AWS D1.1/D1.1M:2010

Código de Soldagem Estrutural—Aço

Tradução de:

Structural Welding Code—Steel



American Welding Society®

AWS D1.1/D1.1M:2010

Tradução de:
Structural Welding Code—Steel

Documento Original Aprovado pelo
Instituto Nacional Americano de Padrões
American National Standards Institute
11 de março de 2010

Código de Soldagem Estrutural—Aço

22ª Edição

Substitui AWS D1.1/D1.1M:2008

Preparado pelo
Comitê D1 de Soldagem Estrutural da Sociedade Americana de Soldagem (AWS) D1

Sob Direção do
Comitê de Atividades Técnicas da AWS

Aprovado pela
Diretoria da AWS

Resumo

Este código aborda os requisitos de soldagem para qualquer tipo de estrutura soldada feita com aços construtivos de carbono e baixa liga. As Cláusulas 1 a 8 constituem um corpo de regras para a regulamentação de solda nas construções com aço. Neste código existem nove anexos normativos e doze informativos. Comentários sobre o código estão inclusosnestedocumento.

American Welding Society®

Livro de Norma Internacional Número: 978-0-87171-772-6
Sociedade Americana de Soldagem
550 N.W. LeJeune Road, Miami, FL 33126 EUA
© 2010 Sociedade Americana de Soldagem
Todos os direitos reservados

Direitos de Reprodução. Nenhuma parte desta norma pode ser reproduzida, armazenada em sistema de recuperação ou transmitida de qualquer forma, inclusive mecânica, fotocópia, gravação ou qualquer outra, sem a autorização prévia por escrito dos detentores dos direitos autorais.

Autorização para fotocopiar itens apenas para uso interno, pessoal ou educacional em aula ou o uso interno, pessoal ou educacional em aula de clientes específicos é garantido pela Sociedade Americana de Soldagem contanto que as taxas apropriadas sejam pagas ao Centro de Esclarecimento de Direitos Autorais—Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA, 01923, EUA, tel: 00 1 (978) 750-8400; Internet:<www.copyright.com>.

Isenção de Responsabilidade

Esta publicação é traduzida da versão original em inglês de uma Norma Nacional Americana. Ela inclui todos os erros identificados no texto em inglês. Observe que a ISO usa vírgulas (,) e a AWS usa pontos (.) como separador decimal. As vírgulas decimais da ISO foram substituídas por pontos neste documento, para fins de consistência. A única versão aprovada pelo Instituto Nacional Americano de Normas é a versão em idioma inglês.

Apesar de terem sido feitos esforços razoáveis para assegurar uma tradução correta, a AWS não faz nenhuma garantia quanto à precisão ou integralidade, nem é responsável por quaisquer erros, omissões ou ambiguidades que constem neste documento em virtude da tradução. O texto em inglês é a única versão oficial e deve servir de base em casos de disputa.

Disclaimer

This publication is translated from the original English version of an American National Standard. It incorporates all errata identified in the English text. Please note that ISO uses commas (,) and AWS uses periods (.) for decimals. The ISO decimal commas have been replaced by periods in this document for consistency. The only version approved by the American National Standards Institute is the English language version.

While reasonable efforts have been made to ensure an accurate translation, AWS makes no warranty as to precision or completeness, nor is AWS responsible for any errors, omission, or ambiguities appearing in this document as a result of the translation. The English text is the only official version and shall be referred to in cases of dispute.

Declaração sobre o Uso dos Padrões da Sociedade Americana de Soldagem

Todos os padrões (códigos, especificações, práticas recomendadas, métodos, classificações e guias) da Sociedade Americana de Soldagem (AWS) são padrões de consenso voluntário que foram desenvolvidos de acordo com as regras do Instituto Nacional Americano de Padrões (American National Standards Institute—ANSI). Quando os Padrões Nacionais Americanos da AWS são incorporados ou fazem parte de documentos que estão inclusos nas leis e regulamentações estaduais ou federais, ou em regulamentações de outros órgãos governamentais, suas provisões carregam a autoridade legal completa do estatuto. Em tais casos, quaisquer alterações nestes padrões da AWS precisam ser aprovadas pelo órgão de governo tendo jurisdição estatutária antes de se tornarem partes dessas leis e regulamentações. Em todos os casos, estes padrões carregam a autoridade legal completa do contrato ou outro documento que invoca os padrões AWS. Onde existe esta relação contratual, alterações ou desvios nos requisitos de um padrão AWS precisam ser por acordo entre as partes contratantes.

Os Padrões Nacionais Americanos da AWS são desenvolvidos através de um processo de desenvolvimento de padrões por consenso que reúne voluntários representando vários pontos de vista e interesses para atingir um consenso. Embora a AWS administre o processo e estabeleça regras para promover justiça no desenvolvimento do consenso, ela não testa, avalia ou verifica independentemente a precisão de quaisquer informações ou a integridade de quaisquer julgamentos contidos em seus padrões.

A AWS renuncia à responsabilidade por quaisquer danos a pessoas ou propriedade, ou outros prejuízos de qualquer natureza, sejam especiais, indiretos, consequenciais ou compensatórios, resultando direta ou indiretamente da publicação, uso ou confiança neste padrão. A AWS também não garante a precisão ou completude de quaisquer informações publicadas aqui.

Ao lançar e tornar este padrão disponível, a AWS não está tomando a seu cargo prestar serviços profissionais ou outros para, ou em nome de, qualquer pessoa ou entidade, nem está tomando a seu cargo realizar qualquer obrigação devida por qualquer pessoa ou entidade a outra pessoa. Qualquer pessoa usando estes documentos deveria confiar em seu próprio julgamento independente ou, conforme apropriado, procurar o aconselhamento de um profissional competente para determinar o exercício de cuidados razoáveis em qualquer dada circunstância. É presumido que o uso deste padrão e suas provisões está confiado a equipes apropriadamente qualificadas e competentes.

Este padrão pode ser substituído pelo lançamento de novas edições. O usuário deve assegurar-se de que tem a última edição.

A publicação deste padrão não autoriza a infração de qualquer patente ou nome comercial. Os usuários deste padrão aceitam toda e qualquer responsabilidade pela infração de quaisquer itens de patente ou nome comercial. A AWS renuncia à responsabilidade pela infração de qualquer patente ou nome comercial de produto resultante do uso deste padrão.

Por fim, a AWS não monitora, policia, ou faz cumprir a conformidade com este padrão, nem tem os poderes para fazê-lo.

Por ocasiões, texto, tabelas, ou figuras são impressos incorretamente, constituindo erratas. Tais erratas, quando descobertas, são postadas na página da web da AWS (www.aws.org).

Interpretações oficiais de qualquer tipo de quaisquer requisitos técnicos neste padrão só podem ser obtidas mediante o envio de uma requisição por escrito para o comitê técnico apropriado. Tal requisição deve ser endereçada à Sociedade Americana de Soldagem, Aos Cuidados de: Diretor Executivo, Divisão de Serviços Técnicos, 550 N.W. LeJeune Road, Miami, FL, 33126, EUA (ver Anexo O). Com respeito a investigações técnicas relativas aos padrões da AWS, opiniões orais a respeitos dos padrões da AWS podem ser fornecidas.

Essas opiniões são oferecidas apenas como uma conveniência para usuários deste padrão, e não constituem aconselhamento profissional. Essas opiniões apenas representam as opiniões pessoais de indivíduos particulares que as fornecem. Esses indivíduos não falam em nome da AWS, nem essas opiniões orais constituem opiniões oficiais ou não ou interpretações da AWS. Além disso, opiniões orais são informais e não deveriam ser usadas como uma alternativa a uma interpretação oficial.

Este padrão está sujeito à revisão do Comitê D1 de Soldagem Estrutural a qualquer momento. Ele precisa ser revisado a cada cinco anos, e precisa ser ou reafirmado ou recolhido. Comentários (recomendações, acréscimos ou exclusões) e quaisquer dados pertinentes que possam ser úteis para melhorar este padrão são requisitados e devem ser endereçados ao Escritório Central da AWS. Tais comentários receberão consideração cuidadosa do Comitê D1 de Soldagem Estrutural e o autor do comentário será informado da resposta do Comitê aos comentários. Convidados são bem-vindos para assistir a todas as reuniões do Comitê D1 de Soldagem Estrutural para expressar seus comentários verbalmente. Procedimentos para apelar de uma decisão adversa a respeito de qualquer destes comentários são fornecidos nas Regras de Operação do Comitê de Atividades Técnicas. Uma cópia destas Regras pode ser obtida na Sociedade Americana de Soldagem, 550 N.W. LeJeune Road, Miami, FL 33126, EUA.

Dedicatória

O Comitê D1 de Soldagem Estrutural e o Subcomitê D1Q de Estruturas em Aço humildemente dedicam esta edição do *Código de Soldagem Estrutural—Aço,* D1.1/D1.1M, à memória de dois antigos voluntários.

FRED C. BREISMEISTER
1940–2009

Desde 1985, Fred incansavelmente ajudou a melhorar vários Códigos de Soldagem estrutural D1, inclusiveD1.1, *Structural Welding Code—Steel,* D1.6, *Structural Welding Code—Stainless Steel* mais recentemente D1.8, *Structural Welding Code—Seismic Supplement*. Por muitos anos, ele presidiu o Subcomitê de Pré-Qualificação D1B. O Comitê D1 irá sem dúvida sentir falta de um grande amigo e contribuinte da equipe.po.

DONALD A. SHAPIRA
1956–2009

Desde 1996, Don contribuiu entusiasticamente com vários Códigos D1, inclusiveD1.1, *Structural Welding Code,* D1.6, *Structural Welding Code—Stainless Steel* e o *Código de Soldagem Estrutural—Suplemento Sísmico,* D1.8, *Structural Welding Code—Seismic Supplement*. Como diretor do Subcomitê D1K, ele supervisionou a última publicação de D1.6, *Structural Welding Code—Stainless Steel*. O Comitê D1 lembra os esforços de Don com carinho e apreciação.

Esta página está intencionalmente em branco.

Equipe

Comitê D1 de Soldagem Estrutural da AWS

D. K. Miller, Presidente	*The Lincoln Electric Company*
A. W. Sindel, 1º Vice-Presidente	*Alstom Power, Incorporated*
T. L. Niemann, 2º Vice-Presidente	*Minnesota Department of Transportation*
S. Morales, Secretário	*American Welding Society*
N. J. Altebrando	*STV, Incorporated*
F. G. Armao	*The Lincoln Electric Company*
E. L. Bickford	*Acute Technological Services*
B. M. Butler	*Walt Disney World Company*
H. H. Campbell III	*Pazazu Engineering*
L. E. Collins	*Team Industries, Incorporated*
R. B. Corbit	*Exelon Nuclear Corporation*
R. A. Dennis	*Consultor*
M. A. Grieco	*Massachusetts Department of Transportation*
C. R. Hess	*High Steel Structures, Incorporated (Aposentado)*
C. W. Holmes	*Modjeski and Masters, Incorporated*
J. J. Kenney	*Shell International E & P*
J. H. Kiefer	*ConocoPhillips Company*
V. Kuruvilla	*Genesis Quality Systems*
J. Lawmon	*American Engineering & Manufacturing, Incorporated*
N. S. Lindell	*Inspectech Incorporated*
D. R. Luciani	*Canadian Welding Bureau*
S. L. Luckowski	*Department of the Army*
P. W. Marshall	*MHP Systems Engineering*
M. J. Mayes	*Mayes Testing Engineers, Incorporated*
D. L. McQuaid	*D. L. McQuaid and Associates, Incorporated*
R. D. Medlock	*High Steel Structures, Incorporated*
J. Merrill	*MACTEC, Incorporated*
J. B. Pearson, Jr.	*LTK Engineering Services*
D. C. Phillips	*Hobart Brothers Company*
D. D. Rager	*Rager Consulting, Incorporated*
T. J. Schlafly	*American Institute of Steel Construction*
D. R. Scott	*PSI (Aposentado)*
R. E. Shaw, Jr.	*Steel Structures Technology Center, Incorporated*
R. W. Stieve	*Greenman-Pederson, Incorporated*
P. J. Sullivan	*Massachusetts Department of Transportation (Aposentado)*
M. M. Tayarani	*Massachusetts Department of Transportation*
K. K. Verma	*Federal Highway Administration*
B. D. Wright	*Advantage Aviation Technologies*

Conselheiros do Comitê D1 de Soldagem Estrutural

W. G. Alexander	*WGAPE*
E. M. Beck	*MACTEC, Incorporated*
O. W. Blodgett	*The Lincoln Electric Company (Aposentado)*
M. V. Davis	*Consultor*

Conselheiros do Comitê D1 de Soldagem Estrutural (Continuação)

G. L. Fox	*Consultor*
G. J. Hill	*G. J. Hill and Associates, Incorporated*
M. L. Hoitomt	*Hoitomt Consulting Services*
D. R. Lawrence II	*Butler Manufacturing Company (Aposentado)*
W. A. Milek, Jr.	*Consultor*
J. E. Myers	*Consultor*
J. W. Post	*J. W. Post and Associates, Incorporated*

Subcomitê D1Q em Aço da AWS

D. D. Rager, Presidente	*Rager Consulting, Incorporated*
T. Schlafly, Vice-Presidente	*American Institute of Steel Construction*
S. Morales, Secretário	*American Welding Society*
N. J. Altebrando	*STV, Incorporated*
M. Bernasek	*C-spec*
E. L. Bickford	*Acute Technological Services*
B. M. Butler	*Walt Disney World Company*
J. W. Cagle	*C P Buckner Steel Erection, Incorporated*
W. P. Capers	*Walt Disney World Company*
H. H. Campbell III	*Pazazu Engineering*
L. E. Collins	*Team Industries, Incorporated*
R. A. Dennis	*Consultor*
D. A. Dunn	*PSI*
K. R. Fogleman	*Valmont Industries*
J. Guili	*Stud Welding Associates*
M. J. Jordan	*Johnson Plate and Tower Fabrication*
J. J. Kenney	*Shell International E & P*
J. H. Kiefer	*ConocoPhillips Company*
L. A. Kloiber	*LeJeune Steel Company*
S. W. Kopp	*High Steel Structures*
J. E. Koski	*Stud Welding Products, Incorporated*
V. Kuruvilla	*Genesis Quality Systems*
K. Landwehr	*Schuff Steel Company*
D. R. Luciani	*Canadian Welding Bureau*
P. W. Marshall	*MHP Systems Engineering*
R. P. Marslender	*Kiewit Offshore Services, LTD*
G. S. Martin	*GE Energy*
M. J. Mayes	*Mayes Testing Engineers, Incorporated*
R. D. Medlock	*High Steel Structures, Incorporated*
J. Merrill	*MACTEC, Incorporated*
J. I. Miller	*Helix Energy Solutions*
S. P. Moran	*PDM Bridge LLC*
J. C. Nordby	*Entergy*
J. A. Packer	*University of Toronto*
F. J. Palmer	*Steel Tube Institute*
D. R. Scott	*PSI (Aposentado)*
R. E. Shaw, Jr.	*Steel Structures Technology Center, Incorporated*
A. W. Sindel	*Alstom Power, Incorporated*
R. W. Stieve	*Greenman-Pederson, Incorporated*
S. J. Thomas	*VP Buildings, Incorporated*
W. A. Thornton	*Cives Corporation*
R. H. R. Tide	*Wiss, Janney, Elstner Associates*
P. Workman	*Tru-Weld*

Conselheiros do Comitê D1Q de Aço

U. W. Aschemeier	*H. C. Nutting/A Terracon Company*
H. A. Chambers	*Nelson Stud Welding*
R. B. Corbi	*Exelon Nuclear Corporation*
H. E. Gilmer	*Texas Department of Transportation*
M. A. Grieco	*Massachusetts Department of Transportation*
M. J. Harker	*Idaho National Laboratory*
C. W. Hayes	*The Lincoln Electric Company*
C. R. Hess	*High Steel Structures*
G. J. Hill	*G. J. Hill and Associates, Incorporated*
C. W. Holmes	*Modjeski and Masters, Incorporated*
W. Jaxa-Rozen	*Bombardier Transportation*
D. R. Lawrence II	*Butler Manufacturing Company (Aposentado)*
N. S. Lindell	*Inspectech Consulting and Testing*
H. W. Ludewig	*Caterpillar, Incorporated*
D. L. McQuaid	*D. L. McQuaid and Associates, Incorporated*
J. K. Mieseke	*PDM Bridge, Eau Clair Wisc*
W. A. Milek, Jr.	*Consultor*
D. K. Miller	*The Lincoln Electric Company*
L. Muir	*Cives Steel Company*
J. B. Pearson, Jr.	*LTK Engineering Services*
D. C. Phillips	*ITW, Hobart Brothers Company*
J. W. Post	*J. W. Post and Associates, Incorporated*
J. Ross	*U.S. Army Corps of Engineers*
P. J. Sullivan	*Massachusetts Department of Transportation (Aposentado)*
M. M. Tayarani	*Massachusetts Department of Transportation*
J. L. Uebele	*Waukesha City Tech College*
K. K. Verma	*Federal Highway Administration*
D. G. Yantz	*Canadian Welding Bureau*
O. Zollinger	*Ohmstede Ltd.*

Subcomitê D1Q Grupo de Tarefas em Projeto

J. J. Kenney, Presidente	*Shell International E & P*
W. P. Capers,Vice-Presidente	*Walt Disney World Company*
N. J. Altebrando	*STV, Incorporated*
B. M. Butler	*Walt Disney World Company*
T. Green	*Wiss, Janney, Elstner Associates*
W. Jaxa-Rozen	*Bombardier Transportation*
M. J. Jordan	*Johnson Plate and Tower Fabrication*
L. A. Kloiber	*LeJeune Steel Company*
P. W. Marshal	*MHP Systems Engineering*
L. Muir	*Cives Steel Company*
J. A. Packer	*University of Toronto*
F. J. Palmer	*Steel Tube Institute*
J. B. Pearson, Jr.	*LTK Engineering Services*
T. J. Schlafly	*American Institute of Steel Construction*
R. E. Shaw, Jr.	*Steel Structures Technology Center, Incorporated*
S. J. Thomas	*VP Buildings, Incorporated*
R. H. R. Tide	*Wiss, Janney, Elstner Associates*

Conselheiros do Subcomitê D1Q Grupo de Tarefas em Projeto

O. W. Blodgett	*The Lincoln Electric Company (Aposentado)*
W. A. Milek, Jr.	*Consultor*
J. D. Ross	*U.S. Army of Corps of Engineers*
W. A. Thornton	*Cives Corporation*
J. Desjardins	*Bombardier Transportation*

Subcomitê D1Q Grupo de Tarefas em Qualificação

J. H. Kiefer, Presidente	*ConocoPhillips Company*
E. L. Bickford,Vice-Presidente	*Acute Technological Services*
B. Anderson	*Kawasaki Motors*
M. Bernasek	*C-spec*
R. B. Corbit	*Exelon Nuclear Corporation*
R. A. Dennis	*Consultor*
M. A. Grieco	*Massachusetts Department of Transportation*
M. J. Harker	*Idaho National Laboratory*
J. J. Kenney	*Shell International E & P*
V. Kuruvilla	*Genesis Quality Systems*
K. Landwehr	*Schuff Steel Company*
R. P. Marslender	*Kiewit Offshore Services, LTD*
J. Mayne	*Valmont Industries*
J. I. Miller	*Helix Energy Solutions*
J. C. Nordby	*Entergy*
D. D. Rager	*Rager Consulting, Incorporated*
A. W. Sindel	*Alstom Power, Incorporated*
D. Stickel	*Caterpillar, Incorporated*
M. M. Tayarani	*Massachusetts Department of Transportation*
J. L. Uebele	*Waukesha County Technical College*

Conselheiros do Subcomitê D1Q Grupo de Tarefas em Qualificação

D. R. Lawrence II	*Butler Manufacturing Company (Aposentado)*
G. S. Martin	*GE Energy*
D. C. Phillips	*Hobart Brothers Company*
J. W. Post	*J. W. Post and Associates, Incorporated*
K. K. Verma	*Federal Highway Administration*
D. G. Yantz	*Canadian Welding Bureau*

Subcomitê D1Q Grupo de Tarefas em Fabricação

V. Kuruvilla, Presidente	*Genesis Quality Systems*
H. E. Gilmer,Vice-Presidente	*Texas Department of Transportation*
B. Anderson	*Kawasaki Motors*
E. L. Bickford	*Acute Technological Services*
J. W. Cagle	*C P Buckner Steel Erection, Incorporated*
H. H. Campbell III	*Pazazu Engineering*
L. E. Collins	*Team Industries, Incorporated*
R. A. Dennis	*Consultor*
K. R. Fogleman	*Valmont Industries*
M. E. Gase	*Soil and Materials Engineers, Incorporated*
M. A. Grieco	*Massachusetts Department of Transportation*
C. R. Hess	*High Steel Structures, Incorporated*
G. J. Hill	*G. J. Hill & Associates*
C. W. Holmes	*Modjeski & Masters, Incorporated*

Subcomitê D1Q Grupo de Tarefas em Fabricação (Continuação)

J. H. Kiefer	*ConocoPhillips Company*
K. Landwehr	*Schuff Steel Company*
E. S. LaPann	*Consultor*
C. A. Mankenberg	*Shell International E & P*
R. P. Marslender	*Kiewit Offshore Services, LTD*
G. S. Martin	*GE Energy*
D. L. McQuaid	*D. L. McQuaid & Associates, Incorporated*
R. D. Medlock	*High Steel Structures, Incorporated*
J. E. Mellinger	*Pennoni Associates, Incorporated*
W. A. Milek	*Consultor*
J. I. Miller	*Helix Energy Solutions*
T. J. Schlafly	*American Institute of Steel Construction*
A. W. Sindel	*Alstom Power, Incorporated*
J. Sokolewicz	*Trinity Rail*
K. K. Verma	*Federal Highway Administration*

Conselheiros do Subcomitê D1Q Grupo de Tarefas em Fabricação

W. G. Alexander	*WGAPE*
F. R. Beckmann	*Consultor*
E. L. Bickford	*Acute Technologies Services*
G. L. Fox	*Consultor*
J. E. Myers	*Consultor*
J. W. Post	*J. W. Post and Associates, Incorporated*
R. H. R. Tide	*Wiss, Janney, Elstner Associates*

