Instituto Politécnico, Nova Friburgo
August 30th- September 3rd, 2004 Paper CRE04-PF09

Análise Teórica do Processo Convencional de Repuxamento

Ricardo Vechin de Macedo[1], Miguel A. Menezes[2]
Departamento de Engenharia Mecânica - DEM, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS,
Universidade Estadual Paulista - UNESP
Av. Brasil Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil
[1]rvmacedo@aluno.feis.unesp.br , [2]miguel@dem.feis.unesp.br

O Repuxamento é um método de conformação de chapas metálicas dentro de formas assimétricas sem costura através de uma combinação de rotação e força. Analisando a técnica usada, as aplicações e os resultados obtidos, pode-se dividir o repuxamento em duas categorias: repuxamento manual e repuxamento forçado. A operação é realizada com o uso de uma máquina ou um torno de repuxar, consiste em pressionar uma ferramenta, haste ou rolete de compressão, contra um "*blank*" circular de metal, que é rotacionado por um cabeçote. O "*blank*" é usualmente forçado sobre a placa-matriz com uma forma pré-determinada. Formas simples podem ser repuxadas sem uma placa-matriz. Vários dispositivos mecânicos são utilizados para incrementar a força que pode ser aplicada na peça trabalhada. Em tese qualquer metal dútil que possa ser conformado a frio por outros métodos, pode ser repuxado. Alguns repuxamentos são feitos a quente; o material pode algumas vezes sofrer pré-tratamento para aumentar a dutilidade ou para permitir o afinamento de seções a serem repuxadas. Neste trabalho, se enfoca o estudo da componente tangencial da força que atua no processo de repuxamento forçado.

Dentre as três forças que atuam sobre a ferramenta, a componente tangencial da força, que é a componente na direção paralela ao "*blank*" e tangencial ao mandril, é a mais importante do ponto de vista da força necessária ao processo. A análise deste trabalho é baseada na geometria do processo de repuxamento (fig.1) e na incorporação do encruamento; entretanto, esses resultados não devem ser considerados após o inicio do enrrugamento.

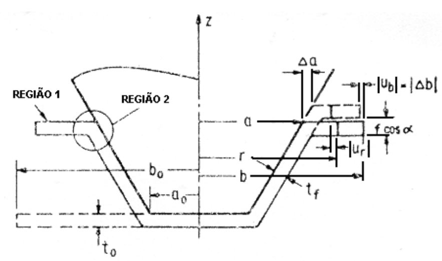

Fig 1 Geometria do processo de repuxamento convencional

Considerando para a análise a energia de deformação, ΔW, requerida para deformar a flange durante uma revolução no mandril, se pode dividir essa energia em duas energias, aplicadas em diferentes regiões. Assim tem-se:

$$\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2 \tag{1}$$

A primeira ΔW_1, é a energia requerida para deformar a flange durante uma revolução do mandril, onde se assume que a alteração na espessura da flange é pequena. Que pode ser equacionada como:

$$\Delta W_1 = \int_{V_1} \overline{\sigma} \Delta \overline{\varepsilon}_1 dV_1 \tag{2}$$

Considerando que o material obedece a curva Tensão-Deformação expressada por

$$\overline{\sigma} = k.\Delta \overline{\varepsilon}_1 \tag{3}$$

onde de [1], a deformação efetiva incremental da região 1 (fig. 1) relacionada com a geometria dada por: $$\Delta\bar{\varepsilon}_1 = \left(\frac{tf}{to.\operatorname{sen}\alpha} - 1\right).f.\operatorname{sen}\alpha.\frac{a}{r^2} \qquad (4)$$

e a variação do volume igual a: $dV_1 = 2.\pi.t_0.r.dr$ (5)

Assim, da equação (3), (4) e (5) em (2), e resolvendo a integral, com $t_f = t_0.\operatorname{sen}\phi$

$$\Delta W_1 = k.2.\pi.t_0.\left[(sen\phi - sen\alpha).f.a\right]^{n+1}.\frac{r^{-2.n}}{-2.n} \qquad (6)$$

A outra energia, ΔW_2, é devido a deformação localizada na região da ferramenta, que será expressa por: $$\Delta W_2 = \Delta V_2 \int \bar{\sigma}.d\bar{\varepsilon}_2 \qquad (7)$$

De [2], para materiais que seguem a curva tensão-deformação $\bar{\sigma} = k.\Delta\bar{\varepsilon}_2^n$ e de [1] que a deformação efetiva incremental seja dada por $\Delta\bar{\varepsilon}_2 = \frac{\gamma}{\sqrt{3}} = \frac{\cot\phi}{\sqrt{3}}$,sendo $\Delta V_2 = 2.\pi.a.f.t_f$, a equação (7) fica: $$\Delta W_2 = \frac{2.\pi.a.f.k.t_0.\operatorname{sen}\phi}{n+1}\left(\frac{\cot\phi}{\sqrt{3}}\right)^{n+1} \qquad (8)$$

Concluindo, se a componente tangencial da força for formulada através da energia requerida, ΔW, como $\Delta W = Ft.2.\pi.a$ e $\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2$; de onde finalmente se obtém:

$$F_t = k.t_0.\left\{-\frac{1}{2.a.n.r^{2n}}.\left[(\operatorname{sen}\phi - \operatorname{sen}\alpha).f.a\right]^{n+1} + \left[\frac{f.\operatorname{sen}\phi}{n+1}\left(\frac{\cot\phi}{\sqrt{3}}\right)^{n+1}\right]\right\} \qquad (9)$$

Através dos dados experimentais obtidos de [3] e aplicando a equação acima se define os resultados mostrados na fig. 2.

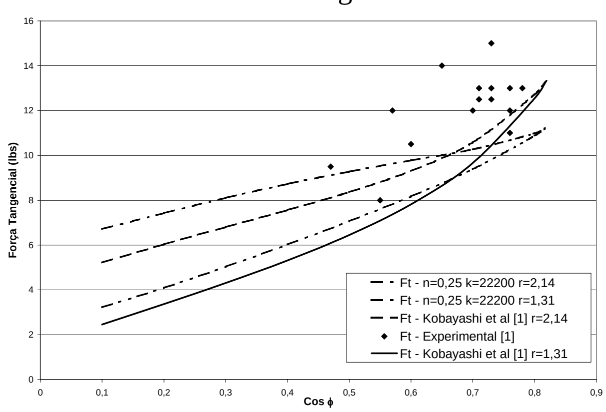

Fig. 2 – Comparação entre os componentes de forças tangenciais teóricas obtidas, e as previstas por Kobayashi et al. e os pontos experimentais [1], para t_0=0,05in, f=0,0281ipr, a=1,054 in e α=35º.

A força tangencial foi derivada usando o método da energia de deformação uniforme com a incorporação do encruamento. A concordância entre os resultados teóricos pela presente análise foi muito boa em relação aqueles previstos na literatura, e com os dados experimentais das forças tangenciais, para uma espessura t_0=0.05 in. Isto porque, o encruamento reduz a variação da espessura no processo.

REFERÊNCIAS

[1] Sortais, H. C., Kobayashi, S., Thomsen, E.G., "Mechanics of Conventional Spinning", Transactions of the ASME, p. 346-350, November, 1963.

[2] Marciniak, Z. & Duncan, J., "Mechanics of Sheet Metal Forming", Edward Arnold, 1992.

[3] Kobayashi, S., "Instability in Conventional Spinning of Cones", Transactions of the ASME, p. 44-48, February, 1963.