



JUNTAS

industriais

José Carlos Veiga

8ª edição



Vedando para um amanhã mais verde e seguro

JUNTAS INDUSTRIAIS

JOSÉ CARLOS VEIGA

JOSÉ CARLOS VEIGA

**JUNTAS
INDUSTRIAIS**

8ª Edição

Rio de Janeiro
Teadit
2019

© *José Carlos Veiga, 2019*

Reservam-se os direitos desta à
José Carlos Carvalho Veiga
Av. Martin Luther King Jr., 8939
21530-012 Rio de Janeiro - RJ
Impresso no Brasil / Printed in Brazil

Obra Registrada sob o número 173.856 Livro 293 Folha 3
Fundação Biblioteca Nacional – Ministério da Cultura
ISBN 978-85-98256-14-6

Capa
Marketing - TEADIT®

Gráfica
Stamppa Gráfica & Editora
Tiragem desta impressão: 3000 exemplares

Edições Anteriores
Língua Portuguesa
1ª Edição, 1989 – 3000 exemplares
2ª Edição, 1993 – 3000 exemplares
3ª Edição, 1999 – 1000 exemplares (1ª impressão)
3ª Edição, 1999 – 1000 exemplares (2ª impressão)
4ª Edição, 2003 - 3000 exemplares
5ª Edição, 2008 - 5000 exemplares
6ª Edição, 2013 - 3000 exemplares
7ª Edição, 2014 - 3000 exemplares

Língua Inglesa
1ª Edição, 1994 – 10000 exemplares
2ª Edição, 1999 – 3000 exemplares
3ª Edição, 2003 – 3000 exemplares
4ª Edição, 2003 – 3000 exemplares

Língua Espanhola
1ª Edição, 2003 – 2000 exemplares
2ª Edição, 2015 – 2000 exemplares

Veiga, José Carlos
Juntas Industriais / José Carlos Veiga – 8ª Edição – Rio de Janeiro, RJ :
Junho, 2019. Teadit Indústria e Comércio

Dados bibliográficos do autor.

Bibliografia.

Livro publicado com apoio de Teadit Industria e Comércio Ltda.

1. Juntas (Engenharia). 2. Juntas Industriais (Mecânica). I Título

Dedico esta Oitava Edição aos meus netos Benjamin e Marina.

Prefácio

A ideia desta publicação surgiu, por acaso, ao final de uma palestra técnica que estávamos ministrando em um cliente, quando um dos participantes nos perguntou porque não organizávamos todas as informações e os exemplos que tínhamos apresentado em um livro, pois não havia conseguido encontrar nenhum material publicado de pesquisa sobre o tema.

Decidimos então compilar e ordenar todos os conhecimentos que o nosso corpo técnico detinha, através dos resultados das aplicações dos nossos produtos nos clientes e da análise técnica dos dados de laboratório da nossa Engenharia de Aplicação, estabelecendo assim uma correlação precisa entre a teoria e a prática.

Examinamos também a evolução da tecnologia de vedação de fluídos na condição privilegiada de fabricante, presente há mais de 60 anos nesse mercado e com participações efetivas nas principais organizações mundiais do setor (ASME, ESA - European Sealing Association, ASTM, EJMA, entre outras), amalgamando desta forma a experiência do passado com os dados e as tendências de hoje.

Procuramos transmitir aqui nossa visão técnica comprometida com a busca constante da inovação, pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, em busca das melhores soluções para as necessidades de vedação dos nossos clientes, que, ao longo destes anos, nos brindaram com sua preferência.

Estamos, hoje, na oitava edição deste livro, revisada e ampliada desde a original de maio de 1989, acrescentando os novos produtos desenvolvidos e as sugestões recebidas dos muitos leitores que, com seu apoio e apreço, nos estimularam e colaboraram a proceder as atualizações necessárias.

Os assuntos contidos neste livro foram dispostos de modo a facilitar sua consulta, criando um conjunto de informações que possa ser útil aos técnicos da indústria em geral, dos escritórios e institutos de engenharia, universidades e outros, tentando responder a grande maioria dos quesitos que ocorrem no seu dia-a-dia.

Agradecemos às inúmeras manifestações de apoio e reconhecimento que temos recebido por este trabalho que foge um pouco do escopo da nossa atividade diária mas que representa nosso conhecimento e nossa contribuição para o melhor entendimento do uso de juntas para vedação industrial num compêndio prático e de fácil consulta (assim esperamos que seja!)

Grupo TEADIT

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução.....11

Capítulo 2 – Projeto13

1. Vazamento.....	13
2. Vedação.....	14
3. Forças em uma União Flangeada.....	14
4. Procedimento ASME.....	15
5. Força de Esmagamento Máxima.....	19
6. Relaxamento.....	20
7. Tensão Mínima de Operação da Junta ASME PCC1.....	22
8. Determinação da Força de Instalação.....	22
9. Exemplo de Cálculo e Instalação Pelos Procedimentos ASME e PCC-1.....	25
10. Acabamento Superficial.....	28
11. Tipos de Faces de Vedação dos Flanges.....	30
12. As Novas Constantes de Juntas.....	34
13. Emissões Fugitivas.....	39

Capítulo 3 – Materiais para Juntas Não-Metálicas41

1. Critérios de Seleção.....	41
2. Pressão e Temperatura de Serviço.....	42
3. Papelão Hidráulico.....	42
4. Politetrafluoroetileno (PTFE).....	42
5. Grafite Flexível – Graflex®.....	42
6. Elastômeros.....	46
7. Fibra Celulose.....	48
8. Cortiça.....	48
9. Tecidos e Fitas.....	48
10. Papelão Isolit HT®.....	49
11. Fibra Cerâmica.....	49
12. Beater Addition.....	49

Capítulo 4 – Juntas em Papelão Hidráulico53

1. Papelões Hidráulicos Teadit.....	53
2. Composição e Características	53
3. Características Físicas.....	55
4. Projeto de Juntas com Papelão Hidráulico.....	59
5. Juntas de Grandes Dimensões.....	62
6. Espessura e Largura	64
7. Força de Aperto do Parafuso	64
8. Agentes de Fixação	65
9. Acabamento das Superfícies de Vedação dos Flanges.....	66
10. Armazenamento	66
11. Papelões Hidráulicos Teadit.....	66

Capítulo 5 – Juntas em PTFE.....97

1. Politetrafluoroetileno - PTFE.....	97
2. Tipos de Placas de PTFE.....	97
3. Tealon – Placas de PTFE Laminado	98
4. Teadit® PL100 - Placas de PTFE Laminado	105
5. PTFE EXPANDIDO (ePTFE) Teadit®	107
6. Juntas Teadit® 30SH	112
7. Juntas Teadit® 28LS-LE	114
8. Juntas Espirais em PTFE com tecnologia Origin®	117
8. Juntas Tipo 933 envelopadas em PTFE	119

Capítulo 6 – Materiais para Juntas Metálicas140

1. Considerações Iniciais.....	140
2. Aço Carbono	141
3. Aço Inoxidável AISI 304	141
4. Aço Inoxidável AISI 304L.....	141
5. Aço Inoxidável AISI 316	141
6. Aço Inoxidável AISI 316L.....	141
7. Aço Inoxidável AISI 321	141
8. Aço Inoxidável AISI 347	142
9. Monel	142
10. Níquel 200.....	142
11. Cobre.....	142
12. Alumínio	142
13. Inconel.....	142
14. Titânio	142

Capítulo 7 – Juntas Metalflex®152

1. O que é uma Junta Metalflex®	152
2. Materiais	153
3. Densidade.....	155
4. Dimensionamento	157
5. Espessura.....	158
6. Limitações Dimensionais e de Espessura	158
7. Tolerâncias de Fabricação	158
8. Acabamento das Superfícies de Vedação.....	159
9. Valores para Cálculo Código ASME e Apêndice-PCC1 2013	159
10. Tipos.....	160
11. Juntas Tipo 911	160
12. Juntas Tipo 913	162
12. Juntas Tipo 913M de Acordo com a Norma ASME B16.20	162
13. Outras Normas	165
14. Dimensionamento de Juntas Tipo 913 Especiais	166
16. Juntas Tipo 914	167

Capítulo 8 – Juntas Metalbest®183

1. O que é uma Junta Metalbest®	183
2. Metais.....	183
3. Enchimento	184
4. Dimensionamento	184
5. Principais Tipos e Aplicações	185
6. Juntas para Trocadores de Calor	187
7. Juntas Tipo 927 para Trocadores de Calor.....	193
8. Dilatação Diferencial	193
8. Valores para Cálculo	195

Capítulo 9 – Juntas Tipo Anel Metálico.....198

1. Definição.....	198
2. Juntas Metálicas Planas.....	198
3. Materiais	199
4. Acabamento da Superfície de Vedação.....	199
5. Tipos de Juntas Metálicas	199
6. Ring-Joints	203

Capítulo 10 – Juntas Camprofile.....220

1. Introdução	220
2. Materiais	223
3. Limites de Operação	224
4. Cálculo do Aperto	224
5. Acabamento Superficial.....	225
6. Dimensionamento	225
7. Formatos	226
8. Juntas Camprofile Tipo 946 para Flanges ASME B16.5.....	226

Capítulo 11 – Juntas para Isolamento Elétrico230

1. Corrosão Eletroquímica	230
2. Proteção Catódica	232
3. Conjunto de Isolamento de Flanges.....	232
4. Junta Isolante Tipo Electron GS	234
5. Junta Isolante Tipo Electron CS.....	235
6. Junta Isolante Tipo Electron SCS	236
7. Junta Isolante Tipo Electron FSS.....	237

Capítulo 12 – Instalação240

1. A Importância da Instalação	240
2. Parafusos e Estojos	241
3. Porcas.....	243
4. Arruelas.....	243
5. Atrito e Lubrificantes.....	243
6. Ferramentas para Aplicação do Aperto	246
7. Cálculo do Torque de Aperto dos Estojos.....	248
8. Planicidade e Defeitos da Superfície de Vedação do Flange	249
9. Procedimento de Instalação	252
10. Reaperto na partida	253
11. Dispersão do Aperto.....	253
12. Causas de Vazamentos	254
13. Carga Constante.....	261

Capítulo 13 – Fatores de Conversão.....275

Capítulo 14 – Referências.....277

INTRODUÇÃO

Este livro foi preparado para permitir um melhor projeto e aplicação de juntas industriais. O seu sucesso em diversos países e, especialmente, no Brasil, o tornou uma referência para quem está envolvido com Juntas Industriais. Esta Oitava Edição, revisada e ampliada, incorpora os muitos avanços na tecnologia de juntas ocorridos desde a publicação da edição anterior.

Ao analisar vazamentos, que, à primeira vista, são causados por deficiência das juntas, verifica-se, após uma análise mais cuidadosa, que pouca atenção foi dada a detalhes como:

- Projeto dos flanges e da junta.
- Seleção correta dos materiais da junta.
- Procedimentos de instalação.

Os grandes problemas enfrentados nas indústrias, como explosões, incêndios e poluição ambiental, causados por vazamentos, podem ser evitados com projeto e aplicação correta das juntas. Nos últimos anos os limites toleráveis de Emissões Fugitivas estão sendo reduzidos obrigando as indústrias a adotar procedimentos de controle cada vez mais rigorosos.

O objetivo deste livro é ajudar a prevenir estes acidentes, propiciando um maior conhecimento de juntas industriais. As condições existentes nas indústrias brasileiras foram cuidadosamente consideradas. Materiais e tipos de juntas não disponíveis ou difíceis de encontrar foram preteridos, enfocando-se, principalmente, aqueles mais comuns e de larga aplicação.

Este livro está dividido em capítulos que cobrem os seguintes temas:

- Projeto, Novas Constantes e Emissões Fugitivas.
- Materiais para Juntas Não-Metálicas.
- Juntas em Papelão Hidráulico.
- Juntas em PTFE.
- Materiais para Juntas Metálicas.
- Juntas Metalflex[®].
- Juntas Metalbest[®].
- Juntas Metálicas.
- Juntas Camprofile.
- Juntas para Isolamento de Flanges.
- Instalação e Causas de Vazamento.
- Fatores de conversão.
- Referências

As principais modificações desta Oitava Edição são:

- Revisão do Capítulo 7 com a introdução de testes de selabilidade para juntas Metalflex[®]
 - Alterações nas normas para qualificação de juntas para uso com água potável, produtos alimentícios e farmacêuticos (NSF e FDA).
 - Revisão do Capítulo 5 – Juntas em PTFE com o lançamento das juntas 28LS-LE para aplicações de baixo aperto e das juntas com a tecnologia patenteada Origin.
 - Revisão do Capítulo 11 – Juntas para Isolamento Elétrico com a introdução da juntas Electron[®] de tecnologia patenteada.
 - Novos exemplos de causas de vazamento foram adicionados no Capítulo 12.

O autor deseja receber comentários e sugestões que podem ser enviados para o email engenhariadeprodutos@teadit.com

Nota importante:

Os parâmetros de aplicação indicados neste livro são típicos. Para cada aplicação específica deverá ser realizado um estudo independente e uma avaliação de compatibilidade. Consulte-nos a respeito de recomendações para aplicações específicas. Um equívoco na seleção do produto mais adequado ou na sua aplicação pode resultar em danos materiais e/ou em sérios riscos pessoais, sendo que a Teadit não se responsabiliza pelo uso inadequado das informações constantes deste livro, nem por imprudência, negligência ou imperícia na sua utilização, colocando seus técnicos à disposição dos consumidores para esclarecer dúvidas e fornecer orientações adequadas em relação e aplicações específicas. As especificações deste livro estão sujeitas a mudanças sem prévio aviso, sendo que esta edição substitui todas as anteriores.

PROJETO

1. VAZAMENTO

Partindo do princípio da inexistência do “vazamento zero”, se uma junta está ou não vazando depende do método de medição ou do critério usado. Em certas aplicações, o índice de vazamento máximo pode ser, por exemplo, até uma gota de água por segundo. Em outras, pode ser o não aparecimento de bolhas de sabão quando o equipamento estiver submetido a uma determinada pressão. Condições mais rigorosas podem até exigir testes com espectrômetros de massa.

No estabelecimento de critério para medir o vazamento máximo admissível deve-se considerar:

- Fluido a ser vedado.
- Impacto para o meio ambiente, se o fluido escapar para a atmosfera.
- Perigo de incêndio ou explosão.
- Limites de Emissões Fugitivas.
- Outros fatores relevantes em cada situação.

Em aplicações industriais, é comum definir como “vazamento zero” um valor menor que um limite estabelecido de acordo as considerações acima. Os exemplos a seguir mostram alguns destes critérios.

O Jet Propulsion Laboratory do California Institute of Technology, parte da National Aeronautics and Space Administration (NASA)[1], define como vazamento zero para gases um valor menor que $1 \text{ cm}^3/\text{ano}$, quando o diferencial de pressão é de uma atmosfera. Como referência, podemos estabelecer que uma gota de fluido tem um volume médio 0.05 cm^3 . Serão, portanto, necessárias 20 gotas para fazer 1 cm^3 .

Com o advento do controle de Emissões Fugitivas através da Environment Protection Agency (EPA) [2] estabeleceu-se inicialmente o limite de 500ppm (partes por milhão) como o valor máximo admissível de vazamento de hidrocarbonetos em flanges. Este valor está sendo questionado como muito elevado e já existem requisitos para o máximo de 100 ppm [3].

Na Alemanha a Norma VDI 2440 [4] estabelece valores máximo de emissões para as refinarias de petróleo. Para juntas o valor é de $10^{-4} \text{ mbar} \cdot \text{l} / (\text{seg} \cdot \text{m})$ em temperatura ambiente estabelecido em teste específico com Hélio. A taxa de vazamento é um conceito relativo e, em situações críticas, deve ser criteriosamente estabelecida.

2. VEDAÇÃO

Se fosse econômica e tecnicamente viável a fabricação de flanges com superfícies planas e perfeitamente lapidadas, e se conseguíssemos manter estas superfícies em contato permanente, não necessitaríamos de juntas. Esta impossibilidade econômica e técnica é causada por:

- Tamanho do vaso e/ou dos flanges.
- Dificuldade em manter estas superfícies extremamente lisas durante o manuseio e/ou montagem do vaso ou tubulação.
- Corrosão ou erosão com o tempo das superfícies de vedação.

Para contornar esta dificuldade, as juntas são utilizadas como elemento de vedação. Uma junta, ao ser apertada entre as superfícies dos flanges preenche as imperfeições entre elas, proporcionando a vedação. Portanto, para conseguirmos uma vedação satisfatória, quatro fatores devem ser considerados:

- **Força de esmagamento inicial:** devemos prover uma forma adequada de esmagar a junta, de modo que ela preencha as imperfeições dos flanges. A pressão mínima de esmagamento é normalizada pela ASME (American Society of Mechanical Engineers) [5] e será mostrada a seguir neste capítulo. Esta pressão de esmagamento deve ser limitada para não destruir a junta por esmagamento excessivo.
- **Força de vedação:** deve haver uma pressão residual sobre a junta, de modo a mantê-la em contato com as superfícies dos flanges, evitando vazamentos.
- **Seleção dos materiais:** os materiais da junta devem resistir às pressões às quais a junta vai ser submetida e ao fluido vedado. A correta seleção de materiais será mostrada ao longo deste livro.
- **Acabamento superficial:** para cada tipo de junta e/ou material existe um acabamento recomendado para as superfícies de vedação. O desconhecimento destes valores é uma das principais causas de vazamentos.

3. FORÇAS EM UMA UNIÃO FLANGEADA

A figura 2.1 mostra as principais forças em uma união flangeada em uma tubulação ou equipamento pressurizado.

- **Força radial:** é originada pela pressão interna e tende a expulsar a junta.
- **Força de separação:** é também originada pela pressão interna e tende a separar os flanges. É também denominada força hidrostática.
- **Força dos estojos:** é a força total exercida pelo aperto dos estojos.
- **Força de vedação:** é a força que comprime os flanges contra a junta.

Inicialmente a força de vedação é igual à força dos estojos, após a pressurização do sistema é igual à força dos estojos menos a força de separação.

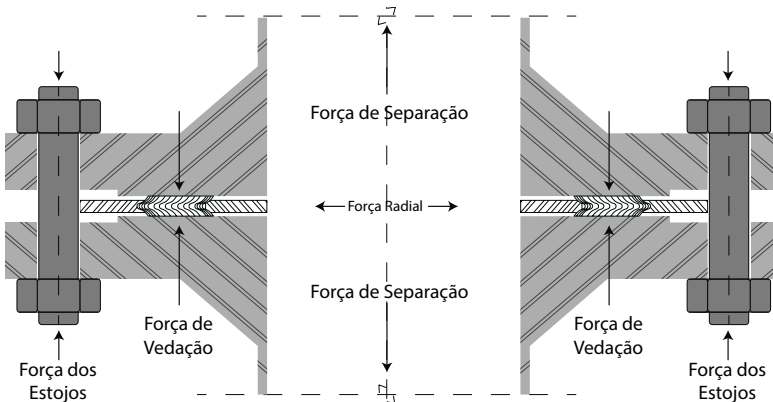


Figura 2.1

A força dos estojos, aplicada inicialmente sobre a junta, além de esmagá-la, deve:

- compensar a força de separação causada pela pressão interna.
- ser suficiente para manter uma força residual sobre a junta, evitando o vazamento do fluido.
- compensar o relaxamento da união flangeada que ocorrerá durante o tempo de serviço previsto.