Subcomitê D1Q Grupo de Tarefasem Inspeção

D. R. Scott, Presidente	*PSI (Aposentado)*
G. S. Martin,Vice-Presidente	*GE Energy*
U. W. Aschemeier	*H. C. Nutting/A Terracon Company*
H. H. Campbell III	*Pazazu Engineering*
R. V. Clarke	*Team Industries, Incorporated*
L. E. Collins	*Team Industries, Incorporated*
D. A. Dunn	*PSI*
K. R. Fogleman	*Valmont Industries*
M. E. Gase	*Soil and Materials Engineers, Incorporated*
C. W. Hayes	*The Lincoln Electric Company*
R. K. Holbert	*FMC Technologies Incorporated*
T. Huerter	*PSI*
P. G. Kinney	*Technip USA, Incorporated*
S. W. Kopp	*High Steel Structures, Incorporated*
N. S. Lindell	*Inspectech Consulting and Testing*
C. A. Mankenberg	*Shell International E & P*
P. W. Marshal	*MHP Systems Engineering*
D. L. McQuaid	*D. L. McQuaid & Associates, Incorporated*
J. E. Mellinger	*Pennoni Associates, Incorporated*
J. Merrill	*MACTEC, Incorporated*
M. Moles	*Olympus NDT*
J. B. Pearson, Jr.	*LTK Engineering Services*
R. W. Stieve	*Greenman-Pederson, Incorporated*
P. J. Sullivan	*Massachusetts Department of Transportation (Aposentado)*
K. K. Verma	*Federal Highway Administration*
D. G. Yantz	*Canadian Welding Bureau*

Conselheiros do Subcomitê D1Q Grupo de Tarefas em Verificação

W. G. Alexander	*WGAPE*
E. M. Beck	*MACTEC Engineering & Consulting*
F. R. Beckmann	*Consultor*
G. J. Hill G.	*J. Hill & Associates*
M. L. Hoitomt	*Consultor*
J. H. Kiefer	*ConocoPhillips Company*
D. M. Marudas	*Consultor*
W. A. Milek, Jr.	*Consultor*
W. A. Svekric	*Welding Consultants, Incorporated*

Subcomitê D1Q Grupo de Tarefasem Soldagem de Pinos

D. R. Luciani, Presidente	*Canadian Welding Bureau*
U. W. Aschemeier,Vice-Presidente	*H. C. Nutting/A Terracon Company*
H. A. Chambers	*Consultor*
D. A. Dunn	*PSI*
J. Guili	*Tru-Weld Equipment Company*
B. C. Hobson	*Image Industries*
J. E. Koski	*Stud Welding Products, Incorporated*
S. P. Moran	*PDM Bridge LLC*
M. M. Tayarani	*Massachusetts Department of Transportation*
J. L. Uebele	*Waukesha County Technical College*
P. Workman	*Tru-Weld Equipment Company*

Conselheirosdo Subcomitê D1Q Grupo de Tarefas em Soldagem de Pinos

C. B. Champney	*Nelson Stud Welding*
C. C. Pease	*Consultor*

Subcomitê D1F em Reforço e Reparo

N. J. Altebrando, Presidente	*STV, Incorporated*
S. W. Kopp, Vice-Presidente	*High Steel Structures, Incorporated*
S. Morales, Secretary	*American Welding Society*
C. W. Holmes	*Modjeski & Masters, Incorporated*
P. Rimmer	*New York State Department of Transportation*
R. W. Stieve	*Greenman-Pederson, Incorporated*
M. M. Tayarani	*Massachusetts Department of Transportation*

Conselheiros do Subcomitê D1F em Reforço e Reparo

E. M. Beck	*MACTEC, Incorporated*
C. R. Hess	*High Steel Structures*
G. J. Hill	*G. J. Hill & Associates*
M. J. Mayes	*Mayes Testing Engineers, Incorporated*
J. W. Post	*J W Post & Associates, Incorporated*
J. D. Ross	*U.S. Army Corps of Engineers*
R. E. Shaw, Jr.	*Steel Structures Technology Center, Incorporated*
W. A. Thornton	*Cives Corporation*
R. H. R. Tide	*Wiss, Janney, Elstner Associate*

D1M Standing Grupo de Tarefasem Novos Materiais

D. C. Phillips, Presidente	*Hobart Brothers Company*
T. J. Schlafly, Vice-Presidente	*American Institute of Steel Construction*
W. P. Capers	*Walt Disney World Company*
B. Cvijanovic	*ArcelorMittal International America*
C. W. Hayes	*The Lincoln Electric Company*
R. D. Medlock	*High Steel Structures, Incorporated*
D. Rees-Evans	*Steel Dynamics*

Conselheiros to the D1M Standing Grupo de Tarefasem Novos Materiais

B. M. Butler	*Walt Disney World Company*
M. L. Hoitomt	*Consultor*
J. B. Pearson, Jr.	*LTK Engineering Services*
J. W. Post	*J W Post & Associates, Incorporated*
D. D. Rager	*Rager Consulting, Incorporated*
A. W. Sindel	*Alstom Power*

Esta página está intencionalmente em branco.

Prefácio

Esse prefácio não é parte do *Código de Soldagem Estrutural—Aço*, D1.1/D1.1M:2010 da AWS, mas está incluso apenas para propósito de informação.

A primeira edição do *Code for Fusion Welding and Gás Cutting in Building Construction*foi publicada pela Sociedade Americana de Soldagem em 1928 e chamada Código 1 Parte A. Ela foi revisada e relançada em 1930 e 1937 sob o mesmo título. Foi revisada novamente em 1941 e recebeu a designação D1.0. D1.0 foirevisado novamente em 1946, 1963, 1966, e1969. A edição de1963 publicou uma versãocom emendas em 1965, e a edição de 1966 publicou uma versãocom emendas em 1967. O código foi combinado com D2.0, *Specifications for Welding Highway and Railway Bridges*, em 1972, dada a designação D1.1, e renomeado *AWS Structural Welding Code*. D1.1 foirevisado novamente em 1975, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1988, 1990, 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2002, 2004, 2006, e 2008. De 1972 a 1988, o código D1.1 abordou a soldagem tanto de prédios como de pontes. Em 1988, AAWS publicou sua primeira edição do AASHTO/AWS D1.5 *Bridge Welding Code*; coincidentemente com isso, o código D1.1 alterou referências de pontes e prédios para estruturas estaticamente carregadas e dinamicamente carregadas, respectivamente, para tornar o documento aplicável a uma faixa mais larga de aplicações estruturais. Essa edição de 2010 é a 22ª edição de D1.1.

Texto sublinhado nas subcláusulas, tabelas, ou figuras indica uma alteração editorial ou técnica com relação à edição de 2008. Uma linhavertical na margem indica uma revisão com relação à edição de 2008.

A seguir está um resumo das revisões técnicas mais significativas contidas no D1.1/D1.1M:2010:

Cláusula 1.7—Revisado para esclarecimento.

Cláusula 2.3.3—Revisado para esclarecimento em limitações ESWe EGW.

Cláusula 3.3 Tabela—Revisões para esclarecer diferenças entre resistências de metal de adição de adaptação e sub-adaptação.

Cláusula 3.6—Revisado para esclarecer variáveis essenciais pré-qualificadas.

Cláusula 3.7.3—Referência a “ASTM A 588”substituída por “exposição às intempéries”.

Cláusula 3.13.2—Nova seção acrescentada para esclarecer tela protetora pré-qualificada aceitável parasoldas em chanfro CJP.

Tabela 3.1—Atualizada de acordo com as últimas especificações ASTM, ABS, e API. Adicionada amaterial ASTM A 709 HPS 50W para Grupo II.

Tabela 3.2—Adicionada a ASTM A 709 Grau HPS 50W para Grupo B.

Tabela 3.3—Excluída nota restringindo seu uso a apenas ASTM A 588 e A 709.

Tabela 3.8—Novatabelaadicionada para esclarecer e listar as variáveis essenciais para WPSs pré-qualificados.

Figuras 3.3 e 3.4 Nota (c)—Revisadas para adaptar-se a comando verbal apropriado em 2.18.2.

Cláusula 4.36.3—Revisada para esclarecer quando novos CVN PQRs e WPSs são necessários.

Tabela 4.9—Adicionado ASTM A 1043 Graus 36 e 50.

Tabela 4.10—Notas (1) e (2) foram excluídas.

Tabela 4.12—Notas (3) e (4) foram excluídas.

Cláusula 5.2.2.2—Revisada para incluir requisitosde barra de prateleira.

Cláusula 5.10.2—Revisada para esclarecer os requisitos para reforço de comprimento completo em aplicações estaticamente carregadas.

Cláusula 5.15.4.3—Requisitos de rugosidade alterados para adequar-se aos critérios em AWS C4.1.

Cláusula 5.17—Provisões extensivamente revisadas para ajustes de vigase orifícios de acesso. Acrescentada seção para formas galvanizadas.

Cláusula 5.24—Seção extensivamente revisada para tratar de barras de prateleira e perfis de solda modificados aceitáveis.

Tabela 5.9—Nova tabela adicionada para esclarecer perfis de solda aplicáveis.

Tabela 5.10—Nova tabela acrescentada para determinar convexidade permissível baseada no programa de espessura de perfil de solda.

Figura 5.2—Notes e esboço modificado para esclarecer a geometria de orifícios de acesso da braçadeira à flange.

Figura 5.4—Extensivamente revisada para ilustrar perfis de solda aceitáveis e inaceitáveis para soldas em chanfro em juntas de topo, juntas de ângulo, juntas em T, juntas sobrepostas, assim como para tratar de soldas em barras de prateleira.

Cláusula 6.17.7—Modificada para tratar de soldas em canos e reforço de aço.

Cláusula 6.22.7.7—Revisada para cobrir outros blocos tipo IIW.

Cláusula 6.23.1—Revisada para permitir o uso de quaisquer blocos UT tipo IIW de acordo com ASTM E 164.

Cláusula 6.29.2.3—Revisada para tratar do número de indicações para blocos UT tipo IIW.

Tabela 6.1(2)—Comando verbal apropriado revisado para esclarecimento sobre fusão aceitável.

Tabela 6.6—Notas (1) e (2) foramexcluídas databelae incorporadas à Cláusula 6.17.7.

Figura 6.19—Modificada para tratar de blocos tipo IIW típicos.

Cláusula 6.26.6.4—Cálculo para Fator de Atenuação corrigido em unidades SI.

Cláusula 7.2.5—Revisada para especificar defeitos inaceitáveis em acabamentos de pino.

Cláusula 7.2.5.2—Nova seção acrescentada para esclarecer trincas aceitáveis e inaceitáveis em pinos com cabeça.

Tabela 7.1—Nota b modificada para tratar de projeto de ancoragem de concreto.

Figura 7.1—Diâmetros de haste para pinos com cabeça revisados para serem menos restritivos. Também foram acrescentados pinos 3/8 pol. [10 mm].

Tabela I.2—Faixa de espessura revisada para incluir 3/8 pol. [10 mm] e valores métricos corrigidos.

Anexo K—Acrescentados novos termos para “barra de prateleira” e modificado o termo para “NDT” para relacionar-se apenas ao contexto do código D1.

O termo “soldagem de máquina” foi excluído e substituído pelo termo padrão “soldagem mecanizada” no anexo e em todo o código. As definições para “tubular” e “cano” também foram modificadas.

Anexo N—Amostras de formulário revisadas para aplicação de soldagem de pinos N-9. O formulário N-3 foi corrigido.

Cláusula C-3.7.3—Modificada para tratar de aço exposto às intempéries em geral, ao invés de restringir apenas a ASTM A 588.

C-Tabela 3.8—Novo comentário acrescentado para explicar a Tabela 3.8 em variáveis essenciais pré-qualificadas.

Cláusula C-5.4.1—Nova seção de comentários acrescentada com relação aos processos ESW e EGW.

Cláusula C-5.10.2—Comentário revisado para tratar de descontinuidades no reforço.

Cláusula C-5.16—Comentário acrescentado com relação aos raios mínimos para cantos reentrantes.

Cláusula C-5.17—Conteúdo do Comentário excluído e movido para a Cláusula C-5.16.

Cláusula C-6.22.7.2—Revisada para explicar parâmetros das Tabelas 6.2 e 6.3.

Cláusula C-6.23—Modificada para esclarecer a permissão do código de blocos tipo IIW.

Cláusula 6.26.6—Comentário acrescentado para explicar técnicas de escaneamento requeridas pelas Tabelas 6.2 e 6.3.

Cláusula C-7.2.5—Novo cálculo acrescentado para determinar o comprimento da trinca ou fenda para pinos com cabeça.

Figura C-7.1—Nova figura acrescentada ilustrando o cálculo do comprimentoda trinca.

AWS B4.0 ***Standard Methods for Mechanical Testing of Welds***, fornece detalhes adicionais da preparação de amostra de teste e detalhes da construção da fixação do teste.

Comentário. O Comentário não é obrigatório e tem apenas a intenção de fornecer informações esclarecedoras sobre a lógica das provisões.

Anexos Normativos. Estes anexos referem-se a assuntos específicos no código e seus requisitos são requisitos obrigatórios que suplementam as provisões do código.

Anexos Informativos. Estes anexos não são requisitos do código, mas são fornecidos para esclarecer provisões do código ao mostrar exemplos, fornecendo informações ou sugerindo boas práticas alternativas.

Índice. Como em códigos anteriores, as referências às entradas no Índice são por número de subcláusula e não por número de página. Isso deve possibilitar ao usuário do Índice localizar um item particular de interesse em tempo mínimo.

Errata. É Política do Comitê de Soldagem Estrutural que toda errata deveria ser disponibilizada para usuários do código. Portanto, qualquer errata significativa será publicada na Society News Section of the *Welding Journal* e postada noweb site da AWS em: http://www.aws.org/technical/d1/.

Sugestões. Seus comentários para a melhoria do *Código de Soldagem Estrutural—Aço*, D1.1/D1.1M:2010, da AWS, são bem-vindos. Submeta comentários ao Diretor Executivo, Divisão de Serviços Técnicos, Sociedade Americana de Soldagem, 550 N.W. LeJeune Road, Miami, FL 33126, EUA; telefone 001 (305) 443-9353; fax 001 (305) 443-5951; e-mail info@aws.org; ou via o web site AWS da <http://www.aws.org>.

Esta página está intencionalmente em branco.

Índice

Dedicatória v
Equipo vii
Prefácio xv
Lista de Tabelas xxiv
Lista de Figuras xxvi

1. Requisitos Gerais 1
1.1 Âmbito 1
1.2 Limitações 1
1.3 Definições 1
1.4 Responsabilidades 2
1.5 Aprovação 3
1.6 Símbolos de Soldagem 3
1.7 Precauções de Segurança 3
1.8 Unidades Padrão de Medida 3
1.9 Documentos de Referência 3

2. Projeto de Conexões Soldadas 5
2.1 Âmbito 5

Parte A—Requisitos Comuns para Projeto de Conexões Soldadas (Membros Tubulares e Não-Tubulares) 5
2.2 Geral 5
2.3 Planos e Especificações de Contrato 5
2.4 Áreas Efetivas 6

Parte B—Requisitos Específicos para Projeto de Conexões Não-Tubulares (Carregadas Estaticamente ou Ciclicamente) 9
2.5 Geral 9
2.6 Tensões 9
2.7 Configuração e Detalhes de Junta 10
2.8 Configuração e Detalhes de Junta—Soldas em Chanfro 11
2.9 Configuração e Detalhes de Junta—Juntas de Filete Soldadas 11
2.10 Configuração e Detalhes de Junta—Soldas de Tampão 12
2.11 Placas de Enchimento 12
2.12 Membros Construídos 12

Parte C—Requisitos Específicos para Projeto de Conexões Não-Tubulares (Carregadas Ciclicamente) 13
2.13 Geral 13
2.14 Limitações 13
2.15 Cálculo de Tensões 13
2.16 Tensões Permissíveis e Faixas de Tensão 14
2.17 Detalhamento, Fabricação, e Ereção 15
2.18 Juntas e Soldas Proibidas 16
2.19 Inspeção 16

Parte D—Requisitos Específicos para Projeto de Conexões Tubulares (Carregadas Estaticamente ou Ciclicamente) 16
2.20 Geral 16

Núm. de Página

2.21 Tensões Permissíveis 16
2.22 Identificação 18
2.23 Símbolos 18
2.24 Projeto de Solda 18
2.25 Limitações de Resistência de Conexões Soldadas 19
2.26 Transição de Espessura 24
2.27 Limitações de Material 24

3. Pré-qualificação de WPSs 61
3.1 Escopo 61
3.2 Processos de Soldagem 61
3.3 Combinações de Metal Base/Metal de Adição 61
3.4 Aprovação do engenheiro para Anexos Auxiliares 62
3.5 Requisitos de Temperaturas Mínimas de Pré-aquecimento e Interpasse 62
3.6 Limitação de Variáveis de WPS 62
3.7 Requisitos Gerais de WPS 62
3.8 Requisitos Comuns para SAW de Eletrodos Paralelos e Eletrodos Múltiplos 63
3.9 Requisitos para Solda de Filete 63
3.10 Requisitos para Soldas de Tampão (Soldas Plug e Slot) 64
3.11 Requisitos Comuns de Soldas em Chanfro PJP e CJP 64
3.12 Requisitos de PJP 64
3.13 Requisitos de Solda em Chanfro com CJP 65
3.14 Tratamento Térmico Pós-Soldagem 66

4. Qualificação 129
4.1 Escopo 129

Parte A—Requisitos Gerais 129
4.2 Geral 129
4.3 Requisitos Comuns para Qualificação de Desempenho WPS e de Equipe de Soldagem 130

Parte B—Especificação de Procedimento de Soldagem (WPS) 130
4.4 Posições de Soldagem de Produção Qualificadas 130
4.5 Tipo de Testes de Qualificação 130
4.6 Tipos de Solda para Qualificação WPS 130
4.7 Preparação de WPS 131
4.8 Variáveis Essenciais 131
4.9 Métodos de Teste e Critérios de Aceitação para Qualificação WPS 131
4.10 Soldas em Chanfro CJP para Conexões Não Tubulares 133
4.11 Soldas em Chanfro PJP para Conexões Não Tubulares 133
4.12 Soldas de Filete para Conexões Tubulares e Não Tubulares 134
4.13 Soldas em Chanfro CJP para Conexões Tubulares 135
4.14 Conexões em T-, Y-, ou K- e Juntas de Topo Tubulares PJP 136
4.15 Soldas de Tampão para Conexões Tubulares e Não Tubulares 136
4.16 Processos de Soldagem que Requerem Qualificação 136
4.17 Requisito WPS (GTAW) 136
4.18 Requisitos WPS (ESW/EGW) 136

Parte C—Qualificação de Desempenho 137
4.19 Geral 137
4.20 Tipos de Testes de Qualificação Requeridos 137
4.21 Tipos de Solda para Qualificação de Desempenho de Soldador e Operador de Soldagem 138
4.22 Preparação de Formulários de Qualificação de Desempenho 138
4.23 Variáveis Essenciais 138
4.24 Soldas em Chanfro CJP para Conexões Não Tubulares 138

Núm. de Página

4.25 Soldas em Chanfro PJP para Conexões Não Tubulares. 138
4.26 Soldas de Filete para Conexões Não Tubulares. 139
4.27 Soldas em Chanfro CJP para Conexões Tubulares. 139
4.28 Soldas em Chanfro PJP para Conexões Tubulares. 139
4.29 Soldas de Filete para Conexões Tubulares. 139
4.30 Soldas de Tampão (Plug e Slot) para Conexões Tubulares e Não Tubulares. 139
4.31 Métodos de Teste e Critérios de Aceitação para Qualificação de Soldador e Operador de Soldagem 139
4.32 Método de Teste e Critérios de Aceitação para Qualificação de Soldador Ponteador 141
4.33 Reteste 141

Parte D—Requisitos de Teste CVN 141
4.34 Geral 141
4.35 Locais de Teste 142
4.36 Testes CVN 142
4.37 Requisitos de Teste 142
4.38 Reteste 143
4.39 Relatório 143

5. Fabricação 199
5.1 Escopo 199
5.2 Metal Base 199
5.3 Consumíveis de Soldagem e Requisitos de Eletrodo 199
5.4 Processos ESW e EGW 201
5.5 Variáveis WPS 202
5.6 Temperaturas de Pré-aquecimento e Interpasse 202
5.7 Controle de Aporte de Calor para Aços Resfriados e Temperados. 202
5.8 Tratamento Térmico de Alívio de Tensão. 202
5.9 Reforço, Gás de Reforço, ou Encaixes. 203
5.10 Reforço. 203
5.11 Equipamentos de Corte e Soldagem 204
5.12 Ambiente de Soldagem 204
5.13 Conformidade com o Projeto 204
5.14 Tamanhos Mínimos de Solda de Filete 204
5.15 Preparação de Metal Base 204
5.16 Cantos Reentrantes 206
5.17 Orifícios de Acesso de Solda, Ajustes de Viga, e Material de Conexão 206
5.18 Soldas Provisórias e Soldas para Auxiliar a Construção 207
5.19 Abaulamento em Membros Construídos 208
5.20 Emendas em Estruturas Ciclicamente Carregadas 208
5.21 Controle de Distorção e Retração 208
5.22 Tolerância de Dimensões de Juntas 208
5.23 Tolerância Dimensional de Membros Estruturais Soldados 210
5.24 Perfis de Solda 212
5.25 Técnica para Soldas de Tampão (Plug e Slot) 212
5.26 Reparos 213
5.27 Martelamento 214
5.28 Calafetagem 214
5.29 Aberturas de Arco 214
5.30 Limpeza de Solda 214
5.31 Guias de Solda 215

6. Inspeção 227
Parte A—Requisitos Gerais 227
6.1 Âmbito 227

Núm. de Página

6.2 Inspeção de Materiais e Equipamento 228
6.3 Inspeção de WPSs 228
6.4 Inspeção de Qualificações de Soldador, Operador de Soldagem, e Soldador Ponteador 228
6.5 Inspeção de Trabalho e Registros 229

Parte B—Responsabilidades do Empreiteiro 229
6.6 Obrigações do Empreiteiro 229

Parte C—Critérios de Aceitação 230
6.7 Âmbito 230
6.8 Aprovação do Engenheiro para Critérios de Aceitação Alternativos 230
6.9 Inspeção Visual 230
6.10 PT e MT 230
6.11 NDT 230
6.12 RT 230
6.13 UT 232

Parte D—Procedimentos NDT 233
6.14 Procedimentos 233
6.15 Extensão do Teste 234

Parte E—Teste Radiográfico (RT) 234
6.16 RT de Soldas em Chanfro em Juntas de Topo 234
6.17 RT Procedimentos 235
6.18 Requisitos RT Suplementares para Conexões Tubulares 237
6.19 Exame, Relatório, e Disposição de Radiografias 237

