

USO DA TÉCNICA DE CISALHAMENTO PLANAR SIMPLES PARA ALTERAR A TRAJETÓRIA DE DEFORMAÇÃO DO AÇO AISI 430E

Wellington Lopes

UFMG, Aluno do curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Rua Espírito Santo 35 - Centro, 30160-030, Belo Horizonte, MG, Brasil.

wellingtonlopes2003@ig.com.br

Elaine Carballo Siqueira Corrêa

UFMG, Doutora, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Rua Espírito Santo 35 - Centro, 30160-030, Belo Horizonte, MG, Brasil.

elaine@demet.ufmg.br

Haroldo Béria Campos

UFMG, Professor associado, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, 32270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.

beriacampos@uol.com.br

Maria Teresa Paulino Aguilar

UFMG, Professora associada, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção Civil, Rua Espírito Santo 35 - Centro, 30160-030, Belo Horizonte, MG, Brasil.

teresa@demc.ufmg.br

Paulo Roberto Cetlin

UFMG, Professor titular, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Rua Espírito Santo 35 - Centro, 30160-030, Belo Horizonte, MG, Brasil.

p cetlin@demet.ufmg.br

Resumo: *A técnica de cisalhamento planar simples é empregada neste trabalho para alterar a trajetória de deformação do aço inoxidável AISI 430E mediante ensaios do tipo Bauschinger (cisalhamento direto seguido por cisalhamento reverso) e seqüência ortogonal ou cross test (pré-deformação em tração seguida por cisalhamento direto). Todos os ensaios foram feitos a 0° em relação à direção de laminação, DL, sendo o comportamento mecânico apresentado pelo material após a mudança na trajetória de deformação correlacionado com a provável evolução da sua subestrutura.*

Palavras-chave: *Cisalhamento planar simples, trajetória de deformação, aço AISI 430E e seqüência ortogonal.*

1. INTRODUÇÃO

Em uma operação de conformação mecânica, um dado material estará sujeito a severas condições de sollicitação envolvendo mudanças em sua trajetória de deformação. Assim, a avaliação de parâmetros como a tensão de fluxo, ductilidade e taxa de encruamento após tal mudança é importante para a escolha do material mais adequado às condições de serviço requeridas.

Com o objetivo de melhor compreender como as diversas variáveis do processo interferem no comportamento mecânico apresentado por um dado material, vários trabalhos têm sido publicados

nos últimos anos. Dentre eles destacam-se aqueles que analisam o valor da pré-deformação⁽¹⁻³⁾, direção de sollicitação^(3,4) bem como o tipo e estado do material^(5,6).

No entanto, a grande dificuldade consiste em criar métodos experimentais capazes de representar as condições de sollicitação existentes em processos reais de conformação sem ocasionar danos à estrutura do material ou impor limites como a restrição da deformação. Embora os ensaios do tipo Bauschinger⁽⁷⁻⁹⁾ e cíclicos⁽¹⁰⁾, sejam utilizados para avaliar operações de embutimento profundo mediante os tradicionais testes unidirecionais de tração seguida por compressão⁽¹¹⁻¹³⁾, esses ensaios possuem restrições como, por exemplo, a limitação do nível de deformação devido principalmente à ocorrência de flambagem nas amostras. Desta forma, modificações nos equipamentos e na geometria das amostras foram necessárias para correção desses inconvenientes⁽¹⁴⁻¹⁷⁾. Entretanto, o ensaio de cisalhamento planar simples⁽¹⁸⁻²¹⁾, utilizado por Hu⁽¹⁰⁾ no aço baixo carbono mediante testes cíclicos tem se mostrado ser a técnica mais versátil para realização dos ensaios do tipo Bauschinger por utilizar corpos de prova com geometria simples, ausência de uma zona de estrição e um elevado valor de deformação homogênea praticável.

O uso da técnica de cisalhamento planar simples combinada com outros testes amplia a capacidade de geração de curvas de fluxo capazes de retratarem com maior precisão as situações reais de conformação mecânica. Assim, as respostas fornecidas por um dado material após a mudança em sua trajetória de deformação serão capazes de retratar de maneira mais fidedigna um determinado processo de conformação mecânica.

Curvas de fluxo que consigam descrever com melhor exatidão as diversas variáveis existentes num dado processo de conformação possibilitarão a obtenção de dados de entrada mais precisos que poderão ser utilizados em métodos analíticos como a simulação numérica.

