

## Equipamento

# Requisitos da aplicação determinam o melhor processo para corte de chapas

A escolha do processo e do equipamento a ser usado no corte de chapas metálicas que darão origem a diferentes produtos deve ser norteada pelo tipo de peça objetivado, pelas características do material e pelo grau de desempenho que cada técnica oferece. É o que mostra o autor deste artigo, ao comparar dois tipos de processos que, combinados entre si, dão origem a quatro possibilidades de configuração de equipamento para corte de chapas.

*Andrew McCarlie*

**U**ma puncionadeira, uma máquina de corte a *laser* ou um equipamento com ambas as possibilidades seria a escolha mais adequada para as necessidades de uma empresa que processa chapas? Esta é uma grande questão que surge ao se cogitar a aquisição de um equipamento.

Uma puncionadeira proporciona velocidade, mas seria ela suficientemente flexível? O *laser* proporciona cortes com alta qualidade, mas seria ele capaz de dar conta de grandes lotes a serem cortados, para os quais parece ser muito mais adequado usar uma puncionadeira? Faria sentido usar uma máquina envolvendo processos de puncionamento/cisalhamento ou puncionamento/*laser*, ou seria melhor dispor de duas máquinas in-

dependentes para cada processo? Estas são questões que precisam ser analisadas profundamente e respondidas com base em testes, antes de se definir o pedido de compra.

Certamente essas questões decorrem do fato de que os fabricantes de máquinas oferecem muitas opções e esses fornecedores de tecnologia afirmam que combinam a máquina certa com a necessidade de produção.

Naturalmente o ajuste da tecnologia às necessidades individuais de um processador nunca é simples. Mas algumas diretrizes básicas podem ajudá-lo a decidir se uma puncionadeira, uma máquina a *laser* ou uma combinação das duas será a melhor solução para trabalhar com chapas metálicas.

### O arranjo da máquina

As opções de máquinas para corte por puncionamento ou a *laser* incluem:

- Puncionadeira vertical, com sistema de puncionamento hidráulico ou servoelétrico, até 4.660 mm, auto-indexada com carga plena ou com múltiplas estações para ferramentas. A auto-indexação proporciona a possibilidade de rotação e múltiplos formatos indexáveis para a geração de contornos.
- *Laser* com óptica flutuante, com servoacionamento digital por corrente alternada ou motor linear.
- Máquinas que combinam puncionamento/cisalhamento com servoacionamento digital por

## Equipamento

corrente alternada ou por motor linear.

- Máquinas que combinam *laser*/puncionamento com sistemas de puncionamento hidráulico ou servoelétrico com servoacionamento digital por corrente alternada ou por motor linear.

Para obter produtividade máxima e conseguir escolher o tipo de máquina que representa a melhor solução nesse sentido é necessário considerar todos os fatores envolvidos na fabricação do produto que se deseja processar a partir de chapas metálicas. Alguns dos fatores que precisam ser considerados são:

- A nova máquina será uma solução provisória destinada apenas ao aumento de capacidade?
- A decisão de adquirir uma nova máquina será influenciada pelo nível de conforto do operador com o equipamento e *software* já existentes?
- Deseja-se melhorar a qualidade das peças produzidas?

- Serão produzidos grandes ou pequenos volumes de peças na nova máquina?
- Está sendo feita uma tentativa de se reduzir o volume de trabalho no processo?
- Está sendo feita uma tentativa de se reduzir custos de mão-de-obra?
- O objetivo seria combinar diversas etapas de manufatura em apenas uma?

Assim que essas questões tenham sido respondidas e quantificadas, ficará muito mais claro se se deseja adquirir uma puncionadeira vertical, uma máquina a *laser*, uma máquina que combina puncionamento/cisalhamento ou *laser*/puncionamento.

A seguir serão vistas as propriedades de cada tipo de máquina.

### Puncionadeira vertical

As puncionadeiras atuais, como a mostrada na figura 1 (pág. 51), oferecem grande flexibilidade aos

processadores de chapas metálicas. Os fabricantes de equipamentos e ferramentas continuam a empreender grandes esforços no desenvolvimento de novos equipamentos que são não apenas mais precisos e econômicos, como também capazes de eliminar operações secundárias, ao mesmo tempo em que executam tarefas que seriam consideradas impossíveis há apenas alguns poucos anos.