Parte F—Teste de Ultrassonografia (UT) de Soldas em Chanfro 237
6.20 Geral 237
6.21 Requisitos de Qualificação 238
6.22 Equipamento UT 238
6.23 Padrões de Referência 239
6.24 Qualificação de Equipamento 239
6.25 Calibragem para Teste 239
6.26 Procedimentos de Teste 240
6.27 UT de Conexões Tubulares em T-, Y-, e K- 242
6.28 Preparação e Disposição de Relatórios 243
6.29 Calibragem da Unidade de UT com Blocos Tipo IIW ou Outros Blocos de Referência Aprovados (Anexo H). 244
6.30 Procedimentos de Qualificação de Equipamento 245
6.31 Procedimentos de Avaliação de Tamanho de Descontinuidade 246
6.32 Padrões de Escaneamento (Ver Figura 6.21) 247
6.33 Exemplos de Certificação de Precisão dB 247

Parte G—Outros Métodos de Exame 247
6.34 Requisitos Gerais 247
6.35 Sistemas de Imagem por Radiação. 247
6.36 Sistemas de Ultrassonografia Avançados 248
6.37 Requisitos Adicionais 248

7. Soldagem de Pinos 293
7.1 Escopo 293
7.2 Requisitos Gerais 293
7.3 Requisitos Mecânicos 294
7.4 Mão de Obra/Fabricação 294
7.5 Técnica 295

Núm. de Página

7.6 Requisitos de Qualificação de Aplicação de Pinos 295
7.7 Controle da Produção 296
7.8 Requisitos de Inspeção de Controle e Fabricação 297
7.9 Requisitos do Fabricante Quanto à Qualificação da Base do Pino 298

8. Fortalecendo e Reparando Estruturas Existentes 305
8.1 Geral 305
8.2 Metal Base 305
8.3 Projeto para Fortalecimento e Reparação 305
8.4 Aprimoramento do Tempo de Fadiga 306
8.5 Mão-de-Obra e Técnica 306
8.6 Qualidade 306

Anexos 307
Anexo A (Normativo)—Garganta Efetiva 309
Anexo B (Normativo)—Gargantas Efetivas de Soldas de Filete em Juntas Oblíquas em T 311
Anexo D (Normativo)—Aplainamento de Braçadeiras de Trave—Estruturas Estaticamente Carregadas 315
Anexo E (Normativo)—Aplainamento de Braçadeiras de Trave—Estruturas Ciclicamente Carregadas 319
Anexo F (Normativo)—Gráficos de Conteúdo de Temperatura-Umidade 325
Anexo G (Normativo)—Requisitos de Qualificação de Fabricante de Base de Pinos 329
Anexo H (Normativo)—Qualificação e Calibragem de Unidades UT com Outros Blocos de Referência Aprovados 331
Anexo I (Normativo)—Orientação sobre Métodos Alternativos de Determinar Pré-aquecimento 335
Anexo J (Normativo)—Símbolos para Projeto de Solda de Conexão Tubular 347
Anexo K (Informativo)—Termos e Definições 349
Anexo L (Informativo)—Guia para Escritores de Especificação 359
Anexo M (Informativo)—Formulários de Inspeção e Qualificação de Equipamento UT 361
Anexo N (Informativo)—Formulários de Amostra de Soldagem 371
Anexo O (Informativo)—Diretrizes para a Preparação de Questões Técnicas para o Comitê de Soldagem Estrutural 385
Anexo P (Informativo)—Ângulo Diedro Local 387
Anexo Q (Informativo)—Conteúdos de WPS Pré-qualificado 393
Anexo R (Informativo)—Práticas Seguras 395
Anexo S (Informativo)—Exame UT de Soldas por Teste de Ultrassografia—Técnicas Alternativas 399
Anexo T (Informativo)—Parâmetro Oval Alfa 415
Anexo U (Informativo)—Lista de Documentos de Referência 417
Anexo V (Informativo)—Propriedades de Resistência de Metal de Adição 419

Comentário 431
Prefácio 433

Índice Remissivo 553

Lista de Documentos AWS em Soldagem Estrutural 567

Lista de Tabelas

Tabla **Núm. de Página**

2.1 Tamanho Efetivo da Solda em Chanfro Curvado com Preenchimento por Jateamento....26
2.2 Dimensão de Perda Z (Não-tubular) 26
2.3 Tensões Permissíveis....27
2.4 Coeficientes de Resistência Equivalente para Soldas de Filete Carregadas Obliquamente....28
2.5 Parâmetros de Projeto de Tensão de Fadiga....29
2.6 Tensão Permissível em Soldas de Conexão Tubular....39
2.7 Categorias de Tensão para Tipo e Local de Material para Seções Circulares....41
2.8 Limitações de Categoria de Fadiga no Tamanho ou Espessura da Solda e Perfil de Solda (Conexões Tubulares)....43
2.9 Dimensões de Perda Z para Calcular Tamanhos de Solda Mínimos para Conexões Tubulares Pré-qualificadas T-, Y-, e K- PJP....43
2.10 Termos para Resistência de Conexões (Seções Circulares)....44
3.1 Metal Base Pré-qualificado—Combinações do Metal de Adição para Resistência Correspondente 67
3.2 Temperaturas Mínimas Pré-qualificadas de Pré-aquecimento e de Interpasse 71
3.3 Requisitos do Metal de Adição para Aplicações Expostas, Nuas de Aços Resistentes à Corrosão Atmosférica....74
3.4 Tamanho de Solda Mínimo Pré-qualificado de PJP (E)....74
3.5 Aplicações do Detalhe de Junta para Conexões Tubulares Pré-qualificadas em T-, Y-, e K- com CJP....74
3.6 Dimensões de Juntas e Ângulos de Chanfro Pré-qualificados para Soldas em Chanfro com CJP em Conexões Tubulares em T-, Y-, e K- Feitas por Meio de SMAW, GMAW-S, e FCAW 75
3.7 Requisitos para WPS Pré-qualificadas....76
3.8 Variáveis de WPSs Pré-qualificadas 77
4.1 Qualificação WPS—Posições de Soldagem de Produção Qualificadas por Testes de Placa, Cano, e Tubo de Caixa 144
4.2 Qualificação WPS—Soldas em Chanfro CJP: Número e Tipo de Espécimes de Teste e Faixa de Espessura e Diâmetro Qualificada 145
4.3 Número e Tipo de Espécimes de Teste e Faixa de Espessura Qualificada—Qualificação WPS; Soldas em Chanfro PJP 147
4.4 Número e Tipo de Espécimes de Teste e Faixa de Espessura Qualificada—Qualificação WPS; Soldas de Filete 147
4.5 Alterações em Variável Essencial de PQR que Requerem Requalificação WPS para SMAW, SAW, GMAW, FCAW, e GTAW 148
4.6 Alterações Suplementares de Variável Essencial de PQR para Aplicações de Teste CVN que Requerem Requalificação WPS para SMAW, SAW, GMAW, FCAW, e GTAW 151
4.7 Alterações de Variável Essencial de PQR que Requerem Requalificação de WPS para ESW ou EGW ..152
4.8 Tabela 3.1, Tabela 4.9, e Aços Não Listados Qualificados por PQR....153
4.9 Base e Metais de Adição Aprovados pelo Código que Requerem Qualificação pela Cláusula 4....154
4.10 Qualificação de Soldador e Operador de Soldagem—Posições de Soldagem de Produção Qualificadas por Testes de Placa, Cano, e Tubo de Caixa 156
4.11 Qualificação de Soldador e Operador de Soldagem—Número e Tipo de Espécimes e Faixa de Espessura e Diâmetro Qualificados 157
4.12 Alteração em Variável Essencial de Desempenho de Equipe de Soldagem que Requer Requalificação....161
4.13 Grupos de Classificação de Eletrodo 161
4.14 Requisitos de Teste CVN 162

Tabla **Núm. de Página**

4.15 Redução de Temperatura de Teste CVN 162
5.1 Exposição Atmosférica Permissível de Eletrodos de Baixo Hidrogênio 216
5.2 Tempo Mínimo de Retenção 216
5.3 Tratamento Térmico Alternativo de Alívio de Tensão 216
5.4 Limites de Aceitabilidade e Reparo de Descontinuidades Laminares em Superfícies Cortadas Produzidas na Fábrica 216
5.5 Tolerâncias de Abertura de Raízes Tubulares 217
5.6 Tolerância de Abaulamento para Trave Típica 217
5.7 Tolerância de Abaulamento para Traves sem uma Mísula Concreta Projetada 217
5.8 Tamanhos Mínimos de Solda de Filete 217
5.9 Perfis de Solda 218
5.10 Programas de Perfil de Solda 218
6.1 Critérios de Aceitação de Inspeção Visual 250
6.2 Critérios de Aceitação-Rejeição UT (Conexões Não Tubulares Estaticamente Carregadas) 252
6.3 Critérios de Aceitação-Rejeição UT (Conexões Não Tubulares Ciclicamente Carregadas) 253
6.4 Requisitos IQI de Tipo de Orifício 254
6.5 Requisitos IQI de Arame 254
6.6 Seleção e Colocação de IQI 255
6.7 Ângulo de Teste 256
7.1 Requisitos de Propriedades Mecânicas para Pinos 300
7.2 Tamanho Mínimo de Solda de Filete para Pinos de Pequeno Diâmetro 300
B.1 Fatores Equivalentes de Tamanho de Perna de Solda de Filete para Juntas Oblíquas em T- 312
D.1 Reforços Intermediários em Ambos os Lados de Braçadeira 316
D.2 Sem Reforços Intermediários 316
D.3 Reforços Intermediários em Apenas Um Lado de Braçadeira 317
E.1 Reforços Intermediários em Ambos os Lados de Braçadeira. Traves Interiores 320
E.2 Reforços Intermediários em Apenas Um Lado de Braçadeira. Traves Frontais 321
E.3 Reforços Intermediários em Apenas Um Lado de Braçadeira. Traves Interiores 322
E.4 Reforços Intermediários em Ambos os Lados de Braçadeira. Traves Frontais 323
E.5 Sem Reforços Intermediários. Traves Frontais ou Interiores 323
I.1 Grupamento de Índice de Suscetibilidade como Função de Nível de Hidrogênio H e Parâmetro de Composição P_{cm} 339
I.2 Temperaturas Mínimas de Pré-aquecimento e Interpasse para Três Níveis de Restrição 339
S.1 Critério de Rejeição-Aceitação 405

Comentário

C-2.1 Estudo de Limites de Diâmetro/Espessura e Largura/Espessura Chata para Tubos 458
C-2.2 Fatores de Projeto Sugeridos 459
C-2.3 Valores de JD 459
C-2.4 Placas de Aço Estrutural 460
C-2.5 Canos de Aço Estrutural e Moldes Tubulares 461
C-2.6 Moldes de Aço Estrutural 461
C-2.7 Matriz de Classificação para Aplicações 462
C-2.8 Condições de Teste CVN 462
C-3.1 Faixas Típicas de Corrente para GMAW-S em Aço 481
C-4.1 Valores de Teste CVN 492
C-4.2 Valores de Teste CVN HAZ 492
C-6.1 Critérios de Aceitação UT para Soldagem 2 pol. [50 mm], Usando uma Sonda de 70° 525
C-8.1 Guia de Adequação para Soldagem 543
C-8.2 Relação entre a Espessura da Placa e o Raio da Broca 543

Lista de Figuras

Figura **Núm. de Página**

2.1 Tamanho Máximo de Solda de Filete Ao Longo das Arestas em Juntas Sobrepostas....45
2.2 Transição de Juntas de Topo em Partes de Espessura Desigual (Não-tubulares Carregadas Estaticamente)....46
2.3 Transição das Espessuras (Não-tubulares Carregadas Estaticamente)....47
2.4 Soldas de Filete Carregadas Transversalmente....47
2.5 Comprimento Mínimo de Soldas de Filete Longitudinais na Extremidade de Membros de Placa ou Barra Chata....48
2.6 Terminação de Soldas Próximo a Arestas Sujeitas a Tensão....48
2.7 Soldagem de Acabamentoem Conexões Flexíveis....49
2.8 Soldas de Filete em Lados Opostos de um Plano Comum....49
2.9 Placas de Enchimento Finas em Junta de Emenda....50
2.10 Placas de Enchimento Grossas em Junta de Emenda....50
2.11 Faixa de Tensão Permissível para Carga Aplicada Ciclicamente (Fadiga) em Conexões Não-tubulares (Traçado Gráfico da Tabela 2.5)....51
2.12 Transição da Largura (Não-tubular Carregada Ciclicamente....52
2.13 Tensão de Fadiga Permissível e Faixas de Deformação para Categorias de Tensão, Estruturas Tubulares Redundantes para Serviço Atmosférico....52
2.14 Partes de uma Conexão Tubular....53
2.15 Junta Sobreposta Soldada com Filete (Tubular)....56
2.16 Raio de Alcance de Solda de Filete em Conexões Tubulares T-, Y-, e K-....56
2.17 Tensão de PuncionamentoPuncionamento....57
2.18 Detalhe de Sobreposição de Junta....57
2.19 Limitações para Conexões de Caixaem T-, Y-, e K-....58
2.20 Conexões Sobrepostas em K....58
2.21 Transição de Espessura de Juntas de Topo em Partes de Espessura Desigual (Tubulares)....59
3.1 Nó de Soldagem em que a Profundidade e a Largura Excedem a Largura da Face da Solda....79
3.2 Juntas Tubulares Pré-qualificadas de Soldagem de Filete Feitas por Meio de SMAW, GMAW, e FCAW....79
3.3 Detalhes de Junta de Solda em Chanfro Pré-qualificado de PJP....81
3.4 Detalhes de Junta de Solda em Chanfro Pré-qualificado de CJP....97
3.5 Detalhes Pré-qualificados de Junta para Conexões Tubulares em T-, Y-, K-, e PJP....119
3.6 Detalhes Pré-qualificados de Junta para Conexões Tubulares em T-, Y-, K-, e CJP....122
3.7 Definições e Seleções Detalhadas para Conexões Tubulares Pré-qualificadas em K-,T-,Y-, e CJP....123
3.8 Detalhes Pré-qualificados de Junta para Soldas em Chanfro CJP em Conexões Tubulares em T-, Y-, e K-—Perfis Planos Padrão para Espessura Limitada....124
3.9 Detalhes Pré-qualificados de Junta para Soldas em Chanfro CJP em Conexões Tubulares em T-, Y-, e K-—Perfil com Filete de Extremidade para Espessura Intermediária....125
3.10 Detalhes Pré-qualificados de Junta para Soldas em Chanfro CJP em Conexões Tubulares em T-, Y-, e K-—Perfil Côncavo Melhorado para Seções Pesadas ou Fadiga....126
3.11 Detalhes Pré-qualificados de Juntas Oblíquas em T- (Não Tubulares)....127
4.1 Posições de Soldas em Chanfro....163
4.2 Posições de Soldas de Filete....164
4.3 Posições de Placas de Teste para Soldas em Chanfro....165
4.4 Posições de Cano ou Tubulação de Teste para Soldas em Chanfro....166
4.5 Posições de Placa de Teste para Soldas de Filete....167
4.6 Posições de Cano ou Tubulação de Teste para Soldas de Filete....168

Figura **Núm. de Página**

4.7 Locais de Espécimes de Teste em Cano de Teste Soldado 169
4.8 Locais de Espécimes de Teste para Tubulação de Caixa Soldada 170
4.9 Local de Espécimes de Teste em Placas de Teste Soldadas—ESW e EGW—Qualificação WPS 171
4.10 Local de Espécimes de Teste em Placas de Teste Soldadas com Espessura Acima de 3/8 pol. [10 mm]—Qualificação WPS 172
4.11 Local de Espécimes de Teste em Placas de Teste Soldadas de Espessura de 3/8 pol. [10 mm] e Abaixo—Qualificação WPS 173
4.12 Espécimes de Flexão de Face e Raiz 174
4.13 Espécimes de Flexão Lateral 175
4.14 Espécimes de Tensão de Seção Reduzida 176
4.15 Separador de Teste de Flexão Guiado 177
4.16 Separador de Teste de Flexão Alternativo Integrado Guiado 178
4.17 Separador Alternativo de Teste de Flexão Guiado e Equipado com Rolete para Ejeção Inferior de Espécime de Test 178
4.18 Espécime de Tensão de Metal Depositado 179
4.19 Testes de Estabilidade de Soldas de Filete para Qualificação WPS 180
4.20 Teste de Estabilidade de Solda de Filete em Cano—Qualificação WPS 181
4.21 Placa de Teste para Espessura Ilimitada—Qualificação de Soldador 182
4.22 Placa de Teste para Espessura Ilimitada—Qualificação de Operador de Soldage 182
4.23 Local de Espécime de Teste em Placa de Teste Soldada de Espessura de 1 pol. [25 mm]—Verificação de Consumíveis para Qualificação WPS de Soldas de Filete 183
4.24 Junta de Topo Tubular—Qualificação de Soldador com ou sem Reforço 184
4.25 Junta de Topo Tubular—Qualificação WPS com e sem Reforço 184
4.26 Teste de Calcanhar de Ângulo Agudo (Retenções Não Mostradas) 185
4.27 Junta de Teste para Conexões em T-, Y-, e K- sem Reforço em Cano ou Tubulação de Caixa (≥6 pol. [150 mm] O.D.)—Qualificação de Soldador e WPS 186
4.28 Junta de Teste para Conexões em T-, Y-, e K- sem Reforço em Cano ou Tubulação de Caixa (<4 pol. [100 mm] O.D.)—Qualificação de Soldador e WPS 187
4.29 Junta de Ângulo de Ensaio Macrográfico para Conexões em T-, Y-, e K- sem Reforço em Tubulação de Caixa para Soldas em Chanfro CJP—Qualificação WPS e de Soldador 188
4.30 Placa de Teste Opcional para Espessura Ilimitada—Posição Horizontal—Qualificação de Soldador 189
4.31 Placa de Teste para Espessura Limitada—Todas as Posições—Qualificação de Soldador 190
4.32 Placa de Teste Opcional para Espessura Limitada—Posição Horizontal—Qualificação de Soldador 191
4.33 Placa de Teste de Flexão de Raiz de Solda de Filete—Qualificação de Soldador ou Operador de Soldagem—Opção 2 192
4.34 Local de Espécime de Teste em Cano e Tubulação de Caixa de Teste Soldados—Qualificação de Soldador 193
4.35 Método de Ruptura de Espécime—Qualificação de Soldador Ponteador 194
4.36 Junta de Topo para Qualificação de Operador de Soldagem—ESW e EGW 194
4.37 Ruptura de Solda de Filete e Placa de Ensaio Macrográfico—Qualificação de Soldador ou Operador de Soldagem—Opção 1 195
4.38 Placa de Ensaio Macrográfico de Solda de Tampão (Plug)—Qualificação de Soldador ou Operador de Soldagem e Qualificação WPS 196
4.39 Espécime de Ruptura de Solda de Filete—Qualificação de Soldador Ponteador 197
4.40 Locais de Espécime de Teste CVN 198
5.1 Descontinuidades de Aresta em Material de Corte 219
5.2 Geometria do Orifício de Acesso da Solda 220
5.3 Tolerâncias de Mão-de-Obra na Montagem de Juntas Soldadas em Chanfro 221
5.4 Requisitos para Perfis de Solda 222
6.1 Critérios de Aceitação de Descontinuidade para Conexões Não Tubulares Estaticamente Carregadas e Conexões Tubulares Estaticamente ou Ciclicamente Carregadas 259
6.2 Critérios de Aceitação de Descontinuidade para Conexões Não Tubulares Ciclicamente Carregadas em Tensão (Limitações de Porosidade e Descontinuidades de Fusão) 264

Figura **Núm. de Página**

6.3 Critérios de Aceitação de Descontinuidade para Conexões Não Tubulares em Compressão (Limitações de Porosidade ou Descontinuidades do Tipo Fusão) 269
6.4 Indicações da Classe R 274
6.5 Indicações da Classe X 276
6.6 IQI Tipo Orifício 277
6.7 IQI de Arame 278
6.8 Identificação RT e Locais de Tipo-Orifício ou IQI de Arame em Juntas de Espessura Aproximadamene Igual a 10 pol. [250 mm] e Maiores em Comprimento 279
6.9 Identificação RT e Locais de Tipo-Orifício ou IQI de Arame em Juntas de Espessura Aproximadamene Igual ou menores que 10 pol. [250 mm] em Comprimento 280
6.10 Identificação RT e Locais de Tipo-Orifício ou IQI de Arame em Juntas de Transição de 10 pol. [250 mm] e Maiores em Comprimento 281
6.11 Identificação RT e Locais de Tipo-Orifício ou IQI de Arame em Juntas de Espessura Menores que 10 pol. [250 mm] em Comprimento 282
6.12 Blocos de Aresta RT 282
6.13 Exposição de Parede Única—Vista de Parede Única 283
6.14 Exposição de Parede Dupla—Vista de Parede Única 283
6.15 Exposição de Parede Dupla—Vista de Parede Dupla (Elíptica), Mínimo de Duas Exposições 284
6.16 Exposição de Parede Dupla—Vista de Parede Dupla (Elíptica), Mínimo de Três Exposições 284
6.17 Cristal Transdutor 285
6.18 Procedimento de Qualificação da Unidade de Busca Usando Bloco de Referência IIW 285
6.19 Bloco Típico do Tipo IIW 286
6.20 Blocos de Qualificação 287
6.21 Visão de Plano de Padrões de Escaneamento UT 289
6.22 Técnicas de Escaneamento 290
6.23 Posições do Transdutor (Típico) 291
7.1 Dimensões e Tolerâncias de Pinos com Cabeça do Tipo-Padrão 301
7.2 Suporte de Teste de Tensão Típico 301
7.3 Arranjo de Teste de Torque e Tabela de Torques de Teste 302
7.4 Dispositivo de Teste de Flexão 303
7.5 Tipo de Dispositivo Sugerido para Teste de Qualificação de Pinos Pequenos 303
F.1 Gráfico de Conteúdo de Temperatura-Umidade a ser Usado em Conjunção com Programa de Teste para Determinar Tempo Estendido de Exposição Atmosférica de Eletrodos SMAW de Baixo Hidrogênio 326
F.2 Aplicação de Gráfico de Conteúdo de Temperatura-Umidade na Determinação de Tempo de Exposição Atmosférica de Eletrodos SMAW de Baixo Hidrogênio 327
H.1 Outros Blocos Aprovados e Posição de Transdutor Típica 333
I.1 Classificação de Zona de Aços 342
I.2 Taxa de Resfriamento Crítica para 350 HV e 400 HV 342
I.3 Gráficos para Determinar Taxas de Resfriamento para Soldas de Filete SAW de Passe Único 342
I.4 Relação Entre Tamanho de Solda de Filete e Entrada de Energia 345
S.1 Refletor de Referência Padrão 406
S.2 Bloco de Calibragem Recomendado 406
S.3 Refletor Típico Padrão (Localizado em Maquetes de Solda e Soldas de Produção 407
S.4 Correção de Transferência 408
S.5 Profundidade de Onda de Compressão (Calibragem de Varredura Horizontal) 408
S.6 Calibragem de Sensibilidade de Onda de Compressão 409
S.7 Calibragem de Sensibilidade e Distância de Onda de Cisalhamento 409
S.8 Métodos de Escaneamento 410
S.9 Características de Descontinuidade Esférica 411
S.10 Características de Descontinuidade Cilíndrica 411
S.11 Características de Descontinuidade Planar 412
S.12 Dimensão da Altura da Descontinuidade 412

