

Resumo

Os objectivos deste trabalho enquadram-se num alargamento do conhecimento da tecnologia do processo de estampagem a quente, com a aplicação de aços microligados ao boro. A parte introdutória apresenta o enquadramento entre as necessidades da indústria automóvel associada à evolução dos materiais metálicos ferrosos, em especial a dos aços de alto limite elástico, e fenómenos associados à sua transformação. Este capítulo foca em particular a tecnologia de estampagem a quente descrevendo todo o método de processamento. Procede-se igualmente a uma resenha global sobre os aços microligados ao boro indicados para o processo em estudo, nomeadamente os aspectos metalúrgicos, a descrição das transformações microestruturais e às suas implicações na recristalização dinâmica. Em particular, são analisadas as características específicas do elemento boro na temperabilidade a quente dos aços de baixo carbono e alguns exemplos de aplicações práticas. No segundo capítulo são referidas as potencialidades de um popular programa comercial de simulação numérica para efectuar estudos de factibilidade; são estudadas diferentes abordagens no desenvolvimento de métodos de fabrico, desde a evolução dos materiais às evoluções dos próprios processos de transformação, isto em dois exemplos de peças estruturais de carroçaria automóvel (barra de impacto da porta frontal e um pilar B). As simulações do processo de estampagem a frio foram efectuadas com o módulo Autoform™-Incremental V4.1.1, enquanto que nas simulações de estampagem a quente foi utilizado o módulo Autoform™-Hotforming. Os estudos de análise da factibilidade através da simulação do processo de estampagem a quente foram efectuados utilizando o sistema directo e/ou indirecto, para o intervalo de temperaturas de 850 a 1200°C. No terceiro capítulo é realizada uma análise económica ao nível da estimativa de custos, que visa comparar os custos de investimento associados ao processo convencional (frio) e à estampagem a quente, apresentando-se uma análise de custos detalhada e respectivo preço peça para os dois casos de peças estruturais. Assim, os elementos essenciais para melhor analisar os custos associados à tecnologia são alvo de uma avaliação, como meio de preparação de uma possível aplicação industrial a médio/longo prazo.

Palavras-chave: Estampagem a Quente; Aços “nova geração”; Aços microligados ao boro; Simulação Numérica de Estampagem; Módulo “Hotforming”; Análise Económica

Abstract

The objectives of this work are within the purpose of increasing the knowledge on the field of the hot stamping process making use of boron steels. The introduction of this thesis presents the framework between the development of automotive industry and the evolution of metallic materials, namely the high strength steels, and their specific stamping process characteristics. The chapter highlights specially the hot stamping process; and presents a global review on the boron steels, passing by their metallurgic characteristics, micro-structural transformations and the dynamic recrystallization. In particular, the specific characteristic of the boron element on the hot hardenability of the low carbon steels and described the some examples of practical applications. The second chapter makes the link between the theoretical and more practical aspects of the applied analysis, by using the capabilities of a commercial numerical simulation code of deep-drawing to perform feasibility studies. For that purpose two different approaches were used in the fabrication method, also analysing different material grades and process development, applied to different parts of an automotive body (front lateral impact beam and B-pillar). The simulations of the standard (cold) process were performed with the Autoform™ - Incremental V4.1.1 module, whereas the hot stamping processes were performed with Autoform™-Hotforming (alpha version module). The feasibility tests were carried out in the hot-forming process applying the direct and indirect systems, within the temperature range of 850-1200°C. In the third chapter is presented an economical analysis which describes extensively the costs related to the mass production of each structural part, comparing the standard (cold) process with the hot stamping process. With this, the essential elements to analyse the costs associated to the hot stamping technology are evaluated in order to prepare one possible industrial application in the mid/long term future.

Keywords: Hot stamping; “New generation” steels; Micro-alloy boron steels; Sheet metal forming simulation; Economical analysis