação, como no caso apresentado na figura 2b onde foram fabricadas fendas com 2 mm em uma chapa de titânio.

No processo de corte por ablação, o feixe fornece essencialmente calor latente para a transformação sólido-gás. O material é aspirado da zona de usinagem, para evitar redepisição de partículas. Este processo é possível apenas com *laser* de pulsos curtos, em geral abaixo dos 100 ns. O processo de corte por vaporização é aplicado, sobretudo, quando o substrato não pode receber quantidades mínimas de calor, como no caso de operações cirúrgicas, restauração de papéis e pinturas e em cerâmicas. No caso de metais, a prática industrial é o uso do corte térmico.

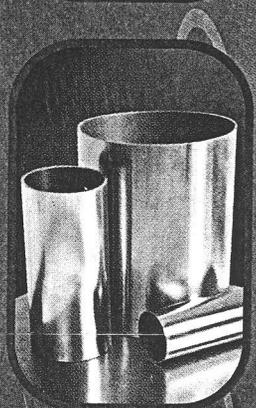
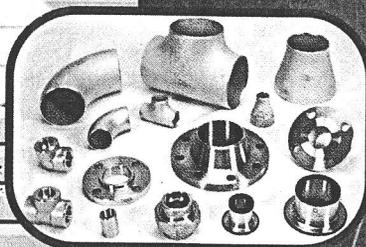
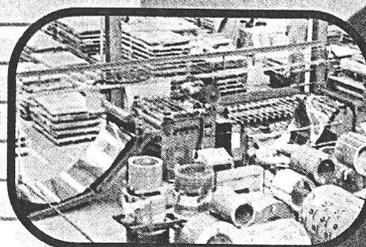
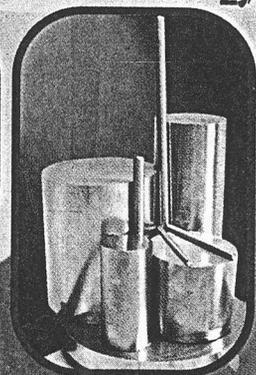
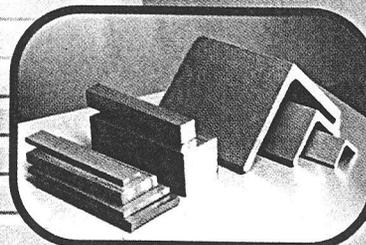
O corte por fusão é muito mais econômico energeticamente e mais produtivo do que a ablação (considerando-se a velocidade de corte como parâmetro) e ainda pode utilizar um recurso adicional de calor, por reação

GRUPO FEITAL

FEITAL • TUBRA • FITTINOX

AÇO INOXIDÁVEL

www.feital.com.br



Divisão FEITAL

- Placas, bobinas, chapas e tiras;
- Barras: sextavadas, redondas, quadradas, chatas e cantoneiras.

Tel: (11) 4343-1800
Fax: (11) 4343-4043
e-mail: feital@feital.com.br

Divisão TUBRA

- Tubos redondos, quadrados e retangulares.

Tel: (11) 4343-1900
Fax: (11) 4343-8344
e-mail: tubra@feital.com.br

Divisão FITTINOX

- Conexões de aço: inox; carbono e ligados.
- Válvulas.

Tel: (11) 4343-1950
Fax: (11) 4343-4933
e-mail: fittinox@feital.com.br

56
anos

MATRIZ

INOX-TECH SERVICENTER LTDA.
Av. Moinho Fabrini, 1296
São Bernardo do Campo

FILIAIS

Rio de Janeiro
Tel: (21) 2270-9922
Fax: (21) 2280-7449

Porto Alegre
Tel/Fax: (51) 3347-1047

Belo Horizonte
Tel: (31) 3462-8166
Fax: (31) 3462-6922

Recife
Tel: (81) 3472-0000
Fax: (81) 3472-4449

Salvador
Tel: (71) 369-1031
Fax: (71) 396-1079

Tabela 1 – Velocidades típicas de corte em ligas metálicas selecionadas

Material	Espessura (mm)	Chama (mm/min)	Plasma (mm/min)	Laser*** (mm/min)	Laser**** (mm/min)	Jato d'água abrasivo (mm/min)
Aço carbono	5	850	4.500*	2.200	4.800	200
	20	660	2.000*			
Inoxidáveis	3	-	5.000**	6.500	7.200	200
	40	-	500**			
Alumínio	2	-	6.000**	1.000	24.000	800
	40	-	1.200*			