Por exemplo, se houver a necessidade de um equipamento que proporcione rápida geração de contornos e a conformação de uma variedade de materiais – incluindo alumínio, aço inoxidável, aço laminado a frio e Lexan – com espessuras desde 0,4 mm até 8,0 mm, então uma puncionadeira vertical será uma boa escolha. Alguns modelos possuem múltiplas estações indexáveis com carga plena, de 89 mm, com ampla capacidade para ferramentas. Essas estações, quando combinadas com ferramentas modernas, plenamente guiadas e com alta velocidade,



Fig. 1 – Puncionadeira (servoelétrica e hidráulica)

Furação econômica	Sim
Nível de utilização de material	Limitada/difícil
Operações secundárias	Vibrador de peças, manipulação de sucata, remoção de abas, rebarbação, inventário específico de blanques
<i>Nesting</i>	Limitado
Manipulação de material	Carregamento/descarregamento manual limitado
Integração com outros processos	Não-automatizada
Conformação	Para cima com indexação, bom controle, sem marcação
Requisitos para o operador	Um operador/turno/máquina
Produtividade	Dependente do operador
Flexibilidade	Alta, requer mão-de-obra e ferramental
Requisitos de espaço físico	Compacto
Operações combinadas	Sim, com múltiplas opções de ferramental (deslocamento, marcação, etc.)
Compatibilidade de ferramental	Ferramental já existente
Qualidade da peça	Boa precisão, marcas de mordida
Ajuste manual	Grande capacidade para ferramental com múltiplas ferramentas, tempo de <i>set up</i> reduzido.

feitas com aço M2 resistente ao desgaste, permitem o uso de ferramentas longas, estreitas e divisíveis, as quais maximizam o uso de material e reduzem o tempo de ciclo.

Se as marcas da ferramenta sobre as peças não constituírem problema e as peças não apresentarem muitos contornos, então geralmente uma puncionadeira vertical, acoplada a um *software* eficiente de programação, será a solução mais adequada e econômica. O fato de a máquina dispor de mais de cinco estações indexáveis de 89 mm, com alta velocidade e carga plena, possibilita curtos tempos de ajuste com a capacidade de indexar as ferramentas de conformação.

Quando se requer a conformação com alta precisão, então se faz

## Equipamento

necessária a grande acuracidade de uma puncionadeira servoelétrica. Os movimentos precisos das placas superior e inferior ajudam a criar flanges e formatos especiais, reduzindo, portanto, a necessidade de operações secundárias.

Contudo, as puncionadeiras verticais servoelétricas não oferecem a capacidade de carga ou a velocidade de suas versões hidráulicas.

Elas são projetadas de forma a serem modulares e possuírem sistemas de carga/descarga que as tornem ainda mais eficientes. Elas também possuem *software* de produção especial incorporado para permitir o controle automático ou remoto da produção.

As necessidades de treinamento e a habilidade para o ajuste requeridas neste caso para os operadores variam de pouco a medianamente complexas.

### Custos de operação

Para uma puncionadeira vertical hidráulica, os custos de operação incluem ferramental, eletricidade, mão-de-obra e espaço físico. As típicas atividades de manutenção incluem trocas de óleo, filtros, desgaste e danos causados pelo ferramental. No caso de uma puncionadeira vertical servoelétrica, os custos de energia são consideravelmente menores. Não é necessária manutenção associada ao uso de óleo hidráulico, mas os acionamentos mecânicos e itens sujeitos a desgaste requerem manutenção.

### Máquina a *laser*

Um equipamento a *laser* com óptica flutuante, como o mostrado na figura 2, freqüentemente é escolhido quando a qualidade da peça – e não o tempo de processamento –

é a principal preocupação, juntamente com peças muito complexas, que apresentem muitas curvas e pequenos detalhes. A distorção da peça também pode ser um fator importante ao se processarem materiais com espessura superior a 6,35 mm.

Naturalmente deve-se ter em mente o efeito térmico decorrente do processo de corte a *laser*, o qual pode ocasionar complicações e impedir que certas peças sejam processadas de forma efetiva, particularmente se apresentarem características de expansão térmica altas ou amplas.

