

Referências Bibliográficas

A. BOUCHAÏR, J. AVERSENG, A. ABIDELAH, **Analysis of the behaviour of stainless steel bolted connections**, LaMI, Civil Engineering, Blaise Pascal University, rue des Meuniers, BP 206, 63174 Aubière cedex, France, 2008.

AALBERG A, LARSEN, **Bearing strength of bolted connections in high strength steel**. In: Mäkeläinen, Kesti *et al.*, editors. Nordic steel construction conference 2001 – NSCC 2001: proceedings. p. 859–66, 2001.

AALBERG A, LARSEN, **The effect of steel strength and ductility on bearing failure of bolted connections**. In: Lamas, Silva, editors. The third European conference on steel structures: proceedings of the 3rd European conference on steel structures. Coimbra: Universidade de Coimbra. p. 869–78, 2002.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. “**Produtos Planos de Aço – Determinação das Propriedades Mecânicas a Tração**” NBR 6673, Rio de Janeiro, 1981.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. “**MATERIAIS METÁLICOS Ensaio de tração à temperatura ambiente**” NBR 6892, Rio de Janeiro, 2002.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. “**Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**” NBR 8800, Rio de Janeiro, 2008.

AISC American Institute of Steel Construction **Design Guide 30: Structural Stainless Steel.**; 2012.

ANSYS (R) Product Launcher Release 11.0 **ANSYS 11.0 Help**, 2010.

ASTM E 646–78. American Society for Testing and Materials – “**Standard Test Method for Tensile Strain-Hardening Exponents (n-values) of Metallic Sheet Metals**”, 1984.

BURGAN BA, BADDOO NR, GILSENAN KA. **Structural design of stainless steel members – comparison between Eurocode 3, Part 1.4 and test results.** Journal of Constructional Steel Research; 54(1): p. 51–73, 2000.

COCHRANE, H. **On rivet-hole deductions in tension members**, article page 465, Journal of Civil Engineering and Construction – Engineering News Record, 1908.

COCHRANE, H. **Rules for Rivet-Hole Deductions in Tension Members** article page 846, Journal of Civil Engineering and Construction – Engineering News Record, 1922.

COMITÉ EUROPEEN DE NORMALISATION. EN 1993-1-5. **EUROCODE 3: Design of steel structures—Part 1-5: Plated structural elements.** CEN, Brussels, 2006.

D. NETHERCOT, M ASHRAF, L GARDNER. **Structural stainless steel design: resistance based on deformation capacity** – Journal of Structural Engineering, 134 (3), p. 402–411, 2008.

DANIEL J. BORELLO, MARK D. DENAVIT, JEROME F. HAJJAR, **Bolted steel slip-critical connections with fillers: I. Performance** – Journal of Constructional Steel Research 67, p. 379–388, 2011.

E. L. SALIH, L. GARDNER, D. A. NETHERCOT – **Bearing failure in stainless steel bolted connections** – Imperial College London, United Kingdom – Engineering Structures 33, p. 549–562, 2011.

E. MIRAMBELL, E. REAL – **On the calculation of deflections in structural stainless steel beams: an experimental and numerical investigation** – *J Constr Steel Res*, 54 (1), p. 109–133, 2000.

EUROCODE 3, EN 1993-1-1: **Design of Steel Structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings.** CEN, European Committee for Standardization, Brussels, 2003.

EUROCODE 3, EN 1993-1-4.: **Design of steel structures – Part 1-4: General rules – Supplementary rules for stainless steels**. Brussels: European Committee for Standardization (CEN); 2006.

EUROCODE 3, EN 1993-1-8, **Design of steel structures – Parte 1.8: Design of joints**. CEN, European Committee for Standardization, Brussels, 2005.

FISHER, J. W.; KULAK, G. L.; BEEDLE, L. S. "**Behavior of large bolted joints**, August 1965, Reprint 314". Fritz Laboratory Reports, 1965.

FISHER, J. W., RUMPF, J. L., "**The analysis of bolted butt joints**, Proc. ASCE, Vol. 91, ST5, 1965, Publication No. 274", 1965.

GARDNER L. **A new approach to structural stainless steel design**. PhD Thesis. UK: Imperial College London; 2002.

GARDNER L, NETHERCOT. **Experiments on stainless steel hollow sections — Part 1: Material and cross-sectional behaviour**. Journal of Constructional Steel Research 60: cap 3 p. 1291–318, 2004.

GARDNER L, NETHERCOT. **Structural stainless steel design: A new approach**. The Structural Engineer; 21–8, 2004.

GARDNER L., M. THEOFANOUS. **Discrete and continuous treatment of local buckling in stainless steel elements** – Journal of Constructional Steel Research, 64 (11), p. 1207–1216, 2008.

GARDNER, L. **The Continuous Strength Method**. Structural Engineering, Mechanics and Computation Conference. Cape Town, 2007.