*Plasma N₂, 500 A; **Plasma Ar/H₂, 240 A; ***Laser CO₂, 1.000 W; ****Laser Nd:YAG LaserTools

exotérmica, entre o gás de processamento e o material a ser cortado. Um exemplo prático de aplicação é o corte com Nd:Yag de uma chapa de aço inoxidável de 2,5 mm de espessura. A velocidade de corte com uso de fluxo de nitrogênio (N₂) é de 4,2 m/min, enquanto o mesmo corte com uso de oxigênio (O₂) é realizado a 7,2 m/min. Isto equivale a um aumento de produtividade de 71%. Deve-se considerar, no entanto, que, dependendo da composição da peça, uma carepa de óxido persiste na superfície e pode gerar um trabalho adicional na peça. Por exemplo, peças espessas de aço inoxidável podem apresentar o tom tipicamente azul-esverdeado próximo à zona afetada termicamente. No caso de peças com problemas de oxidação maciça e pirofóricas, como as ligas de magnésio, deve-se escolher um fluxo de atmosfera inerte.

O corte se inicia com um pulso ou mais pulsos de alta energia na mesma posição, chamado *piercing* – ou furação por percussão. Esta operação é delicada, uma vez que os cavacos produzidos são expelidos na direção do feixe. O arraste destas partículas pelo gás é essencial, para preservar o bico e

a óptica do equipamento. Também é comum que a cabeça de processamento conte com um vidro de proteção, trocado de tempos em tempos, para evitar que o líquido danifique a óptica de focalização do feixe. A limpeza do caminho óptico é essencial para o andamento do

processo, o que faz com que a maioria dos sistemas modernos de corte a *laser* conte com sistema de monitoramento com câmeras CCD.

No caso de corte a *laser* com robô, existem rotinas próprias de checagem, que devem ser respeitadas durante o ciclo de processamento. Entre os problemas associados a uma má administração de particulados incluem-se a redeposição com contaminação da peça, a possibilidade de partículas encobrirem o feixe, diminuindo a energia dos pulsos, e a possibilidade de aspiração dos resíduos pelos operadores.

Após a formação do *piercing*, o canal está aberto para iniciar o processo de corte. A continuação do processo pode ser realizada com uso de *laser* contínuo (CW) ou pulsado. Em geral, os trabalhos com *laser* CW são realizados em materiais mais espessos, enquanto os *laser* pulsados são utilizados em trabalhos em seções mais finas.

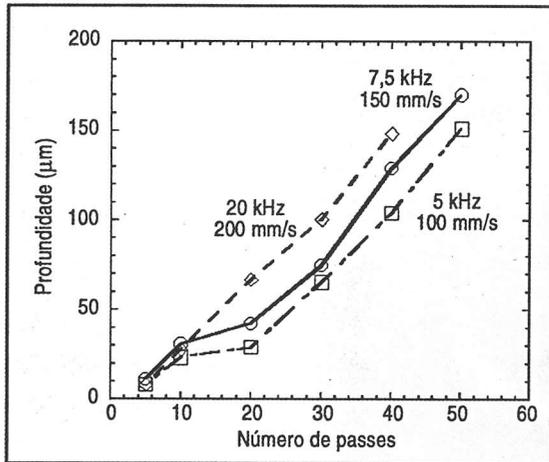
Características do *laser* pulsado

A eficiência do processo de usinagem a *laser* depende fundamentalmente das ca-

Fig. 4 – Etapas do processo de elaboração de uma gravação profunda



Fig. 5 – Evolução da profundidade média em função do número de passes laser para gravação profunda segundo três diferentes parâmetros