A necessidade de programação é mínima porque o *laser* é o

único ferramental e não executa quaisquer seqüências de conformação. O *software* de produção, o qual possibilita o ajuste de lotes múltiplos, é incorporado à máquina. A capacidade de distribuição (*nesting*) de peças em uma mesma chapa pode ser muito alta, dependendo da peça e do tamanho da chapa, e geralmente a distorção da chapa é mínima.

### Tipo e espessura do material a ser cortado determinam o uso de gás

O corte a *laser* requer do operador um treinamento e habilidades no *set up* da máquina que apresentam complexidade de



Fig. 2 – Corte a *laser*

Furação econômica	Não sob velocidade padrão da máquina, sim com óptica flutuante de alta velocidade
Nível de utilização de material	Excelente
Operações secundárias	Vibrador de peças, manipulação de sucata, remoção de abas, rebarbação
<i>Nesting</i>	Bom
Manipulação de material	Carregamento/descarregamento manual limitado
Integração com outros processos	Não-automatizada
Conformação	Não
Requisitos para o operador	Um operador/turno/máquina
Produtividade	Dependente do operador
Flexibilidade	Limitada, apenas o processo simples requer mão-de-obra, nenhum ferramental especial
Requisitos de espaço físico	Compacto
Operações combinadas	Não
Compatibilidade de ferramental	Não se aplica
Qualidade da peça	Boa precisão e alta qualidade com operador experiente e <i>set up</i> adequado
Ajuste manual	Alguns ajustes requerem regulagem de foco e bicos para troca de procedimento conforme o material

## Equipamento

média a alta. Porém, dispensa-se a execução de *set up* do ferramental. A qualidade do corte é fortemente determinada pela habilidade do operador.

Geralmente, cada lote precisa ser ajustado e testado previamente na máquina a *laser* em função de variações do material. Isto assegura boa qualidade, especialmente quando se alteram o tipo ou a espessura do material.

O tempo de corte depende não apenas da potência da fonte de raio *laser* (fator importante no corte de materiais espessos), mas também da estabilidade do sistema de deslocamento X/Y, o qual deve permitir altas acelerações. O deslocamento do eixo sob alta velocidade apresenta

vantagens apenas no caso de materiais ferrosos finos e quando o cabeçote de corte está se deslocando entre uma operação e outra.

### Custos de operação

Os custos de operação de uma máquina a *laser* incluem lentes, pontas e gases para corte a *laser*, tais como nitrogênio, oxigênio e hélio, em graus e custos variáveis. O custo do material para os suportes da mesa de corte também devem ser incluídos, uma vez que eles frequentemente são um item sujeito a desgaste. Despesas a longo prazo incluem a substituição de turbinas, ressonadores e grandes serviços de verificação e manutenção do sistema óptico do *laser*. O alinhamento do espelho também precisa

ser verificado para assegurar que o tempo de manutenção seja o mais curto possível.

### Combinação puncionamento/ cisalhamento

Uma combinação de puncionamento/cisalhamento, mostrada na figura 3 (pág. 56), proporciona grande flexibilidade e considerável redução da mão-de-obra requerida em operações de manipulação de material para os atuais processadores de chapas. O objetivo do conceito de puncionamento/cisalhamento é proporcionar um equipamento capaz de transformar uma chapa com tamanho pleno em peças acabadas prontas para a próxima operação em uma única

etapa direta. Estas peças podem ser movidas para as etapas finais de produção para integração imediata, diretamente na montagem do produto final.

O nível de utilização do material pode ser melhorado com o uso de programas versáteis de *nesting*. Como o carregamento, punçionamento, cisalhamento e descarregamento das peças individuais é automatizado, o processamento da sucata e os custos associados ao trabalho manual são reduzidos. O nível de automação pode ser adaptado por meio de sistemas modulares e flexíveis para armazenamento de matéria-prima, carregamento, descarregamento, classificação de peças e empilhamento. Estas características podem ser incorporadas posteriormente, conforme o

orçamento permita e a demanda por produção aumente.

Se houver necessidade de geração rápida de contornos e conformação para diversos tipos de materiais – incluindo alumínio, aço inoxidável, aço laminado a frio e Lexan – com espessuras desde 0,40 até 6,35 mm, a máquina que combina punçionamento e cisalhamento será uma boa escolha. Ela oferece estações múltiplas indexáveis com carga plena, de 89 mm e com ampla capacidade para ferramental, as quais, quando combinadas com ferramentas modernas, plenamente guiadas e feitas com aço rápido M2, executando cisalhamento em ângulo reto, permitem a fabricação de peças com contornos retangulares medindo até 1.520 x 3.660 mm. Isto ajuda a promover o máximo

aproveitamento do material (cisalhamento na linha comum) e reduz o tempo de ciclo.

