

Influência do nível de deformação na formação das bandas de Lüders para chapas de aço com mesmo nível de envelhecimento

Guilherme Couto ANDRADE¹; Alexandre Moura GIAROLA²; Ramila Aparecida MOURA³

¹ Aluno do curso de Engenharia de Produção e bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do IFMG *campus* Bambuí

² Professor do IFMG *campus*- Bambuí

³ Aluna do curso de Engenharia de Produção do IFMG *campus* Bambuí

RESUMO

O processo de laminação de chapas finas à frio é responsável pelo bom acabamento superficial e alta precisão dimensional exigidas pelo mercado consumidor. O passe de encruamento (skin pass) em chapas de aço envelhecíveis consiste em uma leve redução percentual pelo processo de laminação à frio, e tem o objetivo de eliminar os efeitos do patamar de escoamento evitando problemas no processo de fabricação das chapas. O comportamento associado à heterogeneidade de deformação no passe de encruamento ainda é pouco compreendido bem como o mecanismo de como as bandas são formadas. O presente trabalho visa avaliar a influência do nível de deformação no comportamento das bandas considerando-se dois materiais com mesmo nível de envelhecimento, por meio de simulação numérica por elementos finitos utilizando-se o software Deform 2D V.10.0 (Scientific Forming Technologies Corporation). É feita uma abordagem gráfica da deformação efetiva ao longo do comprimento de laminação da chapa para melhor visualização das diferenças de comportamento entre dois materiais.

Palavras-Chave: Bandas de Lüders, Método de elementos finitos, Distribuição de deformação, Passe de encruamento.

INTRODUÇÃO

Produtos de aços laminados à frio são de ampla utilização principalmente na indústria automotiva. O processo de laminação de chapas finas à frio é responsável pelo bom acabamento superficial e alta precisão dimensional exigidas pelos clientes (TAKITA, 2001; CUNHA, 2007; REED-HILL, 1982).

A Figura 1 apresenta o mecanismo proposto na literatura (YOSHIDA, 2008) para a eliminação dos problemas causados pelas bandas de Lüders em artefatos fabricados com chapas envelhecidas. O passe de encruamento introduz um grande número de bandas de Lüders incipientes

VI Semana de Ciência e Tecnologia IFMG - Campus Bambuí
VI Jornada Científica
21 a 26 de outubro de 2013

na chapa, que se propagam de forma limitada nas peças fabricadas com a chapa, não causando danos à aparência de tais artefatos.

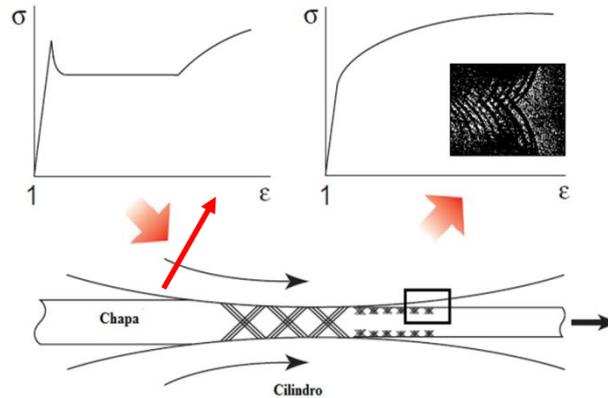


Figura 1: Ilustração esquemática da formação de bandas de Lüders no passe de encruamento

O espaçamento das bandas é um importante parâmetro que Lake estudou para vários tipos de aço e condições de laminação. Diversos estudos foram feitos variando espessura, composição química das chapas, diâmetro do cilindro e acabamento superficial (LAKE, 1985).

O objetivo do presente artigo é a análise da distribuição de deformação causada pelo passe de encruamento em uma chapa de aço com um certo grau de envelhecimento; considerou-se uma variação de redução em 0,5%, 1,0% e 2,0%

METODOLOGIA

Foi utilizado o software de elementos finitos Deform 2D V10.0 (Scientific Forming Technologies Corporation), considerando a condição de estado plano de deformações sob processamento isotérmico a 20°C. Foram utilizados dois materiais com mesmo nível de envelhecimento, mas com níveis de deformação diferentes.

A Tabela 1, resume as condições de entrada no software Deform 2D.

