

## ESTAMPAGEM INCREMENTAL DE PONTO ÚNICO EM CHAPA DE ALUMÍNIO.

HENRY AUGUSTO LAURENÇO<sup>1</sup>, FRANCISCO M. F. A. VARASQUIM<sup>2</sup>, LUCAS C. PEREIRA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista CNPq, IFSP, *Câmpus* Itapetininga, henry.laurenco@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Docente da Mecânica, IFSP, *Campus* Itapetininga, franciscomateus@ifsp.edu.br

<sup>3</sup> Docente da Mecânica, IFSP, *Campus* Itapetininga, lucasclarindo@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.05.05.02-0 Máquinas de Usinagem e Conformação.

Apresentado no  
10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP  
27 e 28 de novembro de 2019 - Sorocaba-SP, Brasil

**RESUMO:** Com a crescente necessidade das indústrias de fabricar protótipos e pequenos lotes de peças, o processo de estampagem incremental (ISF – *Incremental Sheet Forming*) chama atenção por sua rapidez, versatilidade e baixo custo, sendo uma atrativa alternativa aos processos convencionais de conformação. Por ter recentemente emergido em sua área, estudos em torno da compreensão de seus mecanismos e limitações são de grande interesse industrial. Essa pesquisa tem como objetivo principal encontrar o intervalo do ângulo limite de estampagem, no processo de estampagem incremental de ponto único (SPIF – *Single Point Incremental Forming*) para um processo no qual não ocorra ruptura em chapas de alumínio. O ângulo limite obtido ficou entre 72° e 73°.

**PALAVRAS-CHAVE:** ISF; SPIF; Estampagem; Alumínio; Conformação.

### SINGLE POINT INCREMENTAL FORMING OF ALUMINUM SHEET.

**ABSTRACT:** With the growing need of the industries to manufacture prototypes and small batches of parts, the incremental sheet forming process (ISF) draws attention for its speed, versatility and low cost, being an attractive alternative to conventional forming processes. Because it has recently emerged in its area, studies around the comprehension of its mechanisms and limitations are of great industrial interest. This research sought the range of angles in which the limit is found for a forming without ruptures in the SPIF (Single Point Incremental Forming) process in an aluminum sheet. It is obtained that the limit is between 72 ° and 73 °.

**KEYWORDS:** ISF; SPIF; Sheet Forming; Aluminum; Forming.

### INTRODUÇÃO

A estampagem incremental é um processo de fabricação recém desenvolvido, com grande potencial de retorno econômico e efetivo para confecção de pequenas quantidades e protótipos. É um método de estampagem que reduz os materiais e energia necessária na produção de peças, utilizando de forma sustentável os recursos (LOPES, 2013). O processo SPIF produz peças, cuja a forma final é obtida através da trajetória de uma ferramenta, a qual vai conformar uma chapa fixa em um suporte. O processo não possui matrizes fixas, o que o diferencia de outros métodos de estampagem (MAXIMILIANO, 2016). Memicoglu *et al.* (2017) citam a importância do estudo das variáveis do processo para a melhoria da qualidade do produto final. Neste trabalho, foram pesquisados os ângulos máximos de parede para uma estampagem sem ruptura em uma chapa de alumínio utilizando o processo SPIF, relacionados à profundidade e o tempo do ensaio e comparado com trabalhos similares na literatura, buscando verificar a influência dos parâmetros do processo em suas limitações.

## MATERIAL E MÉTODOS

O processo SPIF foi realizado em uma chapa quadrada de alumínio, com lado medindo 300 mm e espessura de 1 mm. Os ensaios foram realizados em um centro de usinagem de cinco eixos da marca Pinnacle Machine Tool, modelo AX450, possuindo um módulo de comando numérico computadorizado da marca Siemens, modelo 840D. A ferramenta de conformação utilizada, possui ponta esférica e maciça com 8 mm de diâmetro, e é feita de aço AISI H13, temperada e revenida. Os parâmetros de processo utilizados foram: Avanço da ferramenta de 1500 mm/min, rotação da ferramenta de 100 RPM e passo vertical de 0.5 mm. A chapa foi dividida em quatro seções e em cada seção foi estampado um cone, com diâmetro inicial de 90 mm e profundidade máxima de 90 mm, modelado e programado com auxílio de programas CAD/CAM. Os ângulos de parede variaram em cada seção, sendo eles: 71°, 72°, 73°, 74°. Foi utilizado óleo mineral ISO VG 68 para a lubrificação da superfície da chapa, para minimizar o efeito do atrito entre ferramenta e peça. Durante o ensaio, registrou-se a profundidade final e o tempo do processo, sendo imediatamente suspenso em caso de ruptura do material.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores obtidos após a realização dos ensaios. Nela é relacionado o tempo do processo, a profundidade máxima alcançada e a presença ou não de ruptura durante o processo.

