

MELHORIA DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DE PRODUTOS ESTAMPADOS EM PUNCIÓNADEIRA CNC

João Sinohara da Silva Sousa

Universidade de Taubaté, Depto eng. Mecânica , 12020-040, Taubaté, SP, sinohara@uol.com.br

Rômulo Gonçalves Lins

Universidade de Taubaté, Depto eng. Mecânica , 12020-040, Taubaté, SP, romulolins2001@gmail.com

Alex Oliveira Marcondes

Universidade de Taubaté, Depto eng. Mecânica , 12020-040, Taubaté, SP, bawlman@uol.com.br

Luis Octávio Mattos dos Reis

Universidade de Taubaté, Depto eng. Mecânica , 12020-040, Taubaté, SP, mattos19@terra.com.br

Resumo

Neste trabalho, foi realizado o estudo e o desenvolvimento de novas formas de ferramentas para otimização do tempo de estampagem e melhoria da qualidade para puncionadeira CNC.

Numa primeira etapa foi descrito o processo de estampagem, descrevendo-o como se realiza e quais fenômenos envolvidos neste processo. Posteriormente fez-se uma análise para determinar as técnicas empregadas para solucionar problemas enfrentados nos ensaios, o emprego de novos materiais e revestimentos voltados à fabricação de ferramentas, e a influência dos parâmetros de processo (força de corte, geometria de corte no punção e do prensa chapas) na qualidade do produto e no tempo de processamento. O trabalho apresenta, com detalhes, o desenvolvimento da solução e os resultados obtidos através da implantação no chão de fábrica e seus resultados técnicos e econômicos. Para tal abordagem, utilizou-se como trabalho prático o caso da estampagem de uma porta perfurada que possui dezessete mil furos de $\varnothing 6$ mm em chapa de aço carbono AISI 1010. Os resultados obtidos foram à melhoria de qualidade dos produtos fabricados, bem como a redução dos custos de fabricação conforme será apresentado no trabalho.

Palavras-chave: *puncionadeira CNC, custos, produção, produtividade, qualidade.*

1. INTRODUÇÃO

Os processos de conformação mecânica, em especial a estampagem, estão se tornando um dos métodos de fabricação mais utilizados na obtenção de produtos na indústria. Segundo Voelkner (1) com a estampagem é possível obter componentes com alto índice de produtividade, baixo custo, menor desperdício de material pós-processo de fabricação, menor consumo de energia, e produtos com elevado valor agregado.

A geometria e o desenvolvimento das ferramentas utilizadas são os fatores que determinam a qualidade e o tempo de fabricação dos produtos obtidos pelo processo de estampagem por puncionadeira CNC, e aliadas a esses fatores há ainda a grande flexibilidade, pois com a mesma ferramenta é possível produzir inúmeros tipos de produtos e ou diferentes formas.

A ferramenta, bem como sua forma, está entre os problemas mais importantes a serem abordados na otimização e na qualidade dos produtos obtidos do processo de estampagem por puncionadeira, pois ferramentas especificadas inadequadamente provocam empenamentos, rebarbas excessivas devido ao cisalhamento inadequado, e maiores tempos de fabricação.

O estudo de caso analisa a produção de portas perfuradas, bem como a melhor situação de produtividade e qualidade a ser desenvolvida à aplicação.

2. OBJETIVO

A produção de portas perfuradas vem apresentando defeitos no produto, como rebarba excessiva, empenamento maior que a tolerância de planicidade de 1 mm no comprimento total, devido a tensões provenientes do corte, e quanto ao processo de produção os problemas apresentados são o tempo excessivamente alto à fabricação, alto consumo de insumos como óleos de corte, punções e matrizes de corte, devido ao método de produção utilizado, com uma ferramenta de único punção.

Este trabalho tem por objetivo fazer uma análise sobre alguns métodos disponíveis para geração da geometria da ferramenta e técnicas, com a finalidade de reduzir o tempo de fabricação, melhoria da qualidade e da produtividade, bem como a redução dos custos de produção em puncionadeira CNC.

Ao final, foram feitas comparações dos custos de produção e da qualidade do produto para avaliar qual a melhor solução adotada para resolver o problema.