O objetivo deste trabalho é utilizar as técnicas de cisalhamento planar simples e tração uniaxial para alterar a trajetória de deformação de um material ainda não pesquisado, aço inoxidável AISI 430E, mediante duas seqüências de carregamento: seqüência ortogonal (cross test, Rauch⁽¹⁾) e ensaio do tipo Bauschinger. As respostas fornecidas pelo material referentes a aspectos de resistência mecânica e encruamento serão avaliadas após a mudança na trajetória de deformação.

2. MATERIAL

2.1 Descrição

Chapas de aço inoxidável AISI 430E com espessura de 0.61mm cortadas a 0° em relação à direção de laminação, DL, sendo o material utilizado no estado como recebido.

2.2 Corpos de prova

2.2.1 Corpo de prova para tração uniaxial

Corpos de prova para ensaio de tração uniaxial em chapas foram confeccionados segundo a norma ISO 50 por usinagem mecânica com uso de fresadora CNC, modelo ROCCOMATIC, conforme mostrado na Figura. (1) com 0,61mm de espessura.

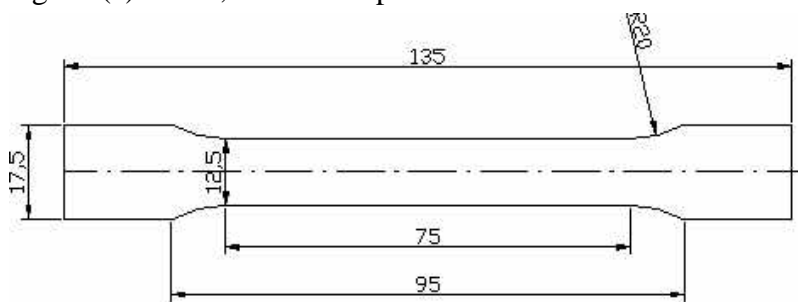


Figura 1 – Corpo de prova de tração, medidas em mm.

2.2.2 Corpo de prova para cisalhamento planar simples

O ensaio de cisalhamento planar simples foi feito em amostras retangulares planas com 50mm de comprimento, (l), 15mm de largura total da chapa, sendo 3,5mm de largura efetiva submetida ao ensaio de cisalhamento, w_{efet} , e 0,60mm de espessura, (t). As dimensões das amostras seguiram as restrições geométricas impostas por Rauch⁽¹⁾ e Barlat et al⁽³⁾. A Figura. (2) mostra a configuração dos corpos de prova de cisalhamento empregados neste trabalho.

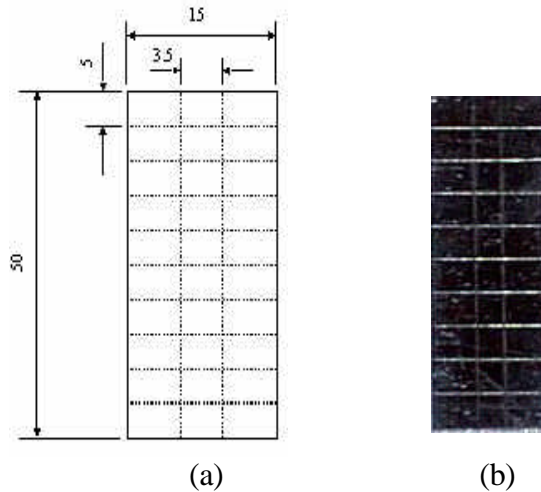


Figura 2. (a) Esquema do corpo de prova para cisalhamento, medidas em mm. (b) Corpo de prova cortado e demarcado.

3. METODOLOGIA

3.1 Ensaio de tração uniaxial

O ensaio de tração uniaxial foi feito com objetivo de se obter a seqüência ortogonal, caracterizada por apresentar o parâmetro α , igual a zero⁽²²⁾. Para tanto, o material foi pré-deformado em tração de 6% de deformação efetiva e em seguida cisalhado no sentido direto (monotonicamente). Os testes foram conduzidos na máquina de ensaios INSTRON 5582 de acordo com a norma ASTM E 8.

3.2 Ensaio de cisalhamento planar simples

O ensaio de cisalhamento planar foi utilizado para realizar a seqüência ortogonal e o carregamento com deformação reversa (ensaio do tipo Bauschinger). Para tanto, foi usado um dispositivo construído de acordo com os procedimentos descritos por Rauch⁽²³⁾, Rauch⁽¹⁾ e Fjeldly et al⁽²⁴⁾ e adaptado à máquina de ensaios INSTRON 5582. A Figura. (3) mostra esse dispositivo montado na máquina de ensaios.



Figura 3. Dispositivo para ensaio de cisalhamento planar simples montado na máquina de ensaios.

A velocidade do cabeçote da máquina de ensaios foi determinada de acordo com o valor requerido para a taxa de deformação, sendo seu valor igual a $2 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$.