Do ponto de vista prático, a pressão de esmagamento da junta deve ser “x” vezes a pressão do fluido, de modo a manter a vedação. O valor mínimo desta força pode ser calculado por vários métodos.

No Brasil o procedimento de projeto mais usado para o cálculo de flanges e juntas é o “Appendix 2 - Rules for Bolted Flange Connections with Ring Type Joints” do ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII [5]. Entretanto, este procedimento não leva em consideração diversas variáveis tais como a imprecisão de aplicação da força, relaxamento da junta e efeitos provocados por variações térmicas. Em paralelo com este cálculo é recomendável que o projetista verifique a integridade da união flangeada através da metodologia estabelecida no Appedix O do American Society of Mechanical Engineers ASME - PCC-1-2013 - Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Assembly [6].

Estudos mostram que quanto maior o aperto na junta melhor a selabilidade. Desta forma é recomendável que seja aplicado o maior aperto possível.

Os métodos de cálculo usados na Europa são diferentes [50, 51] do ASME e não serão mostrados neste livro em razão da sua pouca utilização no Brasil.

4. PROCEDIMENTO ASME

O “Appendix 2” estabelece os critérios para o projeto de juntas e flanges. O projeto de flanges não está no escopo deste livro. Para o cálculo da junta o procedimento está descrito a seguir. Este procedimento não deve ser aplicado para o cálculo de aperto de flanges normalizados. Neste caso devem ser usadas tabelas específicas que levam em consideração outros fatores conforme será mostrado ao longo deste livro.

O procedimento recomenda valores típicos das características das juntas “m” e “y”. Estes valores não são obrigatórios, o projetista tem a liberdade de usar valores

diferentes, sempre que os dados disponíveis indiquem esta necessidade.

Por ocasião da edição deste livro, os valores sugeridos no Apêndice 2 não haviam sido atualizados após a proibição do amianto na maioria dos países industrializados. Por esta razão é recomendável que o projetista consulte o fabricante da junta que pretende utilizar para obter as suas características.

É importante observar que não existe procedimento para a determinação de “m” e “y”. Por esta razão a Teadit desenvolveu procedimento próprio [7]. Os valores de “m” e “y” informados, neste livro, são baseados em testes de laboratório seguindo este procedimento e confirmados em aplicações práticas bem sucedidas.

O “Appendix 2”, requer que o cálculo de uma união flangeada seja realizado para duas condições independentes: de operação e de esmagamento.

Nota: o procedimento de cálculo mostrado a seguir deve ser usado sempre em unidades inglesas de medida.

4.1. CONDIÇÕES OPERACIONAIS

Esta condição determina uma força mínima, pela equação:

$$W_{m1} = (\pi G^2 P / 4) + (2 b \pi G m P)$$

Esta equação estabelece que a força mínima dos parafusos necessária para manter a vedação nas condições operacionais é igual à soma da força de pressão mais uma força residual sobre a junta, que é igual a um fator “m” vezes a pressão interna. Ou, interpretando de outra maneira, esta equação estabelece que a força mínima dos parafusos deve ser tal que sempre exista uma pressão residual sobre a junta maior que a pressão interna do fluido. O valor de “m” é informado pelo fabricante da junta. Quando não houver, o Código ASME sugere valores genéricos do fator “m” para diversos tipos de juntas. No capítulo específico de cada tipo de junta ao longo deste livro estão indicados os valores de “m” para as juntas de fabricação Teadit.

O valor de G é o diâmetro efetivo da junta usado para calcular as forças de reação da junta.

4.2. ESMAGAMENTO

Esta condição determina uma força mínima de esmagamento da junta, sem levar em conta a pressão de trabalho. Esta força é calculada pela fórmula:

$$W_{m2} = \pi b G y$$

onde “b” é definido como a largura efetiva da junta e “y” é o valor da pressão mínima de esmagamento, informado pelo fabricante da junta. Quando não houver, o Código ASME sugere valores genéricos de “y” para diversos tipos de juntas. No capítulo específico de cada tipo de junta ao longo deste livro estão indicados os valores de “y” para as juntas Teadit.

O valor de “b” é calculado por:

$$b = b_0 \text{ quando } b_0 \text{ for igual ou menor que } 1/4''$$

ou

$$b = 0.5 (b_0)^{0.5} \text{ quando } b_0 \text{ for maior que } 1/4''$$

O Código ASME também define como calcular os valores de G e b em função da face do flange, como mostrado na Tabela 2.1 e Figura 2.2.

4.3. ÁREA DE ESTOJOS

A área mínima dos estojos para atender as condições operacionais e de esmagamento da junta, A_m deve ser o maior valor entre A_{m1} e A_{m2} .

$$A_{m1} = W_{m1} / S_b$$

$$A_{m2} = W_{m2} / S_a$$

Onde S_b é a tensão admissível dos estojos na temperatura de operação e S_a é a tensão admissível nos estojos na temperatura ambiente. Os valores das tensões admissíveis podem ser encontrados nas tabelas do ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section II Part D [8].

$$A_m \geq A_{m1}$$

$$\text{se } A_{m2} > A_{m1} \text{ então } A_m = A_{m2}$$

4.4. FORÇA MÍNIMA PARA PROJETO

A força mínima para o projeto da junta (W) são os valores obtidos em 4.1 e 4.2.

Para as condições operacionais:

$$W = W_{m1}$$

Para o assentamento da junta:

$$W = (A_m + A_b) S_a / 2$$

O projeto dos flanges não está no escopo deste livro. O cálculo de acordo com o “Appendix 2” permite determinar as forças necessárias ao projeto do flange. Entretanto, para assegurar a vedação ao longo da vida prevista para o equipamento ou tubulação outras considerações são necessárias, conforme mostrado ao longo deste livro.

Tabela 2.1

Perfil da Superfície de Vedação	Largura Efetiva b_0
	$N / 2$
	$N / 2$
	$(w + T) / 2$ $(w + N) / 4$ máx
	$w / 8$

Localização de Força de Reação da Junta (H_G)

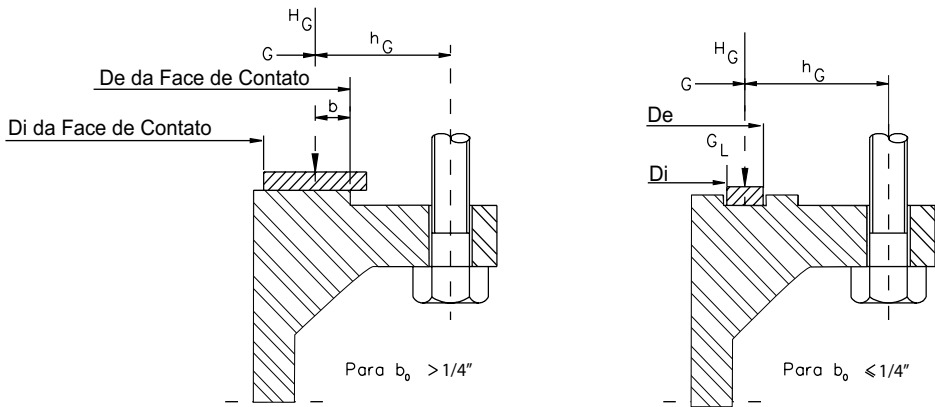


Figura 2.2

4.5. CÁLCULO DOS ESTOJOS

Os estojos devem ser dimensionados de modo que a soma de suas áreas A_b seja igual ou maior que A_m :

$$A_b \geq A_m$$

onde

$$A_b = (\text{número de estojos}) \times (\text{área resistiva do estajo})$$

$$A_{m1} = W_{m1} / S_b$$

$$A_{m2} = W_{m2} / S_a$$

$$A_b = A_{m1}$$

$$\text{Se } A_{m2} > A_{m1} \text{ então } A_b = A_{m2}$$

As áreas resistivas dos estojos imperiais e métricos estão nas Tabelas 12.1 e 12.2 do Capítulo 12.

5. FORÇA DE ESMAGAMENTO MÁXIMA

Para cada junta, possui um limite de esmagamento além do qual há uma deformação excessiva e, conseqüentemente, a junta perde as suas características de selabilidade. A força de esmagamento máxima, Wg_{\max} é obtida pela fórmula:

$$Wg_{\max} = Sg_{\max} A_g$$

onde

Sg_{\max} = tensão máxima de esmagamento da junta em temperatura ambiente

A_g = área de vedação da junta ou área de contato da junta com o flange. É calculada pela fórmula:

$$A_g = (\pi/4) (De^2 - Di^2)$$

onde

De = diâmetro externo de contato da junta com a superfície de vedação do flange.

Di = diâmetro interno de contato da junta com a superfície de vedação do flange.

A tensão de esmagamento máxima da junta em temperatura ambiente, Sg_{\max} é obtida experimentalmente e varia com material, dimensões e forma da junta. No capítulo específico de cada tipo de junta ao longo deste livro estão indicados os valores de Sg_{\max} para as juntas de fabricação Teadit.

6. RELAXAMENTO

Logo após a instalação e aperto dos estojos se dá início ao relaxamento [9], que consiste na gradual perda do aperto aplicado ao instalar a junta. Esta característica da união flangeada deve ser considerada de forma a assegurar o seu desempenho ao longo da campanha prevista para o equipamento ou tubulação. O relaxamento pode ser dividido em duas fases: o inicial, que ocorre logo após a instalação e o ao longo do tempo de serviço da junta. O relaxamento inicial é causado principalmente pelo escoamento da junta ao preencher as irregularidades entre os flanges. Em escala menor as roscas dos estojos e porcas também sofrem um pequeno relaxamento. Os procedimentos de instalação recomendam o reaperto ao colocar o sistema em operação.

Estudos recentes mostram que em muitas aplicações críticas o aperto em temperatura ambiente pode não ser suficiente para assegurar a selabilidade do sistema. Para estas situações foram desenvolvidas técnicas de reaperto à quente realizado ao colocar o sistema em operação [10, 11]. O gráfico da Figura 2.3 mostra o relaxamento de juntas metálicas em testes de laboratório. Pode ser observado que a perda de aperto pode chegar a valores até 25% do aperto inicial e o resultado do reaperto a frio e a quente bem como a maior eficiência deste último.

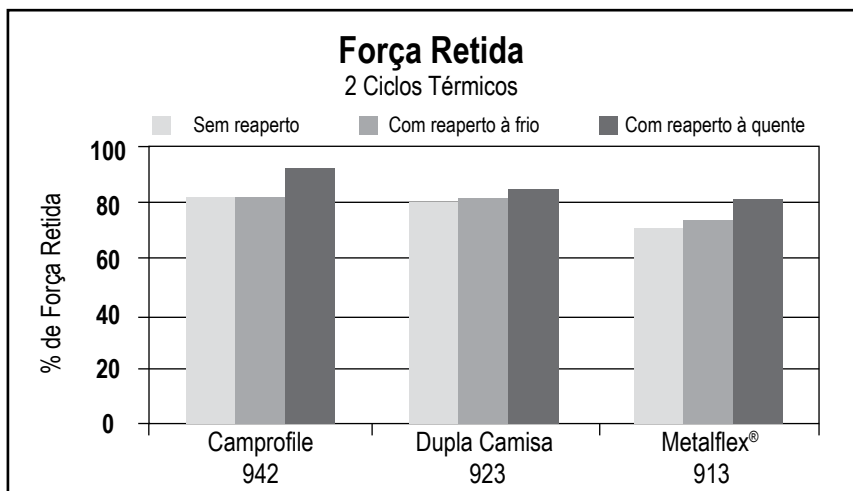


Figura 2.3

O relaxamento ao longo do tempo de serviço da junta ocorre principalmente em sistemas que operam em temperaturas elevadas ou com ciclos térmicos frequentes. Dependendo do tipo de junta, da temperatura de operação e da frequência dos ciclos térmicos os efeitos podem levar meses ou mesmo anos antes de ocorrer o vazamento da união flangeada. Um exemplo deste relaxamento é causado pela oxidação do Grafite Flexível em temperaturas elevadas.

O gráfico da Figura 2.4 mostra o relaxamento de uma junta Dupla Camisa ao longo de 17 meses. Este estudo foi realizado por David Reeves na refinaria da Chevron Corp. em El Segundo, Califórnia, USA, que gentilmente autorizou a sua publicação neste livro. Na parte inicial do gráfico podemos observar o relaxamento inicial e o reaperto à quente logo após o início da operação. Em seguida a contínua perda de aperto até a desmontagem da junta quando havia apenas 45% do aperto inicial.

Em sistemas sujeitos a este tipo de relaxamento sugere-se a aplicação de um aperto inicial o mais elevado possível, como mostrado na figura, para evitar um eventual vazamento durante a campanha prevista para o equipamento. Outros recursos tais como “molas prato” ou parafusos mais longos podem ser empregados como mostrado no Capítulo 12 deste livro.

A fração de relaxamento da junta, ϕ_g , que é obtida experimentalmente, indica qual o valor da tensão retida na junta após o relaxamento. Para cada tipo e material da junta há um valor para esta característica que pode variar de 0.90 a 0.50. Um valor típico médio de 0.70 pode ser considerado quando não houver o valor específico determinado.

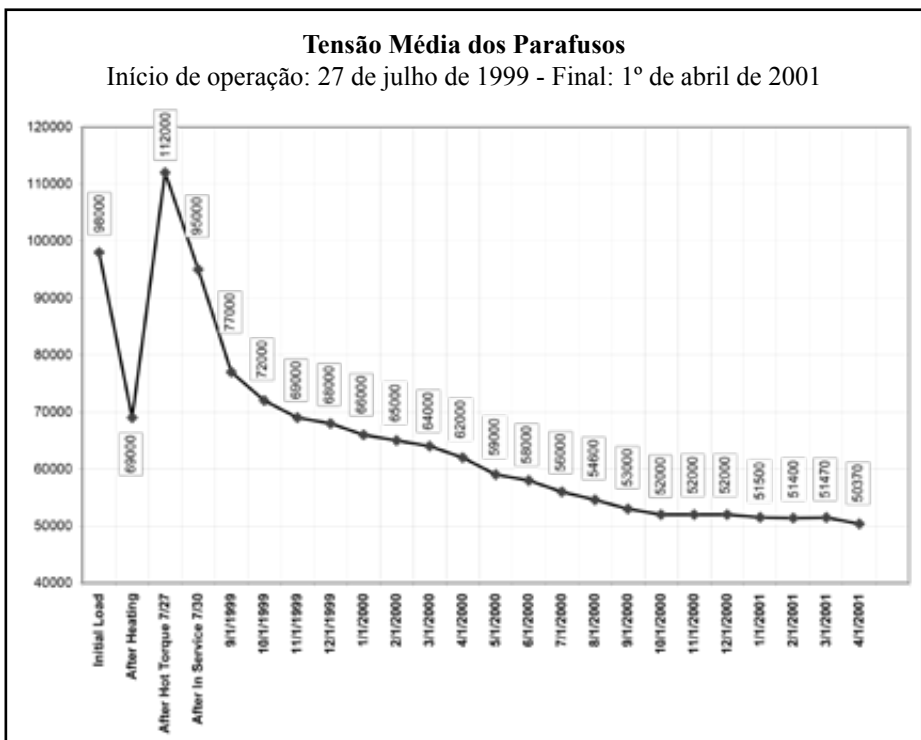


Figura 2.4

7. TENSÃO MINIMA DE OPERAÇÃO DA JUNTA

Como já mostrado, o aperto inicialmente aplicado na junta é reduzido pelo relaxamento. Um redução adicional ocorre quando há a pressurização do equipamento ou tubulação, é provocada pela força de pressão do fluido, que tende a separar os flanges. A tensão mínima durante a operação $S_{g_{min-0}}$ é determinada experimentalmente, este é o valor mínimo de aperto na junta que deve ser mantido durante a operação para que não haja vazamento.

8. DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE INSTALAÇÃO

A força de instalação da junta (Figura 2.5) deve ser estabelecida levando-se em consideração a junta, flange e parafusos conforme mostrado no procedimento a seguir, que adota a metodologia introduzida no Apêndice-O do ASME-PCC-1-2013.

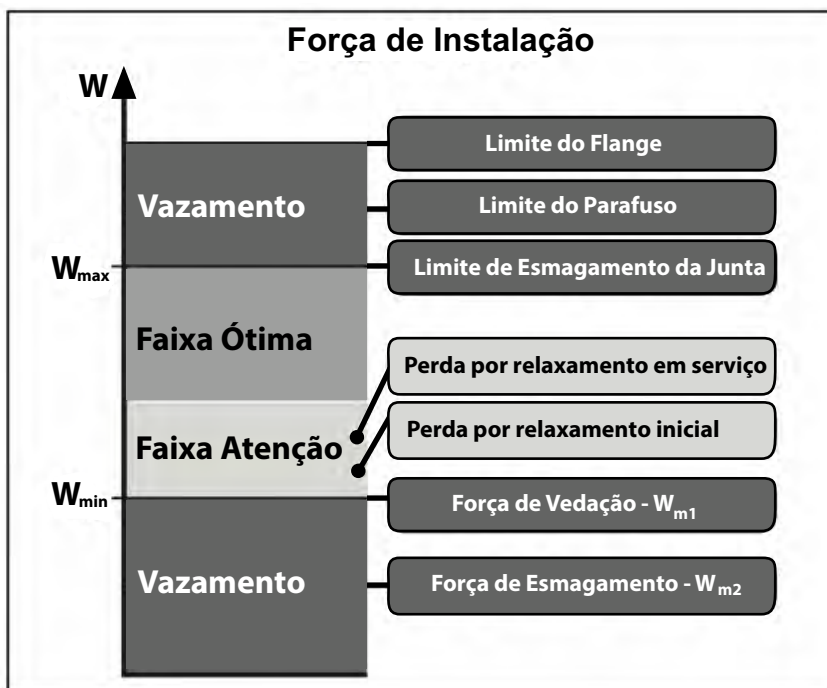


Figura 2.5

Conforme recomendado no ASME - PCC-1- 2013 as seguintes verificações são necessárias para assegurar uma vedação adequada ao longo da vida útil prevista para o equipamento ou tubulação.

Aperto mínimo para manter a vedação: o aperto efetuado na instalação da junta deve ser suficiente para assentar adequadamente a junta, compensar os relaxamentos e a força de pressão.

Limite da junta: durante a instalação o aperto não deve danificar a junta ultrapassando do seu limite de esmagamento Sg_{max} .

Limite do estojo: a tensão aplicada nos estojos deve ser menor que seu limite de escoamento.