As marcas de ferramentas sobre as peças são reduzidas quando se usa o cisalhamento para cortar os contornos externos. A combinação de punçionamento/cisalhamento em ângulo reto com *software* para programação freqüentemente é a melhor e mais econômica escolha no caso de grandes volumes de peças. Também a habilidade dessa máquina em classificar peças sem marcas de abas ou esqueletos a torna viável mesmo para lotes menores, particularmente peças grandes com espessura de até 4 mm.

Estas máquinas podem ter mais de cinco estações indexadas com alta velocidade e carga plena, de forma a proporcionar o *set up*

## Equipamento

rápido, juntamente com a capacidade de indexar as ferramentas de conformação.

O ajuste programável da lâmina e abertura, juntamente com a lubrificação da chapa, ajudam a prolongar a vida da lâmina. A flexibilidade da máquina permite que ela seja usada não apenas para cisalhamento por puncionamento, mas também para puncionamento ou cisalhamento isolados, caso isso se faça necessário. Blanques quadrados com tolerâncias na faixa de 0,1 mm podem ser produzidos rapidamente.

Uma grande capacidade para ferramentas, bem como o *software* para produção automatizada, reduzem os tempos de *set up* que se fazem necessários, mesmo quando tanto o tipo de material como sua espessura são alterados na fila de processamento. Frequentemente não é necessária a intervenção do operador.

Sistemas automatizados de programação permitem o agrupamento (*nesting*) múltiplo de peças e a simples aplicação de ferramentas especializadas para conformação para cima, a alturas de até 15,875 mm.

### Custos de operação

Os custos de operação para a combinação puncionamento/cisalhamento incluem eletricidade, ferramental e lâminas para cisalhamento. Os custos de mão-de-obra são reduzidos, uma vez que operações manuais, tais como carregamento, descarregamento e remoção de sucata, são eliminadas. O espaço físico necessário para executar diversas etapas de produção também é reduzido dramaticamente. As atividades típicas de manutenção incluem



Fig. 3 – Combinação de puncionamento/cisalhamento

Furação econômica	Sim
Nível de utilização de material	Excelente para peças com pelo menos um ângulo reto
Operações secundárias	Nenhuma
<i>Nesting</i>	Bom
Manipulação de material	Totalmente automatizada
Integração com outros processos	Totalmente automatizada
Conformação	Para cima com indexação, bom controle, sem marcação
Geração de contornos	Por recorte, tesoura rotativa ou ferramental especial
Requisitos para o operador	Requer limitada atenção do operador, turnos múltiplos sem acompanhamento
Produtividade	Processo automático não limitado pelo envolvimento do operador
Flexibilidade	Alta, requer ferramental
Requisitos de espaço físico	Compacto a médio
Operações combinadas	Sim, com múltiplas opções de ferramental (deslocamento, marcação, etc.)
Compatibilidade de ferramental	Ferramental já existente
Qualidade da peça	Boa precisão, sem marcas de mordida em cortes lineares feitos com cisalhamento em ângulo reto
Ajuste manual	Grande capacidade para ferramental com múltiplas ferramentas, cisalhamento da peça reduz o tempo de ajuste

trocas de óleo, filtros e o desgaste e danos normais causados pelo ferramental em certos itens.

### Combinação *laser*/puncionamento

Uma combinação de processamento por *laser*/puncionamento, mostrada na figura 4 (pág. 58), integra puncionamento, conformação, deslocamento e corte a *laser* em um único módulo para várias operações de processamento de chapas. O uso ideal de uma máquina que combina processamento por *laser*/puncionamento significa que o processador de chapas pode usar a punciona-

deira, quando essa operação for mais fácil ou rápida, e o *laser*, quando ele se revelar mais econômico.

A tecnologia mais moderna de combinação *laser*/puncionamento proporciona as vantagens tanto de uma máquina moderna de puncionamento como do corte a *laser*. Em um equipamento combinando *laser*/puncionamento, o completo isolamento entre o *laser* e o puncionamento proporciona um corte a *laser* preciso e isento de vibrações. À medida que a chapa é movida sob o *laser* – ao invés ficar estacionária – o corte a *laser* tende a ficar mais lento, a menos que se

## Equipamento

usem opções mais rápidas para o acionamento de eixos, tais como dispositivos lineares.