A garra de cisalhamento aplica forças opostas e tangenciais à região deformada, assim, quando um dos suportes se move, o outro permanece fixo, a deformação cisalhante é então induzida numa largura efetiva, w_{efet} , 3,5mm, Figura. (4).

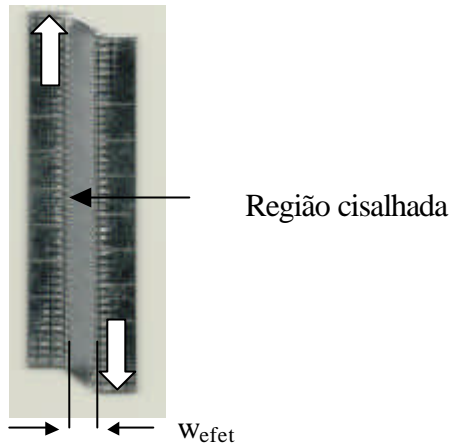


Figura 4 – Representação das forças opostas e tangenciais no corpo de prova cisalhado.

A deformação cisalhante, γ , foi obtida através da medição das marcações feitas previamente nos corpos de prova com uso do Projetor de Perfil Mitutoyo modelo PJ 311, com lente de aumento de 10X. Assim, para o cálculo da deformação cisalhante foi necessário dividir o deslocamento ΔL pela largura efetiva, w_{efet} , sendo esses parâmetros mostrados na Figura. (5). Já a tensão cisalhante, τ , foi determinada dividindo-se a carga aplicada, F , pela área cisalhada, $(l.t)$.

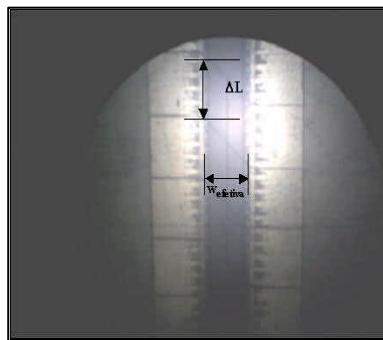


Figura 5 – Medição deformação cisalhante com uso do projetor de perfil

3.2.1 Sequência ortogonal

Esse tipo de seqüência de carregamento é caracterizado por ser um dos tipos mais severos de mudança na trajetória de deformação, segundo Rauch⁽¹⁾. Uma das maneiras de obtê-la consiste em pré-deformar o material em tração para em seguida, cisalhá-lo no mesmo sentido da tração. Desta forma, o corpo de prova cortado a 0°DL foi pré-deformado em tração até 6% de deformação efetiva, Figura. (6.a), e posteriormente levado à uma guilhotina para corte do corpo de prova de cisalhamento, Figura. (6.b). Em seguida, o material foi cisalhado monotonicamente até 25% de deformação efetiva, Figura. (6.c), sendo o ângulo entre o cisalhamento subsequente à pré-deformação em tração de 0°, ou seja, o cisalhamento foi feito na mesma direção do ensaio de tração. A Figura. (6.d) mostra a região de onde foi retirado o material para confecção do corpo de prova para cisalhamento subsequente ao ensaio de tração.