Figura **Núm. de Página**

S.13 Dimensão do Comprimento da Descontinuidade....413
S.14 Marcação da Tela de Exibição....413
S.15 Relatório de UT (Procedimento Alternativo)....414
T.1 Definição de Termos para Alfa Computado....416

Comentário
C-2.1 Equilíbrio de Solda de Filete sobre o Ângulo do Eixo Neutro....463
C-2.2 Planos de Cisalhamento para Soldas em Chanfro e de Filete....463
C-2.3 Carga Excêntrica....464
C-2.4 Relação de Deformação de Carga para Soldas....464
C-2.5 Exemplo de um Grupo de Solda Obliquamente Carregado....465
C-2.6 Solução Gráfica da Capacidade de um Grupo de Solda Obliquamente Carregada....466
C-2.7 Juntas Sobrepostas Soldadas em Solda de Filete Única....467
C-2.8 Ilustrações de Tensões do Membro de Ramificação Correspondentes ao Modo de Carga....467
C-2.9 Requisitos de Perfil de Solda Melhorada....468
C-2.10 Concepção Simplificada de PuncionamentoPuncionamento....468
C-2.11 Confiabilidade dos Critérios de PuncionamentoPuncionamento Usando Alfa Computado....469
C-2.12 Transição entre Folga e Conexões Sobrepostas....470
C-2.13 Teorema do Limite Superior....470
C-2.14 Padrões de Linha de Limite....471
C-3.1 Oscilógrafos e Esboços de Transferência de Metal de GMAW-S....481
C-3.2 Exemplos de Trinca na Linha do Centro....482
C-3.3 Detalhes de Preparações Alternativas de Chanfro para Juntas de Ângulo Pré-qualificadas....482
C-4.1 Tipo de Soldagem no Cano Que Não Requer Qualificação de Cano....492
C-5.1 Exemplos de Cantos Reentrantes Inaceitáveis....504
C-5.2 Exemplos de Boas Práticas para Ajustes de Corte....504
C-5.3 Deslocamento Permissível em Membros Adjacentes....505
C-5.4 Correção de Membros Desalinhados....505
C-5.5 Método Típico para Determinar Variações no Nivelamento da Trave da Braçadeira....506
C-5.6 Ilustração Mostrando os Métodos de Medição de Abaulamento....507
C-5.7 Medição da Inclinação e Deformação da Flange....508
C-5.8 Tolerâncias nos Pontos de Rolamento....509
C-6.1 Juntas de Ângulo ou em T de 90° com Reforço de Aço....526
C-6.2 Juntas de Ângulo ou Oblíquas em T....526
C-6.3 Juntas de Topo com Separação entre Reforço e Junta....527
C-6.4 Efeito de Abertura da Raiz em Juntas de Topo com Reforço de Aço....527
C-6.5 Varredura com Reforço de Aço Soldado por Selagem....528
C-6.6 Resoluções de para Varredura com Reforço de Aço Soldado por Selagem....528
C-6.7 Ilustração do Critério de Aceitação de Descontinuidade em Conexões Não Tubulares Estaticamente Carregadas ou Tubulares Ciclicamente Carregadas....529
C-6.8 Ilustração dos Critérios de Aceitação de Descontinuidade em Conexões Não Tubulares Estaticamente Carregadas ou Tubulares Ciclicamente Carregadas de 1-1/8 pol. [30 mm] e Maiores, Típico de Descontinuidades Randômica Aceitáveis....530
C-6.9 Ilustração dos Critérios de Aceitação de Descontinuidade em Conexões Não Tubulares Ciclicamente Carregadas em Tensão....531
C-7.1 Defeitos Permissíveis nas Cabeças dos Pinos com Cabeça....536
C-8.1 Intrusões Microscópicas....544
C-8.2 Tempo de Fadiga....544
C-8.3 Preparação da Extremidade com Esmerilhador de Broca....545
C-8.4 Preparação da Extremidade Normal para Tensão....545
C-8.5 Retificação Efetiva da Extremidade....546
C-8.6 Retificação da Extremidade....546
C-8.7 Martelamento....547
C-8.8 Refusão da Extremidade....548

Esta página está intencionalmente em branco.

Código de Soldagem Estrutural—Aço

1. Requisitos Gerais

1.1 Âmbito

Este código contém os requisitos para fabricar e erigir estruturas de aço soldadas. Quando este código é estipulado em documentos de contrato, deve ser requisitada conformidade com todas as provisões do código, exceto por aquelas provisões que o Engenheiro (ver 1.4.1) ou documentos de contrato especificamente modifiquem ou isentem.

A seguir está um resumo das cláusulas do código:

1. Requisitos Gerais. Essa cláusula contém informações básicas sobre o âmbito e limitações do código, definições chave e principais responsabilidades das partes envolvidas com fabricação de aço.

2. Projeto de Conexões Soldadas. Essa cláusula contém requisitos para projeto de conexões soldadas compostas de produtos membros de forma tubular e não tubular.

3. Pré-qualificação. Essa cláusula contém os requisitos para isentar uma WPS (Welding Procedure Specification—Especificação de Procedimento de Soldagem) dos requisitos de qualificação de WPS deste código.

4. Qualificação. Essa cláusula contém os requisitos para qualificação WPS e os testes de qualificação requeridos que devem ser passados a toda a equipe de soldagem (soldadores, operadores de soldagem e soldadores de solda provisória) para realizar soldagens de acordo com este código.

5. Fabricação. Essa cláusula contém requisitos gerais de fabricação e ereção aplicáveis a estruturas de aço soldadas governadas por este código, inclusive os requisitos para metais base, consumíveis de soldagem, técnica de soldagem, detalhes de solda, preparação e montagem de material, mão-de-obra, reparo de solda, e outros requisitos.

6. Inspeção. Essa cláusula contém critérios para a qualificação e responsabilidades de inspetores, critérios de aceitação para soldas de produção, e procedimentos padrão para realizar inspeção visual e NDT (ensaio não-destrutivo).

7. Soldagem de Pinos. Essa cláusula contém os requisitos para a soldagem de pinos em aço estrutural.

8. Reforço e Reparo de Estruturas Existentes. Essa cláusula contém informações básicas pertinentes à modificação de solda ou reparo de estruturas de aço existentes.

1.2 Limitações

Este código foi especificamente desenvolvido para estruturas de aço soldadas que utilizam aço carbono ou de baixa liga que são 1/8 pol. [3 mm] ou mais espessos, com um limite de escoamento específico mínimo de 100 ksi [690 MPa] ou menos. O código pode ser conveniente para governar fabricações estruturais fora do âmbito do objetivo pretendido. No entanto, o Engenheiro deve avaliar tal conveniência, e baseado em tais avaliações, incorporar a documentos de contrato quaisquer alterações necessárias aos requisitos do código para tratar dos requisitos específicos da aplicação que está fora do âmbito do código. O Comitê de Soldagem Estrutural encoraja o Engenheiro a considerar a aplicabilidade de outros códigos D1 da AWS para aplicações envolvendo alumínio (AWS D1.2), chapa de aço igual a ou menor que 3/16 em espessura [5 mm] (AWS D1.3), aço de reforço (AWS D1.4), e aço inoxidável (AWS D1.6). O AASHTO/AWS D1.5 *Bridge Welding Code* foi especificamente desenvolvido para componentes de soldagem de pontes e é recomendado para essas aplicações.

1.3 Definições

Os termos de soldagem usados nesse código devem ser interpretados em conformidade com as definições fornecidas na última edição do *Standard Welding Terms and*

Definitions, Including Terms for Adhesive Bonding, Brazing, Soldering, Thermal Cutting, and Thermal Spraying, A3.0, da AWS, acrescentado do Anexo K deste código e das seguintes definições:

1.3.1 Engenheiro. "Engenheiro" deve ser definido como um indivíduo devidamente designado que age pelo, e em nome do, Proprietário em todos os assuntos no âmbito do código.

1.3.2 Empreiteiro. "Empreiteiro" deve ser definido como qualquer empresa, ou aquele indivíduo representando uma empresa, responsável pela fabricação, ereção, manufatura ou soldagem em conformidade com as provisões deste código.

1.3.3 Inspetores

1.3.3.1 Inspetor do Empreiteiro. "Inspetor do Empreiteiro" deve ser definido como a pessoa devidamente designada que age pelo, e em nome do, Empreiteiro em todas as inspeções e assuntos de qualidade dentro do âmbito deste código e dos documentos de contrato.

1.3.3.2 Inspetor de Verificação. "Inspetor de Verificação" deve ser definido como a pessoa devidamente designada que age pelo, e em nome do, Proprietário ou Engenheiro em todas as inspeções e assuntos de qualidade especificados pelo Engenheiro.

1.3.3.3 Inspetor(es) (não modificado). Quando o termo "Inspetor" é usado sem maiores qualificações com relação às categorias de Inspetor descritas acima, ele aplica-se igualmente ao Inspetor de Empreiteiro e Inspetor de Verificação dentro dos limites da responsabilidade descrita em 6.1.2.

1.3.4 OEM (Original Equipment Manufacturer—Fabricante do Equipamento Original). "OEM" deve ser definido como o único Empreiteiro que assume alguma ou todas as responsabilidades atribuídas por esse código ao Engenheiro.

1.3.5 Proprietário. "Proprietário" deve ser definido como o indivíduo ou empresa que exerce a propriedade legal do produto ou montagem estrutural produzido sob este código.

1.3.6 Termos do Código "Deve", "Deveria", e "Pode". "Deve", "deveria", e "pode" têm o seguinte significado:

1.3.6.1 Deve. Provisões do código que usam "deve" são obrigatórias a menos que especificamente modificado em documentos de contrato pelo Engenheiro.

1.3.6.2 Deveria. A palavra "deveria" é usada para práticas recomendadas que são consideradas benéficas, mas não são requisitos.

1.3.6.3 Pode. A palavra "pode" em uma provisão permite o uso de procedimentos ou práticas opcionais que podem ser usados como uma alternativa ou complemento a requisitos do código. Esses procedimentos opcionais que requerem a aprovação do Engenheiro devem ou ser especificados em documentos de contrato ou requerem a provação do Engenheiro. O Empreiteiro pode usar qualquer opção sem a aprovação do Engenheiro quando o código não especifica que a aprovação do Engenheiro deve ser requisitada.

1.4 Responsabilidades

1.4.1 Responsabilidades do Engenheiro. O Engenheiro deve ser responsável pelo desenvolvimento dos documentos de contrato que governam produtos ou montagens estruturais produzidas sob este código. O Engenheiro pode acrescentar, excluir, ou modificar de outra forma os requisitos deste código para atender aos requisitos particulares de uma estrutura específica. Todos os requisitos que modificam este código devem ser incorporados em documentos de contrato. O Engenheiro deve determinar a adequação de cada detalhe de junta a ser usado na montagem soldada.

O Engenheiro deve especificar em documentos de contrato, conforme necessário e conforme aplicável, o seguinte:

(1) Requisitos do código que são aplicáveis apenas quando especificado por um Engenheiro.

(2) Todo NDT adicional que não é especificamente abordado neste código.

(3) Inspeção de verificação, quando requisitada por um Engenheiro.

(4) Critérios de aceitação de solda diferentes dos especificados na Cláusula 6.

(5) Critérios de tenacidade CVN para metal de solda, metal base, e/ou HAZ quando requisitado.

(6) Para aplicações não tubulares, seja a estrutura estatisticamente ou ciclicamente carregada.

(7) Todos os requisitos adicionais que não são especificamente tratados no código.

(8) Para aplicações OEM, as responsabilidades das partes envolvidas.

1.4.2 Responsabilidades do Empreiteiro. O Empreiteiro deve ser responsável pelas qualificações WPSs da equipe de soldagem, pela inspeção do Empreiteiro, e por realizar o trabalho em conformidade com os requisitos deste código e documentos de contrato.

1.4.3 Responsabilidades do Inspetor

1.4.3.1 Inspeção do Empreiteiro. A Inspeção do Empreiteiro deve ser fornecida pelo Empreiteiro e deve ser realizada conforme necessário para assegurar que materiais e mão-de-obra atendem aos requisitos dos documentos de contrato.

1.4.3.2 Inspeção de Verificação. O Engenheiro deve determinar se deve ser realizada Inspeção de Verificação. Responsabilidades para a Inspeção de Verificação devem ser estabelecidas entre o Engenheiro e o Inspetor de Verificação.

1.5 Aprovação

Todas as referências à necessidade de aprovação devem ser interpretadas como significando aprovação da Autoridade que tem Jurisdição ou o *Engenheiro*.

1.6 Símbolos de Soldagem

Símbolos de Soldagem devem ser aqueles mostrados na última edição de *Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination*, A2.4, da AWS. Condições especiais devem ser completamente explicadas por notas ou detalhes acrescentados.

1.7 Precauções de Segurança

Questões e preocupações de segurança e saúde estão além do âmbito desta norma e portanto não são completamente abordadas aqui. É responsabilidade do usuário estabelecer práticas apropriadas de saúde e segurança. Informações sobre saúde e segurança estão disponíveis em outras fontes, que incluem entre outros:

(1) ANSI Z49.1, *Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes*[1]

(2) Literatura de segurança do fabricante sobre equipamentos e materiais

(3) Regulamentos federais, estaduais e locais, ou outros requisitos jurisdicionais

(4) Anexo R Práticas de Segurança

O trabalho feito em conformidade com este código pode envolver materiais que são considerados perigosos. O usuário deveria determinar a aplicabilidade de quaisquer limitações regulatórias antes do uso.

1.8 Unidades Padrão de Medida

Este padrão faz uso tanto das Unidades Habituais dos EUA e do Sistema Internacional de Unidades (SI). As medidas podem não ser exatamente equivalentes; portanto, cada sistema deve ser usado independentemente do outro sem combinação de qualquer forma. O padrão com a designação D1.1:2010 usa Unidades Habituais dos EUA. A norma com designação D1.1M:2010 usa Unidades SI. As últimas são mostradas dentro de colchetes [ ].

1.9 Documentos de Referência

O Anexo U contém uma lista de todos os documentos referidos neste código.

[1] ANSI Z49.1 é publicado pela Sociedade Americana de Soldagem. 550 N.W. LeJeune Road, Miami, FL 33126, EUA.

Esta página está intencionalmente em branco.

2. Projeto de Conexões Soldadas

2.1 Âmbito

Essa cláusula aborda requisitos para projeto de conexões soldadas. Ela é dividida em quatro partes como se pode ver a seguir:

Parte A—Requisitos Comuns para Projeto de Conexões Soldadas (Membros Tubulares e Não-Tubulares)

Parte B—Requisitos Específicos para Projeto de Conexões Não-Tubulares (Carregadas Estaticamente ou Ciclicamente). Os requisitos devem ser aplicados como complemento dos requisitos da Parte A.

Parte C—Requisitos Específicos para Projeto de Conexões Não-Tubulares (Carregadas Ciclicamente). Quando aplicável, os requisitos devem ser aplicados como complemento aos requisitos das Partes A e B.

Parte D—Requisitos Específicos para Projeto de Estruturas Tubulares (Carregadas Estaticamente e Ciclicamente). Quando aplicável, os requisitos devem ser aplicados como complemento dos requisitos da Parte A.

Parte A
Requisitos Comuns para Projeto de Conexões Soldadas (Membros Tubulares e Não-Tubulares)

2.2 Geral

Essa parte contém requisitos aplicáveis ao projeto de todas as conexões soldadas de estruturas tubulares e não-tubulares, independente de carregamento.

2.3 Planos e Especificações de Contrato

2.3.1 Plano e Informações de Desenho. Informações completas a respeito das especificações de metal base, inclusive designações (ver 3.3 e 4.8.3) de local, tipo, tamanho, e extensão de todas as soldas devem estar claramente exibidos nos panos e especificações de contrato, aqui referidos como documentos de contrato. Se o Engenheiro requerer que soldas específicas sejam realizadas no campo, elas devem estar designadas nos documentos de contrato. Os desenhos de fabricação e ereção, aqui designados como desenhos de oficina, devem distinguir claramente entre soldas de oficina e de campo.

2.3.2 Requisitos de Tenacidade ao Entalhe. Se a tenacidade ao entalhe de juntas soldadas é requerida, o Engenheiro deve especificar a energia mínima absorvida com a temperatura de teste correspondente para a classificação de metal de adição a ser usada, ou o Engenheiro deve especificar que as WPSs sejam qualificadas com testes CVN. Se WPSs com testes CVN são requeridas, o Engenheiro deve especificar a energia mínima absorvida, a temperatura de teste e se o desempenho de teste CVN requerido deve ser em metal de solda ou tanto em metal de solda quanto HAZ (ver 4.2.1.3 e Cláusula 4, Parte D).

2.3.3 Requisitos Específicos de Soldagem. O Engenheiro, nos documentos de contrato, e o Empreiteiro, nos desenhos de oficina, devem indicar aquelas juntas ou grupos de juntas nas quais o Engenheiro ou Empreiteiro requisitam uma ordem específica de montagem, sequência de soldagem, técnica de soldagem ou outras precauções especiais. Ver 5.4.1 e C-5.4.1 para limitações na aplicação de soldagem ESW e EGW.

2.3.4 Tamanho e Comprimento de Solda. Desenhos de projeto de contrato devem especificar o comprimento efetivo de solda, e para soldas em chanfro PJP, o tamanho de solda requerido "(E)".

Para soldas em filete e juntas oblíquas em T, o seguinte deve ser fornecido nos documentos de contrato.

(1) Para soldas de filete entre partes com superfícies que se encontram em um ângulo entre 80° e 100°, os documentos de contrato devem especificar a perna de solda da solda de filete.

(2) Para soldas entre partes com as superfícies encontrando-se em um ângulo menor que 80° ou maior que 100°, os documentos de contrato devem especificar a garganta de solda efetiva.

Soldagens de acabamento e retenções para soldas de filete, se requeridos pelo projeto, devem ser indicados nos documentos de contrato.

2.3.5 Requisitos de Desenho de Oficina. Os desenhos de oficina devem indicar claramente por símbolos de soldagem ou esboços os detalhes de juntas soldadas em chanfro e a preparação do metal base requerida para fazê-los. Tanto a largura como a espessura da tela protetora de aço devem ser detalhadas.

2.3.5.1 Soldas em Chanfro PJP. Desenhos de oficina devem indicar as profundidades "S" de solda em chanfro para atingir o tamanho de solda "(E)" requerido para o processo de soldagem e posição de soldagem a ser usada.

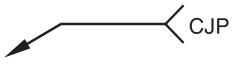
2.3.5.2 Soldas de Filete e Soldas em Juntas Oblíquas em T. O seguinte deve ser fornecido nos desenhos de oficina:

(1) Para soldas de filete entre partes com superfícies encontrando-se a um ângulo entre 80° e 100°, desenhos de oficina devem mostrar o tamanho da perna de solda,

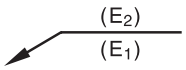
(2) Para soldas entre partes com superfícies encontrando-se a um ângulo menor que 80° ou maior que 100°, os desenhos de oficina devem mostrar o arranjo detalhado de soldas e o tamanho de perna requerido para efeitos da geometria da junta e, quando apropriado, a redução de perda Z para o processo a ser usado e o ângulo,

(3) Soldagens de acabamento e retenções.

2.3.5.3 Símbolos de Soldagem. Os documentos de contrato devem mostrar requisitos de solda em chanfro CJP ou PJP. Documentos de contrato não precisam exibir o tipo de chanfro ou dimensões de chanfro. O símbolo de soldagem sem dimensões e sem "CJP" no final designa uma solda CJP como segue:



O símbolo de soldagem sem dimensão e sem CJP na parte de trás designa uma solda que irá desenvolver a resistência adjacente do metal base em tensão e cisalhamento. Um símbolo de soldagem para uma solda em chanfro PJP deve mostrar dimensões entre parênteses abaixo "(E_1)" e/ou acima "(E_2)" da linha de referência para indicar os tamanhos de solda em chanfro na seta e outros lados da junta de solda, respectivamente, como mostrado abaixo:



2.3.5.4 Dimensões Pré-qualificadas de Detalhe. Os detalhes de junta descritos em 3.12 (PJP) e 3.13 (CJP) têm repetidamente mostrado sua adequação em fornecer as condições e liberações necessárias para depositar e fundir metal de solda confiável a metal base. No entanto, o uso desses detalhes não deve ser interpretado como implicando consideração dos efeitos do processo de soldagem em metal base além do limite de fusão, nem adequação do detalhe de junta a uma dada aplicação.

2.3.5.5 Detalhes Especiais. Quando detalhes especiais em chanfro são requeridos, eles devem estar detalhados nos documentos de contrato.

2.3.5.6 Requisitos Específicos de Inspeção. Quaisquer requisitos específicos de inspeção devem estar anotados nos documentos de contrato.

2.4 Áreas Efetivas

2.4.1 Soldas em Chanfro

2.4.1.1 Comprimento Efetivo. O comprimento efetivo máximo de solda de qualquer solda em chanfro, a despeito da orientação, deve ser a largura da parte encaixada, perpendicular à direção da resistência compressiva ou de tração. Para soldas em chanfro Para soldas em chanfro com transmissão de cisalhamento, o comprimento efetivo é o comprimento especificado.

2.4.1.2 Tamanho Efetivo de Soldas em Chanfro CJP. O tamanho de solda de uma solda em chanfro CJP deve ser a espessura da parte mais fina encaixada. Um aumento na área efetiva para cálculos de projeto para reforço de solda deve ser proibido. Os tamanhos de soldas em chanfro para conexões em T-, Y-, e K em construção tubular são mostrados na Tabela 3.6.

2.4.1.3 Tamanho Mínimo de Soldas em Chanfro PJP. Soldas em chanfro PJP devem ser iguais ou maiores que o tamanho "(E)" especificado em 3.12.2.1 a menos que o WPS seja qualificado em conformidade com a Cláusula 4.