racterísticas do *laser* e do material a ser usinado. Melhores resultados são obtidos quando os pulsos *laser* são curtos o suficiente para confinar a interação térmica a poucos microns na superfície do material. Um fator comumente empregado para determinar a profundidade de interação do *laser* nos metais é dado pela raiz quadrada

do produto entre a difusividade térmica e o tempo de pulso:

$$\xi = \sqrt{\alpha \times t_p}$$

Quanto menor o valor de ξ , mais confinada ficará a quantidade de calor entregue pelo feixe *laser*. Portanto, existe mais matéria eliminada via vaporização e o corte será mais limpo. Em peças com alto α , como as de cobre ou alumínio, deve-se procurar estabelecer um regime de pulso curtos, em geral abaixo dos 0,3 ms. Considerando a difusividade térmica de uma liga de titânio ($\alpha = 7 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$), por exemplo, o valor de ξ pode variar entre 1 μm para um pulso de 100 ns até 260 μm para um pulso de 10 ms. Evidentemente, este valor é apenas um indicativo, uma vez que não considera a absorção real do feixe *laser* na matéria e o efeito do acúmulo de vários pulsos próximos à mes-

EXCELÊNCIA EM FERRAMENTAS DE METAL DURO

MAFORD

Limas Rotativas em Metal Duro

Fresas de Topo Inteiriças de Metal Duro

Ferramentas para Acabamento de Molde

Pontas Montadas Diamantadas

ABC ITAMARATI
Comercial Importadora Ltda.

TEMOS ESTOQUE!

Tel.: (0xx11) 4229-6695/4229-9560 / Fax: (0xx11) 4228-1537
E-mail: abcitamarati@ig.com.br

CILÍNDRICAS / ESTRIADAS **BROCHAS**

PLANAS

SERVIÇO DE AFIACÃO

BROCHAMENTO

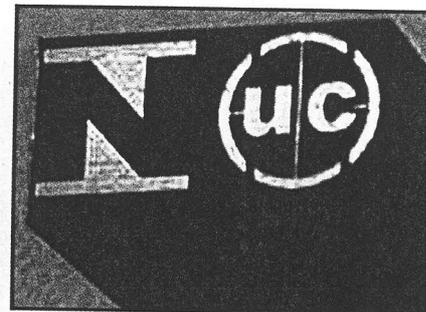
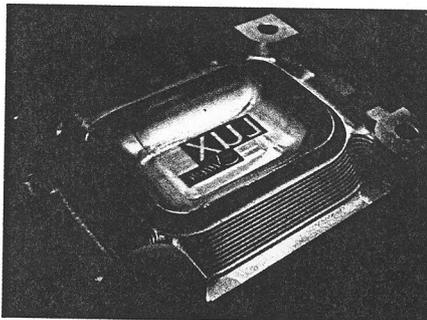
STANDARD PARA CHAVETA **PARA USINAGEM**

www.brochas.com.br

DALMASO
EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

DALMASO EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.
Rua Itajubá, 525 - Cumbica - Guarulhos - São Paulo
CEP: 07222-030 e-mail: dalmaso@brochas.com.br
Fone: (0xx11) 6412 1398 Fax: (0xx11) 6412 7462

Fig. 6 – Exemplo de gravações profundas em matrizes (esquerda) e eletrodos (direita)

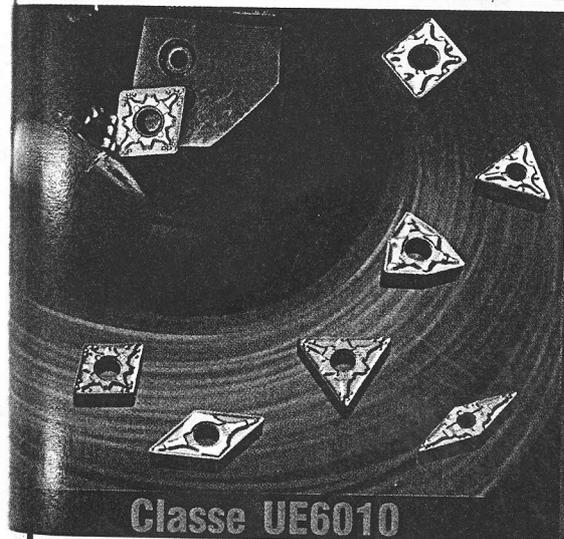


ma região, quando o corte se realiza mais lentamente.