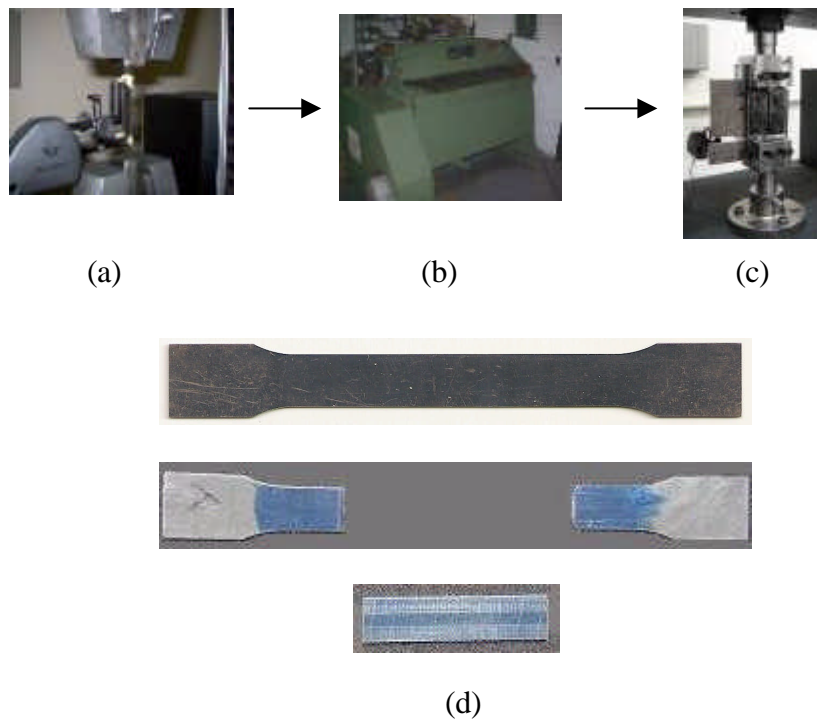


Figura 6 – Seqüência ortogonal (a) Pré-deformação em tração de 6% (b) Corte do corpo de prova de cisalhamento na guilhotina Newton (c) Cisalhamento monotônico (d) Corpo de prova pré-deformado em tração e cisalhado.

3.2.2 Seqüência do tipo Bauschinger

Para realização do ensaio do tipo Bauschinger a velocidade do cabeçote da máquina de ensaios foi determinada de maneira que a taxa de deformação fosse de aproximadamente $2.10^{-3}s^{-1}$ e a máquina programada para realizar o cisalhamento direto e reverso, sendo necessária apenas a inversão do sentido de deformação do dispositivo de cisalhamento, conforme mostrado na Figura. (7).

Assim, o material cortado a 0°DL foi cisalhado no sentido direto até o valor de deformação cisalhante de 30%, γ (deformação efetiva de 16,3%, ϵ_{efet} , segundo o parâmetro 1,84 utilizado por Rauch⁽¹⁾ para converter o ensaio de cisalhamento em tração) e em seguida, feito o descarregamento elástico do material para só então cisalhar novamente no sentido oposto.

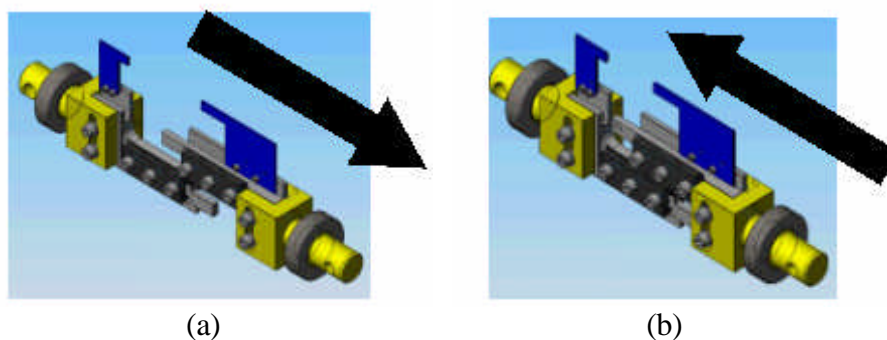


Figura 7 – Ensaio do tipo Bauschinger (a) Cisalhamento direto, $\gamma = 30\%$ (b) Cisalhamento reverso, $\gamma = 30\%$.

Nos dois tipos de carregamento, a evolução da taxa de encruamento com a deformação é feita segundo o trabalho feito por Zandrahimi et al⁽²⁵⁾. Nesse caso, foram traçadas curvas de deformação efetiva em função da taxa de encruamento, $\frac{d\mathbf{s}}{d\mathbf{e}}$, multiplicada pelo inverso da tensão, $\frac{1}{\mathbf{s}}$. A localização da deformação plástica ocorrerá quando $\frac{d\mathbf{s}}{d\mathbf{e}} \cdot \frac{1}{\mathbf{s}} < 1$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura (8) mostra o comportamento mecânico observado para o aço AISI 430E após ser submetido ao carregamento do tipo Bauschinger. Na Figura. (8.a) pode-se observar a curva característica desse tipo de carregamento com a reversão da deformação após ter sido atingido o valor de 30% de deformação cisalhante. A Figura. (8.b) compara essa seqüência de carregamento com o carregamento monotônico através da inversão do eixo de cisalhamento reverso. Podem ser observadas características inerentes a esse tipo de solitação, os chamados Efeitos Bauschinger (EB)⁽²⁶⁾: queda da tensão de fluxo com a reversão da deformação, amaciamento permanente do material e transientes na taxa de encruamento. É possível detectar ainda uma pequena estagnação da tensão, ou seja, uma região plana da curva que consiste na propagação de uma zona localizada promovida pelo amaciamento por deformação.