Tabela 1: Resumo das condições da simulação utilizadas

Coeficiente de atrito	0,12
Número de etapas na simulação	5000
Tempo da etapa	0,000005s
Velocidade angular dos cilindros	6,24 rad/s
Temperatura	20°C
Malha inicial	2704 elementos plásticos/mm ²
Tamanho do elemento quadrado	0,0192 mm

As chapas apresentavam comprimento inicial de 7,5 mm e espessura de 1mm. O cilindro de laminação apresentava diâmetro de 150 mm. A ponta desta chapa foi posicionada entre o cilindro e

a condição de contorno, que foram aproximados até que se alcançasse uma redução de espessura determinada, de acordo com a redução de cada simulação. Finalmente, girou-se o cilindro com a velocidade angular mostrada na Tabela 1. . A geometria do modelo computacional utilizado para simulação numérica e a malha empregada são ilustradas na Figura 2.

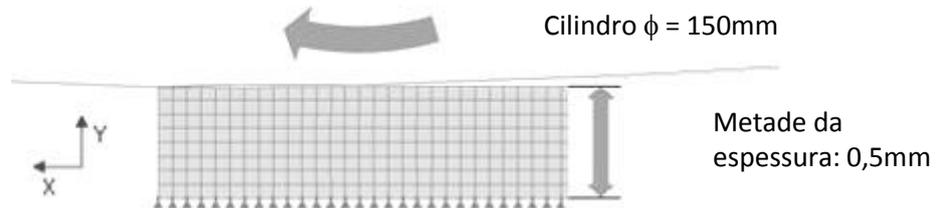


Figura 2: a) Geometria do modelo computacional b) Detalhe da malha utilizada na simulação

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 mostra a deformação plástica nas chapas laminadas a 0,5%, 1,0% e 2,0% para os dois tipos de materiais.

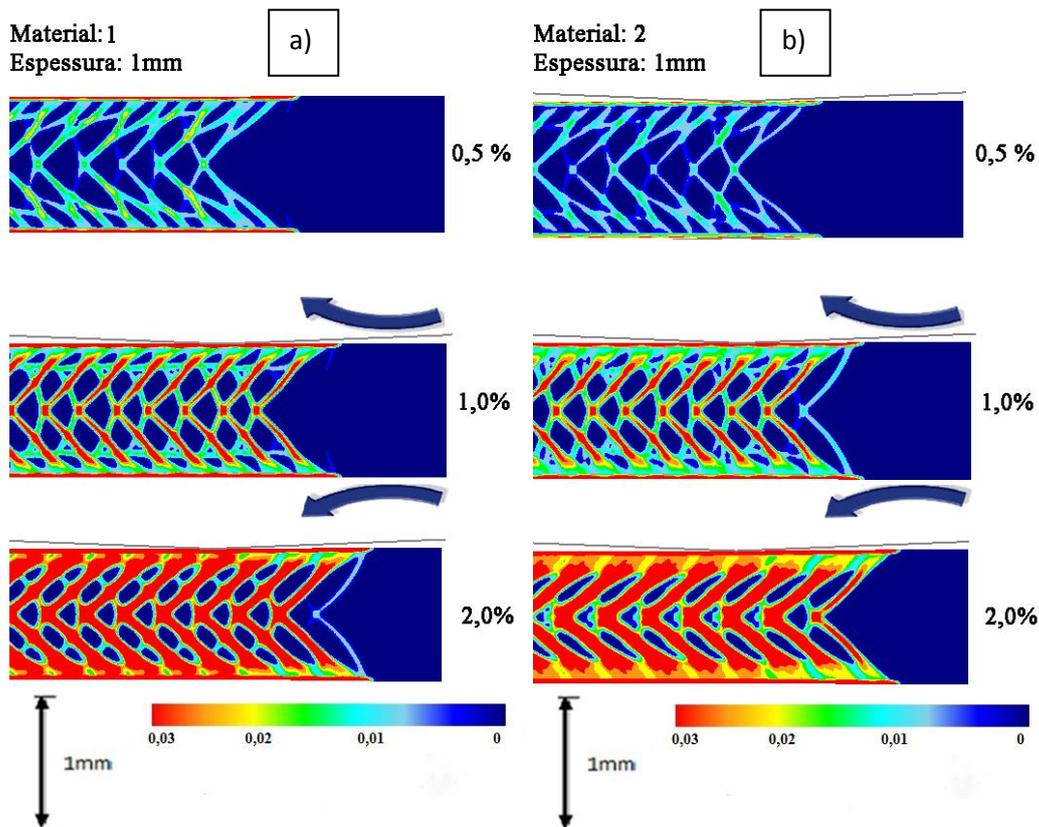


Figura 3: Padrões de deformação plástica para chapas laminadas a 0,5%, 1,0% e 2,0% a) Material 1 b) Material 2

