

# INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PROGRESSÕES EM PUNÇÕES, NO CORTE DE DIFERENTES TIPOS DE MATERIAIS

**Nome do Autor 1: Charles Leonardo Israel**

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo.

Email: israel@upf.br

**Nome do Autor 2: Mathias Fagan Abreu**

Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo

Email: mathiasabreu@yahoo.com.br

**Nome do Autor 3: Mauricio Rodrigues Policena**

Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo

Email: mauriciopolicena@yahoo.com.br

**Resumo.** *O presente estudo visa proporcionar uma melhor previsão no que diz respeito a força de corte no processo de furação de chapas por meio de estampagem. Foram realizados ensaios de compressão com punções de corte de seção cilíndrica e de mesmo diâmetro, porém com diferentes tipos de progressões, dessa maneira, foi possível avaliar o comportamento e a variação da força necessária para o corte de chapas de diferentes materiais com esses variados tipos de punções.*

**Palavras chave:** *Estampagem. Força de corte. Punção.*

## 1 INTRODUÇÃO

Diante da necessidade de estimar com maior precisão a força requerida para o corte efetuado por punções cilíndricas na estampagem de chapas, foram realizados vários ensaios de compressão e posteriormente analisados os dados obtidos. Foram utilizados quatro punções cilíndricas com as progressões mais comumente utilizadas na indústria, todos com o diâmetro de 18 mm, variando apenas a progressão feita na ponta desses, ou seja, a geometria da face que faz a incidência na chapa.

Analisou-se também a dureza do material a ser cortado, sendo ensaiadas chapas de aço A36, aço A572 e aço inox 304, todas com 4,75 mm de espessura. O resultado obtido possibilita uma comparação entre as forças de corte no puncionamento de chapas, relacionando a mesma com diferentes punções e materiais.

De acordo com Brito (2004), a força de corte se dá conforme a equação 1:

$$F_c = \sigma_r \cdot p \cdot h \quad (1)$$

Sendo  $p$  o perímetro de corte,  $h$  a espessura do material a ser cortado, e  $\sigma_r$  a tensão de ruptura quando o material é submetido a cisalhamento.

Segundo Garcia et al. (2000), a resistência ao cisalhamento e a tensão máxima do material podem ser calculadas pelas equações 2 e 3, respectivamente:

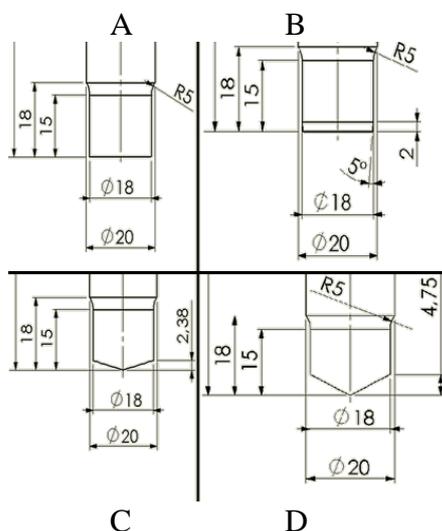
$$\sigma_r = \frac{3}{4} \sigma_{MAX} \quad (2)$$

$$\sigma_{MAX} = 3,2 H_B \quad (3)$$

Sendo  $H_B$  a dureza do material em Brinell.

No estudo foram utilizados um punção reto (Fig. 1-A), um punção com um chanfro de 5° na face de corte (Fig. 1-B), um punção com chanfro igual a metade da espessura da

chapa a ser cortada (Fig. 1-C) e por fim um punção com chanfro igual a espessura da chapa (Fig. 1-D).



**Figura 1 – Desenhos dos tipos de punções utilizados nos ensaios.**

Para a matriz, foi adotada uma folga de corte de 15% em relação a espessura da chapa a ser cortada.

O punção e a matriz foram alinhados por meio de um módulo de furação de guia fixo e com prensa chapa.

