



ESTUDO DO FORJAMENTO DE PEÇAS VAZADAS A PARTIR DE *BILLETS* TUBULARES



Orientador: Prof. Dr-Ing. Lirio Schaeffer

Mestrando: Tecg. Angela Marques

Para contato e maiores informações:

e-mail: angela_selau@ufrgs.br

Fone: (51) 3308-6143

1. RESUMO

Componentes tubulares forjados têm diversas aplicações industriais entre eles, a indústria automotiva. São produtos para veículos leves, caminhões, ônibus, motocicletas, máquinas agrícolas, implementos rodoviários e ferroviários como tubos para sistemas de suspensão, direção e transmissão, entre outros. Normalmente as peças são forjadas a partir de billets de barras maciças, porém, em muitos casos após o forjamento é necessário uma operação de usinagem para fazer um furo central, por exemplo. Tal operação pode ser eliminada se o forjamento for realizado a partir de um billet tubular, com isto reduz-se o gasto de material e energia, o que pode ser bastante significativo dependendo do peso e da geometria da peça, do material, e do tamanho do lote produzido. Neste trabalho é realizado um estudo teórico-experimental do processo de forjamento de peças tubulares, com base na simulação, buscando identificar a ocorrência de trincas e defeitos no material durante o processamento. Inicialmente é feita uma revisão de literatura apresentando uma breve descrição do processo. Em seguida é feita a caracterização do material através do levantamento da curva de escoamento e com os dados encontrados é alimentado o software de simulação de elementos finitos. Alguns parâmetros são variados com o objetivo de encontrar a melhor combinação, por fim realiza-se o experimento do processo a fim de comprovar os resultados obtidos pela simulação.

2. O USO DE ELEMENTOS FINITOS NA CONFORMAÇÃO MECÂNICA

A primeira pessoa, que se tem registro, a usar o termo “elemento finito” foi Clough[1], sendo que os primeiros desenvolvimentos do método de elementos finitos ocorrem na década de 1950 através dos trabalhos de Turner et al. [2]. Nos anos 60 iniciaram-se as primeiras aplicações do método, efetuadas na resolução de problemas de análise estrutural com utilizações de domínio das tecnologias de fabricação e na década de 70 desenvolveu-se uma formulação alternativa chamada de formulação do escoamento plástico ou “flowformulation”. Essa formulação caracteriza o escoamento dos materiais metálicos em deformação plástica de uma forma análoga ao escoamento dos fluidos viscosos incompressíveis a qual serve de base para vários programas de elementos finitos [3].

Nos últimos anos a indústria de conformação mecânica experimentou um grande avanço na área de projeto devido ao aprimoramento dos programas de simulação numérica deste processo. Em meados da década de 90, a maioria dos programas possibilitavam a simulação do processo de forjamento para peças de simetria axial e outras onde o fluxo de material pudesse ser aproximado como ocorrendo em apenas duas dimensões (deformação plana). Atualmente, pode-se dizer que os programas de simulação tornaram-se uma ferramenta prática e essencial para o desenvolvimento e otimização da tecnologia de processos de deformação plástica. Inúmeros programas comerciais, baseados em diferentes métodos de solução estão disponíveis no mercado. Os métodos de solução mais empregados são: elementos finitos, volumes finitos, elementos de contorno.