A Figura. (9) faz uma comparação entre as duas seqüências de carregamento, ortogonal e Bauschinger, com o carregamento monotônico do material. A Figura. (9.a) mostra que o material solitado por deformação reversa apresenta queda na tensão de fluxo. Isso ocorre porque, com a reversão da deformação, novos sistemas de escorregamento são ativados, mas no sentido oposto ao presente no primeiro modo de deformação. No entanto, a ação das paredes das células com elevada densidade de deslocações em restringirem o movimento das deslocações móveis é minimizada uma vez que, com a reversão, as deslocações móveis poderão se mover livremente no interior destas paredes, fazendo com que a tensão de escoamento seja reduzida⁽²⁷⁾. Já na seqüência ortogonal, o aumento da resistência é explicado através do desenvolvimento de paredes com elevada densidade de deslocações – Dense Dislocations Walls – DDWs, segundo Wilson e Bate⁽¹¹⁾. As DDWs desenvolvidas durante a pré-deformação serão o principal obstáculo para as deslocações. O fato do aumento da resistência ter sido pequeno indica que o valor da pré-deformação utilizado, $\epsilon_{\text{efet}} = 6\%$, não foi suficiente para promover o desenvolvimento de uma grande quantidade de DDWs durante a pré-deformação.

Com relação à evolução da taxa de encruamento, mostrada na Figura. (9.b), as duas seqüências de carregamento apresentaram transientes na taxa de encruamento sendo mais pronunciado na amostra deformada mediante carregamento do tipo Bauschinger. Mais uma vez é necessário enfatizar a importância do valor da pré-deformação nos dois tipos de carregamento. A amostra que sofreu maior valor de pré-deformação, carregamento do tipo Bauschinger, ($\epsilon_{\text{efet}} = 16,3\%$ contra $\epsilon_{\text{efet}} = 6\%$), possibilitou o maior desenvolvimento da subestrutura do material responsável por esse estado transiente na taxa de encruamento.

O aumento na taxa de encruamento no estágio inicial do carregamento do tipo Bauschinger está relacionado com a reorientação das componentes de tensões internas geradas durante a pré-deformação, segundo Wilson et al⁽²⁸⁾. Já o amaciamento localizado, característico em materiais submetidos à seqüência ortogonal, como no aço baixo carbono⁽¹⁾ e aço IF⁽¹¹⁾, tem relação com a formação das microbandas de cisalhamento que estarão ativas logo após o recarregamento. Essas microbandas irão atravessar as paredes de células com elevada densidade de deslocações, herdadas durante a pré-deformação, conduzindo a um amaciamento localizado. Progressivamente, com o aumento da deformação, a estrutura existente durante a pré-deformação é destruída e as curvas de fluxo da seqüência ortogonal e monotônica podem se aproximar, como observado na Fig. (9.a). As microbandas ficam saturadas e são trocadas por uma estrutura correspondente ao último modo de deformação, contornos de blocos de células – *Cell-Block Boundaries* CBBs⁽²⁹⁾.

Considerando então o efeito proporcionado pelos dois tipos de mudança na trajetória de deformação no comportamento mecânico do mesmo material, aço AISI 430E, pode ser destacado o seguinte: o material solicitado mediante carregamento do tipo Bauschinger apresentou comportamento semelhante aos materiais classificados como do tipo 1 segundo Chung e Wagoner⁽³⁰⁾, com tensão de fluxo inicial mais baixa acompanhada por aumento na taxa de encruamento, mas com a presença de transientes. Já a amostra solicitada mediante a seqüência ortogonal, se enquadrou aos materiais classificados como do tipo 2, com tensão de fluxo inicial maior seguida por uma queda contínua na taxa de encruamento. Deve-se acrescentar que para fins práticos, esses comportamentos apresentados são dependentes do valor de pré-deformação adotado e que devido à acentuada queda na taxa de encruamento ocorrida na amostra submetida ao carregamento do tipo Bauschinger, esse material terá sua condição de conformabilidade mais prejudicada que a amostra submetida à seqüência ortogonal, considerando as condições de carregamento adotadas nesse trabalho.