Quanto à velocidade de corte, o processo *laser* CO₂ situa-se na média, entre o corte por chama e por plasma, enquanto o *laser* Nd:Yag apresenta os maiores índices de produtividade (tabela 1, pág. 136). Para uma mesma potência média, um *laser* pulsado é mais eficiente para usinagem do que um *laser* CW, pois cada pulso entrega uma quantidade de potência instantânea muito superior. Ainda na tabela 1, evidencia-se a alta velocidade para o corte de um perfil de 2 mm de alumínio com o uso do *laser* Nd:Yag pulsado, como o da empresa LaserTools. Este corte, realizado com oxigênio e com 0,6 ms de largura de pulso, provoca uma zona com ξ de apenas 0,2 mm ($\alpha_{\text{alumínio}} = 6 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$).

Embora pequena, deve-se considerar o efeito da fusão e solidificação rápida na superfície do material. A zona fundida pode ser tão grande como ξ , a profundidade de interação, ou maior, dependendo da velocidade de processamento e da frequência de pulsação do *laser*. Um exemplo clássico é a austenitização da perlita nos aços, próximo da aresta ou furo, que leva a uma perda local da dureza.

A microestrutura mais apropriada em várias aplicações é a martensita da têmpera com fina distribuição de carbeto. Este tipo de



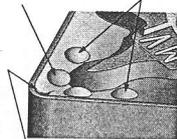
Classe UE6010

Nova classe com Cobertura CVD para torneamento de aços e ferro fundido, que tem aperfeiçoadas as propriedades de resistência a quebras e desgaste.

1. Melhores propriedades de controle de cavacos mesmo em pequenas profundidades de corte.

2. Melhor controle de cavacos em usinagens de cópias.

3. Aresta Positiva Variável (positiva no raio e reforçada na aresta).



MITSUBISHI CARBIDE

De quebra,
você ganha
primeira
classe em
usinagem.

Quebra-cavacos MV

MMC METAL DO BRASIL LTDA.
Subsidiária da Mitsubishi Materials Corp.

Al. Joaquim Eugênio de Lima, 187 - 2º andar - cj. 21
Bela Vista - São Paulo - SP - CEP 01403-001
Telefone: (11) 3253-9210 FAX (11) 287-8587
e-mail: vendas@mubr.com.br

Tabela 2 – Quadro sintético de performance e custos das diferentes opções em usinagem e conformação de metais planos

	Laser CO ₂ 2.000 W	Laser Nd:YAG LaserTools	Jato d'água abrasivo (3.500 bars)	Eletroerosão a fio (0,25 mm)	Puncionadeira CNC
Espessura máxima	12 mm	5 mm	200 mm	400 mm	10 mm
Melhor faixa	0,5-6 mm	0,01-2 mm	5-20 mm	40-60 mm	0,5-5 mm
Precisão	0,1-0,3 mm	0,01-0,05 mm	0,2-0,5 mm	0,005-0,03 mm	0,1-0,3 mm
Velocidade	1-10 m/min	0,5-50 m/min	0,1-1 m/min	< 20 mm/min	-
Investimento inicial aproximadamente em milhares USD	300-500	150-300	20-350	120-300	100-400

microestrutura pode ser gerada por uma conveniente parametrização das variáveis, sobretudo daquelas relacionadas com a taxa de resfriamento. Os gases envolvidos no corte também podem provocar alterações substanciais nas propriedades da peça. Foi verificado que quando o nitrogênio é usado como gás de arraste para o corte do titânio existe, eventualmente, a presença de microprecipitados de nitretos próximos à aresta cortada.