3. ESTAMPAGEM

No processo de estampagem por puncionadeira CNC alguns fatores devem ser observados, tais como a carga de corte máxima, as dimensões de trabalho da máquina e a quantidade de ferramentas no magazine.

Segundo Lim (2) as ferramentas também devem ter atenção especial, tanto na fabricação, com relação às dimensões estabelecidas pelo fabricante, bem como o seu desgaste quando em regime de trabalho, e os principais tipos de desgaste são: desgaste abrasivo, desgaste adesivo, lascamento, trinca catastrófica, deformação plástica, caldeamento.

3.1. Processo de estampagem

A estampagem da porta ocorre na puncionadeira *trumpf* 3000R, com velocidade linear de 108 m/min, nos eixos X e Y ou simultaneamente, possui carga máxima de corte de 180kN, possui capacidade para 19 ferramentas no magazine, e 420 golpes por minuto para um incremento de 25 mm, e dimensões da mesa de 2500 x 1250 mm.

A chapa de aço AISI 1010 de dimensão 2000 x 1200 x 1,2 mm, é colocada sobre a mesa da puncionadeira e após a fixação cada ferramenta programada atua conforme a sequência pré-estabelecida pelo programa.



Figura 1. Máquina puncionadeira CNC utilizada na produção

Após a fixação, a mesa da máquina desloca-se para a posição programada e ocorre a estampagem, para isto o punção superior é acionado contra a matriz inferior, formando a geometria da ferramenta na chapa. A força que a máquina utiliza na operação é mensurada por meio de células de carga e é enviada

ao sistema de controle, caso a força utilizada ultrapasse a carga máxima de corte a máquina possui sistemas de segurança que proporcionam a parada da máquina para não ocasionar maiores danos.

3.2. Forças envolvidas na operação de corte

Segundo Provenza (3) a força de corte depende diretamente do tipo de material, da espessura da chapa “e” e do perímetro de corte “p”. A espessura da chapa e o perímetro de corte são grandezas conhecidas de projeto. A influência do material na força de corte vem por meio de um valor tabelado chamado Pressão Específica de Corte “kc”, que é uma função da tensão de ruptura. O valor de kc é determinado experimentalmente, e para o aço AISI 1010 o valor de kc é de 313,8 N/mm². Desta forma a força de corte “Fc” é calculada a partir da equação abaixo:

$$F_c = e.p.kc \text{ [N]} \quad (1)$$

4. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS IMPLANTADAS

4.1. Ferramenta multi punções

A fim de melhorar o tempo de fabricação foi desenvolvida uma geometria que possibilitou utilizar doze punções de corte em uma única ferramenta, e empregou-se a solução com rotação simétrica para otimizar os esforços de corte. As principais dimensões da ferramenta são mostradas na Figura 2b.

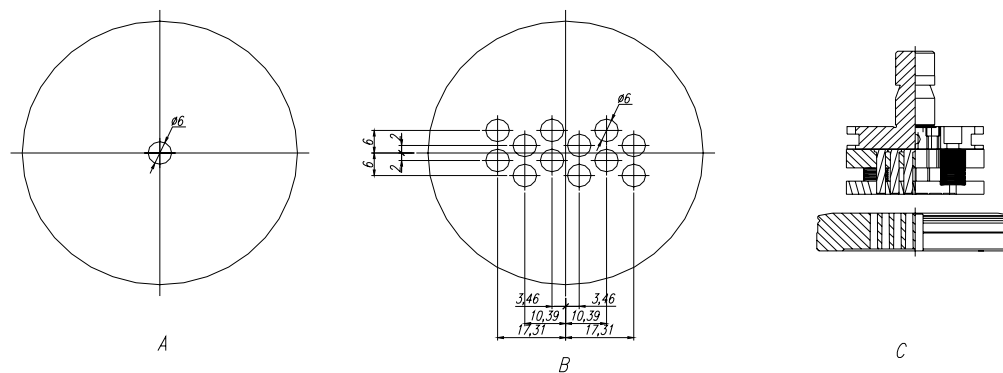


Figura 2. a-Punção único;b-geometria com doze punções ;c-ferramenta montada em corte

4.2. Prensa-chapa baseado em molas prato

Segundo Lim (2) o prensa-chapa é um dos itens mais importantes em estampas, pois além de manter a chapa presa sobre a matriz durante a operação, sua utilização também diminui tensões residuais de corte. Prensa-chapa de molas helicoidais é comum no desenvolvimento de estampo.