O experimento foi realizado numa máquina universal (SCHENK, 20 tnf) de tração-compressão. Além da força máxima exercida durante o corte, o software gera um gráfico apontado a força aplicada pelo deslocamento realizado.

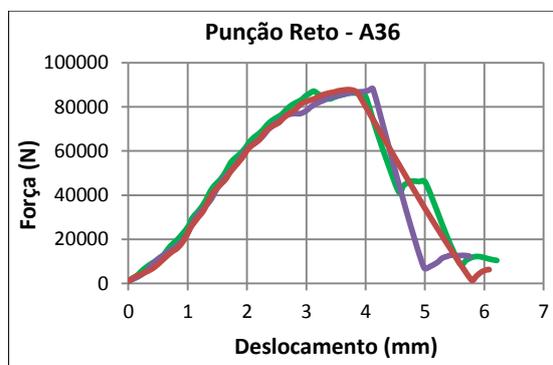
## 2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Visando a repetibilidade e a confiabilidade do experimento, foi realizado três ensaios com os diferentes punções em cada material. Esse modo foi adotado afim de conseguir uma média nos valores e um desvio padrão entre os resultados. Já o punção chanfrado, após realizar o primeiro furo no aço inox, veio a quebrar. Tal fato impediu que fosse feita a média dos valores

da força. Mesmo assim, o resultado desse ensaio foi registrado e mantido.

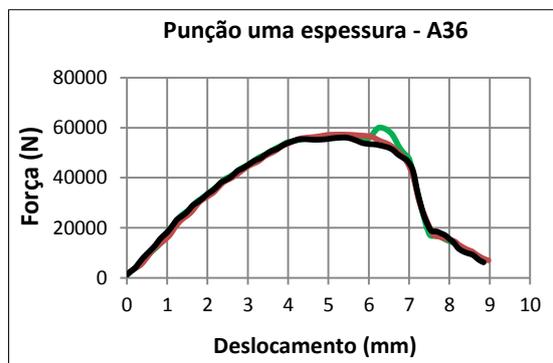
### 2.1 Resultados e discussão

Durante o procedimento, foram gerados gráficos para cada um dos ensaios realizados, de maneira a obter curvas que relacionam a força aplicada e o deslocamento do punção até que a operação seja finalizada. A figura 2 mostra uma exemplo de gráfico gerado, onde cada uma das curvas representa um ensaio feito (esse gráfico faz referência aos ensaios do punção reto com o A36).



**Figura 2 – Curvas dos ensaios realizados com o punção reto no aço A36.**

O gráfico presente na fig. 3 relaciona os ensaios que utilizaram o punção com progressão de uma espessura na estampagem do A36.



**Figura 3 – Curvas dos ensaios realizados com o punção de uma espessura no aço A36.**

Todos os demais ensaios feitos com os outros punções e materiais tiveram os gráficos gerados e registrados. Posteriormente a isso foi feito o

levantamento de todos os dados, chegando-se a Tabela 1, que apresenta a força máxima em cada um dos ensaios, bem como a média dos valores e o desvio padrão nas medições.

**Tabela 1 – Valores obtidos para os ensaios realizados apresentando a média e o desvio padrão.**

Material	Punção reto			Punção chanfrado			Punção 1/2 esp.			Punção uma esp.		
	F <sub>c</sub> (kN)	Média (kN)	s	F <sub>c</sub> (kN)	Média (kN)	s	F <sub>c</sub> (kN)	Média (kN)	s	F <sub>c</sub> (kN)	Média (kN)	s
Aço A36	87,793	87,7	0,53	86,205	96,0	8,65	71,129	71,8	0,94	60,068	57,8	2,03
	87,089			99,264			72,463			57,267		
	88,128			102,567						56,115		
Aço A572	112,149	109,7	6,84	123,706	123,4	1,11	88,966	89,6	0,61	69,046	69,2	0,15
	107,049			122,192			89,562			69,267		
	109,843			124,349			90,179			69,327		
Aço Inox 304	158,267	157,5	3,31	168,390	168,4	-	116,450	117	3,18	87,458	88,4	1,07
	153,938			-			115,861			88,074		
	160,437			-			121,643			89,542		

