

ANÁLISE DA FURAÇÃO DE LONGARINAS DE CAMINHÃO PELO PROCESSO DE PUNCIONAMENTO

MARCELO ANDREOS FARIA¹

PAULO A. C. BELTRÃO²

A busca incessante pelo aumento da produtividade e, por conseguinte, a redução de custo de um processo, tornou a estampagem de furos muito popular na área de fabricação. As operações antes feitas com brocas, muitas vezes usando óleos refrigerantes e necessitando set-up para o aumento do diâmetro da ferramenta, agora são feitas por punções em um único golpe e gerando um cavaco não contaminado.

Entretanto, um processo de puncionamento com folgas exageradas entre o diâmetro do punção e o diâmetro do furo da matriz produz um furo de baixa qualidade em termos de acabamento. Isto acontece porque a folga permite a formação de uma área muito grande de estouro. Por outro lado, a redução desta folga gera uma interferência tal que o punção poderá ficar preso ao material puncionado e ter uma quebra inevitável. Folgas exageradas também geram quebras para punções que possuem diâmetro menor que a espessura do material a ser furado. Tudo isto, pode limitar muito a aplicabilidade de punção para a abertura de furos em peças que exigem um acabamento mais preciso.

O objetivo do estudo é analisar uma melhor geometria do punção, ângulos envolvidos, tratamentos/revestimentos superficiais, etc, para eliminar o excesso de folgas e melhorar o acabamento do furo. Este estudo será feito através da análise das variáveis envolvidas no processo de estampagem de furos e através de testes em chapas de 7 e 8mm de espessura de aço LN600. As principais características a serem analisadas são: acabamento superficial do furo, circularidade do furo, desgaste do punção e região de estouro do furo.

Os resultados esperados para este trabalho são a identificação das variáveis que afetam a qualidade superficial do furo e busca de soluções para otimizar as mesmas, o aumento da vida útil dos punções e redução dos custos envolvidos através da eliminação da quebra de ferramentas.

Palavras-chaves: puncionamento, punção, furos.

¹ Engenheiro Mecânico – CEFET - PR, Engº de Processos – Dana Indústrias Ltda, marcelo.faria@dana.com.

² Engenheiro Mecânico – CEFET – PR, beltrão@cefetpr.br.

1. Teoria de Corte

Corte é um processo que envolve forças cisalhantes de magnitude suficiente para romper o material no plano de cisalhamento [1,2]. O processo corresponde à obtenção de formas geométricas determinadas, a partir de chapas, submetidas à ação de uma ferramenta ou punção de corte, aplicada por intermédio de uma prensa que exerce pressão sobre a chapa apoiada numa matriz. No instante em que o punção penetra na matriz, o esforço de compressão converte-se em esforço de cisalhamento e ocorre o desprendimento brusco de um pedaço de chapa.[5]

O corte em prensa é feito através de duas lâminas que se movimentam em sentido oposto. A figura 1 mostra as forças de cisalhamento atuando no material.

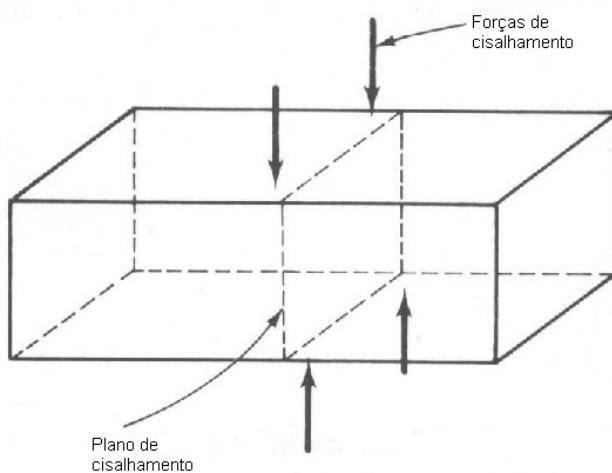


Figura 1 – Forças e Plano de Cisalhamento

Neste processo, uma tira metálica é intensamente deformada plasticamente até o ponto em que se rompe nas superfícies em contato com as lâminas. A fratura se propaga, então, promovendo a separação total. A espessura que deve ser penetrada pelo punção a fim de produzir o corte total está diretamente relacionada com a ductilidade do metal. Se o material for frágil, apenas uma pequena fração da espessura deverá ser penetrada, enquanto que para materiais muito dúcteis esta penetração pode ser ligeiramente superior à espessura da chapa [1,2].