No processo de estampagem por puncionadeira torna-se muito complexo o desenvolvimento do prensa-chapa, pois o tamanho das molas helicoidais é um grande problema, e com o espaço reduzido a mola helicoidal a ser utilizada possui carga pequena, o que não proporcionará um bom desempenho.

O prensa-chapa desenvolvido utiliza molas tipo prato, Ø 13 mm e espessura de 0,5 mm, montadas em arranjo simples, num total de noventa e seis molas, distribuídas em quatro conjuntos equidistantes, e a força de prensa-chapa “Fpc” é calculada em função do nº “n” de molas e da constante da mola “c”, que no caso da mola utilizada é de 225,4 N/mm² (4). Então a força do prensa-chapa é calculada por:

$$F_{pc} = n.c \text{ [N]} \quad (2)$$

4.3. Corte com arestas inclinadas

A prática de se construir as arestas de corte inclinadas, tanto para o punção como para a matriz, diminui a força de corte necessária por possibilitar um corte progressivo. Pode-se dispor arestas inclinadas tanto na matriz quanto no punção. Quando a parte cortada é a peça final, a inclinação deve ser feita na matriz, porém quando a parte cortada é retalho, a inclinação deve ser feita no punção. A Figura 3 mostra o gráfico comparativo das forças de corte quando as arestas de corte são inclinadas(5).

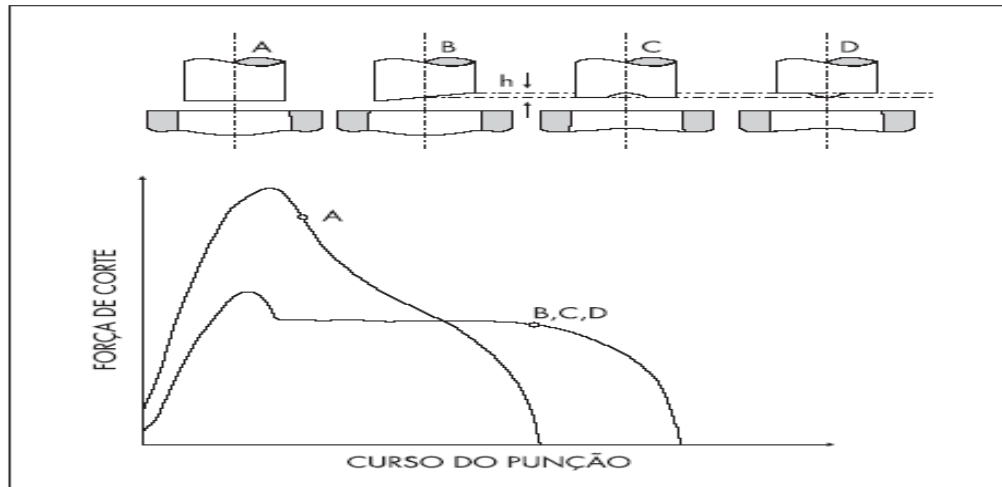


Figura 3. a- aresta reta; b- aresta inclinada; c- aresta côncava ; d- aresta com guia ;

Segundo dados experimentais de Provenza (3), a prática de construção de arestas inclinadas reduz, em média, 30% a força de corte. Com a diminuição da força de corte e o dimensionamento correto da folga entre punção e matriz de corte diminui sensivelmente a formação de rebarbas na saída do furo e também o empenamento devido ao corte. A força que a máquina utiliza para estampar mais a força do prensa-chapa é a força total “Ft” que a puncionadeira precisa para realizar o processo de estampagem :

$$F_t = e.p.kc.0,7 + n.c \text{ [N]} \quad (3)$$

4.4. Aplicação de revestimento

A questão do revestimento para ferramentas de conformação mecânica é um tema não muito difundido, pois aumentam os custos de produção, mas podem ser aplicados visando diminuir problemas no processo de produção, principalmente os fenômenos de desgaste, proporcionando uma vida útil maior à ferramenta (6).