Posteriormente aos ensaios de compressão, os corpos de prova foram submetidos a ensaios de dureza afim de relacionar essa característica com os valores máximos de forças que cada punção necessitou para realizar o corte. Foram realizadas três medições de dureza em cada material, os valores obtidos estão mostrados na Tabela 2, junto da média e do desvio

padrão. A dureza trabalhada foi a Vickers, sendo utilizada uma carga de 30 kp na impressão. Esta dureza foi convertida para Brinell através de tabelas de dureza (BESTAR, 2013), sendo calculada a tensão máxima do material, a tensão de ruptura do mesmo, bem como a força de corte teórica, ambas presentes na Tabela 2.

**Tabela 2 – Durezas encontradas na escala Vickers em cada material.**

Dureza Vickers 30 kp								
Material	Impressão (mm)	Dureza (HV)	Dureza média (HV)	s	Dureza (HB)	$\sigma_{MAX}$ (MPa)	$\sigma_r$ (MPa)	F <sub>c</sub> (kN)
Aço A36	0,721	107	107,33	2,52	102,22	327,10	245,32	65,88
	0,729	105						
	0,712	110						
Aço A572	0,528	200	193,67	8,50	183,93	588,57	441,42	118,55
	0,55	184						
	0,532	197						
Aço Inox 304	0,46	263	247,00	15,10	235,00	752,00	564,00	151,47
	0,489	233						
	0,477	245						

Analisando as forças de corte exercidas pelos punções em cada um dos materiais junto com os valores encontrados de dureza de cada material utilizado neste trabalho, é possível fazer uma associação relacionando a variação da força em cada geometria de punção e a dureza do material a ser estampado. A Tabela 3 apresenta os valores

em porcentagem da variação da força entre cada modelo de punção, considerando o punção reto como referência. Porcentagens positivas indicam que o punção analisado efetuou uma força maior que o punção reto. Já porcentagens negativas, a força efetuada foi menor.

**Tabela 3 – Variação da força em relação a dureza (adotando-se o punção reto como referência).**

	Dureza (HV)	Punção Chanfrado	Punção 1/2 Esp.	Punção uma Esp.
<b>Aço A36</b>	107,33	9,50%	-18,11%	-34,05%
<b>Aço A572</b>	193,67	9,28%	-20,69%	-38,71%
<b>Aço Inox 304</b>	247	6,88%	-25,11%	-43,92%

### 3 CONCLUSÃO

Analisando a Tabela 3, verifica-se que a força necessária ao corte em cada um dos punções relaciona-se com a dureza do material a ser cortado, de modo que com o aumento da dureza do material, maior foi a influência da progressão do punção na diminuição da força de corte. O punção com progressão de uma espessura evidencia este dado, na qual a diferença chegou a quase 10%, valor esse, que tratando-se de peças com grande quantidade de recortes e ou furos grandes, pode ser um fator crucial para a diminuição da força e possibilitar o estampo em prensas de menores capacidades.

Comparando os resultados da força de corte encontrados na Tabela 1 para o punção reto com os valores calculados para o mesmo tipo de punção na Tabela 2, observa-se que para o A36 os valores não foram similares provavelmente em função da deformação plástica que este material apresenta até a sua ruptura. Já para os demais materiais avaliados a estimativa de

força foi coerente com os resultados ensaiados.

### 4 REFERÊNCIAS

BESTAR. **Tabelas de Conversão**. Disponível em: <<http://www.bestar-steel.com/hardness?lang=po>> Acesso em 19 de junho de 2013.

BRITO, Osmar de. **Estampos de Corte: Técnicas e Aplicações**. Hemus, 2004.

GARCIA, A.; SPIM, J. A.; SANTOS, C. A. **Ensaio dos Materiais**. Livros Técnicos e Científicos SA. Rio de Janeiro, 2000.