Limite do flange: o aperto aplicado não deve provocar rotação excessiva ou deformação permanente no flange.

Para efetuar o cálculo de aperto considerando as recomendações do ASME - PCC-1-2013 é necessário o conhecimento das seguintes propriedades dos flanges, junta e estojos:

Rotação máxima permissível do flange ($\theta_{g_{max}}$): durante a instalação a rotação do flange deve ser menor do que o valor máximo permissível para a junta que está sendo instalada. O valor da rotação máxima admissível pela junta é obtido experimentalmente. Por ocasião da edição deste livro não havia procedimento aprovado para determinar esta propriedade. Na falta de valor específico o valor genérico de 1.0 grau é frequentemente usado.

Tensão admissível máxima nos estojos (Sb_{max}): o valor de tensão máxima nos estojos deve ser determinado de modo que não haja dano na junta, flange e no próprio estojo. Este valor deve levar em consideração o método que será usado para aplicar o aperto conforme mostrado no Capítulo 12 deste livro. Recomenda-se que este valor seja entre 40% e 70% do limite de escoamento do estojo. Valores maiores que 70% podem ser empregados desde que haja controle preciso da tensão nos estojos.

Tensão admissível mínima nos estojos (Sb_{min}): o valor de tensão mínima nos estojos deve ser determinado de modo que não haja o comprometimento da vedação por falta de aperto. Este valor também deve levar em consideração o método que será usado para aplicar o aperto conforme mostrado no Capítulo 12 deste livro. Recomenda-se que este valor seja entre 20% e 40% do limite de escoamento do estojo.

Tensão admissível máxima nos estojos em relação ao flange (Sf_{max}): o valor de tensão máxima nos estojos que pode ser aplicada sem que os flanges sejam danificados. Este valor é calculado usando as equações do código ASME Apêndice 2 ou através de técnicas de análises de elementos finitos. Durante este cálculo pode ser também obtida a rotação do flange ($\theta_{f_{max}}$) na tensão máxima dos estojos.

Tensão mínima de esmagamento de instalação (Sg_{min-s}): valor é obtido experimentalmente baseado na área de vedação da junta. É a tensão mínima que a junta deve ser instalada de modo que haja um adequado assentamento.

Tensão mínima de esmagamento da junta durante a operação (Sg_{min-o}): é o valor mínimo da tensão sobre a junta para assegurar a selabilidade durante a operação. Este valor é determinado experimentalmente.

Tensão máxima de instalação da junta (Sg_{max}): é o valor máximo da tensão na temperatura ambiente que não danifica a junta durante a instalação. Este valor é determinado experimentalmente.

Tensão de esmagamento de instalação (Sg_r): o valor de instalação do aperto da junta, deve ser o mais alto possível de modo a assegurar que o relaxamento não comprometa a vedação ao longo da vida útil do equipamento.

Fração de relaxamento da junta (ϕ_g): é a fração do aperto na junta remanescente após o relaxamento. Este valor é determinado experimentalmente.

Uma vez determinados estes valores limites calcula-se a tensão de instalação dos estojos (Sb_{sel}) e a verificação do conjunto seguindo a seguinte metodologia:

1. Calculo da tensão de instalação dos estojos - Sb_{sel} :

$$Sb_{sel} = Sg_r (A_g / (n_p A_b))$$

onde n_p é o número de estojos do flange e A_b é a área resistiva de cada estojo, A_g é a área da junta em contato com a superfície de vedação do flange.

2. Verificação do limite superior do estojo:

$$\text{Se } Sb_{sel} \text{ for maior que } Sb_{max} \text{ então } Sb_{sel} = Sb_{max}$$

3. Verificação do limite inferior do estojo:

$$\text{Se } Sb_{sel} \text{ for menor que } Sb_{min} \text{ então } Sb_{sel} = Sb_{min}$$

4. Verificação do limite do flange:

$$\text{Se } Sb_{sel} \text{ for maior que } Sf_{max} \text{ então } Sb_{sel} = Sf_{max}$$

5. Verificação da tensão de esmagamento de instalação:

$$Sb_{sel} \geq Sg_{min-s} (A_g / (A_b n_p))$$

6. Verificação da tensão mínima de operação da junta:

$$Sb_{sel} \geq ((Sg_{min-o} A_g) + ((\pi / 4) P Di^2)) / (\phi_g A_b n_p)$$

7. Verificação do esmagamento máximo da junta:

$$Sb_{sel} \leq Sg_{max} (A_g / (A_b n_p))$$

8. Verificação do limite de rotação do flange:

$$Sb_{sel} \leq Sf_{max} (\theta g_{max} / \theta f_{max})$$

Se alguma das verificações de 5 a 8 acima não for satisfatória é necessário uma análise do conjunto para determinar onde está a limitação e qual a possível solução ou soluções para a aplicação em estudo.

No trabalho experimental ASME PVP 2014 - Determination of ASME PCC-1-2010 Appendix-O Gasket Parameters [49] é proposto método para determinação das propriedades das juntas e permitir as verificações de acordo com o ASME PCC1-2013 Apêndice O. Os valores obtidos neste estudo experimental serão usados ao longo deste livro nos capítulos específicos de cada junta.

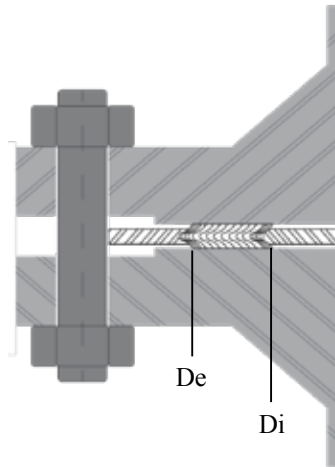


Figura 2.6

9. EXEMPLO DE CÁLCULO E INSTALAÇÃO PELOS PROCEDIMENTOS ASME E PCC-1

A seguir exemplo de cálculo de aperto seguindo as recomendações do Apêndice-O do PCC-1-2013 para junta conforme mostrada na Figura 2.6.

Pressão de projeto: 800 psi (55 bar)

Temperatura de projeto: 750 °F (400°C)

Características do flange e dos estojos:

Tipo de flange: RF com rugosidade da superfície de vedação de 3.2 μm

Material do flange: ASTM A105 (aço carbono forjado)

Tensão admissível máxima nos estojos em relação ao flange ($S_{f_{max}}$): 84000 psi

Rotação do flange na tensão máxima dos parafusos ($\theta_{f_{max}}$): 0.39°

Número de estojos (n_p): 12

Diâmetro dos estojos (D_s): 1 1/8 polegadas

Área resistiva dos estojos (A_b): 0.7276 pol²

Material dos estojos: ASTM A 193 B7

Tensão de escoamento do material dos estojos em temperatura ambiente (S_y): 105000 psi

Tensão máxima permissível nos estojos ($S_{b_{max}}$): 70% da tensão de escoamento = 73500 psi

Tensão mínima permissível nos estojos ($S_{b_{min}}$): 20% da tensão de escoamento = 21000 psi

Tensão admissível nos estojos na temperatura ambiente (S_a): 25000 psi

Tensão admissível nos estojos na temperatura de operação (S_o): 23600 psi

Características da junta:

Tipo: junta espiralada em aço inoxidável e enchimento em grafite flexível

Diâmetro externo de contato com o flange (D_e) = 8.19 pol

Diâmetro interno de contato com o flange (D_i) = 6.85 pol

$m = 3$

$y = 10\,000$ psi

Tensão mínima de esmagamento de instalação ($S_{g_{min-s}}$): 10 000 psi

Tensão mínima de esmagamento da junta durante a operação ($S_{g_{min-o}}$): 3900 psi

Tensão máxima de esmagamento da junta ($S_{g_{max}}$) = 43000 psi

Tensão de esmagamento de instalação (S_{g_I}): 35000 psi

Fração de relaxamento da junta (ϕ_g): 0.80

Rotação máxima permissível do flange ($\theta_{g_{max}}$): 1°

Cálculo da força de aperto mínima requerida nos estojos conforme ASME VIII
Divisão 1 Apêndice 2:

Largura da junta em contato com o flange:

$$N = (D_e - D_i) / 2 = (8.19 - 6.85) / 2 = 0.67 \text{ pol}$$

Largura base de assentamento da junta:

$$b_0 = N / 2 = 0.670 / 2 = 0.335 \text{ pol}$$

Largura efetiva da junta:

$$b = 0.5 (b_0)^{0.5} = 0.5 (0.335)^{0.5} = 0.2894 \text{ pol}$$

Diâmetro efetivo da junta:

$$G = (D_e - 2b) = (8.19 - 2 \times 0.2894) = 7.6112 \text{ pol}$$

Força mínima de projeto na pressão e temperatura de operação:

$$W_{m1} = (\pi G^2 P / 4) + (2b \pi G m P)$$
$$W_{m1} = (\pi \times 7.6112^2 \times 800 / 4) + (2 \times 0.2894 \times \pi \times 7.6112 \times 3 \times 800) = 69\,614 \text{ lbf}$$

Força mínima para assentar a junta:

$$W_{m2} = \pi b G y$$
$$W_{m2} = \pi \times 0.2894 \times 7.6112 \times 10000 = 69199 \text{ lbf}$$

Força mínima de aperto:

$$W_m = \text{maior valor entre } W_{m1} \text{ e } W_{m2}$$
$$W_m = 69614 \text{ lbf}$$

Cálculo da área mínima dos estojos:

Área mínima na temperatura de operação:

$$A_{m1} = W_{m1} / S_b$$

$$A_{m1} = 69614 / 23600 = 2.9497 \text{ pol}^2$$

Área mínima na temperatura de instalação (ambiente);

$$A_{m2} = W_{m2} / S_a$$

$$A_{m2} = 69199 / 25000 = 2.7680 \text{ pol}^2$$

Área mínima dos estojos:

$$A_m = \text{maior valor entre } A_{m1} \text{ e } A_{m2}$$

$$A_m = 2.9497 \text{ pol}^2$$

Verificação da área mínima dos estojos:

$$A_b \geq A_m$$

onde

$$A_b = (\text{número de estojos}) \times (\text{área resistiva do estojo}) = n_p \times A_p$$

$$A_b = 12 \times 0.7276 = 8.7312 \text{ pol}^2$$

portanto, a condição $A_b \geq A_m$ está atendida.

Verificações de acordo com o PCC-1-2013 - Apêndice O:

Cálculo de Sb_{sel} :

$$Sb_{sel} = Sg_T (A_g / (n_p A_b))$$

$$Sb_{sel} = 35000 \times 15.8286 / (12 \times 0.7276) = 63450 \text{ psi}$$

Verificação do limite superior do estojo:

$$Sb_{sel} = \text{menor valor entre } Sb_{sel} (63450) \text{ e } Sb_{max} (73500)$$

$$Sb_{sel} = 63450 \text{ psi}$$

Verificação do limite inferior do estojo:

$$Sb_{sel} = \text{maior valor entre } Sb_{sel} (63450) \text{ e } Sb_{min} (21000)$$

$$Sb_{sel} = 63450 \text{ psi}$$

Verificação do limite do flange:

$$\begin{aligned}Sb_{sel} &= \text{menor valor entre } Sb_{sel} (63450) \text{ e } Sf_{max} (84000) \\Sb_{sel} &= 63450 \text{ psi}\end{aligned}$$

Verificação da tensão de esmagamento de instalação:

$$\begin{aligned}Sb_{sel} &\geq Sg_{min-S} (A_g / (A_b n_p)) \\Sb_{sel} &= 63450 \text{ psi} \\Sg_{min-S} A_g / (A_b n_p) &= 10000 \times 15.8286 / (12 \times 0.7276) = 18128 \text{ psi}\end{aligned}$$

portanto, a condição está atendida

Verificação da tensão mínima de operação da junta:

$$\begin{aligned}Sb_{sel} &\geq ((Sg_{min-o} A_g) + ((\pi / 4) P Di^2)) / (\phi_g A_b n_p) \\Sb_{sel} &= 63450 \text{ psi} \\((Sg_{min-o} A_g) + ((\pi / 4) P Di^2)) / (\phi_g A_b n_p) &= \\&= ((3900 \times 15.8286) + ((\pi / 4) \times 800 \times 6.85^2)) / (0.80 \times 0.7276 \times 12) = 13059 \text{ psi}\end{aligned}$$

portanto, a condição está atendida

Verificação do esmagamento máximo da junta:

$$\begin{aligned}Sb_{sel} &\leq Sg_{max} (A_g / (A_b n_p)) \\Sb_{sel} &= 63450 \text{ psi} \\Sg_{max} A_g / (A_b n_p) &= 43000 \times 15.8286 / (0.7276 \times 12) = 77953 \text{ psi}\end{aligned}$$

portanto, a condição está atendida

Verificação do limite de rotação do flange:

$$\begin{aligned}Sb_{sel} &\leq Sf_{max} (\theta g_{max} / \theta f_{max}) \\Sb_{sel} &= 63450 \text{ psi} \\Sf_{max} (\theta g_{max} / \theta f_{max}) &= 84000 (1 / 0.39) = 215384 \text{ psi}\end{aligned}$$

portanto, a condição está atendida

O valor de Sb_{sel} , 63 450 psi neste exemplo, é usado para calcular o torque ou a força dos tensionadores hidráulicos para a instalação conforme detalhado no Capítulo 12 deste livro.

10. ACABAMENTO SUPERFICIAL

Para cada tipo de junta existe um acabamento recomendado para a superfície do flange. A norma ASME PCC-1-2013, recomenda acabamentos para diversos tipos de juntas.

Como regra geral, é necessário que a superfície seja ranhurada para as juntas não metálicas. Juntas metálicas exigem acabamento liso e as semi-metálicas ligeiramente áspero. A razão para esta diferença é que as juntas não-metálicas precisam ser “mordidas” pela superfície de vedação, evitando, deste modo, uma extrusão ou a expulsão da junta pela força radial.

No caso das juntas metálicas sólidas, é necessário uma força muito elevada para “escoar” o material nas imperfeições do flange. Assim, quanto mais lisa a superfície, menores serão as possibilidades de vazamento.

As juntas espiraladas Metalflex[®] requerem um pouco de rugosidade superficial para evitar o “deslizamento” sob pressão.

O tipo da junta vai, portanto, determinar o acabamento da superfície de vedação, não existindo um acabamento único para atender aos diversos tipos de juntas.

O material da junta deve ter dureza sempre menor do que o do flange, de modo que o esmagamento seja sempre na junta, mantendo o acabamento superficial do flange inalterado.

10.1. ACABAMENTOS COMERCIAIS DAS FACES DOS FLANGE

As superfícies dos flanges podem variar do acabamento bruto de fundição até o lapidado. Entretanto, o acabamento mais encontrado comercialmente para flanges em aço é o ranhurado concêntrico ou em espiral fonográfica, conforme mostrado na Figura 2.7. Ambas são usinadas com ferramentas com, no mínimo, 1.6 mm (1/16”) de raio e 45 a 55 ranhuras por polegada. Este acabamento deve ter de 3.2 μm (125 μpol) R_a a 6.3 μm (250 μpol) R_a .

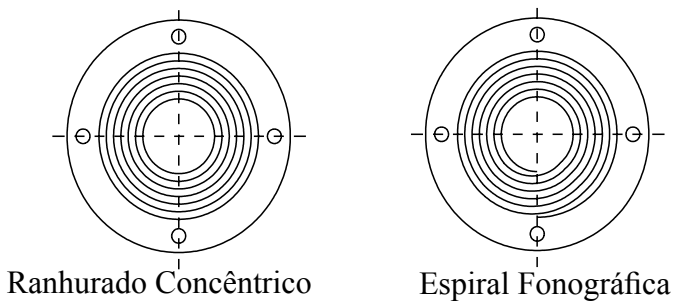


Figura 2.7

10.2. ACABAMENTOS RECOMENDADOS

A Tabela 2.2 indica o tipo de acabamento recomendado pela Teadit para os tipos de juntas industriais mais usados. De acordo com a MSS SP-6 Standard Finishes for Contact of Pipe Flanges and Connecting-End Flanges of Valves and Fittings [53], o valor R_a (Roughness Average) está expresso em micro-metros (μm) e em micro-polegadas (μpol). Deve ser avaliado por comparação visual com os padrões R_a da Norma ASME B46.1[44] e não por instrumentos com estilete e amplificação eletrônica.











10.3. ACABAMENTO SUPERFICIAL E SELABILIDADE

A seguir, estão algumas regras que devem ser observadas ao compatibilizar o acabamento superficial com o tipo de junta:

- O acabamento superficial tem grande influência na selabilidade.
- Uma força mínima de esmagamento deve ser atingida para fazer escoar a junta nas irregularidades da superfície do flange. Uma junta macia (PTFE Expandido) requer uma força de esmagamento menor que uma mais rígida (Papelão Hidráulico).
- A força de esmagamento é proporcional à área de contato da junta com o flange. Ela pode ser reduzida diminuindo-se a largura da junta ou sua área de contato com o flange.
- Qualquer que seja o tipo de junta ou de acabamento é importante não haver riscos ou marcas radiais de ferramentas na superfície de vedação. Estes riscos radiais são muito difíceis de vedar e, quando a junta usada é metálica, isso se torna quase impossível.
- As ranhuras fonográficas são mais difíceis de vedar que as concêntricas. A junta, ao ser esmagada, deve escoar até o fundo da ranhura, para não permitir um “canal” de vazamento de uma extremidade a outra da espiral.
- Como os materiais possuem durezas e limites de escoamento diferentes, a escolha do tipo de acabamento da superfície do flange vai depender fundamentalmente do material da junta e vice-versa.

Acabamento da Superfície de Vedação dos Flanges

Tabela 2.2

DESCRIÇÃO DA JUNTA	Plana não-metálica		Metálica corrugada com revestimento não-metálico	Metalflex® (espiral)	Metalbest® (dupla camisa metálica)	Camprofile Metálica (ranhurada com cobertura)	Ring-Joint metálico	
	1/16"	>1/16"						
TIPO TEADIT	810 / 820		905	911 / 913 / 913M / 914	923 / 927	942	950 / 951 RX / BX	
SEÇÃO TRANSVERSAL					923  927 		950  951  RX  BX 	
ACABAMENTO SUPERFICIAL R _a	μ m	3.2 a 6.4	3.2 a 13	3.2 a 6.4	2.0 a 6.4	2.5 máximo	3.2 a 6.4	1.6
	μ pol	125 a 250	125 a 500	125 a 250	80 a 250	100 máximo	125 a 250	63

11. TIPOS DE FACES DE VEDAÇÃO DOS FLANGES

Embora o projeto de flanges esteja além do objetivo deste livro, nas figuras a seguir estão mostradas as combinações mais usadas das possíveis faces dos flanges.

11.1. FACE PLANA

Junta não confinada (Figura 2.8). As superfícies de contato de ambos os flanges são planas. A junta pode ser do tipo RF, indo até os estojos, ou FF, cobrindo toda a superfície de contato. Normalmente usados em flanges de materiais frágeis por isso não se recomenda o uso de juntas do tipo RF (lado direito da Figura 2.8) para evitar a rotação ou trinca dos flanges.