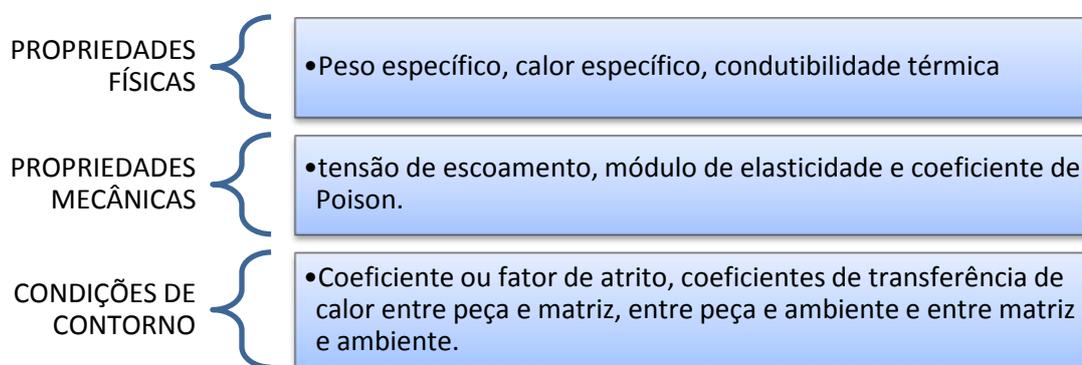
A Tabela 1 apresenta alguns dos principais softwares utilizados para este fim, além disso, informa-se o respectivo fabricante por cada para realizar a simulação [4].

Nome	Fabricante
EESY-FORM	CPM Gesellschaft für Computeranwendung
DEFORM	Scientific Forming Technologies Corporation
FORGE	Transvalor SA
MARC Autoforge	MARC Analysis Research Corporation

Simufact	Simufact
Qform	Quantor
MSC Superforge	Technical Project Coordinator

Tabela 1- Marcas e fabricantes de softwares

Independente do software utilizado alguns pré-requisitos são fundamentais para obtenção de bons resultados na simulação. Entre estes pré-requisitos tem-se a introdução no programa de valores confiáveis para as propriedades físicas e mecânicas e das condições de contorno, tais como:



Considerando a importância dos itens citados acima, para uma representação numérica eficiente, realizam-se ensaios para obter as propriedades corretas e adequadas que devem ser inseridas no software. Os ensaios mais utilizados são o ensaio de compressão, ensaio do anel e de torção.

3. OBJETIVOS DO PROJETO

Embora o processo possa levar a economia de material e energia, ele é mais suscetível à ocorrência de defeitos como dobras e trincas conforme mostra uma simulação inicial vista na figura 1. Assim, o objetivo principal é a realização de um estudo abrangente do forjamento de peças vazadas a partir de tubos, levando-se em conta principalmente aspectos relativos a fluxo de material.

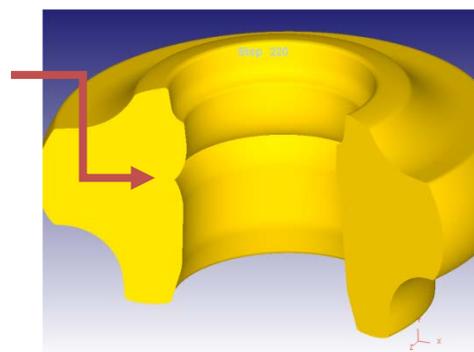


Figura 1 - Simulação do forjamento de um tubo

4. ETAPAS DA PESQUISA

- ✓ Revisão bibliográfica;
- ✓ Simulação numérica computacional do processo;
- ✓ Otimização do processo com diferentes dados de entrada;
- ✓ Fabricação do ferramental para forjamento da peça em estudo;
- ✓ Avaliação dos resultados: dados práticos versus dados obtidos na simulação;

Referências Bibliográficas:

- [1] CLOUGH, R. **“The FiniteElementMethod in Place Stress Analysis.”** In: Anais da 2. Conference on Electronic Method. International Computation.” 1960, Pittsburgh: American Societyof Civil Engineers. p. 345-378.
- [2] TURNER M.; CLOUGH, R.; MARTIN, H.; Topp, I. **“Stiffnessand Deflection Analysisof Complex Structures.”** Journal of the Aeronautical Sciences, v. 23, n. 9,p. 805-821, setembro 1956.
- [3] BRITO. A. M. G.;**“Análise Teórico-Experimental Dos Processos De Expansão, Redução E Inversão De Extremidades De Tubos De Parede Fina Em Matriz.”** Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. PPGEM, 2006.
- [4] BRAMLEYU. A.N.; MYNORS. D.J.; **“The Use Of Forging Simulation Tools.”** Materials and Design, v. 21, 2000, p. 279-286.