Chamando s a espessura da chapa e d o diâmetro do punção, verificou-se experimentalmente que, para chapas de aço e punções de aço temperado, a relação s/d apresenta o valor máximo de 1.2, o que significa que, em princípio, a espessura da chapa a ser cortada deve ser igual ao menor diâmetro do punção [5].

É muito importante, o estabelecimento do valor para a folga entre o punção e a matriz. Essa folga depende da espessura da chapa a ser submetida ao corte e do tipo de material, que pode ser duro ou mole.

No processo de corte de uma chapa de metal com lâminas ou por punctionamento, o material apresenta no perfil de corte quatro zonas bem distintas como mostra a figura 2[4].

A – Zona de penetração: uma faixa brilhante ao redor de todo o contorno de corte, com espessura constante e que corresponde a região que sofreu o corte.

B – Zona de deformação: um canto arredondado no contorno em contato com um dos lados plano da chapa, e que corresponde à deformação do material no regime plástico.

C – Zona de fratura: uma faixa irregular devido à granulação do material, levemente inclinada, que corresponde ao trecho onde ocorreu a fratura, visto que a área útil resistente vai diminuindo até que se dê a separação total das partes.

D – Rebarba: parte do material que é arrastado pela ferramenta, permanecendo aderido à borda.



Figura 2 – parte 1: peça
parte 2: cavaco

1.1 Fatores que Influenciam na Qualidade do Corte

A qualidade e aspecto do corte podem ser afetados pela força do punção, folga entre punção e matriz, propriedades mecânicas do material, velocidade do punção, espessura do material e lubrificação [2].

A folga entre punção e matriz é um dos mais importantes fatores na qualidade da borda cortada. Quando a folga aumenta, a zona de deformação começa a alongar e as bordas geram rebarbas. Também no corte por guilhotina, a folga entre lâminas é um dos fatores mais importantes para a qualidade da borda cortada [1].

No que diz respeito às medidas relativas entre as lâminas, a experiência mostra que existem valores apropriados para esta folga e que esta depende diretamente das propriedades do material e da sua espessura. Com a folga adequada, as trincas que se iniciam nas bordas das lâminas irão se propagar através do metal encontrando-se próximo a região central da espessura, conforme figura 3 [4].

Caso a folga seja insuficiente, a superfície da fratura seria irregular e também a energia despendida no corte será maior do que se a folga fosse correta. Caso a folga seja excessiva haverá uma distorção ainda maior da aresta de corte e a energia será também maior, pois maior quantidade de metal deverá se deformar plasticamente antes de ocorrer a fratura. Além disso, com uma folga muito grande, existe propensão à formação de rebarbas ou protuberâncias na superfície de corte.

A afiação da lâmina desempenha um papel importante na qualidade do corte. As lâminas afiadas ao tocarem o material, iniciam o corte de imediato, aumentando a qualidade do corte e reduzindo a força de corte requerida. As lâminas sem corte (“cegas”) deformam a superfície do metal consideravelmente, já que a tensão criada se espalha por uma área maior. Lâminas não-afiadas ou mal afiadas causam maiores rebarbas na extremidade cortada do material e podem sobreacarregar a capacidade de operação de uma guilhotina. Portanto, os esforços vão aumentando conforme as lâminas vão se tornando cegas. Entretanto, as lâminas são geralmente afiadas para

eliminar a formação de rebarbas. As considerações feitas para folgas, cargas, gumes de corte e rebarbas devem ser aplicadas também em punctionamento por prensa [1].