O revestimento aplicado à ferramenta foi o Nitreto de cromo “CrN” aplicado pelo processo de deposição física de vapor “PVD” a arco. Esse revestimento possui características importantes para melhoria de desempenho das ferramentas, tais como, a baixa tensão residual de compressão, minimização do efeito de caldeamento entre a ferramenta e o material , principalmente em chapas de aço carbono, e grande resistência à corrosão.

Os principais fenômenos de desgaste são minimizados devido às propriedades dos revestimentos apresentados na Tabela 1. A adesão é minimizada em virtude da baixa inércia química do revestimento e do baixo coeficiente de atrito, o desgaste por abrasão é minimizado pela alta dureza do revestimento, e a deformação plástica é minimizada devido à diminuição dos esforços tangenciais na superfície da ferramenta por conta da redução do coeficiente de atrito.

Tabela1. propriedades das camadas de TiN,CrN, TiCN, depositadas pelo processo de PVD a arco.

Camada	TiN	CrN	TiCN
Dureza [HV 1N]	2500	2300	2900
Carga crítica [N]	60	45	50
Temperatura de oxidação [°C]	550	650	450
Coefficiente de atrito	0,65	0,55	0,50

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Procedimentos de Estampagem

Os produtos foram estampados em três diferentes configurações de geometria, afiação do punção, revestimento e prensa-chapa.

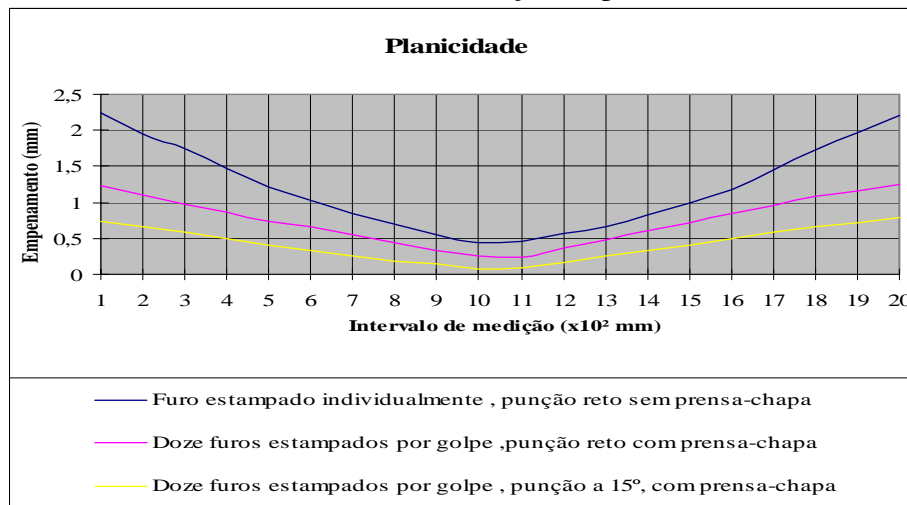
A primeira configuração furo individual e punção reto não revestido sem prensa-chapa, o segundo caso com doze furos por golpe, punção reto revestido com prensa-chapa, e uma terceira configuração com doze furos por golpe, punção a 15° revestido com prensa-chapa, e após o processo de fabricação houve a medição da planicidade em máquina tridimensional conforme Figura 4:



Figura 4. Medição da planicidade da porta perfurada acabada em tridimensional

Os resultados experimentais foram obtidos a partir de medições realizadas no laboratório de metrologia, e das informações do sistema ERP “Planejamento de Recursos Empresariais”. A medição da planicidade foi realizada na máquina de medição tridimensional, conforme o controle estatístico do processo, e seus resultados são apresentados no Gráfico 1.

Gráfico1. Gráfico da medição da planicidade.



Observa-se que na primeira configuração houve um empenamento de 2,24 mm, ultrapassando a tolerância de planicidade exigida, na segunda configuração houve uma redução do empenamento devido à inclusão do prensa-chapa, mas ainda não foi obtida a tolerância desejada, somente na terceira configuração, com arestas inclinadas e com prensa-chapa é que houve uma do empenamento a um valor de 0,74 mm, dentro da tolerância especificada.