2.4.1.4 Tamanho Efetivo de Soldas em Chanfro Curvado. O tamanho efetivo das soldas em chanfro curvado quando preenchidas por jateamento deve ser como mostrado na Tabela 2.1, exceto quando permitido em 4.11.5. Para soldas em chanfro curvado sem preenchi-

mento por jateamento, a falta de enchimento U deve ser deduzida. Para soldas em chanfro em V curvado para superfícies com diferentes raios R, o menor R deve ser usado. Para soldas em chanfro curvado em seções tubulares retangulares, R deve ser tomado como duas vezes a espessura da parede.

2.4.1.5 Área Efetiva de Soldas em Chanfro. A área efetiva das soldas em chanfro deve ser o comprimento efetivo multiplicado pelo tamanho efetivo de solda.

2.4.2 Soldas de Filete

2.4.2.1 Comprimento Efetivo (Reto). O comprimento efetivo de uma solda de filete reto deve ser o comprimento geral do tamanho completo de filete, inclusive soldagens de acabamento. Nenhuma redução no comprimento efetivo deve ser assumida nos cálculos de projeto para permitir o início ou fim de uma cratera de solda.

2.4.2.2 Comprimento Efetivo (Curvo). O comprimento efetivo de uma solda de filete curvado deve ser medido ao longo da linha central da garganta efetiva.

2.4.2.3 Comprimento Mínimo. O comprimento mínimo de uma solda de filete deve ser pelo menos quatro vezes o tamanho nominal, ou o tamanho efetivo da solda deve ser considerado para não exceder 25% de seu comprimento efetivo.

2.4.2.4 Soldas de Filete Descontínuas (Comprimento Mínimo). O comprimento mínimo de segmentos de uma solda de filete descontínua deve ser 1-1/2 pol. [38 mm].

2.4.2.5 Comprimento Máximo Efetivo. Para soldas de filete carregadas na extremidade com um comprimento de até 100 vezes a dimensão da perna, á permitido tomar o comprimento efetivo como igual ao comprimento real. Quando o comprimento da solda de filete carregada na extremidade excede 100, mas não mais que 300 vezes o tamanho da solda, o comprimento efetivo deve ser determinado ao multiplicar o comprimento real pelo coeficiente de redução β.

$$\beta = 1.2 - 0.2\left(\frac{L}{100w}\right) \leq 1.0$$

onde

β = coeficiente de redução
L = comprimento real da solda carregada na extremidade, pol. [mm]
w = tamanho da perna de solda, pol. [mm]

Quando o comprimento excede 300 vezes o tamanho da perna, o comprimento efetivo deve ser tomado como 180 vezes o tamanho da perna.

2.4.2.6 Cálculo de Garganta Efetiva. Para soldas de filete entre partes que se encontram em ângulos entre 80° e 100° a garganta efetiva deve ser tomada como a distância mais curta da raiz da junta à face da junta de uma solda diagramática de 90° (ver Anexo A). Para soldas em ângulos agudos entre 60° e 80° e para soldas em ângulos obtusos maiores que 100°, o tamanho de perna de solda requerido para fornecer a garganta efetiva especificada deve ser calculado considerando a geometria (ver Anexo B). Pra soldas em ângulos agudos entre 60° e 30°, o tamanho de perna deve ser aumentado pela dimensão de perda Z para considerar a incerteza de metal de solda bom no passe de raiz do ângulo estreito para o processo de soldagem ser usado (ver 2.4.3).

2.4.2.7 Soldas de Filete de Reforço. A garganta efetiva de uma combinação de solda em chanfro PJP e uma solda de filete deve ser a distância mais curta da raiz de junta à face de solda da solda diagramática menos 1/8 pol. [3 mm] para qualquer detalhe de solda requerendo tal dedução (ver Figura 3.3 e Anexo A).

2.4.2.8 Tamanho Mínimo. O tamanho mínimo de solda de filete não deve ser menor que o tamanho requerido para transmitir a carga nem que o fornecido em 5.14.

2.4.2.9 Tamanho Máximo da Solda em Juntas Sobrepostas. O tamanho máximo da solda de filete detalhada ao longo das bordas do metal base em juntas sobrepostas deve ser o seguinte:

(1) a espessura do metal base, para metal menos espesso que 1/4 pol. [6 mm] (ver Figura 2.1, Detalhe A).

(2) 1/16 pol. [2 mm] menos que a espessura do metal base, para metal 1/4 pol. [6 mm] ou mais em espessura (ver Figura 2.1, Detalhe B), a menos que a solda seja designada no desenho de oficina para ser construída para obter espessura total de garganta para um tamanho de perna igual à espessura do metal base. Na condição de soldagem em bruto, a distância entre a aresta do metal base e a extremidade da solda pode ser menor que 1/16 pol. [2 mm] dado que o tamanho da solda seja claramente verificável.

2.4.2.10 Área Efetiva de Soldas de Filete. A área efetiva deve ser o comprimento efetivo da solda multiplicado pala garganta efetiva.

2.4.3 Juntas Oblíquas em T

2.4.3.1 Geral. Juntas em T nas quais o ângulo entre as partes encaixadas é maior que 100° ou menor que 80° devem ser definidas como juntas oblíquas em T. Detalhes pré-qualificados de juntas oblíquas em T são mostrados na Figura 3.11. Os detalhes de juntas para os lados agudos e obtusos podem ser usados conjuntamente ou independentemente dependendo das condições de serviço e

projeto com consideração apropriada para efeitos de excentricidade.

2.4.3.2 Soldas em Ângulos Agudos entre 80° e 60° e em Ângulos Obtusos Maiores que 100°. Quando soldas são depositadas em ângulos entre 80° e 60° ou em ângulos maiores que 100° os documentos de contrato devem especificar a garganta efetiva requerida. Os desenhos de oficina devem mostrar claramente a colocação de soldas e as dimensões de perna requeridas para satisfazer a garganta efetiva requerida (ver Anexo B).

2.4.3.3 Soldas em Ângulos entre 60° e 30°. Quando a soldagem é necessária em um ângulo que é menor que 60° mas igual ou maior que 30° [Figura 3.11(D)], a garganta efetiva deve ser aumentada pela compensação de perda Z (Tabela 2.2). Os documentos de contrato devem especificar a garganta efetiva requerida. Os desenhos de oficina devem mostrar as dimensões de perna requeridas para satisfazer a garganta de solda requerida, aumentada pela compensação de perda Z (Tabela 2.2) (ver Anexo B para cálculo de garganta efetiva).

2.4.3.4 Soldas em Ângulos Menores que 30°. Soldas depositadas em ângulos agudos menores que 30° não devem ser considerados como efetivos na transmissão de forças aplicadas exceto quando modificados para estruturas tubulares como em 4.13.4.2.

2.4.3.5 Comprimento Efetivo de Juntas Oblíquas em T. O comprimento efetivo de juntas oblíquas em T deve ser o comprimento geral do tamanho total da solda. Nenhuma redução deve ser presumida em cálculo de projeto para permitir o início ou parada da solda.

2.4.3.6 Tamanho Mínimo de Solda de Junta Oblíqua em T. Os requisitos de 2.3.2.8 devem aplicar-se.

2.4.3.7 Garganta Efetiva de Juntas Oblíquas em T. A garganta efetiva de uma junta oblíqua em T em ângulos entre 60° e 30° deve ser a distância mínima da raiz à face diagramática, menos a dimensão da redução de perda Z. A garganta efetiva de uma junta oblíqua em T em ângulos entre 80° e 60° e em ângulos maiores que 100° deve ser tomada como a distância mais curta da raiz da junta à face de solda.

2.4.3.8 Área Efetiva de Juntas Oblíquas em T. A área efetiva de juntas oblíquas em T deve ser a garganta efetiva especificada multiplicada pelo comprimento efetivo.

2.4.4 Soldas de Filete em Buracos e Ranhuras

2.4.4.1 Limitações de Diâmetro e Largura. O diâmetro mínimo do buraco ou da largura da ranhura em que uma solda de filete será depositada não deve ser menor que a espessura da parte em que é feita mais 5/16 pol. [8 mm].

2.4.4.2 Extremidades de Ranhuras. Exceto por aquelas extremidades que se estendem à aresta da parte, as extremidades da ranhura devem ser semicirculares ou devem ter as os cantos arredondados para um raio não menor que a espessura da parte na qual é feita.

2.4.4.3 Comprimento Efetivo de Soldas de Filete em Buracos ou Ranhuras. Para soldas de filete em buracos ou ranhuras, o comprimento efetivo deve ser o comprimento da solda ao longo da linha de centro da garganta.

2.4.4.4 Área Efetiva de Soldas de Filete em Buracos ou Ranhuras. A área efetiva deve ser o comprimento efetivo multiplicado pela garganta efetiva. No caso de soldas de filete de tal tamanho que elas sobrepõem na linha de centro quando depositadas em buracos ou ranhuras, a área efetiva não deve ser tomada como maior que a área de seção transversal do buraco ou ranhura no plano da superfície de contato.

2.4.5 Soldas de Tampão

2.4.5.1 Limitações de Diâmetro e Largura. O diâmetro mínimo do buraco ou a profundidade da ranhura em que uma solda de tampão deve ser depositada não deve ser menos que a espessura da parte na qual é feita mais 5/16 pol. [8 mm.]. O diâmetro máximo do buraco ou largura da ranhura não deve exceder o diâmetro mínimo mais 1/8 pol. [3 mm] ou 2-1/4 vezes a espessura da parte, o que for maior.

2.4.5.2 Comprimento e Forma da Ranhura. O comprimento da ranhura em que soldas de tampão serão depositadas não deve exceder dez vezes a espessura da parte em que é feita. As extremidades da ranhura devem ser semicirculares ou devem ter os cantos arredondados para um raio não menor que a espessura da parte em que é feita.

2.4.5.3 Área Efetiva de Soldas de Tampão. A área efetiva de soldas de tampão deve ser a área nominal do buraco ou ranhura no plano da superfície de contato.

2.4.5.4 Profundidade de Enchimento. A profundidade mínima de enchimento de soldas de tampão deve atender aos seguintes requisitos:

(1) para soldas de tampão em material com espessura de 5/8 pol. [16 mm] ou menos, a espessura do material.

(2) para soldas de tampão em materiais com espessura maior que 5/8 pol. [16 mm], metade da espessura do material ou 5/8 pol. [16 mm], o que for maior.

Em nenhum caso é requisitado que a profundidade mínima de enchimento seja maior que a espessura da parte mais fina sendo juntada.

Parte B
Requisitos Específicos para Projeto de Conexões Não-Tubulares (Carregadas Estaticamente ou Ciclicamente)

2.5 Geral

Os requisitos específicos da Parte B juntamente com os requisitos da Parte A devem aplicar-se a todas as conexões de membros não-tubulares sujeitas a carregamento estático. Os requisitos das partes A e B, exceto quando modificados pela parte C, devem aplicar-se também a carregamento cíclico.

2.6 Tensões

2.6.1 Tensões Calculadas. As tensões calculadas a serem comparadas com as tensões permissíveis devem ser tensões nominais determinadas por análise apropriada ou tensões determinadas a partir dos requisitos mínimos de resistência da junta que podem ser especificados nas especificações de projeto aplicáveis que este código para projeto de conexões soldadas invoca.

2.6.2 Tensões Calculadas Devidas a Excentricidade. No projeto de juntas soldadas, a tensão calculada a ser comparada com tensões permissíveis deve incluir aquelas devidas a excentricidade, se as houver, em alinhamento de partes conectadas e a posição, tamanho e tipo de soldas, exceto o que consta a seguir: para estruturas estaticamente carregadas, o local de soldas de filete para equilibrar as forças ao redor do(s) eixo(s) neutro(s) para conexões de extremidade de ângulo único, ângulo duplo e membros similares não é necessário. Em tais membros, arranjos de solda no calcanhar e ponta de membros de ângulo podem ser distribuídos para adaptar-se ao comprimento de várias arestas disponíveis.

2.6.3 Tensões Permissíveis de Metal Base. As tensões calculadas de metal base não devem exceder as tensões permissíveis especificadas nas especificações de projeto aplicáveis.

2.6.4 Tensões Permissíveis de Metal de Solda. As tensões calculadas na área efetiva de juntas soldadas não devem exceder as tensões permissíveis fornecidas na Tabela 2.3, exceto como permitido por 2.6.4.2, 2.6.4.3, e 2.6.4.4. O uso de 2.6.4.2 deve ser limitado à análise de uma única solda ou grupo de soldas de filete linear consistindo de soldas de filete linear paralelas todas carregadas no mesmo ângulo.

2.6.4.1 Tensão em Soldas de Filete. A tensão em soldas de filete deve ser considerada como cisalhamento aplicado à área efetiva para qualquer direção de carga aplicada.

2.6.4.2 Tensão Permissível Alternativa de Solda de Filete. Para uma solda de filete linear única ou grupos de solda de filete consistindo de soldas de filete linear paralelas todas carregadas no mesmo ângulo e carregadas em plano através do centro de gravidade do grupo de solda, a tensão permissível pode ser determinada pela Fórmula (1):

Fórmula (1) $F_v = 0.30\, F_{EXX}\, (1.0 + 0.50 \sin^{1.5}\Theta)$

onde

F_v = unidade de tensão permissível
F_{EXX} = número de classificação de eletrodo, isto é, classificação de resistência de eletrodo
Θ = ângulo entre a direção da força e o eixo do elemento de solda, graus

2.6.4.3 Centro de Rotação Instantâneo. As tensões permissíveis em elementos de solda dentro de um grupo de solda que são carregados em plano e analisados usando um método instantâneo de centro de rotação para manter compatibilidade de deformação, e o comportamento de deformação de carga não linear de soldas carregadas de ângulo variável, devem ser o seguinte:

$F_{vx} = \Sigma\, F_{vix}$
$F_{vy} = \Sigma\, F_{viy}$
$F_{vi} = 0.30\, F_{EXX}\, (1.0 + 0.50 \sin^{1.5}\Theta)\, F(\rho)$
$F(\rho) = [\rho\, (1.9 - 0.9\rho)]^{0.3}$
$M = \Sigma\, [F_{viy}\, (x) - F_{vix}\, (y)]$

onde

F_{vx} = Força interna total na direção x
F_{vy} = Força interna total na direção y
F_{vix} = componente x de tensão F_{vi}
F_{viy} = componente y de tensão F_{vi}
M = Momento de forças internas ao redor do centro de rotação instantâneo
ρ = Δ_i/Δ_m taxa de deformação de elemento "i" a deformação no elemento em tensão máxima
Δ_m = $0.209\, (\Theta + 6)^{-0.32}$ W, deformação de elemento de solda em tensão máxima, pol. [mm]
Δ_u = $1.087\, (\Theta + 6)^{-0.65}$ W, <0.17 W, deformação de elemento de solda em tensão de ruptura (fratura), normalmente em elemen-to mais distante do centro de rotação instantâneo, pol. [mm]
W = tamanho de perna na solda de filete, pol. [mm]

Δ_i = deformação de elementos de solda em níveis de tensão intermediários, linearmente proporcionado à deformação crítica baseada em distância do centro de rotação instantâneo, pol. [mm] = $r_i\Delta_u/r_{crit}$.
x = componente de r_i
y = componente de r_i
$r_{crit.}$ = distância do centro de rotação instantâneo para elemento de solda com taxa mínima Δ_u/r_i pol. [mm]

2.6.4.4 Grupos de Solda Concentricamente Carregados. De forma alternativa, para o caso especial de um grupo de solda concentricamente carregado, a tensão permissível de cisalhamento para cada elemento de solda determinado usando a Fórmula (2) e as cargas permissíveis de todos os elementos calculados e adicionados.

Fórmula (2) $F_v = 0.30\ C\ F_{EXX}$

onde

F_v = unidade de tensão permissível
F_{EXX} = resistência de tração nominal de metal de adição
C = coeficiente de resistência equivalente para solda de filete carregadas obliquamente, escolhidas da Tabela 2.4.

2.6.5 Aumento de Tensão Permissível. Onde as especificações de projeto aplicáveis permitem o uso de tensões aumentadas no metal base por qualquer razão, um aumento correspondente deve ser aplicado às tensões permissíveis dadas aqui, mas não às faixas de tensão permitidas por metal base ou metal de solda sujeito a carregamento cíclico.

2.7 Configuração e Detalhes de Junta

2.7.1 Considerações Gerais. Conexões soldadas devem ser projetadas para satisfazer a resistência e rigidez ou requisitos de flexibilidade das especificações gerais invocadas.

2.7.2 Conexões e Emendas de Membros de Compressão

2.7.2.1 Conexões e Emendas Projetadas para Suportar Conexões que não sejam com a Placa Base. A menos que especificado de outra forma em documentos de contrato, emendas de coluna que são projetadas para suportar devem ser conectadas por soldas em chanfro PJP ou por detalhes soldados de filete suficientes para manter as partes no lugar. Quando membros de compressão que não sejam colunas são projetados para suportar soldas de emendas ou conexões, devem ser projetados para manter todas as partes em alinhamento e devem ser proporcionadas para 50% da força no membro. Os requisitos das Tabelas 3.4 ou 5.8 devem aplicar-se.

2.7.2.2 Conexões e Emendas Não Projetados para Suportar Exceto por Conexões a Placas Base. Soldas que juntem emendas em colunas e emendas e conexões em outros membros de compressão que não sejam projetados para suportar devem ser projetadas para transmitir a força nos membros, a menos que soldas CJP ou requisitos mais restritivos sejam especificados em documentos de contrato ou especificações reguladoras. Os requisitos da Tabela 3.4 ou Tabela 5.8 devem aplicar-se.

2.7.2.3 Conexões com Placas Base. Em placas base de colunas e outros membros de compressão, a conexão deve ser adequada para manter o membro com segurança no lugar.

2.7.3 Metal Base Através de Carregamento de Espessura. Em juntas T e de ângulo cuja função é transmitir tensão normal à superfície de uma parte conectada, especialmente quando a espessura do metal base do membro de ramificação ou o tamanho de solda requerido é 3/4 pol. [20 mm] ou maior, atenção especial deve ser dada durante o projeto, seleção de metal base e detalhamento. Detalhes de junta que minimizam a intensidade de tensão em metal base sujeito a tensão na direção através-espessura devem ser usadas quando for prático. A especificação de tamanhos de solda maiores que o necessário para transmitir tensão calculada deve ser evitada.

2.7.4 Combinações de Soldas. Exceto conforme fornecido aqui, se duas ou mais soldas de tipo diferente (chanfro, filete, tampão) são combinadas para dividir a carga em uma conexão simples, a capacidade da conexão deve ser calculada como a soma das soldas individuais determinadas com relação à direção da carga aplicada. Esse método de adicionar capacidades individuais de soldas não se aplica a soldas de filete reforçando soldas em chanfro PJP (ver Anexo A).

2.7.5 Superfície de Contorno em Juntas de Topo, de Ângulo e em T. Soldas de filete podem ser aplicadas sobre soldas em chanfro CJP e PJP em juntas de topo juntando partes de largura ou espessura desigual, juntas de ângulo e em T para o propósito de contornar a face de solda ou para reduzir concentrações de tensão. Quando tal superfície contornando soldas de filete é usada em aplicações carregadas estaticamente, o tamanho precisa ser mais que 5/16 pol. [8 mm]. O reforço similar a filete na superfície de juntas em T e de ângulo de soldas em chanfro que naturalmente ocorre não deve ser causa de rejeição nem precisa ser removido contanto que não interfira com outros elementos da construção. O raio mínimo de contorno não precisa ser fornecido.

2.7.6 Buracos de Acesso de Solda. Quando buracos de acesso de solda são requeridos, eles devem ser dimensionados para fornecer liberação necessária para deposição de metal de solda bom. Os requisitos de forma e tamanho de 5.17.1 devem aplicar-se. O projetista e detalhista devem reconhecer que buracos com o tamanho mínimo requerido podem afetar a área máxima líquida disponível no metal base conectado.

2.7.7 Sodas com Rebites ou Parafusos. Conexões que são soldadas a um membro e parafusadas ou rebitadas a outro devem ser permitidas. Quando parafusos e soldas dividem a carga de uma superfície de contato comum, a compatibilidade de deformação entre os parafusos e soldas deve ser considerada (ver comentário).

2.8 Configuração e Detalhes de Junta—Soldas em Chanfro

2.8.1 Transições em Espessuras e Larguras. Para estruturas estaticamente carregadas, a superfície contornando as soldas de filete precisa ser fornecida. Quando superfícies contornando soldas de filete são requeridas pelo Engenheiro, elas devem ser especificadas nos documentos de contrato (ver Figura 2.3).

2.8.2 Proibição de Soldas em Chanfro. CJP de Comprimento Parcial. Soldas em chanfro CJP descontínuas ou de comprimento parcial devem ser proibidas a menos que membros construídos de elementos conectados por soldas de filete possam ter soldas em chanfro de comprimento limitado em pontos de aplicação de carga localizada para participar na transferência de carga localizada. A solda em chanfro deve estender em tamanho uniforme para pelo menos o comprimento requerido para transferir a carga. Além desse comprimento, o chanfro deve ser feito com uma transição em profundidade a zero sobre uma distância não menor que quatro vezes sua profundidade. O chanfro deve ser preenchido por jateamento antes da aplicação da solda de filete.

2.8.3 Soldas em Chanfro PJP Descontínuas. Soldas em chanfro PJP descontínuas, bisel curvado e soldas em chanfro curvado podem ser usadas para transferir tensão de cisalhamento entre as partes conectadas.

2.8.4 Remoção de Guia de Solda. Para estruturas não-tubulares estaticamente carregadas, as guias de solda não precisam ser removidas. Quando a remoção é necessária, ou quando os requisitos de acabamento da superfície são outros que os descritos em 5.15.4, os requisitos devem ser especificados nos documentos de contrato.

2.9 Configuração e Detalhes de Junta—Juntas de Filete Soldadas

2.9.1 Juntas Sobrepostas

2.9.1.1 Soldas de Filete Transversal. Soldas de filete transversal em juntas sobrepostas transferindo tensão entre partes carregadas axialmente devem ser soldadas em filete duplo (ver Figura 2.4) exceto quando a deflexão da junta é suficientemente retida para evitar a abertura sob carga.

2.9.1.2 Sobreposição Mínima. A sobreposição mínima de partes em juntas sobrepostas carregando tensão deve ser cinco vezes a espessura da parte mais fina, mas não menos que 1 pol. [25 mm]. A menos que a deflexão fora do plano seja prevenida, elas devem ser soldadas em filete duplo (ver Figura 2.4) ou juntas por pelo menos duas linhas transversais de soldas de tampão ou dois ou mais filetes longitudinais de solda ou solda de tampão.