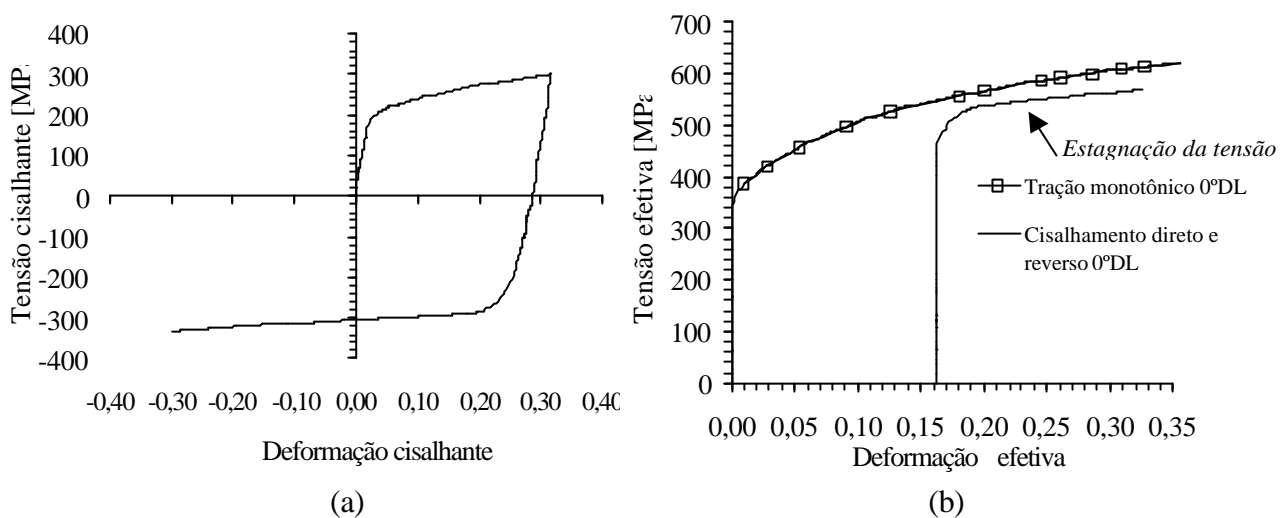


Figura 8 – (a) Curva deformação cisalhante - tensão cisalhante para amostra de aço AISI 430E submetida ao carregamento do tipo Bauschinger (b) Curva deformação efetiva - tensão efetiva para o carregamento do tipo Bauschinger com inversão do eixo do cisalhamento.

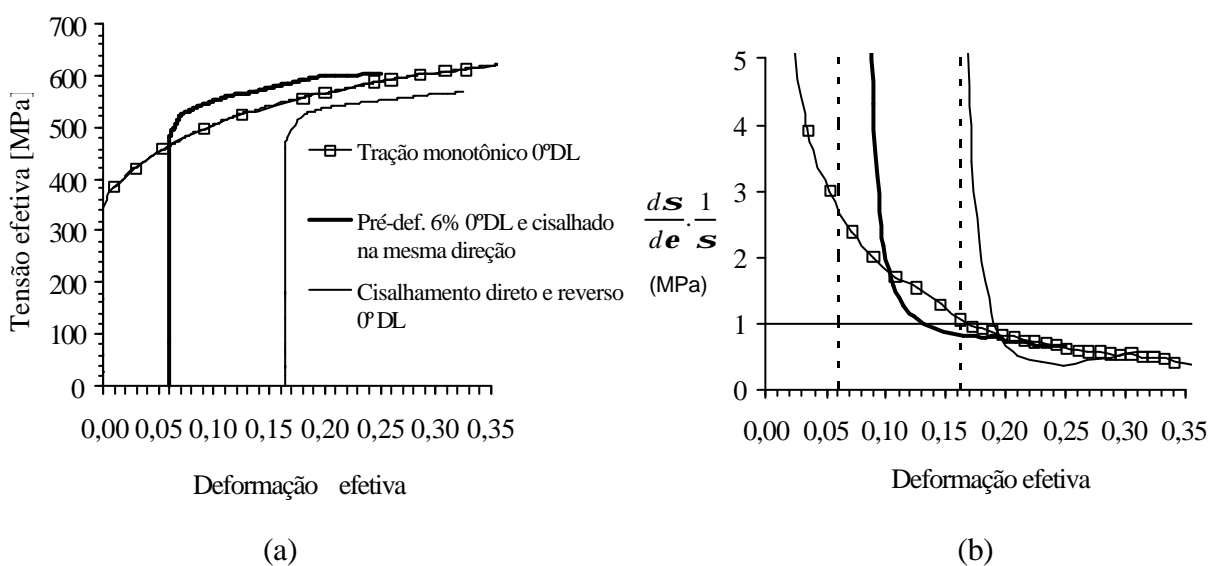


Figura 9 – (a) Curva deformação efetiva - tensão efetiva para as seqüências ortogonal e do tipo Bauschinger do aço AISI 430E (b) Curva deformação efetiva - taxa de encruamento multiplicada pelo inverso da tensão efetiva para as seqüências ortogonal e Bauschinger.