GARDNER L. – **The continuous strength method** – Proceedings of the ICE—Structures and Buildings, 161 (3), p. 127–133, 2008.

GARDNER L., F WANG, A. LIEW. **Influence of strain hardening on the behaviour and design of steel structures** – International Journal of Structural Stability and Dynamics, 11 (5), p. 855–875, 2011.

GODFREY, E. A **Disserting View on Rivet-Hole Deductions** Letter to the editor, Engineering News Record, p 366, 1922.

GRAHAM GEDGE. **Structural uses of stainless steel — buildings and civil engineering**, Journal of Constructional Steel Research, Volume 64, p. 1194-1198, 2008.

K. J. R. RASMUSSEN. **Full-range stress–strain curves for stainless steel alloys** – J Constr Steel Res, 59 (1), p. 47–61, 2003.

KIM, YURA. **The effect of ultimate-to-yield ratio on the bearing strength of bolted connections**. Journal of Constructional Steel Research; 49(3): p. 255–70, 1999.

LIMA, ANDRADE. **Comportamento de Ligações com Placa de Extremidade em Estruturas de Aço Submetidas a Momento Fletor e Força Axial**. Rio de Janeiro, 168p., 2003.

M D'ANIELLO, F PORTIOLI, L FIORINO, R LANDOLFO. **Experimental investigation on shear behaviour of riveted connections in steel structures** *Engineering Structures* 33, p. 516-531, 2011.

MARK D. DENAVIT, DANIEL J. BORELLO, JEROME F. HAJJAR, **Bolted steel slip-critical connections with fillers: II. Behavior** – Journal of Constructional Steel Research 67, p. 398–406, 2011.

MIRAMBELL, E.; REAL, E. “**On the calculation of deflections in structural stainless steel beams: an experimental and numerical investigation**”, J. Constr. Steel Res., 54(1), p. 109-133, 2000.

NETHERCOT D. ASHRAF, M, GARDNER L. **Structural stainless steel design: resistance based on deformation capacity**. Journal of Structural Engineering; 134 (3): p. 402–11, 2008.

PRIMOŽ MOŽE, DARKO BEG. **Investigation of high strength steel connections with several bolts in double shear** – Faculty of Civil and

Geodetic Engineering, University of Ljubljana, Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenia *Journal of Constructional Steel Research* 67, p. 333–347, 2011.

PRIMOZ MOZE , DARKO BEG – **High strength steel tension splices with one or two bolts** – Faculty of Civil and Geodetic Engineering, University of Ljubljana, Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenia – *Journal of Constructional Steel Research* 66, p. 1000-1010, 2010.

RAMBERG W, OSGOOD WR. **Description of stress–strain curves by three parameters.** Technical note no. 902. Washington, DC: National Advisory Committee for Aeronautics; 1943.

RASMUSSEN, K. J. R. “**Full-range stress-strain curves for stainless steel alloys**”, *J, Constr. Steel Res.*, 59(1), p. 47-61, 2003.

SANTOS, J. J. **Comportamento Estrutural de Elementos em Aço Inoxidável**, MSc in Civil Engineering, State University of Rio de Janeiro, UERJ, Rio de Janeiro, Brazil, 2008.

STEVEN A. OOSTERHOF, ROBERT G. DRIVER. **Effects of connection geometry on block shear failure of welded lap plate connections** – Department of Civil and Environmental Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G 2W2, Canada – *Journal of Constructional Steel Research* 67, p. 525–532, 2011.

VAN DEN BERG. **The effect of the non-linear stress–strain behaviour of stainless steels on member capacity.** *Journal of Constructional Steel Research*; 54(1): p. 135–60, 2000.

<http://www.worldsteelprices.com>, acesso em 2013

9 Anexo A

Metodologia para o cálculo da deformação específica limite pelo MRC

A.1

Aço carbono

Com os dados retirados experimentalmente do comportamento mecânico do aço carbono:

Tensão limite de escoamento – $\sigma_{yc} = 340\text{MPa}$

Tensão limite de ruptura – $\sigma_{uc} = 450\text{MPa}$

Deformação específica referente a tensão limite de escoamento – $\epsilon_{yc} = 0,0015$

Deformação específica referente a tensão limite de ruptura – $\epsilon_{uc} = 0,23$

Encontra-se a deformação específica última normalizada – $\epsilon_{u1} = 0,24$ com a equação a seguir:

$$\epsilon_{u1} := 1 - \frac{\sigma_{yc}}{\sigma_{uc}}$$

Utilizando-se os dados acima encontra-se a inclinação da reta da região plástica representando o endurecimento por encruamento dado por:

$$E_{sh} := \frac{\sigma_{uc} - \sigma_{yc}}{0,2 \cdot \epsilon_{u1} - \epsilon_{yc} - 0,002}$$

Com a utilização do menor limite de deformação específica entre $15\epsilon_y$ e $0,1\epsilon_u$ encontra-se a deformação específica limite ϵ_{csm2} .