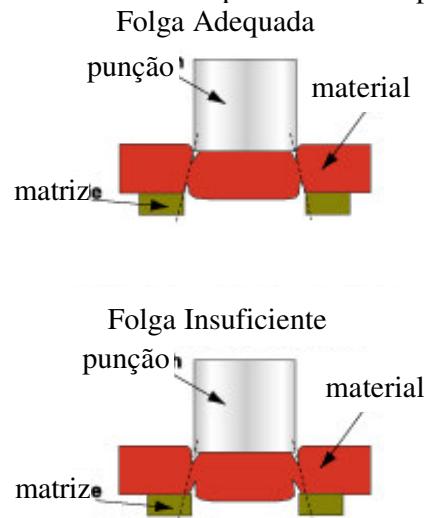


Figura 3 – Influência da folga entre punção e matriz

1.2 Mecanismo de Corte

O processo convencional de corte de chapas divide-se em três fases:

- Elástica: durante esta fase, a chapa é comprimida e ocorre uma leve deformação entre o punção e a matriz. A tensão e a deformação dentro do material não ultrapassam o limite elástico.
- Plástica: fase na qual o punção penetra no material a uma certa profundidade. A deformação no material se torna permanentemente e as tensões de estrição excedem as tensões de trabalho do material e aumentam com a penetração do punção. No final desta fase, as tensões dentro do material se fecham para o corte das laterais a valores correspondentes a tensão de corte.
- Fratura: durante esta fase, as tensões do material caminham para o limite de fratura, aparecendo microtrincas que se tornam macrotrincas e então ocorre o rompimento em partes da peça trabalhada. As trincas do material iniciam no corte das bordas e propagam-se ao longo do plano até completa separação do material. Estudos metalográficos de macro e microestruturas das partes resultantes do processo de corte têm mostrado que, na fase plástica, a mudança estrutural importante é o endurecimento (região encruada).

A figura 4 mostra o efeito das folgas no alinhamento da trinca.

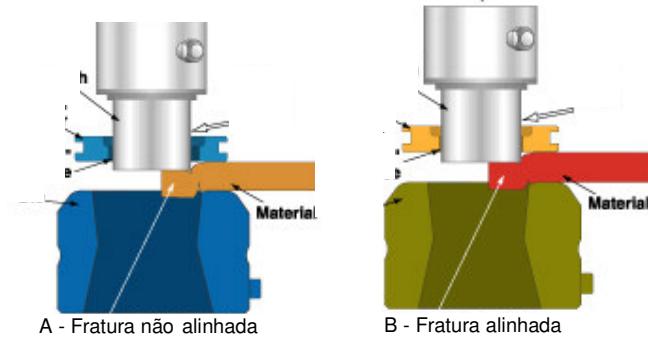


Figura 4 - (A) folga excessiva gerando fratura não alinhada.
 (B) folga adequada gerando fratura alinhada.

2. Metodologia

Com o objetivo de melhorar a qualidade superficial dos furos assim como aumentar a vida útil dos punções e matrizes estabeleceu-se os testes.

Na aplicação prática foram usados punções, com 15 mm de diâmetro, feitos de aço AISI D2, um aço ferramenta de alto carbono e cromo, específico para trabalhos a frio, este aço possui 1,4% de carbono, ver figura 5. As chapas de aço usadas eram de 7 e 8 mm de espessura, feitas de aço LNE60 (NBR 6656), este aço possui 0,15% de carbono e uma tensão de escoamento variando entre 600 e 720 Mpa.

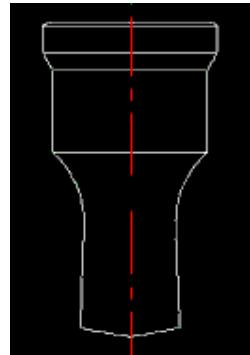


Figura 5- Punção de aço AISI D2

Para isso foram usados os seguintes equipamentos : uma máquina CNC e uma rebitadeira com controle manual. Na figura 6 pode – se ver a máquina CNC, toda automática, ao passo que na figura 7 tem-se a pinça de rebitagem manual.



Figura 6 – máquina CNC



Figura 7 – máquina manual

As folgas antes envolvidas eram de 20% da espessura da chapa. Partiu-se para a solução de redução da folga, assumindo-se o risco de quebra do punção.