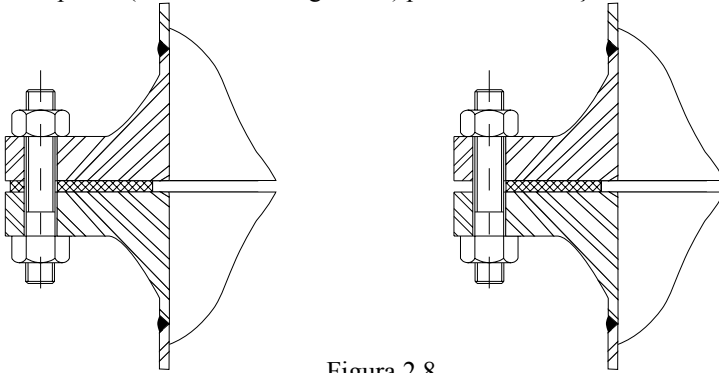


Figura 2.8

11.2. FACE RESSALTADA

Junta não confinada (Figura 2.9). As superfícies de contato são ressaltadas de 1.6 mm ou 6.4 mm. A junta abrange normalmente até os estojos. Permite a colocação e retirada da junta sem afastar os flanges, facilitando eventuais trabalhos de manutenção. É o tipo mais usado em tubulações.

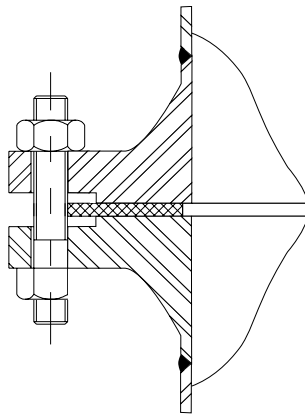


Figura 2.9

11.3. FACE LINGUETA E RANHURA

Junta totalmente confinada (Figura 2.10). A profundidade da ranhura é igual ou um pouco maior que a altura da lingueta. A ranhura é cerca de 1.6 mm mais larga que a lingueta. A junta tem, normalmente, a mesma largura da lingueta. É necessário afastar os flanges para a colocação da junta. Este tipo de flange produz elevadas pressões sobre a junta, não sendo recomendado para juntas não metálicas.

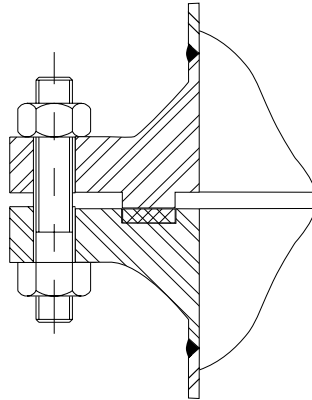


Figura 2.10

11.4. FACE MACHO E FÊMEA

Junta semi-confinada (Figura 2.11). O tipo mais comum é o da esquerda. A profundidade da fêmea é igual ou menor que a altura do macho, para evitar a possibilidade de contato direto dos flanges quando a junta é comprimida. O diâmetro externo da fêmea é até de 1.6 mm maior que o do macho. Os flanges devem ser afastados para montagem da junta. Nas figuras da direita e esquerda a junta está confinada no diâmetro externo; na figura do centro, no diâmetro interno.

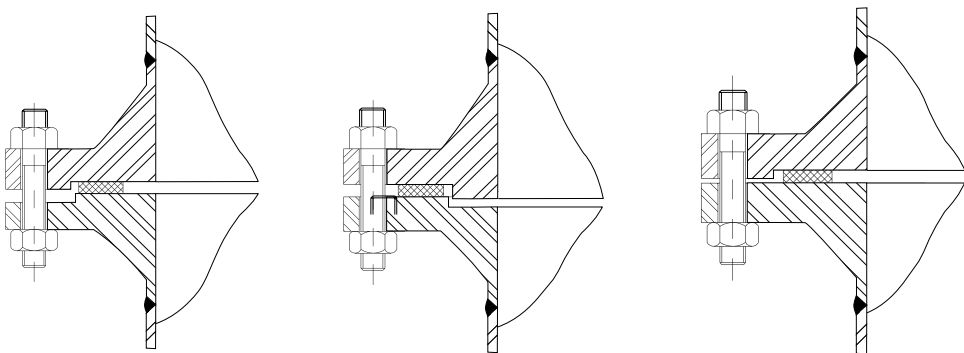


Figura 2.11

11.5. FACE PLANA E RANHURA

Junta totalmente confinada (Figura 2.12). A face de um dos flanges é plana e a outra possui uma ranhura onde a junta é encaixada. Usadas em aplicações onde a distância entre os flanges deve ser precisa. Quando a junta é esmagada, os flanges encostam. Somente as juntas de grande resiliência podem ser usadas neste tipo de montagem. Juntas espiraladas, O-rings metálicos não sólidos, juntas ativadas pela pressão, de dupla camisa com enchimento metálico e Camprofile são as mais indicadas.

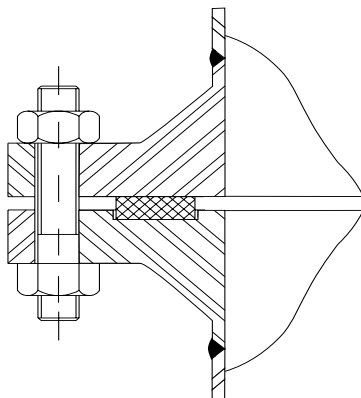


Figura 2.12

11.6. FACE PARA RING-JOINTS

Também chamado anel API (Figura 2.13). Ambos os flanges possuem canais com paredes em ângulo de 23° . A junta é de metal sólido com perfil oval ou octogonal, que é o mais eficiente.

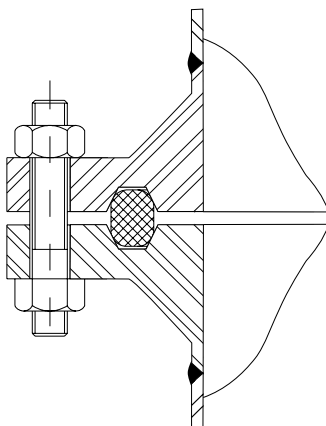


Figura 2.13

12. AS NOVAS CONSTANTES DE JUNTAS

Tradicionalmente os cálculos de flanges e juntas de vedação usam as fórmulas e valores indicados pela American Society of Mechanical Engineers (ASME), conforme mostrado no início deste Capítulo.

A Seção VIII do Pressure Vessel and Boiler Code, publicado pela ASME, indica os valores da pressão mínima de esmagamento “y” e do fator de manutenção “m” para os diversos tipos de juntas. Estes valores foram determinados a partir de trabalho experimental em 1943.

Com a introdução no mercado de juntas fabricadas a partir de novos materiais, como o grafite flexível (Graflex®), fibras sintéticas e PTFE, tornou-se necessário a determinação dos valores de “m” e “y” para estes materiais. Em 1974 foi iniciado pelo Pressure Vessel Research Committee (PVRC) um programa experimental para melhor entender o comportamento de uma união flangeada, já que não havia nenhuma teoria analítica que permitisse determinar este comportamento. O trabalho foi patrocinado por mais de trinta instituições, entre elas a ASME, American Petroleum Institute (API), American Society for Testing Materials (ASTM) e Fluid Sealing Association (FSA). A Escola Politécnica da Universidade de Montreal, Canadá, foi contratada para realizar os testes, apresentar resultados e sugestões.

No decorrer do trabalho verificou-se não ser possível a determinação de valores de “m” e “y” para os novos materiais sem que fosse associado um nível de vazamento. Os pesquisadores optaram por desenvolver, a partir da base experimental, nova metodologia para o cálculo de juntas que fosse coerente com os resultados práticos então obtidos. As informações aqui mostradas são baseadas em trabalhos divulgados em congressos ou publicações especializadas e se usadas para cálculo devem ser feitas com o devido cuidado que este tipo de informação requer.

Foram escolhidos para a pesquisa juntas que melhor representassem as aplicações industriais:

- Metálicas: planas (940) e ranhuradas (941) em aço carbono, cobre recozido e aço inox.
- O’ring metálico.
- Papelão hidráulico: elastômero SBR e NBR, fibras de amianto, aramida e vidro.
- Grafite flexível em lâmina com e sem inserção metálica.
- PTFE em lâmina.
- Espirais (913) em aço inoxidável e enchimento em amianto, mica-grafite, grafite flexível e PTFE.
- Dupla camisa metálica (923) em aço carbono e inoxidável, enchimento em amianto e sem-amianto.

As juntas foram testadas em vários aparelhos, um deles está esquematizado na Figura 2.14.

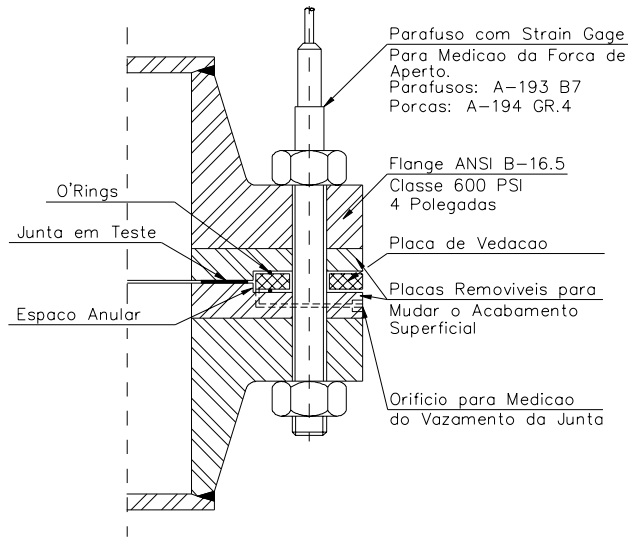


Figura 2.14

Foram realizados ensaios em três pressões, 100, 200 e 400 psi com nitrogênio, hélio, querosene e água.

Os testes tiveram a seguinte sequência:

- Esmagamento inicial da junta, parte A da curva da Figura 2.15: a junta é apertada até atingir uma compressão S_g e deflexão D_g . Mantendo S_g constante a pressão é elevada até atingir 100 psi. Neste instante o vazamento L_{mm} é medido. O mesmo procedimento é repetido para 200 e 400 psi.
- Em seguida o aperto da junta é reduzido (parte B da curva) mantendo a pressão do fluido constante em 100, 200 e 400 psi, o vazamento é medido em intervalos regulares. O aperto é reduzido até o vazamento exceder a capacidade de leitura do aparelho.

A junta é novamente comprimida até atingir valor mais elevado de S_g , repetindo o procedimento até atingir o esmagamento máximo recomendado para a junta em teste.

Se a pressão do fluido for colocada em função do vazamento em massa para cada valor da pressão de esmagamento temos o gráfico da Figura 2.16.

Em paralelo foram também realizados ensaios para determinar o efeito do acabamento da superfície de vedação. Conclui-se que, embora ele afete a selabilidade, outros fatores, como o do tipo de junta, o esmagamento inicial e a capacidade da junta em resistir as condições operacionais são mais importantes que pequenas variações no acabamento da superfície de vedação.

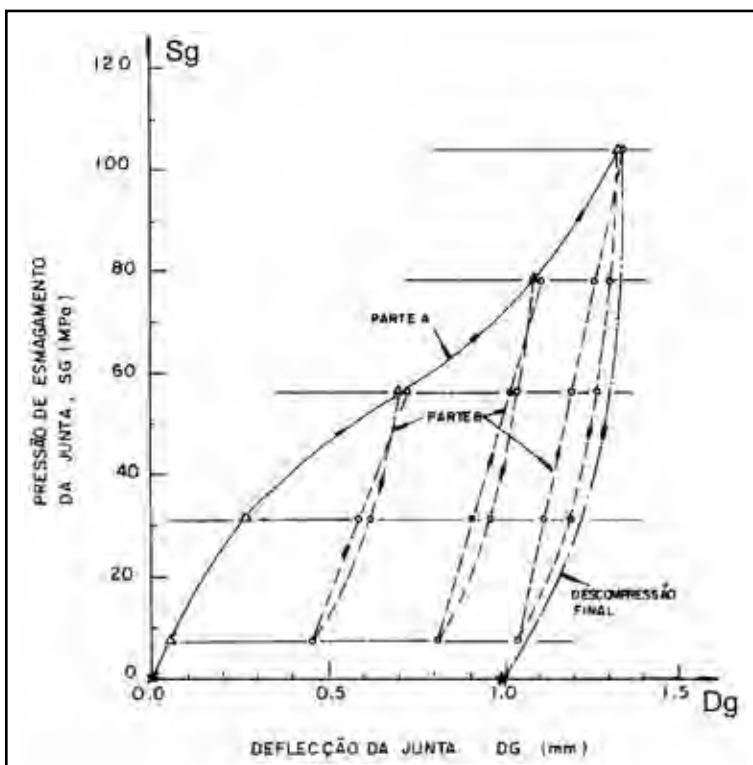


Figura 2.15

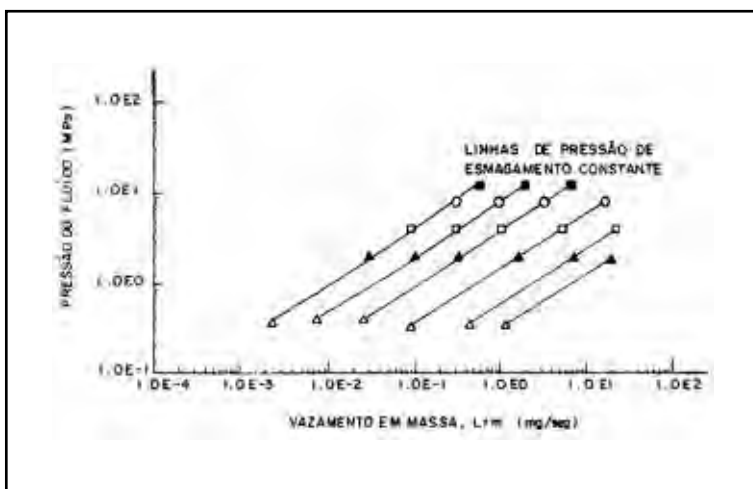


Figura 2.16

Dos trabalhos experimentais realizados pela Universidade de Montreal foram tiradas várias conclusões entre as quais destacam-se:

- As juntas apresentam um comportamento similar não importando o tipo ou material.
- A selabilidade é uma função direta do aperto inicial a que a junta é submetida. Quanto maior este aperto melhor a selabilidade.
- Foi sugerido a introdução do Parâmetro de Aperto (Tightness Parameter) T_p , adimensional, como a melhor forma de representar o comportamento dos diversos tipos de juntas.

$$T_p = (P/P^*) \times (L_{m^*}/(L_m \times D_t))^a$$

onde:

$0.5 < a < 1.2$ sendo 0.5 para gases e 1.2 para líquidos

P = pressão interna do fluido (MPa)

P^* = pressão atmosférica (0.1013 MPa)

L_m = vazamento em massa por unidade de diâmetro (mg/seg-mm)

L_{m^*} = vazamento em massa de referência, 1 mg/seg-mm. Normalmente tomado para uma junta com 150mm de diâmetro externo.

D_t = diâmetro externo da junta (mm)

O Parâmetro de Aperto pode ser interpretado como: a pressão necessária para provocar um certo nível de vazamento. Por exemplo, o valor de T_p igual a 100 significa que é necessário uma pressão de 100 atmosferas (1470 psi ou 10.1 MPa) para atingir um vazamento de 1 mg/seg-mm em uma junta com 150mm de diâmetro externo.

Colocando em escala log-log os valores experimentais do Parâmetro de Aperto temos o gráfico da Figura 2.17.

Do gráfico podemos estabelecer as “Constantes da Junta”, que, obtidas experimentalmente, permitem determinar o comportamento da junta. As constantes são:

- G_b = ponto de interseção da linha de esmagamento inicial com o eixo y (parte A do teste).
- a = inclinação da linha de esmagamento inicial.
- G_s = ponto focal das linhas de alívio da pressão de esmagamento inicial (parte B do teste).

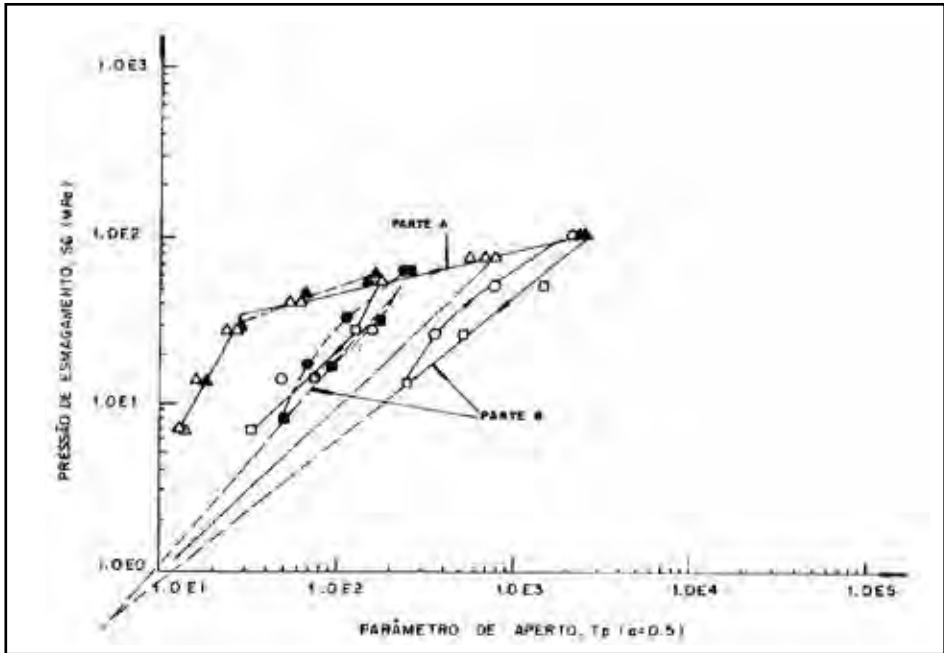


Figura 2.17

Até a data da edição deste livro não havia procedimento ASTM para determinação das novas constantes nem metodologia para o seu uso no projeto de flanges. Desta forma, achamos prematura a divulgação de qualquer procedimento de cálculo que permita o uso destas informações.

13. NORMAS EUROPÉIAS PARA CÁLCULO DE JUNTAS

A pesquisa por procedimento de cálculo de flanges e juntas que leve em consideração o vazamento máximo admissível foi concluído na Comunidade Europeia com a publicação de duas normas que complementam. A norma EN 15555 – Flanges and their joints– Gasket parameters and test procedures relevant to the design rules for gasketed circular flange connections [50], define os testes para determinar as características das juntas. A norma EN 1591-1 Flanges and their joints-Design rules for gasketed circular flange connections Part1:Calculation [51], detalha como usar estas características para calcular flanges e demais informações relevantes tais como torque, número de estojos, etc. Por serem de pouco uso no Brasil, que preferencialmente utiliza a metodologia ASME, a aplicação destas normas está fora do escopo deste livro.