Finalmente encontra-se a tensão limite para o aço carbono igual 390 MPa:

$$\sigma_{csm} := \sigma_{yc} + E_{sh} \cdot (\epsilon_{csm2} - \epsilon_{yc})$$

$$\sigma_{csm} = 390.894$$

A.2

Aço Inoxidável austenítico

Com os dados obtidos experimentalmente do comportamento mecânico do aço inoxidável austenítico:

Tensão limite de escoamento – $\sigma_{yc} = 350\text{MPa}$

Tensão limite de ruptura – $\sigma_{uc} = 710\text{MPa}$

Deformação referente a tensão limite de escoamento – $\epsilon_{yc} = 0,0018$

Deformação específica referente a tensão limite de ruptura – $\epsilon_{uc} = 0,42$

Encontra-se a deformação específica última normalizada – $\epsilon_{u1} = 0,50$ com a equação a seguir:

$$\epsilon_{u1} := 1 - \frac{\sigma_{yc}}{\sigma_{uc}}$$

Utilizando-se os dados anteriores encontra-se a inclinação da reta da região plástica representando o endurecimento por encruamento:

$$E_{sh} := \frac{\sigma_{uc} - \sigma_{yc}}{0,2 \cdot \epsilon_{u1} - \epsilon_{yc} - 0,002}$$

Com a utilização do menor limite de deformação específica entre $15\epsilon_y$ e $0,1\epsilon_u$ encontra-se a deformação específica limite ϵ_{csm} .

Finalmente encontra-se a tensão limite para o aço carbono igual 443 MPa:

$$\sigma_{csm} := \sigma_{ya} + E_{sh} \cdot (\epsilon_{csm} - \epsilon_{ya})$$

$$\sigma_{csm} = 442,943$$

A.3

Aço Inoxidável duplex

Com os dados retirados experimentalmente do comportamento mecânico do aço inoxidável duplex:

Tensão limite de escoamento – $\sigma_{yc} = 494 \text{ MPa}$

Tensão limite de ruptura – $\sigma_{uc} = 716 \text{ MPa}$

Deformação específica referente a tensão limite de escoamento – $\epsilon_{yc} = 0,0025$

Deformação específica referente a tensão limite de ruptura – $\epsilon_{uc} = 0,30$

Encontra-se a deformação específica última normalizada – $\epsilon_{u1} = 0,31$ com a equação:

$$\epsilon_{u1} := 1 - \frac{\sigma_{yc}}{\sigma_{uc}}$$

Utilizando-se os dados anteriores encontra-se a inclinação da reta da região plástica representando o endurecimento por encruamento:

$$E_{sh} := \frac{\sigma_{uc} - \sigma_{yc}}{0,2 \cdot \epsilon_{u1} - \epsilon_{yc} - 0,002}$$

Com a utilização do menor limite de deformação específica entre $15\epsilon_y$ e $0,1\epsilon_u$ encontra-se a deformação específica limite ϵ_{csm} .

Finalmente encontra-se a tensão limite para o aço carbono igual 600 MPa:

$$\sigma_{csm} := \sigma_y + E_{shd} \cdot (\epsilon_{csm} - \epsilon_y)$$

$$\sigma_{csm} = 600.153$$

A.4

Aço Inoxidável ferrítico

Com os dados obtidos experimentalmente do comportamento mecânico do aço inoxidável ferrítico:

Tensão limite de escoamento – $\sigma_{yc} = 350\text{MPa}$

Tensão limite de ruptura – $\sigma_{uc} = 470\text{MPa}$

Deformação específica referente a tensão limite de escoamento – $\epsilon_{yc} = 0,0017$

Deformação específica referente a tensão limite de ruptura – $\epsilon_{uc} = 0,28$

Encontra-se a deformação específica última normalizada – $\epsilon_{u1} = 0,26$ com a equação a seguir:

$$\epsilon_{u1} := 1 - \frac{\sigma_{yc}}{\sigma_{uc}}$$

Utilizando-se os dados anteriores encontra-se a inclinação da reta da região plástica representando o endurecimento por encruamento:

$$E_{sh} := \frac{\sigma_{uc} - \sigma_{yc}}{0,2 \cdot \epsilon_{u1} - \epsilon_{yc} - 0.002}$$

Com a utilização do menor limite de deformação entre $15\epsilon_y$ e $0,1\epsilon_u$ encontra-se a deformação limite ϵ_{csm} .

Finalmente encontra-se a tensão limite para o aço carbono igual 412 MPa:

$$\sigma_{csmf} := \sigma_y + E_{shf} \cdot (\epsilon_{csmf} - \epsilon_y)$$

$$\sigma_{csmf} = 412.477$$