As novas folgas foram selecionadas utilizando o gráfico da figura 8 [3], como base para aproximação, e a partir disso, houve o experimento para atingir a menor folga possível.

A folga ideal proposta foi de 10% da espessura da chapa, mantendo-se a geometria dos punções. Durante um período de três meses, jogos de vinte punções foram utilizados e amostras analisadas. A principal característica verificada foi a área de estouro.

Com o número excessivo de quebras, aumentou-se para 12% da espessura da chapa, seguindo-se o mesmo critério de vinte punções.

Com isto, estava traçado o objetivo da pesquisa em se obter a solução para uma qualidade superficial melhor no furo punctionado.

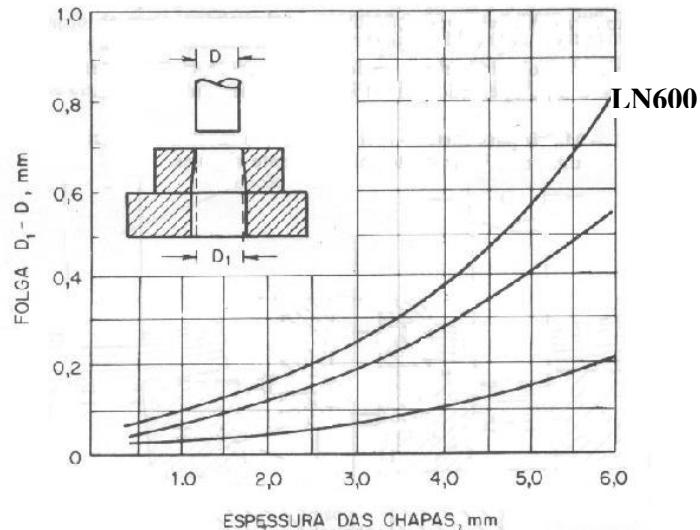


Figura 8 – Gráfico Indicativo de Folga entre Punção e Matriz

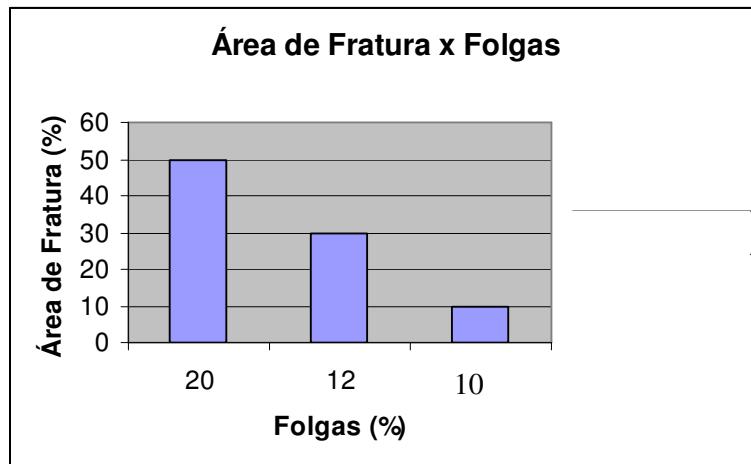
3. Discussão dos Resultados

3.1 Diferença Entre a Máquina CNC e a Máquina Manual

Na folga de 12% de espessura da chapa, não houve diferença significativa tanto na área de estouro quanto na vida do punção.

3.2 Tamanho da Zona de Fratura (Região de Estouro)

Gráfico 1 – Percentual da área de fratura x folgas



As folgas de 10 e 12% se mostraram bem melhores, reduzindo significativamente o percentual da zona de fratura.