14. EMISSÕES FUGITIVAS

Para assegurar a vida das próximas gerações, é necessário reduzir os poluentes liberados para o meio ambiente. Isso vem se tornando uma preocupação prioritária na maioria dos países do mundo. Além desta necessidade ambiental, estas perdas de produtos causam um custo elevado para as indústrias.

A grande maioria dos agentes poluentes, óxidos de Carbono, Nitrogênio e Enxofre, são provenientes da queima de combustíveis ou da evaporação de hidrocarbonetos. Estas emissões são parte do processo industrial e sujeitas a controles específicos.

Entretanto, existem perdas indesejáveis através de eixos de bombas, hastes de válvulas e flanges e que, em condições normais, não deveriam ocorrer. Estas perdas são conhecidas como Emissões Fugitivas (Fugitive Emissions). Estima-se que somente nos EUA a perda de produtos através de Emissões Fugitivas atinja mais de 300 000 toneladas ano, correspondente a um terço do total de emissões das indústrias químicas. Emissões Fugitivas nem sempre podem ser detectadas por meio de inspeções visuais, exigindo equipamentos especiais.

O controle da Emissões Fugitivas desempenha também um importante fator na prevenção de acidentes. Os vazamentos não detectados são grande parte das causas dos incêndios e explosões nas indústrias.

Os EUA foram o primeiro país a estabelecer um controle efetivo sobre as Emissões Fugitivas através do Clean Air Act Amendments (CAA), da Environmental Protection Agency (EPA) em conjunto com as indústrias. O CAA estabeleceu a relação dos Poluentes Voláteis Nocivos do Ar (Volatile Hazardous Air Pollutants), conhecidos pela sigla VHAP. É necessário também controlar qualquer outro produto que tenha mais de 5% de um VHAP em sua composição.

Para monitorar as Emissões Fugitivas a EPA estabeleceu o Method 21 - Volatile Organic Compound Leaks [62], que usa um analisador de gases conhecido como OVA (Organic Vapour Analyzer). Este aparelho, calibrado para Metano, mede a concentração de um VHAP em volume de partes por milhão (ppm). O OVA, por meio de uma pequena bomba, faz passar o ar através de um sensor determinando a concentração do VHAP. Devem ser monitorados hastes de válvulas, bombas, flanges, eixos de agitadores, dispositivos de controle e qualquer outro equipamento que possa apresentar vazamento.

A concentração máxima admissível para flanges é de 500 ppm. Algumas organizações de meio ambiente consideram este valor muito elevado e estão exigindo 100 ppm como limite para flanges.

Deve ser feita uma medição inicial a 1 metro do equipamento, na direção contrária ao vento e em seguida a 1 cm do equipamento. Para flanges, deve-se medir em toda a sua volta. O valor a ser considerado é a diferença entre o maior valor medido e o valor da medição inicial, a 1 m de distância. Se o valor da diferença for maior do que 500 ppm, o flange é considerado como vazando e deve ser reparado.

O Método permite obter uma medida do tipo “passa não-passa”, determinando se o flange está ou não vazando. Entretanto, não permite obter uma medição quantitativa de quanto está vazando em uma unidade de tempo. Para isso seria necessário enclausurar o flange ou equipamento, operação onerosa e nem sempre possível.

A EPA desenvolveu vários estudos para estabelecer uma correlação entre o valor em ppm e o fluxo em massa. A Chemical Manufacturers Association (CMA) e a Society of Tribologists and Lubrication Engineers também realizaram estudos e chegaram a resultados similares. O vazamento de referência em gramas por hora em flanges tabelado pela EPA pode ser calculado pela equação :

$$\text{Vazamento} = 0.02784 (\text{SV}^{0.733}) \text{ g / hora}$$

onde:

SV é o valor medido em partes por milhão (ppm).

O valor do vazamento obtido nesta equação é apenas orientativo, permitindo calcular a quantidade aproximada de produto perdida para a atmosfera. Por exemplo, se tivermos um flange com um vazamento de 5 000 ppm temos:

$$\text{Vazamento} = 0.02784 (\text{SV}^{0.733}) = 0.02784 (5\ 000^{0.733}) = 14.323 \text{ g / hora}$$

Para atender as necessidade de controle de emissões de hidrocarbonetos, a norma de ASME para juntas metálicas ASME B16.20 - Metallic Gaskets for Pipe Flanges: Ring-Joint, Spiral-Wound, and Jacketed [31] foi revisada em 2017 com a introdução de teste de selabilidade, conforme detalhado no Capítulo 7 deste livro.

A Norma alemã VDI 2440 Emission Control Mineral Oil Refineries estabelece dois níveis de emissões para flanges de acordo com o tipo de junta aplicado. Para juntas previamente testadas e aprovadas o valor de emissão por flange é de 0.001 miligrama/(segundo metro).

Para atender ao menor valor de emissões da norma VDI 2440 a junta deve ter um vazamento máximo de 10^{-4} mbar.litro/(segundo.metro), teste com gás Hélio a 1 bar de pressão diferencial e 30 MPa de esmagamento da junta. O projeto das uniões flangeadas segue a norma VDI 2200.

Se o fluido a ser vedado está sujeito a controle de emissões fugitivas recomenda-se ao projetista escolher o tipo e material da junta que atenda as exigências específicas do projeto do equipamento.

MATERIAIS PARA JUNTAS NÃO-METÁLICAS

1. CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

A escolha de um material para junta não metálica é dificultada pela existência, no mercado, de uma grande variedade de materiais com características similares. Além disso, novos produtos ou variações de produtos existentes aparecem frequentemente.

Como é impraticável listar e descrever todos os materiais, este capítulo tem a finalidade de apresentar os materiais mais usados com as suas características básicas. Fazendo-se necessário um maior aprofundamento, recomenda-se consultar o fabricante.

As quatro condições básicas que devem ser observadas ao selecionar o material de uma junta são:

- Pressão de operação.
- Força dos parafusos.
- Resistência ao ataque químico do fluido.
- Temperatura de operação.

As duas primeiras foram analisadas no Capítulo 2 deste livro.

A resistência ao ataque químico do fluido pode ser influenciada por vários fatores, principalmente:

- Concentração do fluido: nem sempre uma maior concentração torna um fluido mais agressivo.
- Temperatura do fluido: em geral, temperaturas mais elevadas tornam o ataque químico mais severo.

- Ponto de condensação: a passagem do fluido com presença de enxofre e água pelo ponto de condensação, comum em gases provenientes de combustão, pode provocar a formação de condensados extremamente agressivos.

Em situações críticas testes em laboratório são necessários para determinar, nas condições de operação, a compatibilidade do material da junta com o fluido.

Ao iniciar o projeto de uma junta, uma avaliação total deve ser efetuada, começando pela temperatura, pressão, tipo de flange, força dos parafusos, força mínima de esmagamento, etc. Todas as etapas devem ser seguidas até a definição do tipo e do material da junta mais adequado ao caso em estudo.

2. PRESSÃO E TEMPERATURA DE SERVIÇO

Um bom ponto de partida na seleção do material de uma junta é a análise da temperatura e da pressão de serviço. Assim sendo, recomenda-se comparar os valores de projeto com os dados de catálogo informados pelo fabricante da junta, levando-se em conta eventuais picos de temperatura e/ou de pressão. Através desta análise, selecionar um material que se enquadre na faixa recomendada com alguma margem de segurança.

Ao longo deste livro serão informadas as temperaturas e pressões recomendadas para cada material. Estas informações são genéricas e as condições particulares de cada caso devem ser cuidadosamente analisadas.

3. PAPELÃO HIDRÁULICO

Desde a sua introdução no mercado, o Papelão Hidráulico tem sido o material mais usado para vedação de flanges já que possui a capacidade de selabilidade em larga faixa de condições operacionais. Devido à sua importância no campo da vedação industrial, o Capítulo 4 deste livro é inteiramente dedicado às juntas de Papelão Hidráulico.

4. POLITETRAFLUOROETILENO (PTFE)

Produto desenvolvido pela Du Pont, comercializado com a marca Teflon®, o PTFE nas suas diferentes formas é um dos materiais mais usados em juntas industriais. Devido à sua crescente importância o Capítulo 5 deste livro aborda as várias alternativas de juntas com PTFE.

5. GRAFITE FLEXÍVEL – GRAFLEX®

Produto obtido a partir da expansão e calandragem do grafite natural. Neste processo os flocos de grafite são tratados com ácido, neutralizados com água e secados até determinado nível de umidade. Em seguida, o grafite é submetido ao contato com elevadas temperaturas a fim de evaporar a água residual, “explodindo os flocos”. O produto final apresenta pureza de 95% a 99% e um aumento de volume em aproximadamente 200% do original. Os flocos de grafite expandidos são então calandrados, sem nenhum aditivo ou ligante, produzindo folhas de material flexível.

O grafite flexível apresenta reduzido *creep*, definido como uma deformação plástica contínua que ocorre quando o material é submetido a pressão. Portanto, a perda da força dos parafusos é reduzida, eliminando a necessidade de reapertos frequentes.

Devido às suas características, a grafite flexível é um dos materiais de vedação mais seguros. Sua capacidade de selabilidade, mesmo nos ambientes mais agressivos, tem sido amplamente comprovada. Possui excelente resistência aos ácidos, soluções alcalinas e compostos orgânicos.

Em aplicações com presença de oxigênio e temperaturas acima de 450°C, o seu uso deve ser cuidadosamente analisado. Quando o carbono é aquecido em presença do oxigênio há formação de dióxido de carbono (CO₂). O resultado é uma redução da massa de material. Esta redução aumenta exponencialmente com a temperatura, desta forma acima de 700°C a total perda de massa pode acontecer em poucas horas.

A taxa de perda de massa depende da qualidade do grafite ou de uso de inibidores de oxidação. Para determinar esta taxa a Fluid Sealing Association (FSA) desenvolveu o teste de oxidação FSA-G-604-07 Oxidation Test Standard for Flexible Graphite Materials [12] que qualifica o grafite em dois grupos de acordo a taxa de oxidação. Submetendo ao teste FSA, grafites de boa qualidade sem inibidor de oxidação apresentam taxa de no máximo 20% e valores típicos são entre 10% e 15%. Com inibidor de oxidação a taxa máxima é de 10%, com valor típico de 3%.

É importante observar que os inibidores de oxidação apenas reduzem a perda de massa. Portanto, em aplicações de temperatura elevada onde a junta tenha uma vida prevista elevada, é necessário evitar o seu contato com o oxigênio existente no fluido e também do ar. Para estes casos o grafite é “encapsulado” conforme mostrado em outros capítulos deste livro.

A compatibilidade do Graflex para diversos produtos está no Anexo 3.1 no final deste capítulo.

5.1. PLACAS DE GRAFLEX®

Por ser um material com baixa resistência mecânica, as placas de Graflex® podem ser fornecidas com ou sem reforço de aço inoxidável 316. As dimensões das placas são 1 000 x 1 000 mm, nas espessuras de 0.8 mm, 1.6 mm e 3.2 mm. As recomendações de aplicação deste produto estão descritas nas Tabela 3.1 a 3.3. No caso do uso das juntas fabricadas a partir de placas de Graflex® com reforço é necessário também verificar a compatibilidade do reforço com o fluido de serviço.

Tabela 3.1
Tipos de Placas de Graflex®

Tipo	TJR	TJE	TJB
Reforço	lâmina lisa de aço inoxidável 316L	lâmina perfurada de aço inoxidável 316L	Sem reforço
Aplicação	serviços gerais, vapor, hidrocarbonetos	serviços gerais, vapor, fluido térmico, hidrocarbonetos	serviços gerais, flanges frágeis em geral

Tabela 3.2
Temperaturas de Trabalho

Meio	Temperatura			
	Mínima	Máxima		
		TJR	TJE	TJB
Neutro / redutor	-240	870	870	3000
Oxidante	-240	450	450	450
Vapor	-240	650	650	Não recomendado

Os valores de “m” e “y” e a pressão máxima de esmagamento para cada tipo de Placa de Graflex® estão na Tabela 3.3.

Tabela 3.3
Valores para Cálculo

Características	TJR	TJE	TJB
m	2	2	1.5
y	1000	2800	900
Pressão máxima de esmagamento $S_{g_{max}}$ (MPa)	165	165	165

5.2. PLACA DE GRAFLEX® MULTICAMADAS - TEADIT GR 1700

TEADIT® GR1700 é uma placa construída a partir de multicamadas, composta por laminas de 0.5 mm de espessura de grafite flexível de alta resistência a oxidação e laminas de 0.05 mm de aço inoxidável 316L, fabricados com tecnologia SIGRAFLEX APX2 Hochdruck.

O produto foi desenvolvido para a indústria de processo, com o objetivo de cobrir uma ampla gama de exigentes requisitos de vedação com um produto confiável e seguro, tendo sido projetado para aplicações em altas temperaturas e pressões, especialmente para aplicações em juntas de vedação de alta performance.

As características e valores para cálculo estão nas tabelas 3.4 e 3.5.

Tabela 3.4
Características

Condições de Fornecimento	Folhas de 1500 x 1500mm
	Espessuras de 1.6 a 3.2 mm (1/16” a 1/8”)
Temperatura	Uso contínuo: até -250°C
	Máxima: até 650°C
Pressão	Máxima: 250 bar (3600 psi)

Tabela 3.5
Valores para Cálculo

Espessura (mm)	“m”	“y”(psi)
1.6 ou 3.2	2.5	3000

5.3. JUNTA AUTOADESIVA DE GRAFLEX® GR3110I

Junta autoadesiva de grafite flexível com reforço de fios de Inconel®. A junta de grafite GR3110I é flexível, conformável e resiliente, além de possuir alta condutibilidade térmica e elétrica, características que proporcionam uma grande capacidade de vedação por um longo tempo de serviço. Este produto é recomendado para flanges com formato irregular, de grandes dimensões ou frágeis, em tubulações e equipamentos que necessitem de uma excepcional selabilidade em altas temperaturas. Por ser de fácil aplicação, reduz o tempo de instalação e desperdício de material. As condições de fornecimento estão descritas na Tabela 3.6.

Limites de Serviço:

- Pressão máxima: 200 bar
- Temperatura mínima: -240° C
- Temperatura máxima: Atmosfera oxidante: 450° C; Vapor: 650° C
- pH: 0 a 14

Tabela 3.6
Junta Autoadesiva de Graflex® GR3110I

Bitolas	Largura (mm)	6.4	11.1	15.9	20.6	28.6	38.1
	Espessura (mm)	3.2		6.4			
Comprimento (m) / carretel		30.0	30.0	30.0	25.0	20.0	15.0

5.4. FITAS DE GRAFLEX®

O Graflex® também pode ser fornecido na forma de fita lisa ou corrugada, com ou sem adesivo. Os tipos disponíveis e as respectivas condições de fornecimento estão apresentadas na Tabela 3.7.

Tabela 3.7
Fitas Graflex® — Espessura de 0.4 mm

Tipo	TJI	TJH	TJZ
Apresentação	fita lisa com adesivo	fita corrugada com adesivo	fita corrugada sem adesivo
Aplicação	vedação de conexões roscadas	moldada sobre a superfície de vedação de juntas metálicas	enrolada e prensada em hastes de válvulas e anéis pré-moldados
Rolos com	12.7 x 8 000 ou 25.4 x 15 000 mm	12.7 x 8 000 ou 25.4 x 15 000 mm	6.4 ou 12.7 x 8 000 e 19.1 ou 25.4 x 15 000

6. ELASTÔMEROS

São materiais capazes de sofrer considerável deformação nas suas dimensões devido à ação de uma pequena força externa e de retornar rapidamente ao seu estado original (ou muito próximo) após removida a força externa. Geralmente, os vários tipos de elastômeros disponíveis no mercado diferem na natureza química, no arranjo das cadeias poliméricas, no peso e na distribuição molecular, entre outras propriedades. Essa diversidade de produtos e as diferentes formulações permitem obter uma grande gama de produtos no mercado.

6.1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Do ponto de vista técnico, as principais características que fazem da borracha um bom material para juntas são: a resiliência, a resistência a deformações cíclicas, a baixa permeabilidade a gases e água e a considerável resistência química. Os produtos podem ser encontrados no mercado no formato de chapas ou lençóis com diferentes dimensões, cores e acabamentos superficiais para atender às necessidades de cada aplicação.

6.2. TIPOS DE ELASTÔMEROS

Em juntas industriais os elastômeros normalmente são utilizados em baixas pressões e temperatura. Para melhorar a resistência mecânica, reforços com uma ou mais camadas de lona de algodão podem ser empregados. A dureza normal para juntas industriais é de 55 a 80 Shore A e espessura de 0.8 mm (1/32") a 6.4 mm (1/4"). Os limites de temperatura dependem da formulação de cada produto. A seguir estão relacionados os elastômeros mais usados na fabricação de juntas industriais. O código entre parênteses após o nome é a designação ASTM para o elastômero.

6.3. BORRACHA NATURAL (NR)

A Borracha Natural é o produto obtido através da coagulação de látices de determinados vegetais, sendo o principal a *Hevea Brasiliensis*, ou seringueira como é popularmente conhecida. Apresenta grande resistência mecânica e ao desgaste por atrito, boa resistência química a sais inorgânicos e álcalis; pouca resistência a óleos, solventes, ozônio e a intempéries.

6.4. ESTIRENO-BUTADIENO (SBR)

A borracha SBR considerada como uma borracha de aplicação geral foi desenvolvida como alternativa a borracha natural. Recomendada para uso em água, ar, vapor e alguns ácidos fracos; não deve ser usada em ácidos fortes, óleos, graxas e solventes clorados; possui pouca resistência ao ozônio e à maioria dos hidrocarbonetos.

6.5. CLOROPRENE (CN)

Mais conhecida como Neoprene®, seu nome comercial, esta borracha foi originalmente desenvolvida visando obter um produto com propriedades semelhantes as da borracha natural, porém com superior resistência a óleos. Apresenta alta elasticidade, resistência à propagação de fogo e ao envelhecimento. Tem pouca resistência aos agentes oxidantes fortes e hidrocarbonetos aromáticos e clorados.

6.6. NITRÍLICA (NBR)

A borracha nitrílica, também conhecida por Buna-N, é muito utilizada em aplicações industriais e automotivas, devido a sua excelente resistência química a óleos, combustíveis, a água, ao calor, à abrasão, e baixa permeabilidade a gases. Apresenta pouca resistência aos agentes oxidantes fortes, hidrocarbonetos clorados, cetonas e ésteres.

6.7. FLUORELASTÔMERO (CFM, FVSI, FPM)

Mais conhecida como Viton®, seu nome comercial, este produto é caracterizado por apresentar alta resistência química e a temperaturas elevadas. Apresenta excelente resistência aos ácidos fortes, óleos, gasolina, solventes clorados, hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos. Não recomendada para uso com ésteres e cetonas.