Os resultados da redução de custos são informações provenientes do processo de produção colhidos pelo sistema ERP “Planejamento de Recursos Empresariais” e são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2. Custo de produção em puncionadeira para lote de 100 unidades

Custos de fabricação	Configuração 1	Configuração 2	Configuração 3
Tempo de produção do produto (min)	48,32	7,75	7,75
Tempo de parada de máquina (min)	3,5	3,5	3,5
Tempo total de produção (min)	51,82	11,25	11,25
Custo de matéria-prima (R\$)	67,2	67,2	67,2
Custo total de produção (R\$)	103,64	22,5	22,5
Custo de insumos por unidade (R\$)	6,32	9,87	8,25
Custo total por unidade (R\$)	177,16	99,57	97,95
Custo de produção do lote (R\$)	17716	9957	9795

A tabela de custos de produção mostra que com a configuração com doze punções o tempo de fabricação foi reduzido aproximadamente seis vezes, comparando-se com a configuração com um único punção, porém o custo de insumos aumentou, devido ao custo do revestimento aplicado à ferramenta, mas esse custo é muito pequeno, comparando-se com o custo de produção, por isso é viável o uso de revestimentos.

6. CONCLUSÃO

As inovações tecnológicas implantadas, prensa-chapa, arestas inclinadas, revestimentos, e a ferramenta multi punções permitiram atingir a qualidade especificada, melhoria de produtividade e redução do tempo de fabricação, e mostraram-se viáveis quanto a sua implantação no chão de fábrica.

Dentre as inovações o revestimento aumentou a vida útil das ferramentas, reduzindo paradas de máquina indesejada, contribuindo à melhoria de produtividade.

O prensa-chapa desenvolvido contribuiu à diminuição do empenamento, contribuindo à melhoria da qualidade do produto, para padrões de planicidade dentro dos padrões especificados.

A ferramenta multi punções e as arestas de corte inclinadas foram de fundamental importância à redução do tempo de fabricação, com reflexos diretos sobre o custo de produção.

Com a implantação das melhorias foi possível reduzir o custo final de produção, melhorar a qualidade e produtividade em puncionadeira CNC, tornando o produto viável economicamente à venda.

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) VOELKNER, W. Present and future developments of metal forming: select examples. In: Journal of Materials Processing Technology, volume 106, number 1, October 2000, pp 236-242.
- (2) LIM, T. C., RAMAKRISHNA, S., SHANG, H. M., 2000, “Simultaneous stretch forming and deep drawing in axisymmetrical sheet forming”, *J. Mater. Proc. Technol* 97, pp82-87.
- (3) PROVENZA, Francisco. **Estampos III**. 2. ed. São Paulo: Protec , 1987. 258p.
- (4) “materials information resource.”, <http://www.matweb.com> USA. Acesso em 20/06/2006.

- (5) EARY, D. F., REED, E. A., 1974, "Technique of design." 2° ed. Ed., Prentice-Hall. pressworking sheet metal – An engineering approach to die.
- (6) "Revestimentos.", <http://www.brasimet.com.br> Brasil. Acesso em 20/06/2006.

IMPROVEMENT OF THE QUALITY AND PRODUCTIVITY OF PRODUCTS PRINTED IN PUNCHING CNC

Abstract

In this work, it was carried through the study and the development of new forms of tools for otimização of the stamping time and improvement of the quality for puncionadeira CNC. In a first stage the stamping process was described, describing it as if it carries through and which involved phenomena in this process. Later an analysis became to determine the used techniques to solve problems faced in the assays, the job of new materials and coverings directed to the manufacture of tools, and the influence of the parameters of process (cut force, geometry of cut in the punção and the press plates) in the product quality and the time of processing. The work presents, with details, the development of the solution and the results gotten through the implantation in the economic soil of plant and its results technician and. For such boarding, it was used as practical work the case of the stamping of a perforateed door that possess dezessete a thousand punctures of Ø 6 mm in steel plate 1010. Os carbon AISI gotten results had been to the improvement of manufactured product quality, as well as the reduction of the costs of in agreement manufacture will be presented in the work.

Keywords: punching CNC, costs, production, productivity, quality.