Para se obter eficiência máxima na produção ao se usar este tipo de máquina, deve-se adotar a puncionadeira para os processos de puncionamento, conformação e pré-perfuração (*piercing*) de orifícios para o corte. O *laser* deve ser usado apenas para o corte de contornos complexos em peças que requeiram marcações ou distorção mínimas, ou para pequenos lotes para os quais ainda não se disponha de ferramental, como no caso do desenvolvimento de protótipos. A pré-perfuração de um orifício com uma puncionadeira elimina os respingos de metal e faiscamento, típicos de quando essa operação é feita com *laser*. Isto realmente reduz o tempo de processamento da peça quando esta combinação de recursos é usada.

Um equipamento que combina *laser*/puncionamento pode car-



Fig. 4 – Combinação de *laser*/puncionamento

<b>Furação econômica</b>	Sim, com puncionamento
<b>Nível de utilização de material</b>	Excelente
<b>Operações secundárias</b>	Nenhuma
<b><i>Nesting</i></b>	Bom
<b>Manipulação de material</b>	Totalmente automatizada
<b>Integração com outros processos</b>	Totalmente automatizada
<b>Conformação</b>	Para cima com indexação, bom controle, sem marcação
<b>Geração de contornos</b>	Boa com mordedura, corte por roda ou ferramental especial
<b>Requisitos para o operador</b>	Requer limitada atenção do operador, turnos múltiplos sem acompanhamento
<b>Produtividade</b>	Processo automático não limitado pelo envolvimento do operador quando se usa carregamento/descarregamento
<b>Flexibilidade</b>	Alta, não é necessário ferramental especial para o processo simples
<b>Requisitos de espaço físico</b>	Compacto a médio
<b>Operações combinadas</b>	Sim, com múltiplas opções de ferramental (deslocamento, marcação, etc.)
<b>Compatibilidade de ferramental</b>	Ferramental já existente para puncionamento, mordedura ou conformação
<b>Qualidade da peça</b>	Boa precisão, alta qualidade desde que haja bom conhecimento sobre o processo a <i>laser</i> e <i>set up</i> adequado
<b>Ajuste manual</b>	Alguns ajustes requerem regulagem do foco e bicos para troca de procedimento conforme material. O cisalhamento da peça reduz o tempo de ajuste.

regar material automaticamente e classificar as peças acabadas com um mínimo de intervenção por parte dos operadores.

O *software* para controle da produção incorporado ao controle da máquina permite o ajuste remoto do trabalho em filas. O *software* de programação permite *nestings* múltiplos de peças em chapas largas e suporta o uso de ferramental especial para conformação.

### **Custos de operação**

Os custos de operação de um equipamento que combina *laser*/puncionamento incluem ferramental, alto consumo de eletricidade (uma vez que o *laser* precisa ser mantido ligado mesmo quando não estiver cortando), mão-de-obra, espaço físico, lentes, pontas e gases para corte e geração de *laser* em graus e custos variáveis. As despesas a longo prazo incluem a substituição de turbinas e ressonadores, bem como verificações de manutenção de longo prazo no sistema *laser* (por exemplo, uma verificação de manutenção a cada 15.000 horas de operação).

### **A fabricação vista ao microscópio**

Após avaliar e qualificar as múltiplas características dos diversos tipos de máquina é necessário então voltar cuidadosa e honestamente o olhar aos processos que estão atualmente implantados no chão-de-fábrica. Eles tornam a empresa competitiva no mercado global, ou será necessário aumentar os seus níveis de qualidade, produtividade e lucratividade?

Os processadores atuais precisam estar preocupados não apenas em atender suas demandas presentes, mas também possuir a visão e energia para antecipar os futuros desafios e alterações no mercado. Atualmente já existem equipamentos e ferramentas para atender a esses desafios. O truque, naturalmente, consiste em se escolher sabiamente. E, uma vez tomada a decisão, é necessário então buscar os recursos, treinamento, programas de manutenção preventiva e mesmo mudanças culturais dentro da empresa para assegurar que o investimento feito seja bem-sucedido.