



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**ANÁLISE DA FORMAÇÃO DE BANDAS DE CISALHAMENTO POR MEIO
DE CORPOS DE PROVA DE TRAÇÃO ESPECIAIS**

Árisson Carvalho de Araújo

Belo Horizonte
2009

Árison Carvalho de Araújo

**ANÁLISE DA FORMAÇÃO DE BANDAS DE CISALHAMENTO POR MEIO
DE CORPOS DE PROVA DE TRAÇÃO ESPECIAIS**

**Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2009**

Árison Carvalho de Araújo

**ANÁLISE DA FORMAÇÃO DE BANDAS DE DEFORMAÇÃO POR MEIO
DE CORPOS DE PROVA DE TRAÇÃO ESPECIAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção de título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Professor Doutor Haroldo Béria Campos

Área de concentração: Processos de Fabricação Mecânica

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2009



Universidade Federal de Minas Gerais
Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica

Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – 31.270-901 – Belo Horizonte – MG
Tel.: +55 31 3409-5140 – Fax.: +55 31 3409-3783

www.demec.ufmg.br

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO

UFMG - Carimbo

**ANÁLISE DA FORMAÇÃO DE BANDAS DE DEFORMAÇÃO POR MEIO DE CORPOS
DE PROVA DE TRAÇÃO ESPECIAIS**

ÁRISSON CARVALHO DE ARAÚJO

Dissertação apresentada e avaliada em 29 de Maio de 2009, pela banca avaliadora composta por:

Prof. Haroldo Béria Campos

Orientador – Doutor, Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG

Prof. Paulo César de Matos Rodrigues

Examinador – Doutor, Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG

Frederico de Castro Magalhães

Examinador – Doutor, FAPEMIG / UFMG

Dedico à minha esposa Luciana, eterna companheira, meus queridos pais, Ademir e Geni, e à minha irmã e amiga, Ariane, que acreditaram em minha capacidade e me estimularam na conquista deste objetivo.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Haroldo Béria Campos, pela orientação, pela disponibilidade e pelo grande apoio nas decisões.

Ao Professor Doutor Paulo César de Matos Rodrigues, pelo apoio, pelas sugestões e por aceitar o convite para fazer parte da banca.

Ao Doutor Frederico de Castro Magalhães, pelas sugestões, orientações, sempre disposto em várias etapas deste trabalho, e por aceitar o convite para fazer parte da banca.

Ao Professor Doutor Alexandre Mendes Abrão, pelos conhecimentos transferidos em uma etapa deste trabalho.

Aos colegas e amigos conquistados nesses anos do mestrado, em especial, o Mestre Roberto Oliveira, pelos bons momentos e pelas dificuldades que passamos juntos.

À Heloisa Menezes e ao Sérgio Lourenço pelo apoio e compreensão referente à minha dedicação ao mestrado. À equipe IEL/NPC pelos pensamentos positivos e dedicação.

Um agradecimento especial aos meus pais Ademir e Geni e à minha irmã Ariane, pelo incentivo e apoio em todas as etapas da minha vida e também durante essa jornada.

A todos os meus familiares que torceram por mim, em especial à minha tia, afilhada, madrinha e comadre, Eni, sempre presente com seu carinho.

Aos familiares da Luciana, em especial à Joana Dark, que sempre me incentivaram e torceram por meu sucesso.

E, finalmente, à Luciana, pelo seu companheirismo e incentivo que sempre me impulsionam para a conquista dos meus sonhos.

"Existem duas escolhas primordiais na vida:
aceitar as condições como elas existem, ou
aceitar a responsabilidade de mudá-las".

Denis Waitley

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE GRÁFICOS.....	xv
LISTA DE SÍMBOLOS	xvi
RESUMO	xvii
ABSTRACT	xviii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo geral	2
2.2. Objetivos específicos	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. Tensão	3
3.1.1. Direções e Tensões Principais	7
3.1.2. Tensões Hidrostáticas e Desviadoras	9
3.1.3. Direções e tensões octaedrais.....	10
3.1.4. Tensão Efetiva ou Equivalente	10
3.2. Deformação.....	11
3.2.1. O tensor deformação	14
3.3. Critérios de Escoamento	16
3.3.1. Teoria de máxima tensão de cisalhamento (Critério de Tresca).....	16
3.3.2. Teoria da Máxima Energia de Distorção (Critério de von Mises).....	20
3.3.3. Comparação entre os Critérios de Tresca e von Mises para Tensão Plana	23
3.3.4. Critério de Hill	24
3.4. Bandas de cisalhamento	24
3.5. Critérios de fratura dúctil	28
3.6. Mecânica do dano	29
3.7. Método dos elementos finitos.....	32
3.8. Deform 2D	34
4. METODOLOGIA.....	36
4.1. Material Utilizado.....	36
4.2. Propriedades Mecânicas do Material	36
4.2.1. Anisotropia.....	36
4.2.2. Curva de Fluxo	39
4.3. Levantamento das bandas de cisalhamento	41

4.4. Simulação Numérica	43
4.5. Ensaio Metalográfico.....	44
5. RESULTADOS	45
5.1. Coeficiente de Anisotropia	45
5.2. Curvas tensão x deformação	46
5.3. Simulação Numérica e ensaio metalográfico	49
6. CONCLUSÕES	78
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	78
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Área elementar mostrando a força total (a) e as componentes (b).....	4
Figura 3.2 - Forças e tensões relacionadas aos diferentes conjuntos de eixos.....	4
Figura 3.3 - Forças generalizadas atuando em um corpo de dimensões pequenas.....	5
Figura 3.4 - Tensões atuantes nas faces de um elemento de volume orientado segundo um sistema de eixos ortogonais. Não se representam todas as tensões que atuam no elemento de volume para maior clareza na interpretação da figura.....	5
Figura 3.5 - Representação esquemática das tensões que atuam num plano arbitrário IJK, definido pelo vetor normal exterior à superfície, n'	7
Figura 3.6 - Barra de seção circular sujeita a um carregamento axial.....	11
Figura 3.7 - Deformação plana envolvendo pequenas distorções.....	13
Figura 3.8 - Ilustração mostrando que o cisalhamento puro (a e b) está relacionado ao cisalhamento puro (c) mais uma rotação (d).....	15
Figura 3.9 - Ensaio de tração.....	16
Figura 3.10 - Círculo de Mohr para $\sigma_x = \sigma_1$ e $\sigma_y = 0$	17
Figura 3.11 - Círculo de Mohr para $\sigma_3 = 0$ e σ_1 e σ_2 com mesmo sinal.....	18
Figura 3.12 - Círculo de Mohr para $\sigma_3 = 0$ e σ_1 e σ_2 com sinais opostos.....	18
Figura 3.13 - Representação do critério da tensão máxima de cisalhamento.....	19
Figura 3.14 - Gráfico para a máxima energia de distorção.....	22
Figura 3.15 - Comparação dos critérios de escoamento de Tresca e von Mises.....	23
Figura 3.16 - Bandas de Cisalhamento.....	24
Figura 3.17 - Representação de bandas de cisalhamento em uma barra de liga de Fe durante forjamento.....	25
Figura 3.18 - Seção de um corpo de prova do Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-0, submetido à compressão em alta temperatura e alta taxa de deformação para visualização das bandas de cisalhamento.....	25
Figura 3.19 - Mecanismo de fratura dúctil pela formação e coalescimento de poros.....	26
Figura 3.20 - Mecanismo de fratura dúctil pelo desenvolvimento de bandas de cisalhamento.....	27

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