TABELA 1. Resultados dos ensaios.

| Ângulo de parede | Profundidade atingida | Tempo de execução do processo | Ruptura |
|------------------|-----------------------|-------------------------------|---------|
| 71°              | 90,0 mm               | 18 min 32 s                   | Não     |
| 72°              | 90,0 mm               | 19 min 10 s                   | Não     |
| 73°              | 18,5 mm               | 06 min 12 s                   | Sim     |
| 74°              | 17,6 mm               | 06 min 02 s                   | Sim     |

O processo utilizando os ângulos de 71° e 72° não resultou no rompimento da chapa, quando utilizado os ângulos de 73° e 74° romperam ao atingir determinada altura. A Figura 1 apresenta os resultados obtidos após o processo SPIF.

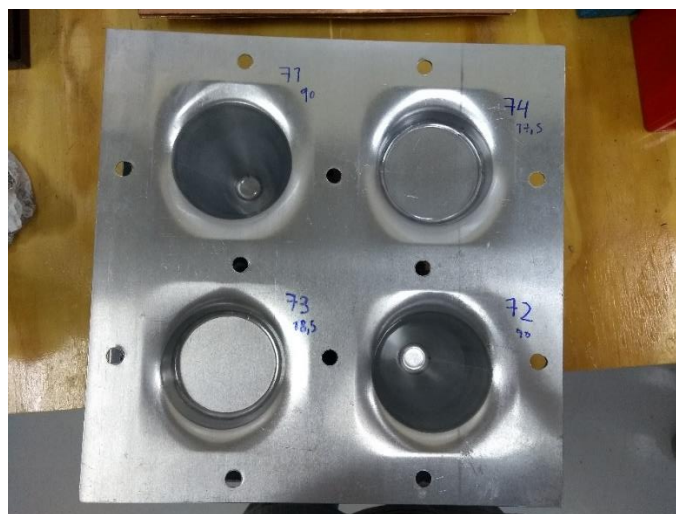


FIGURA 1. Chapa estampada com ângulos de parede de 71°, 72°, 73°, 74°.

A Figura 2 destaca os pontos de ruptura resultantes da estampagem com os ângulos de 73° e 74°.

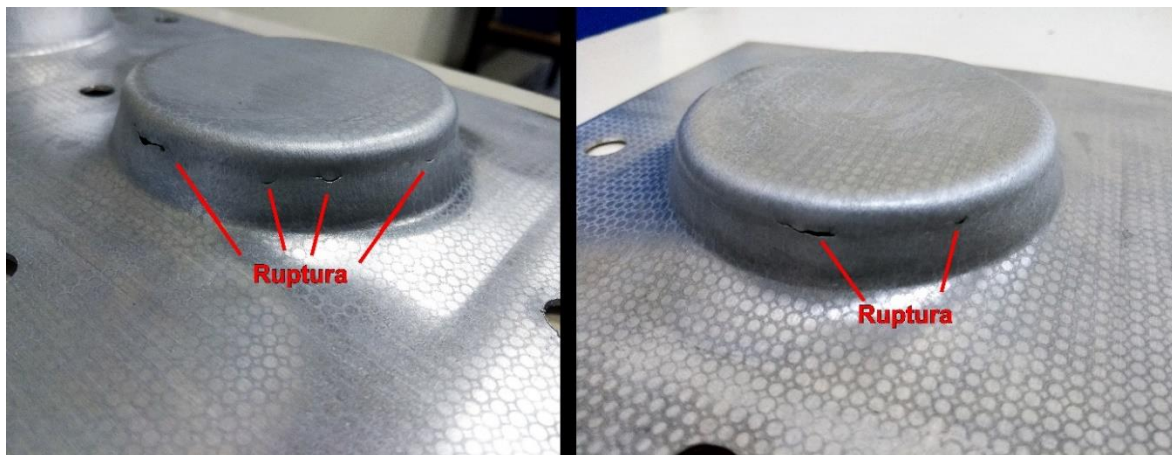


FIGURA 2. Rupturas na forma com ângulo de parede de 73° (Esquerda) e 74° (Direita).

### CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos ensaios demonstraram que, com o material e os parâmetros utilizados, o ângulo de parede limite para se estampar, utilizando o processo SPIF e sem rompimentos, ficou entre 72° e 73°.

Os resultados, também mostram a tendência de que a profundidade final está diretamente ligada ao ângulo de parede, isto é, quanto menor o ângulo maior a profundidade de estampagem, tendência essa que pode ser observada no levantamento bibliográfico realizado.

### AGRADECIMENTOS

Ao IFSP *campus* Itapetininga por dispor seus recursos para o desenvolvimento dessa pesquisa.

### REFERÊNCIAS

LOPES, Tiago Filipe Ramos da Silva. Estampagem Incremental: Compensação do Retorno Elástico e Análise à Rotura. 2013. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/69331/1/000155462.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

MAXIMILIANO, Gerson. Estampagem incremental de múltiplos passes em chapa de latão C268. 2016. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/149218>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

MEMICOGU, P.; MUSIC, O.; KARADOGAN, C. Simulation of incremental sheet forming using partial sheet models. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE TECHNOLOGY OF PLASTICITY - ICTP, 2017, Cambridge. Procedia Engineering 207. Cambridge: Elsevier, 2017. p. 831 - 835.