Gravação e usinagem de matrizes

O equipamento *laser* para usinagem 3D, marcação e gravação profunda difere daquele utilizado para usinagem 2D. Conforme mostra a figura 3 (pág. 135), um feixe *laser* (1) é enviado a partir de uma cavidade *laser* Nd:Yag. O feixe passa pelo conjunto de lentes telescópicas (2), onde é expandido para evitar danos para a óptica que vem depois. Este feixe expandido (3) é dirigido por um sistema de espelhos montados sobre galvanômetros (4), que permitem varrer uma superfície bidimensional. O feixe resultante (5) é posteriormente focalizado por uma lente convergente *flat-field* (6). Essa lente tem a propriedade de focalizar o feixe em uma determinada área de gravação, mantendo o foco aproximadamente constante, enquanto o feixe se desloca através do campo. É o feixe convergente (7) que interage com a peça (8) durante o processamento.

A combinação do *laser* de Nd:Yag e um sistema óptico de posicionamento de feixe tem a versatilidade de gravar imagens com controle por computador, além de poder marcar a maior gama possível de materiais. Este

sistema de marcação com direcionamento de feixe pode virtualmente duplicar qualquer imagem gráfica vetorial, inclusive com larguras de linha variáveis, com larguras e precisão tão pequenas quanto 20 μm . Além disso, qualquer elemento gráfico da imagem pode ser instantaneamente alterado pelo computador, antes que uma nova peça seja posicionada para marcação. Como a imagem é criada delineando-se com o feixe *laser*, o tempo de marcação depende da quantidade de texto e da complexidade dos gráficos.

A relação entre a frequência dos pulsos e a velocidade de marcação (velocidade de varredura do feixe) estabelece o grau de sobreposição entre pulsos sucessivos ao longo da linha marcada. Em uma determinada frequência de pulsos, uma velocidade de marcação baixa resultará em um alto grau de sobreposição de pulsos, o que causará um efeito térmico na superfície. Por outro lado, se a razão entre taxa de pulso e velocidade é alta, pode ocorrer separação entre pontos na marcação. Os dados a serem gravados (gráficos e textos) são, geralmente, criados, editados e manipulados com base em programas CAD.

Os conhecimentos do funcionamento do sistema e de sua parametrização são essenciais, além dos requerimentos para a criação ou edição de arquivos vetoriais que serão utilizados no processamento a *laser*. Pontos de nó, preenchimentos e contornos devem ser cuidadosamente manipulados no arquivo contendo o gráfico vetorial, para se obter um processamento eficiente e otimizado.

O *laser* pode gerar figuras complexas em alto e baixo relevos se forem utilizados recursos de arquivos de rotinas disponíveis no

computador. Esses recursos são extremamente importantes para a fabricação de moldes para fundição e injeção de plásticos. A figura 4 (pág. 136) fornece uma seqüência do processo de fabricação de uma medalha. A parte 1 apresenta o projeto da peça, realizado geralmente com o recurso *polyline* ou *polyface* de CADs comerciais. Na parte 2 realiza-se a manipulação da imagem, para criar curvas de nível. Esta etapa é complexa e muitas vezes necessita de um tratamento em separado do banco de dados, para permitir uma correta programação do *laser*. Finalmente, na parte 3 o banco de dados é exportado para o programa controlador da cabeça de gravação, que executa a tarefa de forma automatizada.