2.9.2 Soldas de Filete Longitudinal. Se apenas soldas de filete longitudinal são usadas em juntas sobrepostas de conexões de extremidade de barra chata ou membros de placa, o comprimento de cada solda de filete não deve ser menor que a distância perpendicular entre elas (ver Figura 2.5). O espaçamento transversal de soldas de filete transversal usadas em conexões de extremidade não deve exceder 16 vezes a espessura da parte mais fina conectada a menos que provisões adequadas sejam feitas (como por soldas de tampão intermediárias) para prevenir flambagem ou separação das partes. As soldas de filete longitudinal podem ser ou nas arestas dos membros ou em ranhuras. O projeto de conexões usando soldas de filete longitudinal para membros que não sejam seções transversais de barra chata deve ser como fornecido nas especificações gerais de projeto.

2.9.3 Terminações de Soldas de Filete

2.9.3.1 Geral. Terminações de filete de solda podem estender-se às extremidades de partes, ou podem ser interrompidas, ou podem ter soldagens de acabamento, exceto como limitado pelos seguintes casos:

2.9.3.2 Juntas de Sobreposição Sujeitas a Tensão. Em juntas de sobreposição em que uma parte estende-se além da aresta ou lado de uma parte sujeita a tensão de tração calculada, as soldas de filete devem terminar com não menos que o tamanho da solda do começo da extensão (ver Figura 2.6).

2.9.3.3 Comprimento Máximo de Soldagem de Acabamento. Juntas soldadas devem ser arranjadas para permitir a flexibilidade assumida no projeto da conexão. Se as pernas salientes do metal base de conexão são anexadas a soldas com soldagem de acabamento, o comprimento da soldagem de acabamento não deve exceder

quatro vezes o tamanho nominal da solda (ver Figura 2.7 para exemplos de conexões flexíveis).

2.9.3.4 Soldas de Reforço Transversais. Exceto quando as extremidades de filetes estão soldadas à flange, soldas de filete juntando reforços transversais a braçadeiras de trave devem começar ou terminar a não menos que quarto vezes e não mais que seis vezes a espessura da braçadeira a partir da extremidade da braçadeira das soldas braçadeira-a-flange.

2.9.3.5 Lados Opostos de um Plano Comum. Soldas de filete nos lados opostos de um plano comum devem ser interrompidos no canto comum a ambas as soldas (ver Figura 2.8).

2.9.4 Soldas de Filete em Buracos ou Ranhuras. Soldas de filete em buracos ou ranhuras em juntas sobrepostas podem ser usados para transferir cisalhamento ou prevenir flambagem ou separação entre partes sobrepostas. Espaçamento e dimensões mínimos de buracos ou ranhuras para soldas de filete devem estar em conformidade com os requisitos de 2.4.4.1, 2.4.4.2, 2.9.1, 2.9.2, e 2.10. Essas soldas de filete podem sobrepor sujeitas às provisões de limitação de 2.4.4.4. Soldas de filete em buracos ou ranhuras não são consideradas soldas de tampão.

2.9.5 Soldas de Filete Descontínuas. Soldas de filete descontínuas podem ser usadas para transferir tensão entre partes conectadas.

2.10 Configuração e Detalhes de Junta—Soldas de Tampão

2.10.1 Espaçamento Mínimo (Soldas de Tampão—Plug). O espaçamento mínimo de centro a centro de soldas de tampão (plug) deve ser quarto vezes o diâmetro do buraco.

2.10.2 Espaçamento Mínimo (Soldas de Tampão—Slot). O espaçamento mínimo de centro a centro de linhas de soldas de tampão (slot) em uma direção transversal ao seu comprimento deve ser quatro vezes a largura da ranhura. O espaçamento mínimo de centro a centro em uma direção longitudinal deve ser duas vezes o comprimento da ranhura.

2.10.3 Dimensões Pré-qualificadas. Dimensões para soldas de tampão pré-qualificadas são descritas em 2.4.5 e 3.10.

2.10.4 Proibição em Aços Resfriados e Temperados. Soldas de tampão devem ser proibidas em aços resfriados e temperados com F_y mínimo especificado maior que 70 ksi [490 MPa].

2.11 Placas de Enchimento

Sempre que for necessário usar placas de enchimento em juntas requeridas a transferir força aplicada, as placas de enchimento e as soldas de conexão devem estar em conformidade com os requisitos de 2.11.1 ou 2.11.2, conforme aplicável.

2.11.1 Placas de Enchimento Finas. Placas de enchimento com espessura menor que 1/4 pol. [6 mm] não devem ser usadas para transferir tensão. Quando a espessura da placa de enchimento é menor que 1/4 pol. [6 mm], ou quando a espessura da placa de enchimento é maior que 1/4 pol. [6 mm] mas não adequada para transferir a força aplicada entre as partes conectadas, a placa de enchimento deve ser mantida flush com a aresta da parte de for a conectada, e o tamanho da solda deve ser aumentado sobre o tamanho requerido por uma quantia igual à espessura da placa de enchimento (ver Figura 2.9).

2.11.2 Placas de Enchimento Grossas. Quando a espessura da placa de enchimento é adequada para transferir a força aplicada entre as partes conectadas, a placa de enchimento deve estender-se além das arestas do metal base de fora conectado. As soldas juntando o metal base de for a conectado à placa de enchimento devem ser suficientes para transmitir a força à placa de enchimento, e a área sujeita à força aplicada deve ser adequada para evitar excesso de tensão na placa de enchimento. As soldas juntando a placa de enchimento ao metal base de dentro conectado deve ser suficiente para transmitir a força aplicada (ver Figura 2.10).

2.11.3 Requisitos de Desenho de Oficina. Juntas que requeiram placas de enchimento devem ser completamente detalhadas em desenhos de oficina e ereção.

2.12 Membros Construídos

2.12.1 Soldagem Mínima Requerida. Se duas ou mais placas ou formas laminadas são usados para construir um membro, soldagem suficiente (do tipo filete ou tampão) deve ser fornecida para fazer as partes agirem em uníssono mas não menos que aquela que pode ser necessária para transmitir a tensão calculada entre as partes juntadas.

2.12.2 Espaçamento Máximo de Soldas Descontínuas

2.12.2.1 Geral. Exceto conforme pode ser fornecido por 2.12.2.2 ou 2.12.2.3, o espaçamento máximo longitudinal de soldas descontínuas conectando um componente de placa a outros componentes não deve exceder 24 vezes a espessura da placa mais fina nem exceder 12 pol. [300 mm]. O espaçamento longitudinal entre soldas des-

contínuas conectando duas ou mais formas laminadas não deve exceder 24 pol. [600 mm].

2.12.2.2 Membros de Compressão. Em membros de compressão construídos, exceto como fornecido em 2.12.2.3, o espaçamento longitudinal de segmentos de solda de filete ao longo das arestas de um componente de placa de fora a outros componentes não deve exceder 12 pol. [300 mm] nem a espessura da placa vezes 0.730 $\sqrt{E/F_y}$ (F_y = limite de escoamento mínimo especificado e E é o módulo de elasticidade de Young para o tipo de aço sendo usado.) Quando segmentos de solda de filete descontínua são escalonados ao longo de arestas opostas de um componente de placa de fora mais estreito que a espessura fornecida pela próxima sentença, o espaçamento não deve exceder 18 pol. [460 mm] nem a espessura da placa vezes 1.10 $\sqrt{E/F_y}$. A espessura não suportada de web, placa de cobertura, ou diafragmas, entre linhas adjacentes de soldas, não deve exceder a espessura da placa vezes 1.46 $\sqrt{E/F_y}$. Quando o espaçamento transversal não suportado excede esse limite, mas uma porção de sua espessura não maior que 1.46 $\sqrt{E/F_y}$ vezes a espessura satisfaria o requisito de tensão, o membro deve ser considerado aceitável.

2.12.2.3 Aço Não Pintado Exposto às Intempéries. Para membros de aço não pintado expostos às intempéries e à corrosão atmosférica, se soldas de filete descontínuas são usadas, o espaçamento não deve exceder 14 vezes a espessura da placa mais fina nem 7 pol. [180 mm].

Parte C
Requisitos Específicos para Projeto de Conexões Não-Tubulares (Carregadas Ciclicamente)

2.13 Geral

2.13.1 Aplicabilidade. A Parte C aplica-se apenas a membros e conexões não-tubulares sujeitos a carga cíclica, dentro da fase elástica, de frequência e magnitude suficiente para iniciar trincas e falência progressiva (fadiga). As provisões da Parte C fornecem um método para avaliar os efeitos de flutuações repetidas de tensão em elementos estruturais soldados não-tubulares, o qual deve ser aplicado para minimizar a possibilidade de uma falência por fadiga.

2.13.2 Outras Provisões Pertinentes. As provisões das Partes A e B devem aplicar-se ao projeto de membros e conexões sujeitos aos requisitos da Parte C.

2.13.3 Responsabilidade do Engenheiro. O Engenheiro deve fornecer detalhes completos, inclusive tamanhos de solda, ou deve especificar o ciclo de vida planejado e a faixa máxima de momentos, cisalhamentos, e reações para as conexões em documentos de contrato.

2.14 Limitações

2.14.1 Limite de Faixa de Tensão. Nenhuma avaliação de resistência de fadiga deve ser requerida se a faixa de tensão de carga viva for menor que o limite da faixa de tensão, F_{TH} (ver Tabela 2.5).

2.14.2 Fadiga de Ciclo Baixo. Provisões da Parte C não são aplicáveis a casos de carga de ciclo baixo que induzem tensões calculadas para a faixa inelástica de tensão.

2.14.3 Proteção contra Corrosão. As resistências de fadiga descritas na Parte C são aplicáveis a estruturas com proteção contra corrosão adequada, ou sujeitas apenas a ambientes moderadamente corrosivos tais como condições atmosféricas normais.

2.14.4 Membros Redundantes-Não-Redundantes. Este código não reconhece mais uma distinção entre membros redundantes e não-redundantes.

2.15 Cálculo de Tensões

2.15.1 Análise Elástica. Tensões calculadas e faixas de tensão devem ser nominais, baseadas em análise elástica de tensão no nível do membro. As tensões não precisam ser amplificadas por fatores de concentração de tensão para descontinuidades geométricas.

2.15.2 Tensão Axial e Flexão. No caso de tensão axial combinada com flexão, a tensão máxima combinada deve ser aquela para casos de carga simultânea aplicada.

2.15.3 Seções Simétricas. Para membros que têm seções transversais simétricas, as soldas de conexão devem preferencialmente ser arranjadas simetricamente sobre o eixo do membro, se o arranjo simétrico não for prático, as tensões totais, inclusive aquelas resultantes de excentricidade de junta, devem ser incluídas no cálculo da faixa de tensão.

2.15.4 Membros de Ângulo. Para membros de ângulo axialmente tensionados, o centro de gravidade das soldas de conexão deve estar entre a linha de centro de gravidade da seção transversal do ângulo e o centro da perna conectada, caso em que os efeitos de excentricidade podem ser ignorados. Se o centro de gravidade das soldas de conexão está fora dessa zona, as tensões totais, inclusive aquelas resultantes de excentricidade da junta a par-

tir do centro de gravidade do ângulo, devem ser incluídas no cálculo de faixa de tensão.

2.16 Tensões Permissíveis e Faixas de Tensão

2.16.1 Tensões Permissíveis. As unidades de tensões calculadas em soldas não devem exceder as tensões permissíveis descritas na Tabela 2.3.

2.16.2 Faixas de Tensão Permissíveis. A faixa de tensão é definida como a magnitude de flutuação em tensão que resulta da aplicação repetida e remoção da carga viva. No caso de reversão de tensão, a faixa de tensão deve ser computada como a soma numérica das tensões máximas repetidas de tração e compressão ou a soma de tensões máximas de cisalhamento de direção oposta em um dado ponto, resultando de arranjo diverso de carga viva. A faixa calculada de tensão não deve exceder o máximo computado por Fórmulas (2) através de (5), como aplicável (ver Figura 2.11 para diagrama gráfico de Fórmulas (2) através de (5) para categorias de tensão A, B, B', C, D, E, E', e F).

Para categorias A, B, B', C, D, E, e E', a faixa de tensão não deve exceder F_{SR} como determinado pela Fórmula (2).

Fórmula (2)

$$F_{SR} = \left(\frac{C_f}{N}\right)^{0.333} \geq F_{TH} \text{ (ksi)}$$

$$F_{SR} = \left[\left(\frac{C_f \times 329}{N}\right)^{0.333} \geq F_{TH} \text{ (MPa)}\right]$$

Nas quais:

F_{SR} = Faixa de tensão permissível, ksi [MPa]
C_f = Constante da Tabela 2.5 para todas as categorias exceto categoria F.
N = Número de ciclos de faixa de tensão vida de projeto.
= Ciclos por dia × 365 × anos de vida de projeto.
F_{TH} = Faixa limite de tensão de fadiga, que é a faixa máxima de tensão para vida infinita, ksi [MPa]

Para categoria F de tensão, a faixa de tensão não deve exceder FSR como determinado pela Fórmula (3).

Fórmula (3)

$$F_{SR} = \left(\frac{C_f}{N}\right)^{0.167} \geq F_{TH} \text{ (ksi)}$$

$$F_{SR} = \left[\left(\frac{C_f \times 11 \times 10^4}{N}\right)^{0.167} \geq F_{TH} \text{ (MPa)}\right]$$

Na qual:

C_f = Constante da Tabela 2.5 para Categoria F

Para elementos de placa carregados por tensão em detalhes de junta de ângulo, em T e cruciforme com soldas CJP, soldas PJP, soldas de filete ou combinações do precedente, transversais à direção de tensão, a faixa máxima de tensão na seção transversal do elemento de placa carregado por tensão deve ser determinada por (a), (b), ou (c) como segue:

(a) **Para a seção transversal de um elemento de placa carregado por tensão**, a faixa máxima de tensão na seção transversal do metal base na ponta da solda governada por consideração de início de trinca a partir da ponta da solda, a faixa de tensão não deve exceder F_{SR} como determinado pela Fórmula (2), Categoria C, que deve ser igual a:

$$F_{SR} = \left(\frac{44 \times 10^8}{N}\right)^{0.333} \geq 10 \text{ (ksi)}$$

$$F_{SR} = \left[\left(\frac{14.4 \times 10^{11}}{N}\right)^{0.333} \geq 68.9 \text{ (MPa)}\right]$$

(b) **Para conexões de extremidade de elementos de placa carregados por tensão usando soldas PJP transversais**, com ou sem soldas de filete de reforço ou contorno, a faixa máxima de tensão na seção transversal do metal base na ponta da solda governada por consideração de início de trinca a partir da raiz da solda não deve exceder F_{SR} como determinado pela Fórmula (4).

Fórmula (4)

$$F_{SR} = R_{PJP}\left(\frac{44 \times 10^8}{N}\right)^{0.333} \text{ (ksi)}$$

$$F_{SR} = \left[R_{PJP}\left(\frac{14.4 \times 10^{11}}{N}\right)^{0.333} \text{ (MPa)}\right]$$

Na qual:

R_{PJP} = Fator de redução para juntas PJP reforçadas ou não-reforçadas.

R_{PJP} =

$$\frac{0.65 - 0.59(2a/t_p) + 0.72(w/t_p)}{t_p^{0.167}} \leq 1.0 \text{ (para pol.)}$$

$$\frac{1.12 - 1.01(2a/t_p) + 1.24(w/t_p)}{t_p^{0.167}} \leq 1.0 \text{ (para mm)}$$

2a = o comprimento da face de raiz não soldada na direção da espessura da placa carregada por tensão

t_p = a espessura de elemento de placa carregado por tensão (pol. ou mm)

w = o tamanho da perna do filete de reforço ou contorno, se houver, na direção da espessura das placas carregadas por tensão (pol. ou mm)

(c) **Para conexões de extremidade de elementos de placa carregados por tensão usando um par de soldas de filete**, a faixa máxima de tensão na seção transversal do metal base na ponta da solda governada por consideração de início de trinca a partir da raiz da solda devido a tensão na raiz não deve exceder F_{SR} como determinado pela Fórmula (5). Adicionalmente, a faixa de tensão de cisalhamento na garganta da solda não deve exceder F_{SR} pela Fórmula (3) Categoria F.

Fórmula (5)

$$F_{SR} = R_{FIL}\left(\frac{44 \times 10^8}{N}\right)^{0.333} \text{(ksi)}$$

$$F_{SR} = \left[R_{FIL}\left(\frac{14.4 \times 10^{11}}{N}\right)^{0.333} \text{(MPa)}\right]$$

Na qual:

R_{FIL} = Fator de Redução para juntas usando apenas um par de soldas de filete transversais

$$R_{FIL} = \frac{0.06 + 0.72\left(\frac{w}{t_p}\right)}{t_p^{0.167}} \leq 1.0 \text{ (para pol.)}$$

$$R_{FIL} = \frac{0.10 + 1.24\left(\frac{w}{t_p}\right)}{t_p^{0.167}} \leq 1.0 \text{ (para mm)}$$

2.17 Detalhamento, Fabricação, e Ereção

2.17.1 Transições em Espessura e Largura

2.17.1.1 Transições de Espessura em Juntas de Topo. Juntas de topo entre partes que têm espessura desigual e sujeitas a tensão de tração cíclica devem ter transições suaves entre superfícies deslocadas a uma inclinação de não mais que 1 in 2-1/2 com a superfície de qualquer das partes. A transição pode ser alcançada ao inclinar as superfícies de solda ao chanfrar a parte mais espessa, ou por uma combinação dos dois métodos (ver Figura 2.2).

2.17.1.2 Transições de Largura em Juntas de Topo. Juntas de topo entre as partes de largura desigual sujeitas a tensão cíclica em uma faixa de tensão devem ter uma transição suave entre as arestas deslocadas a uma inclinação de não mais que 1 pol. 2-1/2 com a aresta de qualquer das partes ou devem ser fornecidas com uma transição tendo um raio mínimo de 24 pol. [600 mm] tangente à parte mais estreita no centro da junta de topo (ver Figura 2.12). Uma faixa aumentada de tensão pode ser usada para aços que tenham um limite de tensão maior que 90 ksi [620 MPa] com detalhes incorporando o raio.

2.17.2 Suporte

2.17.2.1 Soldas para Anexar Reforço de Aço. Requisitos de soldas para anexar reforço de aço e a decisão sobre se o reforço deve ser removido ou mantido no lugar devem ser determinados como descrito em 2.17.2.2, 2.17.2.3, 2.17.2.4, e nas categorias de faixa de tensão da Tabela 2.5. O Engenheiro deve anotar a categoria de tensão de fadiga nos desenhos de contrato. O Empreiteiro deve anotar nos desenhos de oficina a localização requerida, o detalhe de solda a ser usado, caso a solda provisória deva ser dentro do chanfro, ou seja permitido que deva ser for a do chanfro, e caso seja permitido que o suporte deva ficar no lugar ou caso deva ser removido para fornecer a categoria de faixa de tensão pretendida.

2.17.2.2 Juntas de Ângulo e em T CJP Feitas de Um Lado. Soldas para anexar suporte podem ser dentro ou fora do chanfro em junta. O suporte para juntas sujeitas a carregamento de tensão transversal cíclica (fadiga) deve ser removido e o lado de trás da junta finalizado de forma consistente com a face da solda. Qualquer descontinui-dade inaceitável descoberta ou causada pela remoção deve ser reparada para alcançar os critérios de aceitação deste código.

2.17.2.3 Emendas de Topo CJP. Soldas para anexar suporte podem ser dentro ou for a do chanfro a menos que estejam restritas na descrição de categoria de tensão. Soldas provisórias localizadas fora do chanfro em junta não devem terminar mais próximas que 1/2 pol. [12 mm] da aresta da parte conectada. O suporte pode permanecer no lugar ou ser removido a menos que seja restrito na categoria de tensão usada no projeto.

2.17.2.4 Soldas em Chanfro e Juntas de Ângulo Longitudinais. Suporte de aço, se usado, deve ser continuo para todo o comprimento da junta. Soldas para anexar suporte podem ser dentro ou fora do chanfro (ver 5.10.2).

2.17.3 Solda de Contorno em Juntas de Ângulo e em T. Em juntas de ângulo e em T transversais sujeitas a tensão ou tensão devida a flexão, uma solda de filete de contorno em passe único, com tamanho não menor que 1/4 pol. [6 mm] deve ser adicionada a cantos reentrantes.

2.17.4 Arestas Cortadas a Chama. Arestas cortadas a chama não necessitam ser vestidas contanto que estejam conforme as provisões de rugosidade de 5.15.4.3.

2.17.5 Juntas de Topo Carregadas Transversal-mente. Para juntas de topo carregadas transversalmente, abas de solda devem ser usadas para fornecer o cascateamento da terminação de solda do lado de for a da junta acabada. Barragens de extremidade não devem ser usadas. Guias de solda devem ser removidas e a extremidade da solda finalizada a jateamento com a aresta do membro.

2.17.6 Terminações de Solda de Filete. Em acréscimo aos requisitos de 2.9.3.3 o seguinte aplica-se a terminações de solda sujeitas a carregamento cíclico (fadiga). Para conexões e detalhes com forças cíclicas em elementos salientes de uma frequência e magnitude que tenderia a causar falência progressiva iniciando em um ponto de tensão máxima na extremidade da solda, soldas de filete devem ser retornadas ao redor do lado ou extremidade para uma distância não menor que duas vezes o tamanho nominal da solda.

2.18 Juntas e Soldas Proibidas

2.18.1 Soldas em Chanfro de Um Lado. Soldas em chanfro, feitas de apenas um lado sem suporte ou feitas com suporte que não seja de aço, que não tenham sido qualificadas em conformidade com a Cláusula 4 devem ser proibidas exceto que essas proibições para soldas em chanfro feitas de um lado não devem aplicar-se ao seguinte:

(1) Membros secundários ou que não carregam tensão.

(2) Juntas de ângulo paralelas à direção da tensão calculada entre componentes de membros construídos.

2.18.2 Soldas em Chanfro em Posição Plana. Soldas de chanfro em bisel e chanfro em J em juntas de topo soldadas em posição plana devem ser proibidas quando juntas de chanfro em V ou chanfro em U são possíveis.

2.18.3 Soldas de Filete de Menos que 3/16 pol. [5 mm]. Soldas de filete de menos que 3/16 pol. [5 mm] devem ser proibidas.

2.18.4 Soldas CJP em T e em Ângulo com Suporte Deixado no Lugar. Soldas CJP em T e em ângulo sujeitas a tensão transversal cíclica com a barra de suporte deixada no lugar devem ser proibidas.

2.19 Inspeção

As categorias de fadiga B e C requerem que o Engenheiro certifique-se de que as soldas em chanfro CJP sujeitas a tensão transversal cíclica aplicada na faixa de tensão sejam inspecionadas usando RT ou UT.