6.8. SILICONE (SI)

A borracha silicone possui excelente resistência ao envelhecimento, não sendo afetada pela luz solar ou ozônio, por isso muito usada em ar quente. Tem pouca resistência mecânica, aos hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos e ao vapor.

6.9. ETILENO-PROPILENO (EPDM)

Elastômero com boa resistência ao ozônio, vapor, ácidos, álcalis e intempéries. Não recomendado para uso com hidrocarbonetos aromáticos.

6.10. HYPALON®(CSM)

Produto desenvolvido para aplicações severas podendo ser utilizado em contato com ozônio, oxigênio, agentes oxidantes, ácidos e bases. Apresenta resistência a intempéries, produtos químicos e boa resistência aos óleos. Não recomendada para uso com ésteres e hidrocarbonetos aromáticos.

7. FIBRA CELULOSE

A folha de fibra de celulose é fabricada a partir de celulose aglomerada com latex e glicerina. É muito usada na vedação em baixa pressão de produtos de petróleo, gases e vários solventes. Limite máximo de temperatura de 120° C.

8. CORTIÇA

Grãos de cortiça são aglomerados com borracha para obter a compressibilidade da cortiça, com as vantagens da borracha sintética. Usada largamente quando a força de aperto é limitada, como em flanges de chapa fina estampada ou de material frágil como cerâmica e vidro. Recomendada para uso com água, óleos lubrificantes e outros derivados de petróleo em pressões até 3 bar e temperatura até 120° C. Possui pouca resistência ao envelhecimento e não deve ser usada em ácidos inorgânicos, álcalis e soluções oxidantes.

9. TECIDOS E FITAS

Tecidos de aramida, fibra cerâmica ou fibra de vidro impregnados ou não com um elastômero são algumas vezes usados em juntas industriais. O fio do tecido pode, para elevar a sua resistência mecânica, ter reforço de fio metálico, como o latão ou aço inox. As espessuras vão de 0.8 mm (1/32”) a 3.2 mm (1/8”). Espessuras maiores são obtidas dobrando uma camada sobre a outra. Os elastômeros mais usados na impregnação de tecidos são: borracha SBR, Neoprene®, Viton® e Silicone.

9.1. JUNTAS DE TECIDOS E FITAS

Os tecidos e fitas são dobrados e moldados em forma de juntas. Se necessário para atingir a espessura desejada podem ser dobrados e colados em várias camadas.

Estas juntas são usadas principalmente nas portas de visitas de caldeiras (manhole e handhole). Podem ser circulares, ovais, quadradas ou de outras formas. São também usadas em fornos, fornalhas, autoclaves, portas de acesso e painéis de equipamentos. É importante sempre verificar se a temperatura de serviço é compatível com a máxima recomendada para o tecido e elastômero utilizados.

9.2. FITA TADPOLE

Os tecidos podem ser enrolados em volta de um núcleo, normalmente uma gaxeta de aramida, fibra cerâmica ou fibra de vidro, conforme mostrado na Figura 3.1. O tecido pode ter ou não impregnação de elastômeros. A junta com esta forma é conhecida como “tadpole”.

O tecido se estende além do núcleo, formando uma fita plana que pode ter furos de fixação. A seção circular oferece boa vedação em superfícies irregulares sujeitas a aberturas e fechamento frequentes, como portas de fornos e estufas.

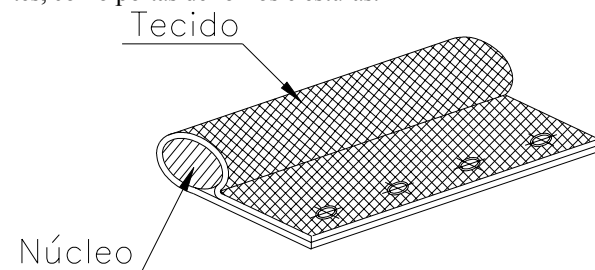


Figura 3.1

10. FIBRA CERÂMICA

Na forma de mantas é usada para fabricação de juntas para uso em dutos de gases quentes e baixa pressão. Material também empregado como enchimento em juntas semi-metálicas. Limite de temperatura: 1200° C.

11. BEATER ADDITION

O processo *beater addition* (BA) de fabricação de materiais para juntas é semelhante ao de fabricação de papel. Nesta técnica, as fibras orgânicas e/ou inorgânicas são dispersas mecanicamente para aumentar a área superficial sendo a seguir aglomeradas através da adição de um ligante.

Devido à sua limitada resistência à pressão é um material pouco usado em aplicações industriais.

ANEXO 3.1
COMPATIBILIDADE QUÍMICA DO GRAFLEX®

Fluidos	Concentração %	Temperatura máxima °C
Acetato de Monovinil	Todas	Todas
Acetato Isopropílico	100	Todas
Acetona	0 - 100	Todas
Ácido Acético	Todas	Todas
Ácido Arsênico	Todas	Todas
Ácido Benzilsulfônico	60	Todas
Ácido Bórico	Todas	Todas
Ácido Brômico	Todas	Todas
Ácido Carbônico	Todas	Todas
Ácido Cítrico	Todas	Todas
Ácido Clorídrico	Todas	Todas
Ácido Dicloropropiônico	90 – 100	Não Recomendado
Ácido Esteárico	100	Todas
Ácido Fluorídrico	Todas	Todas
Ácido Fluorsilício	0 a 20	Todas
Ácido Fólico	Todas	Todas
Ácido Fórmico	Todas	Todas
Ácido Fosfórico	0 a 85	Todas
Ácido Graxo	Todas	Todas
Ácido Láctico	Todas	Todas
Ácido Monocloroacético	100	Todas
Ácido Nítrico	Todas	Não Recomendado
Ácido Oléico	100	Todas
Ácido Oxálico	Todas	Todas
Ácido Sulfúrico	0 a 70	Todas
Ácido Sulfúrico	Maior que 70	Não Recomendado
Ácido Sulfuroso	Todas	Todas
Ácido Tartárico	Todas	Todas
Água Boronatada	-	Todas
Água Deaerada	-	Todas
Água Mercaptana	Saturada	Todas
Álcool Isopropílico	0 - 100	Todas
Álcool Amílico	100	Todas
Álcool Butílico	100	Todas
Álcool Etilico	0 - 100	Todas

ANEXO 3.1 (Continuação)
COMPATIBILIDADE QUÍMICA DO GRAFLEX®

Fluidos	Concentração %	Temperatura máxima °C
Álcool metílico	0 - 100	650
Anidrido acético	100	Todas
Anilina	100	Todas
Ar	-	450
Benzeno	100	Todas
Bifluoreto de Amônia	Todas	Todas
Bromo	Todas	Não Recomendado
Cellosolve Butílico	0 - 100	Todas
Cellosolve Solvente	Todas	Todas
Cloreto Cúprico	Todas	Todas
Cloreto de Alumínio	Todas	Todas
Clorato de Cálcio	Todas	Não Recomendado
Cloreto de Estanho	Todas	Todas
Cloreto de Etila	Todas	Todas
Cloreto de Níquel	Todas	Todas
Cloreto de Sódio	Todas	Todas
Cloreto de Zinco	Todas	Todas
Cloreto Férrico	Todas	Todas
Cloreto Ferroso	Todas	Todas
Clorito de Sódio	0 - 4	Não Recomendado
Cloro seco	100	Todas
Cloroetilbenzeno	100	Todas
Clorofórmio	100	Todas
Dibromo Etileno	100	Todas
Dicloro Etileno	100	Todas
Dietanolamina	Todas	Todas
Dioxano	0 - 100	Todas
Dióxido de Enxofre	Todas	Todas
Éter isopropílico	100	Todas
Etila	Todas	Todas
Etileno Cloridina	0 - 8	Todas
Etileno Glicol	Todas	Todas
Fluidos para transferência de calor (todos)	-	Todas
Fluidos refrigerantes	Todas	Todas

ANEXO 3.1 (Continuação)

COMPATIBILIDADE QUÍMICA DO GRAFLEX®

Fluidos	Concentração %	Temperatura máxima °C
Fluor	Todas	Não Recomendado
Gasolina	-	Todas
Glicerina	0 - 100	Todas
Hexaclorobenzeno	100	Todas
Hidrato de Cloral	-	Todas
Hidrocloreto de Anilina	0 - 60	Todas
Hidróxido de Alumínio	Todas	Todas
Hidróxido de Amônia	Todas	Todas
Hidróxido de Sódio	Todas	Todas
Hipocloreto de Cálcio	Todas	Não Recomendado
Hipoclorito de Sódio	Todas	Não Recomendado
Iodo	Todas	Não Recomendado
Manitol	Todas	Todas
Metil-isobutil-cetona	100	Todas
Monocloreto de Enxofre	100	Todas
Monoclorobenzeno	100	Todas
Monoetanolamina	Todas	Todas
Octanol	100	Todas
Paradiclorobenzeno	100	Todas
Paraldeído	100	Todas
Querosene	-	Todas
Sulfato de Amônia	Todas	Todas
Sulfato de Cobre	Todas	Todas
Sulfato de Ferro	Todas	Todas
Sulfato de Manganês	Todas	Todas
Sulfato de Níquel	Todas	Todas
Sulfato de Zinco	Todas	Todas
Tetracloroeto de Carbono	100	Todas
Tetracloroetano	100	Todas
Ticloreto de Arsênio	100	Todas
Tiocianato de Amonia	0 – 63	Todas
Tricloreto de Fósforo	100	Todas
Tricloroetileno	100	Todas
Vapor	-	650
Xileno	Todas	Todas

JUNTAS EM PAPELÃO HIDRÁULICO

1. PAPELÕES HIDRÁULICOS TEADIT

São fabricados a partir da vulcanização, sob pressão, de elastômeros com fibras naturais ou sintéticas. Por serem bastante econômicos em relação ao seu desempenho, são os materiais mais usados na fabricação de juntas industriais, cobrindo ampla faixa de aplicação. Suas principais características são:

- Elevada resistência ao esmagamento
- Baixo relaxamento (*creep relaxation*)
- Resistência a altas temperaturas e pressões
- Resistência a produtos químicos

2. COMPOSIÇÃO E CARACTERÍSTICAS

Na fabricação do papelão hidráulico, fibras naturais ou sintéticas, como a aramida (Kevlar*), são misturadas com elastômeros e outros materiais, formando uma massa viscosa. Esta massa é calandrada a quente até a formação de uma folha com as características físicas e dimensões desejadas.

A fibra, o elastômero ou mistura de elastômeros, aditivos, temperatura, pressão e tempo de processamento são combinados de forma a resultar em um papelão hidráulico com características específicas para cada aplicação.

(*Marca Registrada da Du Pont Company, EUA)

2.1. FIBRAS

As fibras possuem função estrutural, determinando, principalmente, a característica de elevada resistência mecânica dos papelões hidráulicos.

2.2. ELASTÔMEROS

Os elastômeros, vulcanizados sob pressão com as fibras, determinam a resistência química do papelão hidráulico, dando-lhe também as suas características de flexibilidade e elasticidade. Os elastômeros mais usados são:

- **Borracha natural (NR):** produto natural, extraído de plantas tropicais, que apresenta excelente resistência mecânica, boa resistência química a sais inorgânicos e pouca resistência a óleos e solventes.
- **Borracha estireno-butadieno (SBR):** produto desenvolvido como alternativa à borracha natural, possuindo características similares.
- **Cloropreno (CR):** mais conhecida pelo seu nome comercial Neoprene®, esta borracha possui resistência a óleos, gasolina e fluidos refrigerantes.
- **Borracha nitrílica (NBR):** produto reconhecido pela excelente resistência química a óleos, combustíveis, água e ao calor e pela baixa permeabilidade a gases.
- **Hypalon® (CSM):** produto desenvolvido para uso em aplicações severas podendo ser utilizado em contato com ozônio, oxigênio, ácidos e bases.

2.3. REFORÇO METÁLICO

Para elevar a resistência mecânica, os papelões hidráulicos podem ser reforçados com tela metálica. Estes materiais são recomendados para aplicações onde a junta está sujeita a quebras durante o manuseio. A tela é normalmente de aço carbono.

Juntas de papelão hidráulico com inserção metálica apresentam uma selabilidade menor, pois a inserção da tela possibilita um vazamento através da própria junta. A tela metálica também dificulta o corte da junta e deve ser usada somente quando estritamente necessário.

2.4. ACABAMENTO

Os diversos tipos de papelão hidráulico são fabricados com três acabamentos superficiais, todos com o carimbo do tipo e marca Teadit:

- Natural: permite uma maior aderência ao flange.
- Grafitado: reduz a aderência ao flange.
- Antiaderente: a Teadit desenvolveu processo exclusivo que reduz a aderência

da junta facilitando a sua troca, característica importante quando o processo requer a desmontagem do flange com frequência. Este acabamento também praticamente elimina os resíduos da junta colados na superfície de vedação, facilitando a limpeza para uma boa instalação da nova junta. O acabamento antiaderente não causa efeito prejudicial ao desempenho da junta. Para mostrar a efetividade do acabamento antiaderente amostras do mesmo Papelão Hidráulico foram testadas seguindo a norma ASTM F607 [57] apresentando uma redução de até 81% na força de adesão.

2.5. DIMENSÕES DE FORNECIMENTO

Os papelões hidráulicos Teadit são normalmente comercializados em folhas de 1500 mm por 1600 mm. Sob encomenda podem ser fornecidos em folhas de 1500 mm por 3200 mm. Alguns materiais também podem ser fabricados em folhas de 3000 mm por 3200 mm.

3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

As associações normalizadoras e os fabricantes desenvolveram vários testes para monitorar a uniformidade de fabricação, determinação das condições de uso, limites de aplicação e comparação entre materiais de diversos fabricantes. Os principais testes são ASTM e DIN - EN. A descrição dos testes mais empregados será apresentada a seguir e os valores típicos estarão descritos no Anexo 4.1.

3.1. TESTES ASTM

Os testes ASTM foram desenvolvidos principalmente para caracterizar materiais para juntas e, portanto, são utilizadas como critério de controle de qualidade, comparações e aceitação do produto. Os ensaios das normas ASTM não devem ser empregados como indicativo de desempenho. Na maioria dos casos, os ensaios são realizados na espessura de 0.8 mm (1/32"). As espessuras mais empregadas em aplicações industriais são acima de 1 mm. Por serem os primeiros testes desenvolvidos para caracterizar os papelões hidráulicos, as normas ASTM continuam sendo amplamente utilizadas pelos fabricantes em suas especificações de produtos.

3.1.1. COMPRESSIBILIDADE E RECUPERAÇÃO - ASTM F36J

Medida de acordo com a Norma ASTM F36 - Standard Test Method for Compressibility and Recovery of Gasket Materials [13], a compressibilidade é a redução de espessura do material quando submetido a uma carga de 5000 psi (34.5 MPa) expressa como uma porcentagem da espessura original. Recuperação é a retomada da espessura quando a carga sobre o material é retirada, expressa como porcentagem da espessura comprimida.

A compressibilidade indica a capacidade do material de se acomodar às imperfeições dos flanges. Quanto maior a compressibilidade, mais facilmente o material preenche as irregularidades.

3.1.2. SELABILIDADE - ASTM F37

Medida de acordo com a Norma ASTM F37 - Standard Test Methods for Sealability of Gasket Materials [14], a selabilidade indica a capacidade do material de vedar o fluido sob condições controladas de laboratório com isoctano ou nitrogênio.

3.1.3. PERDA DE APERTO - ASTM F38

Medida de acordo com a Norma ASTM F38 - Standard Test Methods for Creep Relaxation of a Gasket Material [15], indica a capacidade do material em manter o aperto ao longo do tempo, é expressa como uma porcentagem de perda de carga inicial. Um material estável retém o aperto após uma perda inicial, ao contrário de um material instável que apresenta uma contínua perda, causando uma degradação da vedação, com o tempo. A pressão inicial de teste é de 21 MPa, temperatura 100° C e tempo 22 horas. Quanto maiores a espessura do material e a temperatura de operação, menor a retenção de aperto.

3.1.4. IMERSÃO EM FLUIDO - ASTM F146

Medida de acordo com a Norma ASTM F146 - Standard Test Methods for Fluid Resistance of Gasket Materials [16], permite verificar a variação do material, quando imerso em fluidos por tempo e temperatura determinados. Os fluidos de testes de imersão mais comuns são o óleo IRM 903, à base de petróleo e o ASTM Fuel B, composto de 70% isoctano e 30% tolueno e também imersão em ácidos. São verificadas variações de compressibilidade, recuperação, aumento de espessura, redução de resistência à tração e aumento de peso.

3.1.5. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO - ASTM F152

Medida de acordo com a Norma ASTM F152 - Standard Test Methods for Tension Testing of Nonmetallic Gasket Materials [17], é um parâmetro de controle de qualidade e seu valor não está diretamente relacionado com as condições de aplicação do material.

3.1.6. PERDA POR CALCINAÇÃO - ASTM F495

Medida pela Norma ASTM F495 - Standard Test Method for Weight Loss of Gasket Materials Upon Exposure to Elevated Temperatures [18], indica a porcentagem de massa perdida ao expor o material à temperatura elevada.

3.2. TESTES DIN - EN

Os testes segundo as normas europeias reproduzem com maior fidelidade as aplicações industriais, pois são realizadas em corpos de prova com espessura 2 mm e temperaturas típicas das aplicações a que se destinam.

3.2.1. TESTES EM JUNTAS PARA GÁS - DIN 3535-6

A Norma DIN 3535 - Gaskets for gas supply - Part 6: Gasket materials based on fibres, graphite or polytetrafluoroethylene (PTFE) for gas valves, gas appliances and gas mains [19], estabelece os testes e requisitos para juntas a serem utilizadas em válvulas, equipamentos e instalações de gases operando até 150^o C. A espessura da junta para o teste é de 2 mm. Os seguintes testes são realizados: acabamento, espessura, densidade, selabilidade, perda de massa após imersão, compressibilidade, perda de aperto e recuperação a frio e a quente.

3.2.2. PERDA DE APERTO - DIN 52913

A Norma DIN 52913 - Testing of static gaskets for flange connections - Compression creep testing of gaskets made from sheets [20], determina a perda de aperto, em tempo especificado, de uma amostra de 2 mm de espessura submetida a uma dada carga inicial e temperatura. Estes valores são tabelados na norma de acordo com o tipo de material. O resultado é expresso em MPa e significa o valor residual de aperto na junta.

3.3. TEMPERATURA MÁXIMA

Não havendo teste internacionalmente adotado para estabelecer os limites de operação dos materiais para juntas, a Teadit desenvolveu procedimento específico para determinar a temperatura máxima de trabalho de papelões hidráulicos. Este procedimento foi apresentado e publicado nos anais da ASME/JSME Pressure Vessel and Piping Conference – PVP 2004 intitulado Determination of Critical Temperature of Non-Asbestos Fiber Sheet Gaskets [21]. O teste é realizado em flanges típicos de tubulações, a espessura da junta é de 1.6 mm e o fluido de teste é o Nitrogênio.