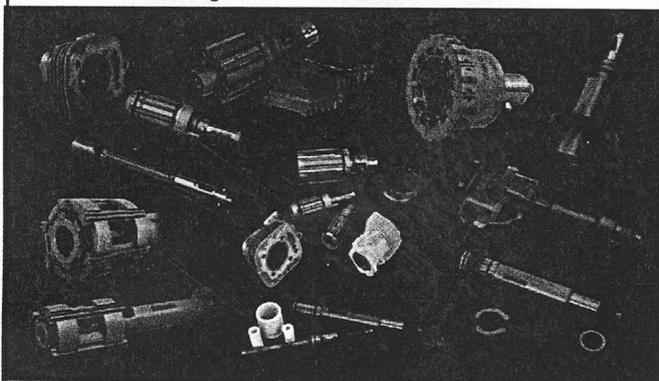
O conhecimento do efeito dos parâmetros do processo sobre a qualidade final da gravação é essencial para a realização do trabalho. Fatores como potência, tempo de pulso, frequência de pulsos, focalização, atmosfera e velocidade de processamento

são intensamente estudados, para promover gravações com qualidade semelhante às produzidas por eletroerosão. Como exemplo, um estudo do aprofundamento da gravação em moldes de aço H13 é apresentado na figura 5 (pág. 138). Pode ser observado um aprofundamento mais efetivo em altas frequências de pulsação (20 KHz) e altas velocidades de varredura (200 mm/s). Este efeito foi associado a uma melhoria do processo ablativo, em detrimento da componente térmica (fusão) do processo.

Para moldes de injeção, o processo pode ser realizado tanto na peça quanto no eletrodo de eletroerosão. O custo do eletrodo é muito menor do que o do molde. O processamento de eletrodos também evita possíveis erros de projeto e permite a criação rápida de um jogo de peças. Na figura 6 (pág. 139) são apresentados dois exemplos de gravação a *laser*: um molde para sabonete e um eletrodo de liga de cobre.

BRUNITEC®

Solução em Brunimento



NOSSA LINHA DE PRODUTOS

Ferramentas de Brunir, para os mais diversos campos de atividade.

Haste pendular biarticulada.

Retrofitting de máq. brunidoras

Cabeçote distribuidor de ar para medição pneumática em processo.

Brunidores Diamantados e de CBN (Nitreto Cúbico de Boro)

Adaptadores para sujeição de ferramentas de brunir em todas as marcas de máquinas brunidoras existentes no mercado nacional e internacional.

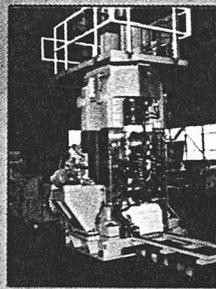
Calibres de metal duro para medição em processo.

Brunitec de Salto - Máquinas e Ferramentas de Brunir Ltda.
 Rua Taça Jules Rimet, 305 Jardim Barcela
 CEP 13321-271 Salto-SP Tel. (55-11) 4028-1963
 Fax (55-11) 4021-3629 brunitec@uol.com.br
 www.brunitec.com.br

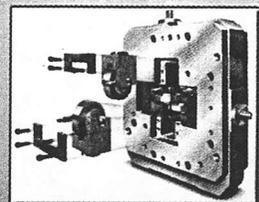


Serviço de consulta 4236

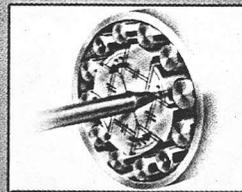
MÁQUINAS PARA CONFORMAÇÃO DE METAIS



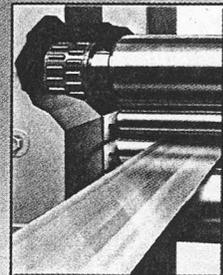
Laminador



Cabeçotes para Trefilar



Forjadora Marteladora



Laminação

FENN

AM REPRESENTAÇÕES COMÉRCIO IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO LTDA.
 Rua Francisco de Moraes, 137 - Chac. Sto Antonio - CEP 02714-010 - São Paulo/SP
Fone: 11 5181-1911 - Fax: 11 5182-0314 - E-mail: amrepr@uol.com.br

Serviço de consulta 4237

Desempenho e custos

A tabela 2 (pág. 140) apresenta um quadro comparativo entre diferentes tecnologias de usinagem e conformação, segundo critérios de desempenho e custos. Percebe-se que o *laser* apresenta a característica de trabalhar com perfis planos relativamente finos a alta velocidade de corte e com boa precisão. O *laser* Nd:Yag ocupa o limite inferior de espessuras de trabalho. A máquina *laser* CO₂, embora de potência média (2 kW), apresenta um alto investimento inicial em comparação com as outras. A opção pelo Nd:Yag é atraente, sobretudo devido ao preço similar ao da eletroerosão a fio, mas de maior velocidade.

