

Resumo

Os processos tecnológicos de conformação plástica de chapa são hoje correntemente utilizados em diversas áreas de produção. A complexidade crescente dos produtos, a constante redução dos ciclos de desenvolvimento e as tendências actuais de utilização de materiais mais leves e mais resistentes colocaram novos desafios aos processos de conformação plástica de chapa. Para fazer face a estes desafios, existe uma sucessiva aproximação ao conceito de produção virtual, e em particular à simulação numérica por elementos finitos. Na última década, tem sido dedicado um extenso esforço no desenvolvimento destas ferramentas numéricas e no estabelecimento de modelos matemáticos que permitam modelar o comportamento da chapa quando sujeita ao processo de conformação plástica. A validação dos novos desenvolvimentos numéricos necessita de resultados experimentais com a maior fiabilidade possível. A presente dissertação pretende ser uma contribuição no campo da obtenção de dados experimentais de referência que permitam a validação dos resultados numéricos. Para tal, são apresentados resultados de 'benchmarks' experimentais, os quais são representativos de defeitos ou comportamentos típicos obtidos no processo de embutidura, e estudadas as influências de diversas variáveis experimentais. Perante os resultados obtidos, são estabelecidas um conjunto de condições experimentais a considerar para atingir a fiabilidade necessária. São realizadas simulações numéricas desses 'benchmarks' e apresentado um método de compensação do fenómeno de retorno elástico, o qual é responsável pela grande variabilidade das formas obtidas pelo processo de embutidura. Realiza-se igualmente a análise à rotura de componentes embutidos. Para tal, um programa modular e amigável para a previsão de curvas limite de embutidura foi adaptado como uma ferramenta de pós-processamento dos resultados numéricos obtidos pela simulação por elementos finitos. São usados componentes embutidos para se obterem resultados de simulação numérica, os quais são pós-processados para a determinação da estrição localizada com o programa desenvolvido. As previsões são comparadas com resultados experimentais para testar a validade dos modelos implementados.

Abstract

Sheet metal forming processes are widely used in several production areas. The growing complexity of the products, the shortening of development cycles and the actual trends of using lighter and higher strength materials has placed new challenges to the sheet metal forming processes. To face these challenges, a new approach to virtual production concepts was arisen, namely to finite element numerical simulation. In last decade, an extensive effort has been dedicated in the development of these numerical tools and in the establishment of mathematical models that allow a better modelling of sheet metal behaviour under plastic

deformation. The validation of these numerical developments needs experimental results as reliable as possible. The present dissertation intends to provide a contribution in the area of reference experimental data to be used in numerical results validation. For such purpose, experimental benchmarks results are presented, which are representative of typical defects or behaviours obtained in sheet metal forming components. Several experimental variables were investigated and it was established a group of experimental conditions to take into account in order to reach reliable results. Numerical simulations were performed and its results were compared with the experimental ones. It is also presented a numerical method to compensate springback, a phenomenon responsible for major discrepancies observed in final geometry of stamped parts. Concerning failure analysis, a modular and user-friendly program to predict forming limits was adapted as a post-processing tool for finite elements simulations results. Experimental components were used to obtain numerical results that were post-processed with the developed code in order to predict the onset of necking localization. A comparison between experimental and numerical results is carried out.