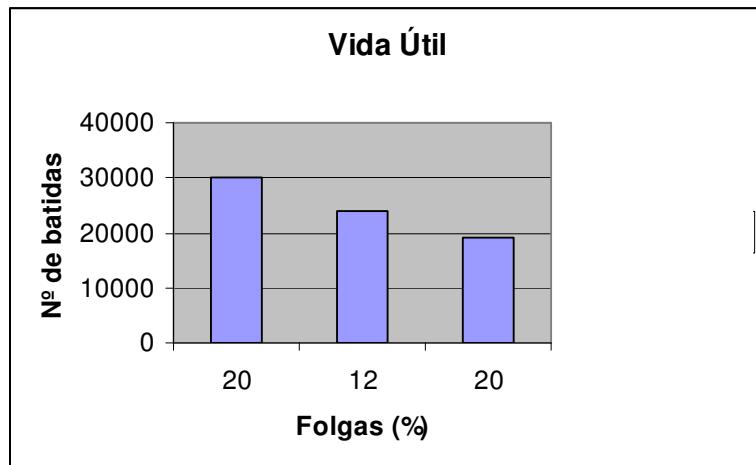
As figuras 9 e 10 mostram, respectivamente, a visual diferença entre uma peça estampada com folga de 20% e uma com folga de 12%.



3.3 Vida Útil do Punção

A maior folga (20%) se mostrou a que mais protege o punção. Mas a folga de 12% chegou próximo a 24000 batidas, se mostrando uma boa alternativa.

Gráfico 21 – Vida Útil dos Punções



5. Conclusão

Este breve estudo, realizado sobre o corte utilizando punções em chapas de aço, mostrou a grande influência da folga entre punção e matriz na qualidade do furo gerado. Uma melhor análise será feita até o valor ótimo ser encontrado, pois este está diretamente ligado ao tipo de material, espessura da chapa e geometria do punção. Pretende-se atingir o valor de 10% com uma vida útil aceitável para o punção.

Dentro desta variável do processo pode-se perceber como leves variações podem trazer grandes influências no corte do material. A qualidade superficial gerada a partir do alinhamento da fratura e um melhor monitoramento do desgaste do punção.

Além disso, o estudo direciona ao aprofundamento em geometrias diferentes, pois é sabido que ângulos negativos na aresta de corte do punção gerarão uma região de deformação com maior incidência no cavaco e não na peça. Além de se poder inserir algum tipo de camada extra dura. O desafio será estudar algumas geometrias, com folgas convergindo ao limite mínimo, em materiais dúcteis e frágeis.

Com isto, este estudo será continuado a partir de testes para análises laboratoriais com a finalidade de obter parâmetros adequados para a seleção da melhor folga.

6. Bibliografia

- [1] DIETER, G.E. Metalurgia Mecânica, 2 ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1981.
- [2] CHEN, K.K., KEELER, S.P. Autobody Stamping Applications and Analysis. Published by Society of Automotive Engineers, INC. 1992.
- [3] CHIAVERINI, V. Processos de fabricação e tratamento, vol.2 2 ed. São Paulo MCGRaw-HILL, 1996.
- [4] EARY, D. F., REED, E. A. Techniques of Pressworking Sheet Metal Theory of Cutting Sheet. 2 ed. New Jersey, 1974.
- [5] CHIAVERINI, V. Estrutura e Propriedades Processos de Fabricação, vol.1 São Paulo MCGRaw-HILL, 1977.
- [6] BRESSAN, J.D., VAZ, M., SILVA, E. M. Simulação Numérica do Corte de Chapas Metálicas. Artigo publicado pelo Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2001.

A TRUCK SIDERAIL PERFORATION ANALYSE BY PUNCH PROCESS

MARCELO ANDREOS FARIA¹

PAULO A. C. BELTRÃO²

The search for increase productivity and reduction of process cost makes hole forming a lot popular in manufacturing area. The operation before done by borer with cooling oil, with necessity set-up to increase the tool diameter, now can be made by punch and causing a no contaminated splinter.

However, a punch process with exaggerate clearance between the punch and the die can produce a hole with low quality. Because the clearance could make a big exploded area. It can reduce the application for holes that need more precision.

The aim of study is to analyse a better shape for the punch, some kind of coats, etc, to reduce the clearance between the punch and die could be analysed processes variables in exams in sheet metals in LN600 steel.

The expected results are: variables identification for increase the hole quality and increase the punch life time.

Keys words: *punch process, punch, holes.*

¹ Mechanical Engineer – CEFET - PR, Process Engineer – Dana Indústrias Ltda, marcelo.faria@dana.com.

² Mechanical Engineer – CEFET – PR, beltrão@cefetpr.br.