Desenvolvimentos em curso

Entre os desenvolvimentos em curso incluem-se:

- *Laser* para processamento de metais operando na faixa dos femtossegundos (10^{-15} s). Lembrando-se que ξ (a profundidade de interação do *laser*) depende do tempo de pulso, obtém-se um valor de $\xi = 2 \times 10^{-10}$ m. Este valor é da ordem da distância entre os átomos do metal e, portanto, o efeito térmico é desprezível.
- Barateamento das soluções existentes. Em breve, espera-se adquirir sistemas a *laser* de gravação, completo, por US\$ 15.000,00.
- Melhorias no processo de gravação profunda, em especial com o controle da rugosidade.
- Novos produtos em engenharia biomédica estão sendo nacionalizados, como consequência do avanço no projeto e engenharia de implantes. Peças como implantes cervicais, *stents* e alongadores ósseos podem ser produzidas com a atual tecnologia de usinagem a *laser*.

ETP - A / ETP - T



Buchas de fixação com sistema hidro-friccional. Disponíveis nas seguintes dimensões: ETP-A: Ø 15-100 mm / Torque: 43-12.500 Nm. ETP-T: Ø 15-70 mm / Torque: 40-6.500 Nm.

ETP - K



Bucha de fixação mecânica Série ETP-K de dimensões compactas. Disponível para eixos de Ø 6-40 mm / Torque de 5,9-720 Nm.

SD INDEX HANDLE



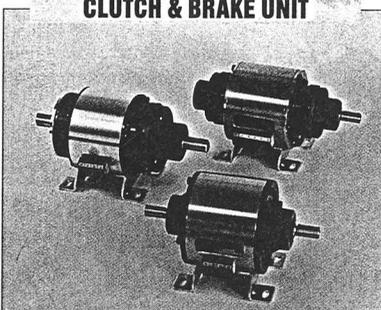
Indicadores de posição SD possuem design compacto e leve, facilidade de leitura e operação livre de manutenção. Disponíveis nas escalas de 1/4 a 1/64 nos sistemas "pêndulo" e "diferencial", com a opção para volante e sentido horário e anti-horário.

EMBREAGEM E FREIO ELETROMAGNÉTICO



Alta performance, precisão de posicionamento, resposta rápida e estável com dimensões compactas e várias opções de flanges e armaduras. Disponíveis com torque entre 0,2-320 Nm e furos Ø 5-60 mm.

CLUTCH & BRAKE UNIT



Unidade combinada com freio e embreagem montados com carcaça e eixos de entrada e saída em diversas configurações. Disponíveis nos modelos: 121, 122 e 125 e torques entre 2,4 a 320 Nm.

NON EXCITED BRAKE



Freios sem excitação com aplicações em parada de segurança ou posicionamento, operam quando não energizados. Disponíveis nos modelos BXM, BXL, BXH, XS e 458, com torques de 0,12-44 Nm.

Hitachi Maxco, Ltd.
www.hitmax.com



MIKI PULLEY CO., LTD
www.mikipulley.co.jp



ORIENTAL CHAIN MFG. CO., LTD.
www.ocm.co.jp



ITO DENKI
www.itohdenki.com

ZERO-MAX
www.zeromax.com

KAISHIN
INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

Rua Belchior Carneiro, 239 - Lapa de Baixo - CEP 05068-050 - São Paulo - SP

Tel: 0XX(11) 3617-3141

Fax: 0XX(11) 3617-3142

E-mail: atendimento@kaishin.com.br

Site: www.kaishin.com.br