3.4 TESTES COM VAPOR

Uma das aplicações mais típicas dos papelões hidráulicos é em linhas de vapor saturado e super-aquecido. Para estas aplicações foram desenvolvidos testes específicos.

3.4.1 TESTE COM VAPOR SATURADO

A Fluid Sealing Association (FSA) desenvolveu o teste FSA-NMG-204-02 Standard Test Method for Performance of Non-Asbestos Gaskets in High Pressure, Saturated Steam [22]. Neste teste são realizados um mínimo de 10 ciclos térmicos e 1000 horas a 300°C, a perda de água ao fim de cada ciclo é medida estabelecendo, desta forma, a taxa de vazamento do material.

3.4.2 TESTE COM VAPOR SUPER-AQUECIDO

Com o objetivo atender à necessidade de desenvolvimento de papelões hidráulicos para aplicações com vapor super-aquecido, a Teadit desenvolveu procedimento específico. Os detalhes deste procedimento foram apresentados no Congresso ASME/PVP 2009 Pressure Vessels and Piping Division Conference com o título: Superheated Steam Test Rig for Compressed Non-Asbestos Gaskets Evaluation [23].

Este teste é realizado em flange 6 polegadas, classe 150 psi, em temperatura de até 400°C e diferentes níveis de pressão. O teste permite simular as diversas condições encontradas em serviço tais como, ciclos térmicos, baixo aperto dos parafusos e “blow-out”.

3.5 REQUISITOS PARA USO COM ÁGUA POTÁVEL, ALIMENTOS OU MEDICAMENTOS

Testes e controle nas matérias primas são realizados para assegurar que o Papelão Hidráulico seja adequado ao uso com alimentos e água potável. Existem normas específicas para cada uma destas aplicações conforme descrito a seguir.

3.5.1 USO COM ALIMENTOS OU MEDICAMENTOS (FDA)

O Code of Federal Regulations da Food and Drug Administration (FDA) do governo Norte-Americano, através do seu Department of Health and Human Services emite instruções normativas para diversos produtos usados em alimentos. O Título 21, Volume 3, Capítulo 1, Subcapítulo B, Part 177, Subpart C, Section 177.2600 – Rubber articles intended for repeated use [54], estabelece os critérios usados para aplicação do papelão hidráulico de forma segura, na produção, processamento, transporte e/ou armazenamento de artigos alimentícios. As matérias primas empregadas devem ser aquelas reconhecidas como seguras para uso em alimentos ou na sua embalagem.

Além da aprovação das matérias primas, amostras do Papelão Hidráulico devem ser submetidas a teste de extração com água e com n-hexano e atender ao limite máximo de extraíveis descritos na Section 177.2600.

Os testes são realizados por laboratórios independentes que emitem um laudo confirmando que o produto testado atende às exigências da Section 177.2600. É importante notar que a FDA não realiza testes e nem emite certificados.

3.5.2 USO COM ÁGUA POTÁVEL (NSF)

A National Sanitary Foundation (NSF) e o American National Standards Institute (ANSI) emitem normas para produtos empregados em sistemas de tratamento de água potável. A Norma NSF/ANSI 61-2012 Drinking Water System Components – Health Effects [55] abrange materiais ou produtos que entram em contato com água potável, produtos químicos para tratamento de água potável ou ambos.

Os Papelões Hidráulicos com certificação NSF são produzidos com matérias primas aprovadas e controladas, o produto final é submetido a testes de cromatografia. A NSF realiza auditorias periódicas nas matérias primas, fabricação, produto final e estocagem para assegurar que os requisitos estabelecidos na NSF/ANSI 61 estão sendo atendidos.

4. PROJETO DE JUNTAS COM PAPELÃO HIDRÁULICO

4.1. CONDIÇÕES OPERACIONAIS

Ao iniciarmos o projeto de uma junta, devemos, em primeiro lugar, verificar se as condições operacionais são adequadas ao uso de papelão hidráulico. A pressão e temperatura de trabalho devem ser comparadas com as máximas indicadas pelo fabricante.

Para os Papelão Hidráulicos Teadit, foram estabelecidas as curvas P x T que representam o comportamento do material, considerando a ação simultânea da pressão e temperatura. As curvas P x T são determinadas com Nitrogênio e junta na espessura de 1.6 mm. Para verificar se uma condição é adequada, deve-se observar se a pressão e a temperatura de operação estão dentro da faixa recomendada para o material, que é representada pela área sob a curva inferior do gráfico. Se o ponto cair na área entre as duas curvas é necessário consultar a Teadit pois, dependendo de outros fatores, tais como tipo de fluido e existência de ciclo térmico, o material pode ou não ser adequado para a aplicação.

4.2. RESISTÊNCIA QUÍMICA

Antes de decidirmos pelo uso de um tipo de papelão hidráulico, devemos verificar a sua resistência química ao fluido a ser vedado.

O Anexo 4.2, no final deste capítulo, apresenta a compatibilidade entre vários produtos e os diversos tipos de papelão hidráulico Teadit. A Tabela de Resistência Química dos Papelões Hidráulicos foi elaborada com base em resultados de laboratório, experiência de campo e dados da literatura técnica, considerando o “fluido puro”. No caso das misturas de fluidos é recomendável um estudo em particular a fim de verificar a compatibilidade química do produto.

Importante: as recomendações do Anexo 4.2 são genéricas, portanto as condições particulares de cada caso devem ser analisadas cuidadosamente.

4.3. TIPOS DE JUNTAS

4.3.1. TIPO 810 RF (RAISED FACE)

O Tipo 810 ou RF (Figura 4.1) é uma junta cujo diâmetro externo tangencia os parafusos, fazendo-a auto-centrante ao ser instalada. É o tipo de junta mais usado em flanges industriais por ser o mais econômico, sem perda de performance.

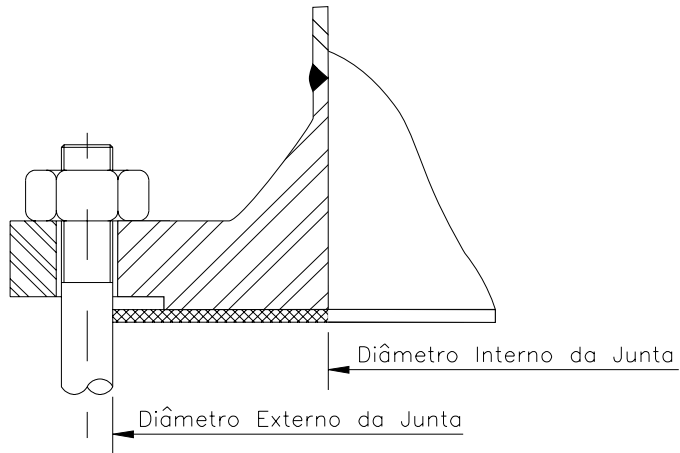


Figura 4.1

4.3.2. TIPO 820 FF (FULL FACE)

O Tipo 820 ou FF (Figura 4.2) é uma junta que se estende até o diâmetro externo do flange. É normalmente usada em flanges de materiais frágeis ou de baixa resistência. Deve-se tomar bastante cuidado em esmagar adequadamente a junta, devido a sua maior área de contato.

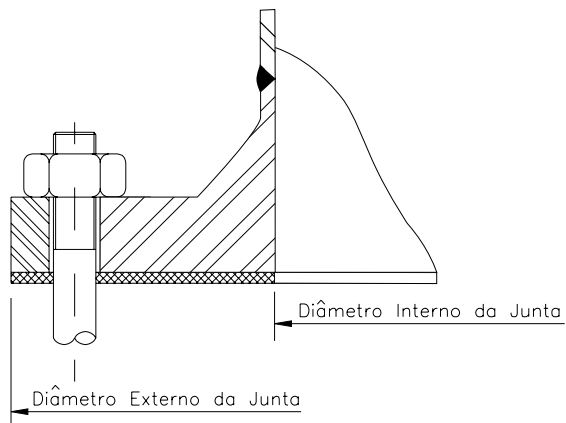


Figura 4.2

4.3.3. TIPO 830 PARA TROCADORES DE CALOR

É bastante frequente o uso de juntas em flanges não normalizados, como, por exemplo, nos espelhos de trocadores de calor. Neste caso, as recomendações de projeto do Capítulo 2 deste livro, devem ser observadas cuidadosamente. A pressão máxima de esmagamento não deve ultrapassar os valores indicados para cada tipo de papelão hidráulico. É importante mencionar que a norma TEMA – Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association [24] restringe o uso de juntas não-metálicas em determinados tipos de trocadores de calor. Na maioria dos casos as juntas de papelão hidráulico são empregadas para teste hidrostático do equipamento, sendo posteriormente substituídas por juntas metálicas.

4.4. DIMENSIONAMENTO PARA FLANGES NORMAS ASME

As juntas para uso em flanges ASME, estão dimensionadas na Norma ASME B16.21, *Nonmetallic Flat Gaskets for Pipe Flanges* [25]. Nesta norma estão as dimensões das juntas para diversos tipos de flanges, usados em tubulações e equipamentos industriais, conforme Anexos 4.3 a 4.10.

4.5. DIMENSIONAMENTO PARA FLANGES NORMA DIN EN 1514-1

As dimensões das juntas conforme Norma DIN EN 1514-1 [26] estão no Anexo 4.11.

4.6. DIMENSIONAMENTO PARA OUTRAS NORMAS

Outras associações normalizadoras também especificam as dimensões para juntas. As normas BS e JIS da Inglaterra e Japão, respectivamente, são usadas em equipamentos projetados nestes países. Seu uso é bastante restrito no Brasil.

4.7. TOLERÂNCIAS

As tolerâncias de fabricação para juntas não normalizadas estão indicadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1
Tolerâncias de Fabricação

Juntas Tipo	Característica		Tolerância - mm	
810 RF	Diâmetro Externo	Até 320 mm	- 1.6	+ 1.0
		Acima de 320 mm	- 3.2	+ 1.4
	Diâmetro Interno	Até 320 mm	± 2.4	
		Acima de 320 mm	± 3.2	
820 FF	Diâmetro Externo	Até 320 mm	- 0.0	+ 1.5
		Acima de 320 mm	- 0.0	- 3.0
	Diâmetro Interno	Até 320 mm	± 1.5	
		Acima de 320 mm	± 3.0	
	Círculo de Furação		± 1.5	
	Centro a centro dos furos dos parafusos		± 1.0	

5. JUNTAS DE GRANDES DIMENSÕES

Quando as dimensões da junta forem maiores que a folha de papelão hidráulico, ou se, devido a razões econômicas, for necessário a sua fabricação em setores, são usados dois tipos de emendas: cauda-de-andorinha e chanfrada.

5.1. CAUDA-DE-ANDORINHA

É a emenda mais usada em aplicações industriais, permitindo a fabricação de juntas em qualquer tamanho e espessura, conforme mostrado na Figura 4.3. Cada emenda macho e fêmea é ajustada de modo que haja um mínimo de folga. Ao montar, deve ser observada a indicação existente, evitando trocas de setores.

O dimensionamento da Cauda de Andorinha deve seguir as seguintes recomendações:

Para uma cauda:

$$A = L / 3$$

$$B = 1,5 (L / 3) \text{ com mínimo } 20 \text{ mm e máximo } 50 \text{ mm}$$

$$C = (L / 3) + 10 \text{ mm}$$

Para duas caudas:

$$A = L / 5$$

$$B = 50 \text{ mm}$$

$$C = (L / 5) + 10 \text{ mm}$$

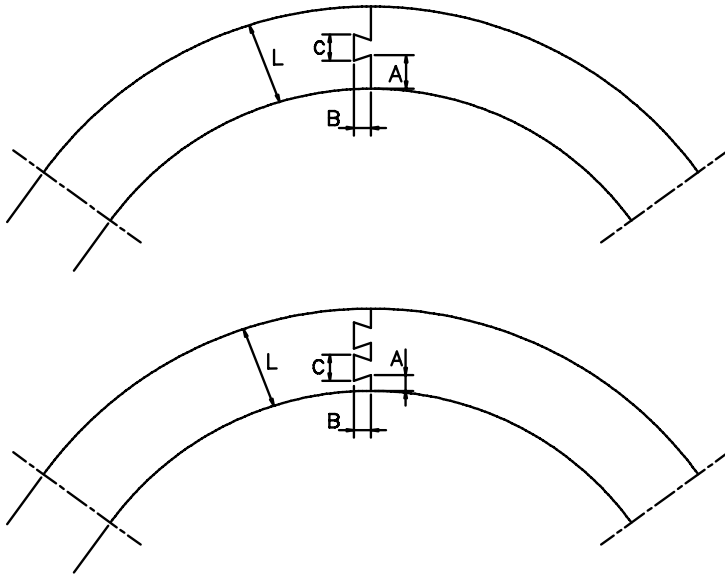


Figura 4.3

5.2. CHANFRADA

Quando a força de esmagamento não for suficiente, podem ser feitas emendas chanfradas e coladas (Figura 4.4). Devido à dificuldade de fabricação, só é viável este tipo construtivo para espessuras de, no mínimo, 3.2 mm (1/8").

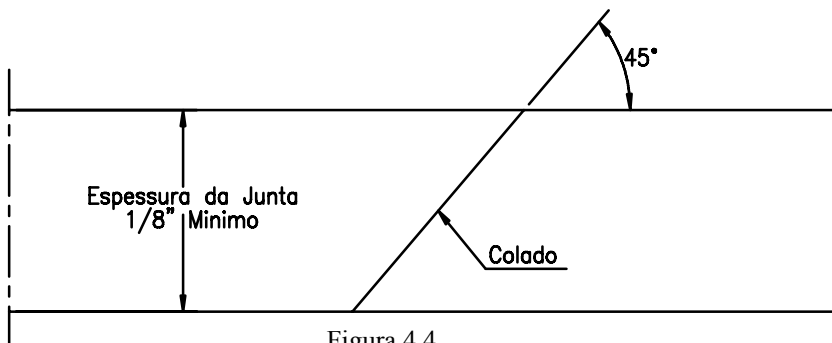


Figura 4.4

6. ESPESSURA E LARGURA

Ao especificar a espessura de uma junta, devemos levar em consideração, principalmente, a superfície de vedação. A recomendação do ASME PCC-1-2013 para o acabamento das superfícies de vedação está indicado a seguir. Aplicações práticas bem sucedidas recomendam que a espessura seja:

- Flanges até 10” utilizar espessura de 1.6 mm (1/16”).
- Flanges acima de 10” utilizar espessura de 3.2 mm (1/8”).

Espessuras acima de 3.2 mm só devem ser usadas quando estritamente necessário. Em flanges muito desgastados, distorcidos ou de grandes dimensões, podem ser usadas espessuras de até 6.4 mm.

Para flanges com superfícies retificadas ou polidas, deve-se usar a menor espessura possível (até 1.0 mm). Não havendo ranhuras ou irregularidades para “morder”, a junta pode ser expulsa pela força radial provocada pela pressão interna ou haver extrusão da junta se o aperto não for controlado. O Código ASME Seção 8 Div.1 Appendix 2 recomenda as seguintes larguras mínimas de contato da junta com a superfície de vedação:

Tabela 4.2
Larguras Mínimas de Contato da Junta

Diâmetro interno (DI) do flange (mm)	Largura mínima de contato (mm)
$600 < DI \leq 900$	25
$900 < DI < 1500$	32
$DI \geq 1500$	38

7. FORÇA DE APERTO DOS PARAFUSOS

A força de aperto dos parafusos deve ser calculada de acordo com as recomendações do Capítulo 2 deste livro. Os valores de “m” e “y” para cálculos de acordo com o código ASME e os valores para o cálculo de instalação da junta de acordo com o ASME PCC-1-2013 estão na tabela 4.3.

Tabela 4.3
Valores para cálculo de acordo com código ASME e PCC-1-2013

NOTA: ND = Não Disponível.

Material	Espessura (mm)	m	y (psi)	Sg _{max} (ksi)	Sg _{min-s} (ksi)	Sg _{min-o} (psi)	φg	θg _{max}
NA1002	1.6	2.0	3500	30	11	3900	0.7	1
	3.2	2.0	3500	20	10	3900	0.7	1
NA1040	1.6	2.5	3500	N/D	N/D	3900	0.7	1
	3.2	3.2	3000	N/D	N/D	3900	0.7	1
NA1060	1.6	3.2	3500	N/D	N/D	3900	0.7	1
	3.2	3.8	5000	N/D	N/D	3900	0.7	1
NA1085	1.6	2.5	2500	N/D	N/D	3900	0.7	1
	3.2	6.8	3500	N/D	N/D	3900	0.7	1
NA1100	1.6	2.9	3500	30	18	3900	0.7	1
	3.2	4.1	3500	22	11	3900	0.7	1
U60NA	1.6	2.6	4500	32	8	3900	0.7	1
	3.2	6.1	4500	16	10	3900	0.7	1
1082 SAN	1.6	3	2900	25	7	3900	0.7	1
	3.2	4	3600	25	7	3900	0.7	1
V25	1.6	2.5	2900	25	5	3900	0.7	1
	3.2	3.2	2900	25	5	3900	0.7	1
NA1000	1.6	2.5	2600	25	5	3900	0.7	1
	3.2	3.5	3200	25	6	3900	0.7	1

8. AGENTES DE FIXAÇÃO

O acabamento para a maioria das aplicações deve ser o natural. O acabamento grafitado só deve ser usado quando for frequente a desmontagem.

Não é recomendado o uso de produtos tais como graxa, óleo, veda-juntas e silicone na superfície da junta. Estes produtos provocam elevada extrusão durante a sua instalação destruindo-a. A Figura 12.23 mostra um comparativo de juntas de Papelão Hidráulico instaladas no mesmo flange e com a mesma força de esmagamento usando diferentes agentes de fixação. Sugerimos consultar o fabricante caso seja absolutamente indispensável o uso de um destes produtos na instalação da junta.

9. ACABAMENTO DAS SUPERFÍCIES DE VEDAÇÃO DOS FLANGES

O acabamento da superfície do flange em contato com a junta deve ter uma rugosidade suficiente para ‘morder’ a junta, evitando assim a sua extrusão. O acabamento recomendado na norma ASME PCC-1-2013 Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly para juntas em Papelão Hidráulico está indicado na Tabela 4.4.

As ranhuras podem ser usinadas concêntricas ou em espiral. Flanges com ranhuras em espiral são mais difíceis de vedar. Um esmagamento inadequado pode permitir um “canal de vazamento” através da espiral. Riscos radiais são difíceis de vedar e devem ser evitados.

Tabela 4.4
Acabamento Superficial

Espessura da Junta (mm)	Acabamento	
	μm	μpol
Até 1.6 (1/16")	3.2 a 6.4	125 a 250
Maior que 1.6 (1/16")	3.2 a 13	125 a 500

10. ARMAZENAMENTO

O papelão hidráulico em folhas, bem como juntas as já cortadas, não devem ser armazenados por longos períodos, já que o elastômero usado como ligante sofre “envelhecimento” com o tempo, alterando as suas características físicas.