5. CONCLUSÕES

- A técnica de cisalhamento planar simples para chapas de aço finas foi capaz de alterar a trajetória de deformação do aço inoxidável AISI 430E mediante carregamento do tipo Bauschinger e seqüência ortogonal sem ocasionar danos à estrutura do material;
- O aço AISI 430E apresentou comportamento mecânico dependente da mudança na trajetória de deformação, com aumento da resistência mecânica com a seqüência ortogonal e amaciamento permanente com o carregamento do tipo Bauschinger;
- Transientes na taxa de encruamento foram observados nas duas mudanças de trajetória de deformação, sendo mais pronunciado quanto maior o valor da pré-deformação;
- O aço inoxidável AISI 430E apresentou comportamento mecânico decorrente da mudança na trajetória de deformação semelhante ao observado em ligas de alumínio comercialmente puras, aço baixo carbono e aço IF (Interstitial Free).

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, CNPq e CAPES pelo suporte para a concretização deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

1. RAUCH, E.F. The flow law of mild steel under monotonic or complex strain path. **Solid State Phenomena**, v.23-24, pp.317-334, 1992.
2. RAUCH, E.F., GRACIO, J.J., BARLAT, F., LOPES, A.B., FERREIRA DUARTE, J.V. Hardening behavior and structural evolution upon strain reversal of aluminum alloys. **Scripta Materialia**, v.46, pp.881-886, 2002.
3. BARLAT, F., FERREIRA DUARTE, J.M., GRACIO, J.J., LOPES, A.B., RAUCH, E.F. Plastic flow for non-monotonic loading conditions of an aluminum alloy sheet sample. **Int. J. Plasticity**, v.19, pp.1215-1244, 2003.
4. GRACIO, J.J., LOPES, A.B., RAUCH, E.F. Analysis of plastic instability in commercially pure aluminum, **J. Mater. Proc. Technol.**, v.103, pp.160-164, 2000.
5. DIRRAS, G.F., DUVAL, J.L., SWIATNICKI, W. Macroscopic behaviour versus dislocation substructures development under cyclic shear tests on the aluminum – 3004 alloy. **Materials Science and Engineering**, v.263A, pp.85-93, 1999.
6. GRACIO, J.J., BARLAT, F., RAUCH, E.F., JONES, P.T., NETO, V.F., LOPES, A.B. Artificial aging and shear deformation behaviour of 6022 aluminum alloy. **International Journal of Plasticity**, v.20, pp.427-445, 2004.
7. BAUSCHINGER, J. Ueber die Veränderung der Elastizitätsgrenze und des Elastizitätsmoduls verschiedener Metalle. **Civiling N.F**, v.27, n. 19, pp.289-348, 1881.
8. POLAKOWSKI, N.H. **ASTM, Proc.**, v.63, pp.535, 1963.
9. ROLFE, S.T., HAAK, R.P., GROSS, J.H. **Trans. Amer. Soc. Mech. Eng., J. Basic Eng.**, v.90, pp.403-408, 1968.
10. HU, Z. Work-hardening behavior of mild steel under cyclic deformation at finite strains. **Acta Metall. Mater.**, v.42, n°10, pp.3481-3491, 1994.
11. WILSON, D.V., BATE, P.S. Influences of cell walls and grain boundaries on transient responses of an IF steel to changes in strain path. **Acta Metall. Mater.**, v.42, n°4, pp.1099-1111, 1994.
12. BATE, P.S., WILSON, D.V. Analysis of the Bauschinger Effect. **Acta Metallurgica**, v.34 (6), pp.1097-1105, 1986.
13. MILLER, M.P., HARLEY, E.J., BAMMANN, D.J. Reverse yield experiments and internal variable evolution in polycrystalline metals. **International Journal of Plasticity**, v.15, pp.93-117, 1999.