VI Semana de Ciência e Tecnologia IFMG - Campus Bambuí
VI Jornada Científica
21 a 26 de outubro de 2013

Pela Figura 3 o comprimento selecionado para a chapa permitiu, em todos os casos, alcançar um estado estacionário onde o padrão de distribuição de deformações não mais se modificava ao longo do comprimento. Em todos os casos ocorreu uma pronunciada heterogeneidade de deformação, com a formação de bandas de deformação (bandas de Lüders) regularmente espaçadas. A simulação apresentada sugere um padrão de deformação mais próximo da realidade.

A Figura 4 apresenta o gráfico de espaçamento das bandas obtidos por meio da média de 5 bandas. O espaçamento das bandas corresponde com a literatura (LAKE, 1985), apresentando pouca variação no espaçamento da banda em relação ao passe de encruamento.

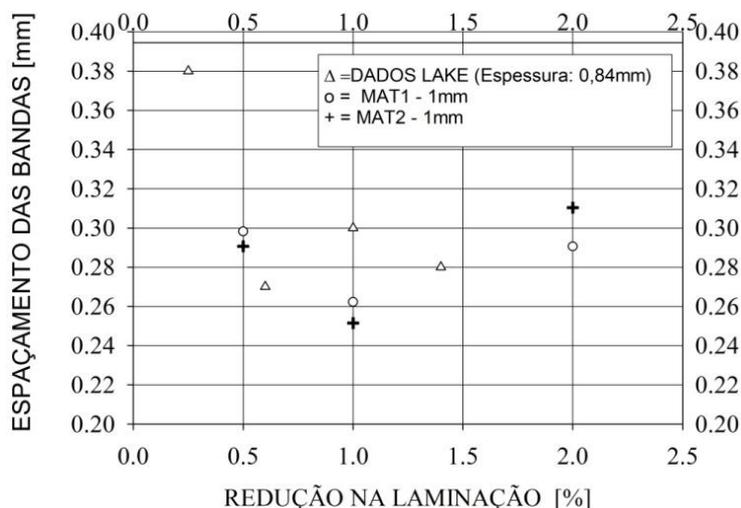


Figura 4: Espaçamento das bandas para o Material 1 e Material 2

CONCLUSÕES

Os resultados mostram a conveniência de se estudar o desenvolvimento das bandas de Lüders através do método de elementos finitos, uma vez que o desenvolvimento das bandas seguiu os modelos verificados experimentalmente.

O artigo demonstrou, pela análise gráfica, que há uma correlação de uma maior deformação efetiva com o aumento do nível de deformação inicial do material.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Bambuí pela concessão de bolsa para execução do projeto.

VI Semana de Ciência e Tecnologia IFMG - Campus Bambuí
VI Jornada Científica
21 a 26 de outubro de 2013

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TAKITA, M., OHASHI, H. Application of High-Strength Steel Sheets for Automobiles in Japan. Revue de Metallurgie, v.98, n.10, p.899-909, oct. 2001.

CUNHA C.C. Simulação Computacional via Elementos Finitos da Laminação de Encruamento (agosto 2007 a julho 2008). 2007. Iniciação Científica. (Graduando em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Paulo Roberto Cetlin, relatório final de pesquisa.

REED-HILL, R.E. Princípios de metalurgia física. 2. ed. Rio de Janeiro: GuanabaraDois, 1982..

YOSHIDA F., KANEDA Y. YAMAMOTO.S./ International Journal of Plasticity v.24 n10 p. 1792–1818, aug. 2008

LAKE, J. S. H. Control of Discontinuous Yielding by Temper Rolling. Journal of Mechanical Working Technology, v.12, p.35-66, 1985.