Parte D
Requisitos Específicos para Projeto de Conexões Tubulares (Carregadas Estaticamente ou Ciclicamente)

2.20 Geral

Os requisitos específicos da Parte D aplicam-se apenas a conexões tubulares, e devem ser usadas como os requisitos aplicáveis da Parte A. Todas as provisões da Parte D aplicam-se a aplicações estáticas e aplicações cíclicas, com exceção das provisões de fadiga de 2.21.6, que são únicos para aplicações cíclicas.

2.20.1 Excentricidade. Momentos causados por desvios significativos de conexões concêntricas devem ser fornecidos na análise e projeto [ver Figura 2.14(H) para uma ilustração de uma conexão excêntrica].

2.21 Tensões Permissíveis

2.21.1 Tensões de Metal Base. Essas provisões podem ser usadas em conjunção com quaisquer especificações de projeto aplicáveis em qualquer dos formatos projeto de tensão permissível (allowable stress design—ASD) ou projeto de fator de resistência e carga (LRFD). A menos que as especificações de projeto aplicáveis estabeleçam de outra forma, o projeto de conexão tubular deve ser como descrito em 2.21.5, 2.21.6, e 2.25. As tensões de metal base devem ser aquelas especificadas nas especificações de projeto aplicáveis, com as seguintes limitações:

2.21.2 Limitações de Seção Circular. Limitações em diâmetro/espessura para seções circulares, e a maior taxa plana de largura/espessura para seções em caixa, além da qual ondulação local ou outros modos de falha local devem ser considerados, devem estar em conformidade com o código de projeto governante. Limites de aplicabilidade para os critérios dados em 2.25 devem ser observados como segue:

(1) tubos circulares: $D/t < 3300/F_y$ [para F_y in ksi], $478/F_y$ [para F_y in MPa]

(2) conexões de folga de seção de caixa: D/t ≤ $210/\sqrt{F_y}$ [para F_y in ksi], $80/\sqrt{F_y}$ [para F_y in MPa] mas não mais que 35

(3) conexões de sobreposição de seção de caixa: D/t ≤ $190/\sqrt{F_y}$ [para F_y in ksi], $72/\sqrt{F_y}$ [para F_y in MPa]

2.21.3 Tensões de Solda. As tensões permissíveis em soldas não devem exceder aquelas dadas na Tabela 2.6, ou como permitido por 2.6.4.2 e 2.6.4.3, exceto como modificado por 2.21.5, 2.21.6, e 2.25.

2.21.4 Tensões de Fibra. Tensões de fibra devidas a flexão não devem exceder os valores descritos para tensão e compressão, a menos que os membros sejam seções compactas (capaz de desenvolver momento plástico completo) e qualquer solda transversal é proporcionada para desenvolver completamente a resistência de seções juntadas.

2.21.5 Projeto de Fator de Resistência e Carga. Fatores de resistência, Φ, dados em outro momento nesta seção, podem ser usados em contexto de cálculo de projeto de fator de resistência e carga (LRFD) no seguinte formato:

$$\Phi \times (P_u \text{ o } M_u) = \Sigma(LF \times \text{Carga})$$

onde P_u ou M_u é a carga de ruptura ou momento como dado aqui; e LF é o fator de carga como definido no código de projeto LRFD governante, por exemplo, *Especificação de Projeto de Fator de Resistência e Carga para Aço Estrutural em Construções AISC*.

2.21.6 Fadiga

2.21.6.1 Faixa de Tensão e Tipo de Membro. No projeto de membros e conexões sujeitos a repetidas variações na tensão de carga viva, deve ser dada consideração ao número de ciclos de tensão, a faixa esperada de tensão, e tipo e localização de membro ou detalhe.

2.21.6.2 Categorias de Tensão de Fadiga. O tipo e localização de material devem ser categorizados como mostrado na Tabela 2.7.

2.21.6.3 Limitação Básica de Tensão Permissível. Quando a especificação de projeto aplicável tem um requisito de fadiga, a tensão máxima não deve exceder a tensão básica permissível fornecida em outro lugar, e a faixa de tensão em um dado número de ciclos não deve exceder os valores dados na Figura 2.13.

2.21.6.4 Dano Cumulativo. Quando o ambiente de fadiga envolve faixas de tensão de magnitude variante e números variados de aplicações, o índice de dano cumulativo de fadiga, *D*, somado sobre todas as várias cargas, não deve exceder unidade, onde

$$D = \sum \frac{n}{N}$$

onde

n = número de ciclos aplicados a uma dada faixa de tensão
N = número de ciclos para os quais a faixa de tensão dada seria permitida na Figura 2.13

2.21.6.5 Membros Críticos. Para membros críticos cujo modo de falência em si seria catastrófico, D (ver 2.21.6.4) deve ser limitado a valor fracionário de 1/3.

2.21.6.6 Melhoria de Comportamento de Fadiga. Para o propósito de comportamento de fadiga melhorado, e quando especificado em documentos de contrato, as seguintes melhorias de perfil podem ser tomadas para soldas em conexões tubulares em T-, Y-, ou K:

(1) Um reforço de subleito pode ser aplicado para que a superfície soldada em bruto funda-se suavemente com o metal base adjacente, e aproxime o perfil mostrado na Figura 3.10. Ranhuras no perfil não devem ser mais profundas que 0.04 pol. ou 1 mm, relativas a um disco que tenha diâmetro igual a ou maior que a espessura do membro de ramificação.

(2) A superfície da solda pode ser retificada ao perfil mostrado na Figura 3.10. Marcas finais de retificação devem ser transversais ao eixo da solda.

(3) A extremidade da solda pode ser martelada com um instrumento cego, para produzir uma deformação plástica que suavize a transição entre solda e metal base, enquanto induz uma tensão compressiva residual. Tal martelamento deve sempre ser feito após inspeção visual, e ser seguido por MT como descrito abaixo. Deve ser considerada a possibilidade de tenacidade ao entalhe localmente reduzida devido ao martelamento.

Para qualificar categorias de fadiga X1 e K1, soldas representativas (todas as soldas para estruturas não re-dundantes ou onde martelamento foi aplicado) devem receber MT para descontinuidades de superfície e próximas à superfície. Qualquer indicação que não possa ser resolvida por retificação leve deve ser reparada em conformidade com 5.26.1.4.

2.21.6.7 Efeitos de Tamanho e Perfil. A aplicabilidade de soldas às categorias de fadiga listadas abaixo é limitada ao seguinte tamanho de solda ou espessura de metal base:

C1	2 pol. [50 mm] membro menos espesso na transição
C2	1 pol. [25 mm] anexo
D	1 pol. [25 mm] anexo
E	1 pol. [25 mm] anexo
ET	1.5 pol. [38 mm] ramificação
F	0.7 pol. [18 mm] tamanho de solda
FT	1 pol. [25 mm] tamanho de solda

Para aplicações que excedem esses limites, deve-se considerar a redução a redução das tensões permissíveis ou melhorar o perfil da solda (ver Comentário). Para conexõesem T-, Y-, e K-, dois níveis de desempenho de fadiga são fornecidos na Tabela 2.8. O projetista deve designar quando o Nível I deve-se aplicar, na ausência de tal designação, e para aplicações em que fadiga não é uma consideração, o Nível II deve ser o padrão mínimo aceitável.

2.22 Identificação

Membros em estruturas tubulares devem ser identificados como mostrado na Figura 2.14.

2.23 Símbolos

Símbolos usados na Cláusula 2, Parte D, são como mostrados no Anexo J.

2.24 Projeto de Solda

2.24.1 Soldas de Filete

2.24.1.1 Área Efetiva. A área efetiva deve estar em conformidade com 2.4.2.10 e o seguinte: o comprimento efetivo de soldas de filete em conexões estruturais T-, Y-, e K- deve ser calculado em conformidade com 2.24.4 ou 2.24.5, usando o raio ou dimensões de face do membro de ramificação medido a partir da linha de centro da solda.

2.24.1.2 Limitação Beta para Detalhes Pré-qualificados. Detalhes para soldas de filete pré-qualificadas em conexões tubulares em T-, Y-, e K- são descritos na Figura 3.2. Esses detalhes são limitados a $\beta \leq 1/3$ para conexões circulares, e $\beta \leq 0.8$ para seções de caixa. Também estão sujeitos às limitações de 3.9.2. Para uma seção de caixa com raios de ângulo grandes, um limite menor em β pode ser necessário para manter o membro de ramificação e a solda na face plana.

2.24.1.3 Juntas Sobrepostas. Juntas Sobrepostas de tubos telescópicos (ao contrário de uma junta deslizante de interferência como as usadas em postes afilados) nas quais a carga é transferida via solda podem ser soldadas em filete único em conformidade com a Figura 2.15.

2.24.2 Soldas em Chanfro. A área efetiva deve estar em conformidade com 2.4.1.5 e o seguinte: o comprimento efetivo de soldas em chanfro em conexões estruturais T-, Y-, e K- deve ser calculado em conformidade com 2.24.4 ou 2.24.5, usando o raio médio r_m ou dimensões de face do membro de ramificação.

2.24.2.1 Detalhes de Soldas em Chanfro PJP Pré-qualificadas. Soldas em chanfro PJP pré-qualificadas em conexões tubulares em T-, Y-, ou K- devem estar em conformidade com a Figura 3.5. O Engenheiro deve usar a figura em conjunção com a Tabela 2.9 para calcular o tamanho de solda mínimo para determinar a tensão máxima de solda exceto quando tais cálculos são dispensados por 2.25.1.3(2).

A dimensão de perda Z deve ser deduzida da distância do ponto de trabalho à face teórica da solda para descobrir o tamanho de solda mínimo.

2.24.2.2 Detalhes de Soldas em Chanfro CJP Pré-qualificadas Soldadas a partir de Um Lado sem Suporte nas Conexões em T-, Y-, e K-. Ver 3.13.5 para as opções de detalhe. Se for necessária melhoria no comportamento de fadiga, os detalhes selecionados devem ser baseados nos requisitos de perfil de 2.21.6.6 e Tabela 2.8.

2.24.3 Tensões em Soldas. Quando cálculos de tensão permissível da solda são necessários para seções circulares, a tensão nominal na solda que liga ramificação a corda em uma conexão T-, Y-, ou K-simples deve ser computado como:

$$f_{solda} = \frac{t_b}{t_w}\left[\frac{f_a}{K_a}\left(\frac{r_m}{r_w}\right) + \left(\frac{f_b}{K_b}\right)\frac{r_m^2}{r_w^2}\right]$$

onde

t_b = espessura de membro de ramificação
t_w = garganta efetiva da solda
f_a y f_b = Tensões nominais de flexão e axial na ramificação

Para r_m e r_w, ver Figura 2.16.

K_a e K_b são comprimento efetivo e fatores de seção dados em 2.24.4 e 2.24.5.

Em formato de resistência de ruptura ou LRFD, a seguinte expressão para capacidade de carga axial da ramificação P deve aplicar-se tanto para seções circulares como para seções de caixa:

$$P_u = Q_w \cdot L_{eff}$$

onde Q_w = capacidade de carga da linha de solda (kips/pol.) e L_{eff} = comprimento efetivo de solda.

Para soldas de filete

$$Q_w = 0.6\, t_w\, F_{EXX}$$

com $\Phi = 0.8$

onde F_{EXX} = resistência de tensão mínima classificada para depósito de solda.

2.24.4 Comprimentos de Conexão Circular. Comprimento de soldas e comprimento da interseção em conexõesem T-, Y-, e K- deve ser determinado como $2\pi rK_a$ onde r é o raio efetivo da interseção (ver 2.24.2, 2.24.1.1, e 2.25.1.3(4)).

$$K_a = x + y + 3\sqrt{(x^2 + y^2)}$$

$$x = 1/(2\ \pi \sin \theta)$$

$$y = \frac{1}{3\pi}\left(\frac{3 - \beta^2}{2 - \beta^2}\right)$$

onde

θ = o ângulo agudo entre os eixos dos dois membros

β = razão diâmetro, ramificação/principal, como definido previamente

NOTA: O seguinte pode ser usado como aproximações conservadoras:

$$K_a = \frac{1 + 1/\sin \theta}{2} \text{ para carga axial}$$

$$K_b = \frac{3 + 1/\sin \theta}{4 \sin \theta} \text{ para flexão no plano}$$

$$K_b = \frac{1 + 3/\sin \theta}{4} \text{ para flexão fora do plano}$$

2.24.5 Comprimentos de Conexões de Caixa

2.24.5.1 Conexões K- e N-. O comprimento efetivo de soldas de ramificação em conexões estruturais, planares, K- e N- de folga entre seções de caixa, sujeito a carga axial predominantemente estática, deve ser tomado como:

$2a_x + 2_b$, para $\theta \le 50°$

$2a_x + b$, para $\theta \ge 60°$

Portanto, para $\theta \le 50°$ o calcanhar extremidade e lados da ramificação podem ser considerados completamente efetivos. Para $\theta \ge 60°$, o calcanhar é considerado não-efetivo devido à distribuição desigual de carga. Para $50° < \theta < 60°$, interpolar.

2.24.5.2 Conexões em T-, Y-, e X-. O comprimento efetivo de soldas de ramificação em conexões estruturais, planares, T-, Y-, e X- entre seções de caixa, sujeito a carga axial predominantemente estática, deve ser tomado como:

$2a_x + b$, para $\theta \le 50°$

$2a_x$, para $\theta \ge 60°$

Para $50° < \theta < 60°$, interpolar.

2.25 Limitações de Resistência de Conexões Soldadas

2.25.1 Conexões Circulares T-, Y-, e K- (ver 2.27.1.1)

2.25.1.1 Falha Local. Quando uma conexão T-, Y-, ou K- é feita ao simplesmente soldar o(s) membro(s) de ramificação individualmente ao membro principal, tensões locais em superfície de falha potencial através da parede do membro principal podem limitar a resistência utilizável da junta soldada. A tensão de cisalhamento na qual tal falha ocorre depende não apenas da resistência do aço do membro principal, mas também da geometria da conexão. Tais conexões devem ser proporcionadas com base em (1) puncionamentopuncionamento, ou (2) cálculos de carga de ruptura como dado abaixo. O puncionamentopuncionamento é um critério de projeto de tensão permissível (ASD) e inclui o fator de segurança. O formato de carga de ruptura pode ser usado no projeto de fator de resistência e carga (LRFD), com o fator de resistência Φ a ser incluído pelo projetista, ver 2.21.5.

(1) **Formato PuncionamentoPuncionamento.** A tensão de puncionamentopuncionamento atuante na superfície de falha potencial (ver Figura 2.17) não deve exceder a tensão de puncionamentopuncionamento permissível.

A tensão de puncionamentopuncionamento atuante é dada por

V_p atuante = $\tau f_n \sin \theta$

A tensão de puncionamentopuncionamento permissível é dada por

V_p permissível = $Q_q \cdot Q_f \cdot F_{yo}/(0.6\ \gamma)$

O V_p permissível também deve ser limitado por tensão de cisalhamento permissível especificada na especificação de projeto aplicável (por exemplo, 0.4 F_{yo}).

Termos usados nas equações antecedentes são definidos como segue:

τ, θ, γ, β e outros parâmetros de geometria de conexão estão definidos na Figura 2.14(M).

f_n é a tensão nominal axial (f_a) ou de flexão (f_b) no membro de ramificação (o puncionamentopuncionamento para cada uma é mantido separadamente).

F_{yo} = O limite de escoamento mínimo especificado da corda do membro principal, mas não mais que 2/3 da resistência de tensão.

$Q_q \cdot Q_f$ são termos modificador de geometria e de interação de tensão, respectivamente, dados na Tabela 2.10.

Para flexão sobre dois eixos (por exemplo, y e z), a tensão de flexão efetiva resultante em seções de caixa circulares e quadradas pode ser tomada como

$$f_b = \sqrt{f_{by}^2 + f_{bz}^2}$$

Para tensões axial e de flexão combinadas, a seguinte fórmula deve ser satisfeita:

$$\left[\frac{\text{actuante } V_p}{\text{permisible } V_p}\right]_{\text{axial}}^{1.75} + \left[\frac{\text{actuante } V_p}{\text{permisible } V_p}\right]_{\text{flexión}} \leq 1.0$$

(2) **Formato LRFD** (cargas fatoradas até a condição de ruptura—ver 2.20.5)

Cargas de membros de ramificação nas quais a falha da parede de corda plástica no membro principal ocorre são dadas por:

carga axial: $P_u \sin\theta = t_c^2 \; F_{yo}[6 \pi \beta Q_q] \; Q_f$

momento de flexão:

$$M_u \sin\theta = t_c^2 \; F_{yo}[d_b/4][6 \pi \beta Q_q] \; Q_f$$

com o fator de resistência $\Phi = 0.8$.

Q_f deve ser computado com $\overline{U}^2$ redefinido como $(P_c/AF_{yo})^2 + (M_c/SF_{yo})^2$ onde P_c e M_c são momento e carga de corda fatorados, A é área, S é modulo de seção.

Essas cargas também estão sujeitas aos limites de resistência de cisalhamento de material de corda de:

$$P_u \sin\theta \leq \pi \, d_b t_c \, F_{yo}/\sqrt{3}$$

$$M_u \sin\theta \leq d_b^2 \; t_c \, F_{yo}/\sqrt{3}$$

com $\Phi = 0.95$

onde

t_c = espessura da parede de corda
d_b = diâmetro do membro de ramificação e outros termos são definidos como 2.24.1.1(1).

O estado limite para combinações de carga axial P e momento de flexão M é dado por:

$$(P/P_u)^{1.75} + M/M_u \leq 1.0$$

2.25.1.2 Colapso Geral. A resistência e estabilidade de um membro principal em uma conexão tubular, com qualquer reforço, devem ser investigadas usando tecnologia disponível em conformidade com o código de projeto aplicável. O colapso geral é particularmente severo em conexões transversais e conexões sujeitas a cargas de esmagamento [ver Figura 2.14(G) e (J)]. Tais conexões podem ser reforçadas ao aumentar a espessura do membro principal, ou pelo uso de diafragmas, anéis, ou colares.

(1) Para conexões transversais circulares não reforçadas, a carga de corda transversal permissível, devido à carga de compressão axial do membro de ramificação P, não deve exceder

$$P \sin\theta = t_c^2 \; F_y \, (1.9 + 7.2 \, \beta) Q_\beta Q_f$$

(2) Para conexões transversais circulares reforçadas por um "metal de junta" tendo espessura t_c, e comprimento, *L*, aumentados, a carga axial permissível de ramificação, P, pode ser empregada como

$$P = P_{(1)} + [P_{(2)} - P_{(1)}]L/2.5D \quad \text{para } L < 2.5/D$$

$$P = P_{(2)} \quad \text{para } L \geq 2.5/D$$

onde $P_{(1)}$ é obtido ao usar a espessura nominal do membro principal na equação em (1); e $P_{(2)}$ é obtido ao usar a espessura do metal de junta na mesma equação.

O estado limite final pode ser tomado como 1.8 vezes a ASD permissível antecedente, com $\Phi = 0.8$.

(3) Para conexões circulares K- nas quais a espessura do membro principal requerido a conformar-se com as provisões de cisalhamento locais de 2.25.1.1 estende-se pelo menos D/4 além das soldas de conexão do membro de ramificação, colapso geral não precisa ser verificado.

2.25.1.3 Distribuição Desigual de Carga (Dimensionamento de Solda)

(1) Devido às diferenças nas flexibilidades relativas do membro principal carregado de forma normal para sua superfície, e no membro de ramificação carregando tensões de membrana paralelas a sua superfície, a transferência de carga através da solda é altamente não uniforme, e uma cessão local pode ser esperada antes que a conexão alcance sua carga de projeto. Para prevenir "descompactação" ou falha progressiva da solda e assegurar comportamento dúctil da junta, as soldas mínimas fornecidas em conexões em T-, Y-, ou K-simples devem ser capazes de desenvolver, em sua resistência de ruptura final, o menor limite de escoamento ou resistência local (puncionamentopuncionamento) do membro de cinta do membro principal. A resistência de ruptura final de soldas de filete e soldas em chanfro PJP deve ser computada em 2.67 vezes a tensão básica permissível para 60 ksi [415 MPa] ou 70 ksi [485 MPa] resistência de tração e em 2.2 vezes a tensão básica permissível para níveis mais altos de tensão. O puncionamentopuncionamento final deve ser tomado como 1.8 vezes o V_p permissível de 2.25.1.1.

(2) Este requerimento pode ser presumivelmente preenchido pelos detalhes pré-qualificados de junta das Figuras 3.8 (CJP) e 3.12.4 (PJP), quando materiais correspondentes (Tabela 3.1) são usados.

(3) Resistência compatível de soldas pode também ser presumida com os detalhes pré-qualificados de solda de filete da Figura 3.2, quando os seguintes requisitos de garganta de solda são preenchidos:

(a) E = 0.7 t_b para projeto de tensão elástica de trabalho de tubos de aço circulares de aço macio ($F_y \leq$ 40 ksi [280 MPa] juntados com soldas de correspondência superada (resistência classificada F_{EXX} = 70 ksi [485 MPa])

(b) E = 1.0 t_b para projeto de resistência (LRFD) final de conexões de tubo circulares ou de caixa de aço moderado, $F_y \leq$ 40 ksi [280 MPa], com soldas satisfazendo os requisitos de resistência correspondente da Tabela 3.1.

(c) E = menor de t_c ou 1.07 t_b para todos os outros casos

(4) Soldas de filete menores que aquelas requeridas na Figura 3.2 para corresponder à resistência da conexão, mas dimensionadas apenas para resistir a cargas de projeto, devem pelo menos ser dimensionadas para os seguintes múltiplos de tensão calculados por 2.24.3, para considerar distribuição de carga não uniforme:

	ASD	LRFD
E60XX e E70XX—	1.35	1.5
Resistências mais altas—	1.6	1.8

2.25.1.4 Transições. Conexões curvadas e transições de tamanho de tubo que não sejam excetuadas abaixo devem ser verificadas à procura de tensões locais causadas pela mudança de direção na transição (ver Nota d da Tabela 2.7). Exceção, para cargas estáticas:

Tubos circulares tendo D/t menor que 30, e

Inclinação de transição menor que 1:4.

2.25.1.5 Outras Configurações e Cargas

(1) O termo "conexões em T-, Y-, e K-" é frequentemente usado de forma genérica para descrever conexões tubulares nas quais os membros de ramificação são soldados a um membro principal, ou corda, em um nó estrutural. Critérios específicos também são dados para conexões transversais (X-) (também conhecidas como duplo T) em 2.25.1.1 e 2.25.1.2. Conexões N- são um caso especial de conexões K- nas quais uma das ramificações é perpendicular à corda; os mesmos critérios aplicam-se (ver Comentário sobre conexões multiplanares).