14. GENG, L., WAGONER, R.H. Role of plastic anisotropy and its evolution on springback. **Int. J. Mech. Sci.**, v.44, pp.123-148, 2002.
15. LEE, M.G., KIM, D., KIM, C., WENNER, M.L., WAGONER, R.H., CHUNG, K. Spring-back evaluation of automotive sheets based on isotropic-kinematic hardening laws and non-quadratic anisotropic yield function. Part II: characterization of material properties. **Int. J. Plasticity**, v.21, pp.883-914, 2005.
16. LI, K.P., CARDEN, W.P., WAGONER, R.H. Simulation of springback. **Int. J. Mech. Sci.**, v.44, pp.103-122, 2002.
17. BOGER, R.K., WAGONER, R.H., BARLAT, F., LEE, M.G. Continuous, large strain, tension/compression testing of sheet material. **Int. J. Plasticity**, v. 21, pp.2319-2343, 2005.
18. MIYAUCHI, K. A proposal of a planar simple shear test in sheet metals. **Sci. Papers RIKEN**, 78, pp.27-42, 1984.
19. RAUCH, E.F., SCHMITT, J.H. Dislocation substructures in mild steel deformed in simple shear. **Materials Science Engineering**, v.113A, pp.441-448, 1989.
20. GENEVOIS, P., TEODOSIU, C., MOUSSY, F. The test of simple shear: experimental techniques and application to the identification of constitutive laws for metal sheet. In: **Proceedings of the 16th International Congress IDDRG`90**, Borlange, Sweden, 1990.
21. GENEVOIS, P. **Etude expérimental et modélisation du comportement plastique anisotrope de tôles d`acier en grandes deformations**, Ph.D. 1992. Thesis, Institut National polytechnique de Grenoble, France, 1992.
22. SCHMITT, J.H., AERNOUD, E., BAUDELET, B. Yield loci for polycrystalline metals without texture. **Mater. Sci. Eng.**, v.75, pp.13-20, 1985.
23. RAUCH, E.F. Plastic anisotropy of sheet metals determined by simple shear tests. **Mater. Sci. Eng.**, v.241A, pp.179-183, 1998.
24. FJELDLY, A., ROVEN, H.J., RAUCH, E.F. Shear deformation properties of extruded AlZnMg alloys. **Scripta Materialia**, v.38, pp.709-714, 1998.
25. ZANDRAHIMI, M., PLATIAS, S., PRICE, D., BARRETT, D., BATE, P.S., ROBERTS, W.T., WILSON, D.V. Effects of changes in strain path on work hardening in cubic metals. **Metallurgical Transactions**, v.20A, pp.2471-2482, November 1989.
26. YOSHIDA, F., UEMORI, T. A model of large-strain cyclic plasticity and its application to springback simulation. **International Journal of Mechanical Sciences**, v. 45, pp.1687-1702, 2003.
27. RAUCH, E.F., THUILLIER, S. Rheological behavior of mild steel under monotonic loading conditions and cross-loading. **Materials Science Engineering**, v.164A, pp.255-259, 1993.
28. WILSON, D.V., ZANDRAHIMI, M., ROBERTS, W.T. Effects of changes in strain path on work hardening in CP aluminum and an Al-Cu-Mg alloy. **Acta Metallurgica et Materialia**, v.38, n.2, pp.215-226, 1990.
29. PEETERS, B., KALIDINDI, S.R., TEODOSIU, C., HOUTTE, P.V., AERNOUDT, E. A theoretical investigation of the influence of dislocation sheets on evolution of yield surfaces in single-phase B.C.C. polycrystals. **J. Mech. Physics of Solids**, v.50, pp.783-807, 2002.
30. CHUNG, K., WAGONER, R.H. Effect of stress-strain-law transients on formability. **Metallurgical Transactions**, v.17A, pp.1001-1009, June 1986.

8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no trabalho.

THE USE OF THE PLANAR SIMPLE SHEAR TEST TO CHANGE THE STRAIN PATH ON AISI 430E STEEL SHEETS

Wellington Lopes

UFMG, Doctor's degree student of the Metallurgical and Mines Engineering degree Program, Engineering School, Federal University of Minas Gerais, Rua Espírito Santo 35 - Centro, 30160-030, Belo Horizonte, MG, Brasil.

wellingtonlopes2003@ig.com.br

Elaine Carballo Siqueira Corrêa

UFMG, Doctor, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Engineering School, Federal University of Minas Gerais, Rua Espírito Santo 35 - Centro, 30160-030, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

elaine@demet.ufmg.br

Haroldo Béria Campos

UFMG, Associate teacher, Department of Mechanical Engineering, Engineering School, Federal University of Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, 32270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

beriacampos@uol.com.br

Maria Teresa Paulino Aguiar

UFMG, Associate teacher, Department of Materials Engineering and Civil Construction, Engineering School, Federal University of Minas Gerais, Rua Espírito Santo 35 - Centro, 30160-030, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

teresa@demc.ufmg.br

Paulo Roberto Cetlin

UFMG, Titular teacher, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Engineering School, Federal University of Minas Gerais, Rua Espírito Santo 35 - Centro, 30160-030, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

pcetlin@demet.ufmg.br

Abstract: The planar simple shear test is employed in this paper to change the strain path of AISI 430E stainless steel sheets under Bauschinger test (shear forward followed by reverse shear) and orthogonal or cross test (prestrain by tension followed by shear). All tests were made at 0°RD (rolling direction) and the mechanical behavior presented by the material after the change in the strain path was correlated with the probable substructure evolution.

Keywords: Planar simple shear, strain path, AISI 430E stainless steel, Bauschinger test and cross test.