(2) Classificações de conexão como em T-, Y-, K-, ou transversal deveriam aplicar-se a membros de ramificação individuais de acordo com o padrão de carga para cada caso de carga. Para ser considerada uma conexão K-, a carga de perfuração em um membro de ramificação deveria ser essencialmente equilibrada por cargas em outras cintas no mesmo plano no mesmo lado da junta. Em conexões em T- e Y-, a carga de perfuração é reagida como viga ao cisalhamento na corda. Em conexões transversais a carga de perfuração é carregada através da corda para cintas no lado oposto. Para membros de ramificação que carregam parte de sua carga como conexões em K-, e parte como conexões em T-, Y-, ou transversais, interpolar baseado na porção de cada no total, ou usar alfa computado (ver Comentário).

(3) Para conexões multiplanares, o alfa computado como dado no Anexo T pode ser usado para estimar o efeito benéfico ou prejudicial de várias cargas de membros de ramificação na ovalização do membro principal. No entanto, para conexões similarmente carregadas em planos adjacentes, por exemplo, conexões pareadas TT e KK em estruturas delta, nenhum aumento na capacidade além daquela das conexões uniplanares correspondentes deve ser realizado.

2.25.1.6 Conexões de Sobreposição. Juntas de sobreposição, nas quais parte da carga é transferida diretamente de um membro de ramificação para outro através de sua solda comum, devem incluir as seguintes verificações:

(1) O componente de carga *permissível* do membro individual, P perpendicular ao eixo do membro principal deve ser tomado como $P_\perp = (V_p\ t_c\ 1_1) + (2V_w\ t_w\ 1_2)$ onde V_p é o puncionamentopuncionamento permissível como definido em 2.25.1.1, e

t_c = a espessura do membro principal
1_1 = comprimento real de solda para aquela porção do membro de ramificação que fica em contato com o membro principal
V_p = puncionamentopuncionamento permissível para o membro principal como conexão K- (α = 1.0)
V_w = tensão de cisalhamento permissível para a solda entre membros de ramificação (Tabela 2.6)
t'_w = o menor tamanho de solda (garganta efetiva) ou a espessura t_b do membro de ramificação mais fino
1_2 = o comprimento projetado de corda (um lado) da solda de sobreposição, medido perpendicularmente ao membro principal.

Esses termos são ilustrados na Figura 2.18.

O estado limite *final* pode ser tomado como 1.8 vezes a ASD permissível antecedente, com Φ = 0.8.

(2) O componente de carga combinada permissível paralelo ao eixo do membro principal não deve exceder $V_w\ t_w\ \Sigma l_1$, onde Σl_1 é a soma dos comprimentos reais de solda para todas as cintas em contato com o membro principal.

(3) A sobreposição deve ser preferencialmente proporcionada para pelo menos 50% do P atuante. A espessura da parede do membro de ramificação nunca deve exceder a espessura da parede do membro principal.

(4) Quando o membro de ramificação carrega cargas substancialmente diferentes, ou um membro de ramificação tem uma espessura de parede maior que a de outro, ou ambos, o membro de ramificação mais grosso ou mais carregado deve preferencialmente ser o membro conectado com sua circunferência completa soldada ao membro principal.

(5) A carga transversal líquida da área de cobertura combinada deve satisfazer 2.25.1.1 e 2.25.1.2.

(6) Tamanho mínimo de solda para soldas de filete devem fornecer garganta efetiva de 1.0 t_b para $F_y < 40$ ksi [280 MPa], 1.2 t_b para $F_y > 40$ ksi [280 MPa].

2.25.2 Conexões de Caixa T-, Y, e K- (ver 2.27.1.1). Os critérios dados nessa seção são todos em formato de carga de ruptura, com o fator de segurança removido. Fatores de resistência para LRFD são dados completamente. Para ASD, a capacidade permissível deve ser a capacidade de ruptura, dividida por um fator de segurança de 1.44/Φ. A escolha de cargas e fatores de carga deve estar em conformidade com a especificação de projeto vigente; ver 2.6.5 e 2.21.5. As conexões devem ser verificadas para cada um dos modos de falha descritos abaixo.

Esses critérios são para conexões entre seções de caixa de espessura de parede uniforme, em estruturas planares em que as cargas dos membros de ramificação são primariamente axiais. Se seções compactas, material dúctil, e soldas de resistência compatível são usados, a flexão secundária do membro de ramificação pode ser omitida. (Flexão secundária é aquela devida a deformação ou rotação da junta em estruturas inteiramente trianguladas. Flexão do membro de ramificação devido a cargas aplicadas, laterais de molduras sem cinta, etc., não podem ser omitidos e devem ser considerados no projeto (ver 2.25.2.5).

Os critérios nessa seção estão sujeitos às limitações mostradas na Figura 2.19.

2.25.2.1 Falha Local. Carga axial do membro de ramificação Pu na qual a ocorrência de falha plástica na parede da corda no membro principal é dada por:

$$P_u \sin\theta = F_{yo}\, t_c^2 \left[\frac{2\eta}{1-\beta} + \frac{4}{\sqrt{(1-\beta)}}\right] Q_f$$

para conexões transversais, em T- e Y- $0.25 \le \beta < 0.85$ e $\Phi = 1.0$.

Também, $P_u \sin\theta = F_{yo}\, t_c^2\ [9.8\, \beta_{eff}\, \sqrt{\gamma}\,]\, Q_f$

com $\Phi = 0.9$

para conexões de folga K- e N- com menos

$$\beta_{eff} \ge 0.1 + \frac{\gamma}{50} \text{ y } g/D = \zeta \ge 0.5\,(1-\beta)$$

onde F_{yo} é o limite de escoamento mínimo especificado do membro principal, t_c é espessura de parede de corda, γ é $D/2t_c$ (D = largura da face da corda); β, η, θ, e ζ são parâmetros de topologia de conexão como definido na Figura 2.14(M) e Figura C-2.26; (β_{eff} é β equivalente definido abaixo); e $Q_f = 1.3 - 0.4\overline{U}/\beta (Q_f \le 1.0)$; use $Q_f = 1.0$ (para corda em tensão) com U sendo a razão de utilização da corda.

$$\overline{U} = \left|\frac{f_a}{F_{yo}}\right| + \left|\frac{f_b}{F_{yo}}\right|$$

$$\beta_{eff} = (b_{\text{ramificação de compressão}} + a_{\text{ramificação de compressão}} + b_{\text{ramificação de tensão}} + a_{\text{ramificação de tensão}})/4D$$

Essas cargas também estão sujeitas aos limites de resistência de cisalhamento de material de corda de

$$P_u \sin\theta = (F_{yo}/\sqrt{3})\, t_c D\, [2\eta + 2\, \beta_{eop}]$$

para conexões transversais, em T- ou Y- com $\beta > 0.85$, usando $\Phi = 0.95$, e

$$P_u \sin\theta = (F_{yo}/\sqrt{3})\, t_c D\, [2\eta + \beta_{eop} + \beta_{espacio}]$$

para conexões de folga em K- e N- com $\beta \ge 0.1 + \gamma/50$, usando $\Phi = 0.95$ (essa verificação é desnecessária se os membros de ramificação são quadrados e de espessura igual), onde

$\beta_{espacio} = \beta$ para conexões em K- e N- com $\zeta \ge 1.5\,(1-\beta)$
$\beta_{espacio} = \beta_{eop}$ para todas as outras conexões
β_{eop} (puncionamento externo efetivo) $= 5\beta/\gamma$
mas não mais que β

2.25.2.2 Colapso Geral. Resistência e estabilidade de um membro principal em uma conexão tubular, com qualquer reforço, devem ser investigadas usando tecnologia disponível em conformidade com o código de projeto aplicável.

(1) O colapso geral é particularmente severo em conexões transversais e conexões sujeitas a cargas de esmagamento. Tais conexões podem ser reforçadas ao aumentar a espessura do membro principal ou pelo uso de diafragmas, cantoneiras, ou colares.

Para conexões de caixa correspondentes não reforçadas, a carga final para o membro principal (corda) devido a carga axial de ramificação P deve ser limitada a:

$$P_u \sin\theta = 2t_c\, F_{yo}(a_x + 5\, t_c)$$

com $\Phi = 1.0$ para cargas de tensão,

e $\Phi = 0.8$ para compressão.

e

$$P_u \sin\theta = \frac{47\ t_c^3}{H - 4t_c}\sqrt{EF_{yo}}(Q_f)$$

com $\Phi = 0.8$ para conexões transversais, reações pós extremidade, etc., em compressão, e E = módulos de elasticidade

ou

$$P_u \sin\theta = 1.5\ t_c^2\ [1 + 3a_x/H]\ \sqrt{EF_{yo}}\,(Q_f)$$

com $\Phi = 0.75$ para todas as outras cargas de compressão de ramificação.

(2) Para conexões de folga em K- e N-, a adequação da viga ao cisalhamento do membro principal para carregar cargas transversais através da região de folga deve ser verificada incluindo interação com forças de corda axial. Essa verificação não é necessária para $\overline{U} \le 0.44$ in conexões de caixa escalonadas tendo $\beta + \eta \le H/D$ (H é altura do membro principal no plano de estrutura).

2.25.2.3 Distribuição Desigual de Carga (Largura Efetiva). Devido a diferenças nas flexibilidades relativas do membro principal carregado de forma normal para sua superfície e no membro de ramificação carregando tensões de membrana paralelas a sua superfície, a transferência de carga através da solda é altamente não uniforme, e cessão local pode ser esperada antes que a conexão alcance sua carga de projeto. Para prevenir falha progressiva e garantir comportamento dúctil da junta, tanto os membros de ramificação como a solda devem ser verificados como segue:

(1) Verificação do Membro de Ramificação. A capacidade axial de largura efetiva P_u do membro de ramificação deve ser verificada para todas as conexões de folga em K- e N-, e outras conexões tendo $\beta > 0.85$. (Observe que essa verificação é desnecessária se os membros de ramificação são quadrados e de largura igual.)

$$P_u = F_y t_b[2a + b_{espacio} + b_{eoi} - 4t_b]$$

com $\Phi = 0.95$

onde

F_y = limite de escoamentolimite de escoamento mínimo especificado da ramificação
t_b = espessura da parede de ramificação
a, b = dimensões de ramificação [ver Figura 2.14(B)]
$b_{espacio}$ = b para conexões em K- e N- com $\zeta \le 1.5(1-\beta)$
$b_{espacio}$ = b_{eoi} para todas as outras conexões

$$b_{eoi} = \left(\frac{5b}{\gamma\tau}\right)\frac{F_{yo}}{F_y} \le b$$

NOTA: $\tau \le 1.0$ *y* $F_y \le F_{yo}$ *são presumidos.*

(2) Verificações de Solda. As soldas mínimas fornecidas em conexões em T-, Y-, ou K- simples devem ser capazes de desenvolver, em sua resistência de ruptura final, o menor limite de escoamentolimite de escoamento ou resistência local no membro de ramificação do membro principal.

Esse requerimento pode ser presumivelmente preenchido pelos detalhes pré-qualificados de junta da Figura 3.6 (CJP e PJP), quando materiais correspondentes (Tabela 3.1) são usados,

(3) Soldas de filete devem ser verificadas como descrito em 2.24.5.

2.25.2.4 Conexões de Sobreposição. Juntas sobrepostas reduzem os problemas de projeto no membro principal ao transferir a maior parte da carga transversal diretamente de um membro de ramificação para outro (ver Figura 2.20).

Os critérios dessa seção são aplicáveis a conexões esteticamente carregadas que atendam às seguintes limitações:

(1) A ramificação maior, mais espessa é o membro conectado.

(2) $\beta \ge 0.25$.

(3) O membro de ramificação de sobreposição é 0.75 a 1.0 vez o tamanho do membro conectado com pelo menos 25% de suas faces de lado em sobreposição com o membro conectado.

(4) Ambos os membros de ramificação têm o mesmo limite de escoamentolimite de escoamento.

(5) Todos os membros de ramificação e de corda são tubos de caixa compactos com largura/espessura de ≤ 35 para ramificações, e ≤ 40 para corda.

As seguintes verificações devem ser feitas:

(1) Capacidade axial P_u do tubo de sobreposição, usando

Φ = 0.95 com

$$P_u = F_y t_b [Q_{OL}(2a - 4t_b) + b_{eo} + b_{et}]$$

para 25% a 50% de sobreposição, com

$$Q_{OL} = \frac{\%\ \text{sobreposição}}{50\%}$$

$$P_u = F_y t_b [(2a - 4t_b) + b_{eo} + b_{et}]$$

para 50% a 80% de sobreposição.

$$P_u = F_y t_b [(2a - 4t_b) + b + b_{et}]$$

para 80% a 100% de sobreposição.

$P_u = F_y t_b [(2a - 4t_b) + 2b_{et}]$

para mais do que 100% de sobreposição

onde b_{eo} é largura efetiva para a face soldada à corda,

$$b_{eo} = \frac{(5b)F_{yo}}{\gamma(\tau)F_y} \leq b$$

e b_{et} é a largura efetiva para a face soldada à cinta conectada

$$b_{et} = \frac{5b}{\gamma_t \tau_t} \leq b$$

$\gamma_t = b/(2t_b)$ da cinta conectada
$\tau_t = t_{sobreposição}/t_{conectado}$

e outros termos são como definido previamente.

(2) Carga transversal líquida na área de cobertura combinada, tratada como conexão T- ou Y-.

(3) Para mais de 100% de sobreposição, cisalhamento longitudinal deve ser verificado, considerando apenas as paredes laterais da área de cobertura do membro conectado para ser efetivo.

2.25.2.5 Flexão. Momento primário de flexão, M, devido a carga aplicada, vigas cantiléver, laterais de molduras sem cinta, etc., devem ser considerados no projeto como uma carga axial adicional, P:

$$P = \frac{M}{JD \sin \theta}$$

No lugar de uma análise mais racional (ver Comentário), JD pode ser tomado como η D/4 para flexão em plano, e como β D/4 para flexão fora do plano. Os efeitos de carga axial, flexão no plano e flexão fora do plano devem ser considerados como aditivos. Os momentos devem ser tomados na área de cobertura do membro de ramificação.

2.25.2.6 Outras Configurações. Conexões transversais em T-, Y-, de folga em K-, e de folga em N- com tubos de ramificação circulares emoldurados em uma seção de caixa de membro principal podem ser designados usando 78.5% da capacidade dada em 2.25.2.1 e 2.25.2.2, ao substituir a dimensão de caixa "a" e "b" em cada equação por diâmetro de ramificação, d_b (limitado a seções compactas com $0.4 \leq \beta \leq 0.8$).

2.26 Transição de Espessura

Juntas de topo de tensão em membros primários de espessura de material ou tamanho diferentes alinhados axialmente carregados ciclicamente devem ser feitas de tal maneira que a inclinação através da zona de transição não exceda 1 in 2-1/2. A transição deve ser alcançada pelo chanframento da parte mais grossa, inclinando o metal de solda, ou por qualquer combinação desses métodos (ver Figura 2.21).

2.27 Limitações de Material

Conexões tubulares são sujeitas a concentrações de tensão locais que podem levar a cessão local e deformações plásticas na carga de projeto. Durante a vida útil, cargas cíclicas podem iniciar trincas de fadiga, fazendo demandas adicionais na ductilidade do aço, particularmente sob cargas dinâmicas. Essas demandas são particularmente severas em metais de juntas de paredes pesadas projetados para puncionamento (ver Comentário C-2.27.2.2).

2.27.1 Limitações

2.27.1.1 Limite de Escoamento. As provisões de projeto de 2.24 para conexões tubulares soldadas não são intencionadas para uso com tubos circulares tendo um limite mínimo específico, F_y, de mais de 60 ksi [415 MPa] ou para seções de caixa mais de 52 ksi [360 MPa].

2.27.1.2 Limite Reduzido Efetivo. O limite reduzido efetivo deve ser usado como F_{yo} no projeto de conexões tubulares com limites de F_{yo}, como segue:

(1) 2/3 da resistência a tração mínima especificada para seções circulares (ver Notas na Tabela 2.10).

(2) 4/5 da resistência de tração mínima especificada para seções retangulares (ver Figura 2.19).

2.27.1.3 Conexões de Caixa em T-, Y-, e K-. O projetista deveria considerar demandas especiais que são colocadas no aço usado em conexões de caixa em T-, Y-, e K-.

2.27.1.4 Precaução ASTM A 500. Produtos manufaturados de acordo com essa especificação podem não ser adequadas a essas aplicações tais como elementos dinamicamente carregados em estruturas soldadas, etc., onde propriedades de tenacidade ao entalhe de baixa temperatura podem ser importantes. Investigação especial ou tratamento térmico podem ser necessários se este produto for aplicado a conexões tubulares em T-,Y-, e K-.

2.27.2 Resistência ao Entalhe de Metal Base Tubular

2.27.2.1 Requisitos de Teste CVN. Membros tubulares soldados em tensão devem ser requisitados a demons-

trar energia absorvida em teste CVN de 20 péslibras a 70°F [27 J a 20°C] para as seguintes condições:

(1) Espessura de metal base de 2 pol. [50 mm] ou maior com um limite de escoamento mínimo especificado de 40 ksi [280 MPa] ou maior.]

O teste CVN deve estar em conformidade com ASTM A 673 (Frequência H, lote de aquecimento). Para os propósitos desta subcláusulas, um membro de tensão é definido como um que tenha mais que 10 ksi [70 MPa] de tensão de tração devido a cargas de projeto.

2.27.2.2 Requisitos LAST. Tubulares usados como membro principal em nós estruturais, cujo projeto é governado por cargas cíclicas ou de fadiga (por exemplo, o metal de junta em conexões em T-, Y-, e K-) devem ser requisitados a demonstrar no teste CVN energia absorvida de 20 ft·lb [27 J] na Menor Temperatura de Serviço Antecipada (Lowest Anticipated Service Temperature—LAST) para as seguintes condições:

(1) Espessura do metal base de 2 pol. [50 mm] ou maior.

(2) Espessura de metal base de 1 pol. [25 mm] ou maior com um limite de escoamento especificado de 50 ksi [345 MPa] ou maior.

Quando o LAST não é especificado, ou a estrutura não é governada por carga cíclica ou de fadiga, o teste deve ser a temperatura não maior que 40°F [4°C]. O teste CVN deve normalmente representar os tubulares como fornecidos, e ser testado em conformidade com ASTM A 673 Frequência H (lote de aquecimento).

2.27.2.3 Tenacidade ao Entalhe Alternativa. Requisitos de tenacidade ao entalhe alternativa devem aplicar-se quando especificados em documentos de contrato. O Comentário dá diretrizes adicionais para projetistas. A tenacidade deve ser considerada em relação à redundância versus gravidade de estrutura em um estágio inicial de planejamento e projeto.

Tabela 2.1
Tamanho Efetivo da Solda em Chanfro Curvado com Preenchimento por Jateamento (ver 2.4.1.4)

Processo de Soldagem	Chanfro Bisel Curvado	Chanfro em V Curvado
SMAW e FCAW-S	5/16 R	5/8 R
GMAW[a] e FCAW-G	5/8 R	3/4 R
SAW	5/16 R	1/2 R

[a] Exceto GMAW-S

Nota: R = raio da superfÌcie externa.

Tabela 2.2
Dimensão de Perda Z (Não-tubular) (ver 2.4.3.3)

	Posição de Soldagem—V ou OH			Posição de Soldagem—H ou F		
Ângulo Diedro Ψ	Processo	Z (pol.)	Z (mm)	Processo	Z (pol.)	Z (mm)
$60° > \Psi \geq 45°$	SMAW	1/8	3	SMAW	1/8	3
	FCAW-S	1/8	3	FCAW-S	0	0
	FCAW-G	1/8	3	FCAW-G	0	0
	GMAW	N/A	N/A	GMAW	0	0
$45° > \Psi \geq 30°$	SMAW	1/4	6	SMAW	1/4	6
	FCAW-S	1/4	6	FCAW-S	1/8	3
	FCAW-G	3/8	10	FCAW-G	1/4	6
	GMAW	N/A	N/A	GMAW	1/4	6

Tabela 2.3
Tensões Permissíveis (ver 2.6.4 e 2.16.1)

Tipo de Tensão Aplicada	Tensão Permissível	Nível de Resistência Requerido do Metal de Adição
Soldas em Chanfro CJP		
Tensão normal sobre a área efetiva[a]	Mesma que metal base	Metal de adição correspondente deve ser usado[b]
Compressão normal sobre a área efetiva	Mesma que metal base	Metal de adição com nível de resistência igual ou uma classificação (10 ksi [70 MPa]) menor que o metal de adição correspondente deve ser usado.
Tensão ou compressão paralela ao eixo da solda[c]	Não é uma consideração de projeto de junta soldada	Metal de adição com nível de resistência igual ou menor que o metal de adição correspondente deve ser usado.
Cisalhamento na área	0.30 × classificação de resistência de tensão de metal de adição, exceto cisalhamento no metal base, não deve exceder 0.40 × limite de escoamento do metalbase	
Soldas em Chanfro PJP		
Tensão normal para a área efetiva	0.30 × classificação de resistência de tensão de metal de adição	Metal de adição com nível de resistência igual ou menor que o metal de adição correspondente deve ser usado.
Compressão normal à área efetiva da solda em juntas projetadas para suportar	0.90 × classificação de resistência de tensão de metal de adição, mas não mais que 0.90 × limite de escoamento do metal base conectado	
Compressão normal à área efetiva da solda em juntas não projetadas para suportar	0.75 × classificação de resistência de tensão de metal de adição	
Tensão ou compressão paralela ao eixo da solda[c]	Não é uma consideração de projeto de junta soldada	
Cisalhamento paralelo ao eixo da área efetiva	0.30 × classificação de resistência de tensão de metal de adição exceto cisalhamento no metal base não deve exceder 0.40 × limite de escoamento do metal base	
Soldas de Filete		
Cisalhamento na área efetiva ou solda	0.30 × classificação de resistência de tensão de metal de adição exceto que a tensão da área de cisalhamento na seção líquida do metal base não deve exceder 0.40 × limite de escoamento do metal base[d,e]	Metal de adição com nível de resistência igual ou menor que o metal de adição correspondente deve ser usado.
Tensão ou compressão paralela ao eixo da solda[c]	Não é uma consideração de projeto de junta soldada	
Soldas de Tampão		
Cisalhamento paralelo á superfície de contato na área efetiva[f]	0.30 × classificação de resistência de tensão de metal de adição	Metal de adição com nível de resistência igual ou menor que o metal de adição correspondente deve ser usado.

(Continua)