Ao armazenar deve-se escolher um local fresco, seco e sem luz solar direta. Evitar contato com a água, óleos e produtos químicos. As folhas e juntas de papelão hidráulico devem ser mantidas de preferência deitadas, sem dobras ou vincos. Evitar pendurar ou enrolar, para não provocar deformações permanentes.

Para determinar o grau de envelhecimento de um papelão hidráulico, foi apresentado o estudo PVP 2010-25407, Compressed Non-Asbestos Gaskets Shelf Life Prediction [27].

11. PAPELÕES HIDRÁULICOS TEADIT

Os Papelões Hidráulicos para aplicações industriais, disponíveis no mercado por ocasião da publicação de livro, estão relacionados a seguir. Por ser um produto em constante evolução, novas formulações são continuamente oferecidas aos usuários.

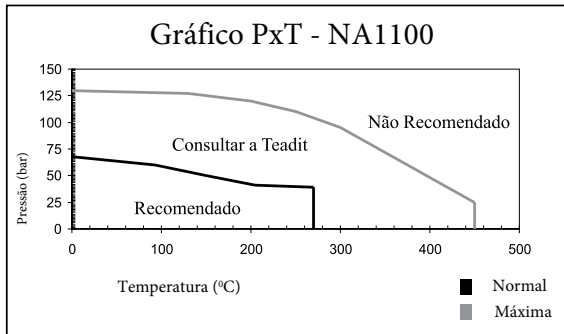
11.1. Papelão Hidráulico NA1100

Papelão hidráulico universal de elevada resistência térmica. Contém fibra de carbono e grafite, unidos com borracha NBR. Indicado para óleos quentes, solventes, água, vapor e produtos químicos em geral.

Cor: preta.

Classificação ASTM F104: 712120E23-M6

Aprovações: DVGW e KTW.



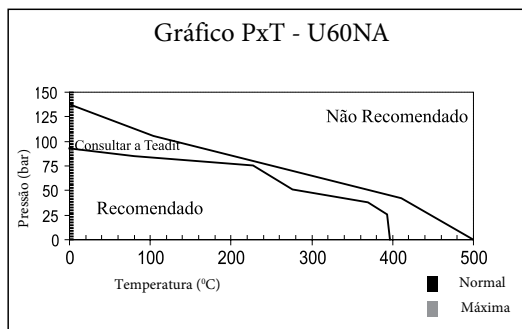
11.2. Papelão hidráulico U60NA

Papelão Hidráulico U60NA foi desenvolvido para ter uma estabilidade térmica superior, nas aplicações com ciclagem térmica. É indicado e apresenta uma performance particularmente elevada nas aplicações de vapor saturado e superaquecido.

O U60NA é, também, utilizado em fluidos derivados de petróleo, etanol e similares.

Cor: Preta

Classificação: ASTM F104: 712140E33-M9

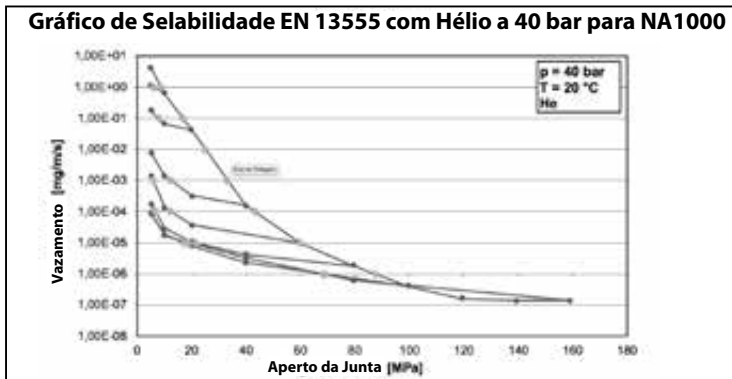
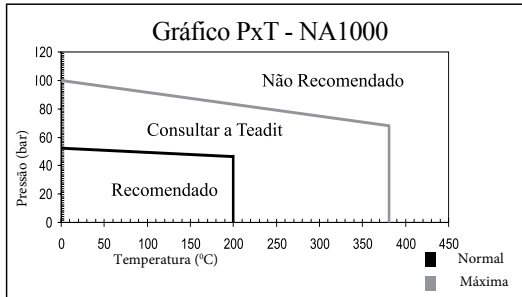


11.3. Papelão hidráulico NA1000

Papelão hidráulico de alta compressibilidade e selabilidade composto por borracha NBR, cargas reforçantes e fibra aramida. Indicado para uma ampla gama de indústrias e também na indústria de água e de resíduos de água.

Cor: preta.

Classificação ASTM F104 – F712120E23-M6

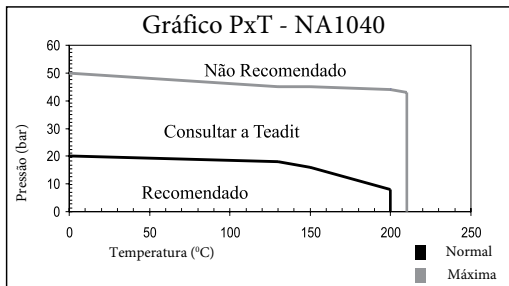


11.4. Papelão hidráulico NA1040

Papelão hidráulico universal de fibra celulose e borracha NBR. Indicado para derivados de petróleo, água e produtos químicos em geral a baixa temperatura.

Cor: vermelha.

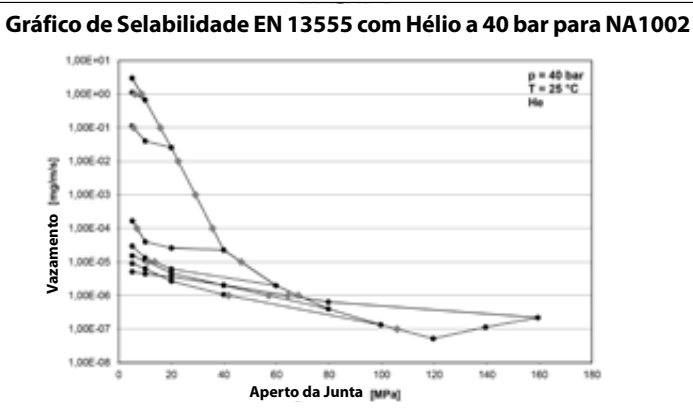
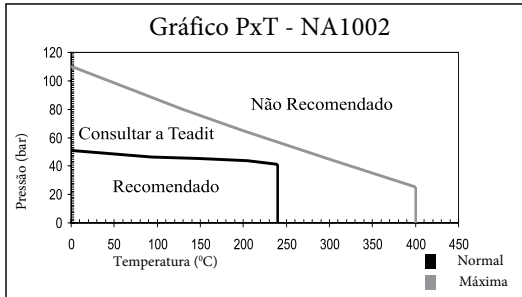
Classificação ASTM F104: 712990E34-M4



11.5. Papelão hidráulico NA1002

Papelão hidráulico universal de fibra aramida e borracha NBR. Indicado para derivados de petróleo, água, vapor saturado, gases e produtos químicos em geral.
Cor: verde.

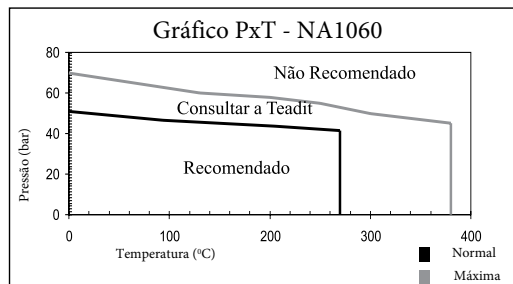
Classificação ASTM F104: 712120E22-M5



11.6. Papelão Hidráulico NA1060

Papelão hidráulico a base de fibra aramida e borracha SBR. Indicado para trabalhar com produtos que não podem sofrer contaminação.
Cor: branca.

Classificação ASTM F104: 712940E34-M9

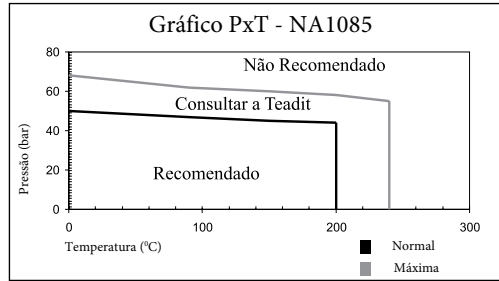


11.7. Papelão hidráulico NA1085

Papelão hidráulico universal de fibra aramida e borracha Hypalon (CSM). Apresenta excelente resistência química e mecânica. Desenvolvido para trabalhar com ácidos fortes e produtos químicos em geral.

Cor: azul cobalto.

Classificação ASTM F104: 712000E00-M5



11.8. Papelão hidráulico 1082 SAN

Papelão hidráulico de fibra aramida e NBR, indicado para atender às necessidades da indústria de alimentos e de remédios, nas quais a garantia de selabilidade precisa estar associada à eliminação de qualquer risco de contaminação.

Cor: azul.

Classificação ASTM F104 – F712120E12M5

Certificação: NSF/ANSI 61 e FDA

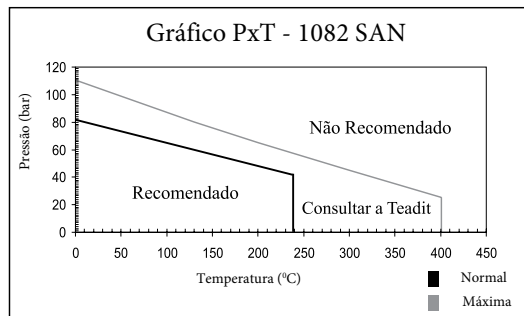
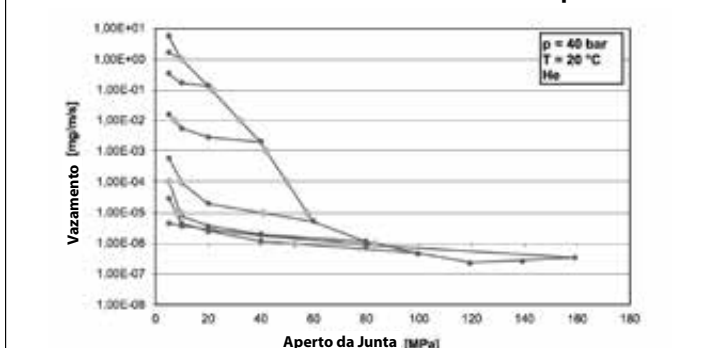


Gráfico de Selabilidade EN 13555 com Hélio a 40 bar para 1082 SAN

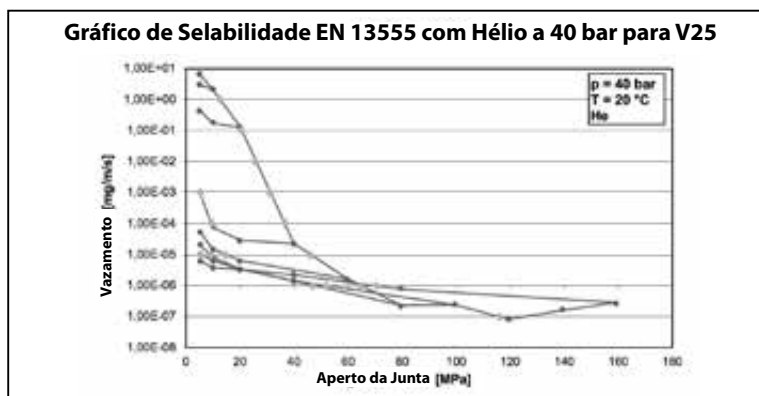
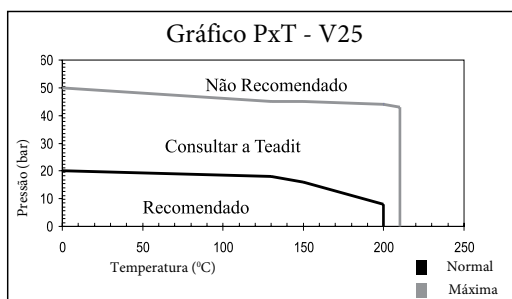


11.9. Papelão hidráulico V25

Papelão hidráulico com flexibilidade superior, que contém alto teor de fibras orgânicas, cargas especiais e borracha NBR. Indicado para trabalhar com produtos químicos em geral a baixa temperatura, água e derivados de petróleo.

Cor: vermelha.

Classificação ASTM F104 – 719000E49-M9



Anexo 4.1
Características Físicas - Papelões Hidráulicos Teadit®

Características Físicas		NA1100	U60NA	NA1002	NA1040	NA1060	NA1085	1082 SAN	V25	NA1000
Temperatura limite – °C	Máxima	450	550	400	210	380	240	400	250	380
	Uso Contínuo	270	430	240	200	270	200	260	200	200
Pressão limite – bar	Máxima	130	150	110	50	70	70	110	80	90
	Uso Contínuo	70	102	50	20	50	50	80	—	40
Densidade – g/cm ³		1.65	1.46	1.75	1.8	1.95	1.7	1.95	1.68	1.3
Compressibilidade – ASTM F36J - %		5 - 15	12-22	7 - 17	5 - 15	7 - 17	5 - 15	5-15	15-25	15-25
Recuperação – ASTM F36J - % min		50	40	45	45	45	40	50	35	50
Resistência à tração transversal ASTM F152 - MPa		15	9	11.5	9.7	13.5	14	12	4	13
Perda por calcinação ASTM F495 - % máximo		50	—	34	30	29	37	27	35	36
Aumento de espessura ASTM F 146 - % máximo	IRM 903	15	15	12	25	30	—	15	15	15
	Fuel B	15	15	10	20	20	—	10	15	15
Aumento de peso ASTM F 146 - % máximo	IRM 903	15	30	15	25	30	—	15	20	—
	Fuel B	15	20	15	20	20	—	10	20	20
Aumento de espessura concentração 25% a 23° C - % máximo	H ₂ SO ₄	—	—	—	—	—	6	—	—	—
	HNO ₃	—	—	—	—	—	6	—	—	—
	HCl	—	—	—	—	—	5	—	—	—
Aumento de peso concentração 25% a 23° C - % máximo	H ₂ SO ₄	—	—	—	—	—	6	—	—	—
	HNO ₃	—	—	—	—	—	6	—	—	—
	HCl	—	—	—	—	—	5	—	—	—
Perda de aperto – ASTM F 38 - %		22	—	25	26	20	26	20	49	48
Perda de aperto – DIN 52913 - MPa		35	43	28	26	39	28	36	27	37
Selabilidade Isoctano 1000 psi – ASTM F37 – ml / h		0.20	—	0.25	0.25	0.25	0.20	0.20	0.25	—
Selabilidade – DIN3535-6- mg/s.m		0.003	0.1	0.001	0.06	—	—	0.006	0.01	<0.001

Anexo 4.2

Tabela de Recomendações Papéis Hidráulicos Teadit

A: adequado B: consultar Teadit C: não recomendado

Fluidos	U60 NA	NA1000	NA 1002	NA 1040	NA 1060	1082 SAN	NA1085	NA1100	V25
Acetaldeído	B	B	B	B	B	B	C	B	B
Acetamida	A	A	A	A	C	A	B	A	A
Acetato de Alumínio	A	A	A	B	A	A	A	A	B
Acetato de Amila	B	B	B	B	B	B	C	B	B
Acetato de Butila	B	B	B	C	C	B	C	B	C
Acetato de Chumbo (Açúcar de Chumbo)	B	A	B	B	C	A	C	B	B
Acetato de Cobre	B	B	B	B	C	B	C	B	B
Acetato de Etila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Acetato de Potássio	A	A	A	B	B	A	C	A	B
Acetato de Vinila	B	B	B	B	-	B	-	B	B
Acetileno	C	A	A	A	A	A	B	A	A
Acetona	C	C	C	C	B	C	B	C	C
Acetofenona	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Acetonitrila	C	C	C	C	-	C	-	C	C
Ácido Acético (T < 90°C)	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ácido Acético (T ≥ 90°C)	C	C	C	C	C	C	A	C	C
Ácido Acrílico	B	B	B	B	-	B	-	B	B
Ácido Adípico	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Ácido Benzóico	B	B	B	C	B	B	B	B	C
Ácido Bórico	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ácido Brômico	C	C	C	C	C	C	A	C	C
Ácido Butírico	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido Carbólico, Fenol	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido Carbônico	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Ácido Cítrico	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ácido Clorídrico 10%	A	A	A	B	C	A	A	A	B
Ácido Clorídrico 37%	C	C	C	C	C	C	A	C	C
Ácido Cloroacético	C	C	C	C	C	C	A	C	C
Ácido Clorosulfônico	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido Crômico	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido Esteárico	A	A	A	A	B	A	B	A	A
Ácido Fluorídrico	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido Fluorsilícico	A	C	A	A	C	A	A	A	A
Ácido Fórmico	B	B	B	C	A	B	A	B	C
Ácido Fosfórico	B	C	B	C	C	C	C	B	C
Ácido Láctico 50%	A	A	A	B	A	A	A	A	B
Ácido Láctico, Frio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ácido Láctico, Quente	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido Maleico	B	C	B	B	C	C	C	B	B
Ácido Metilacrilico	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido Nítrico < 50% (T ≤ 50°C)	C	C	C	C	C	C	A	C	C
Ácido Nítrico > 50%	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido Nítrico Bruto	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido Nítrico Vermelho Fumegante	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido Oleico	A	A	A	A	C	A	B	A	A
Ácido Oxálico	B	B	B	C	B	B	B	B	C
Ácido Palmítico	A	A	A	B	B	A	B	A	B
Ácido Perclórico	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido Pírico	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Ácido Salicílico	B	B	B	B	B	B	-	B	B
Ácido Sulfúrico ≤ 90%	C	C	C	C	C	C	A	C	C
Ácido Sulfúrico 95%	C	C	C	C	C	C	B	C	C

Anexo 4.2 (continuação)

**Tabela de Recomendações
Papelões Hidráulicos Teadit**

A: adequado B: consultar Teadit C: não recomendado

Fluídos	U60 NA	NA1000	NA 1002	NA 1040	NA 1060	1082 SAN	NA1085	NA1100	V25
Ácido Sulfúrico oleum	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido Sulfúrico Fumegante	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ácido Sulfuroso	B	B	B	C	B	B	A	B	C
Ácido Tânico	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ácido Tartárico	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ácido Tricloroacético	B	B	B	B	C	B	C	B	B
Acrilato de Etila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Acrlonitrila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Água	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Água Destilada	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Água, Sem Sal Oxidante	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Água de Alimentação de Caldeira	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Água de Esgoto	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Água Régia	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Água do Mar	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aguarrás Aguarrás	A	A	A	A	C	A	C	A	A
Água Salgada	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Alcatrão (Asfalto)	B	B	B	B	C	B	C	B	B
Álcool Amílico	B	B	B	B	B	B	A	B	B
Álcool Benzílico	C	C	C	C	C	C	B	C	C
Álcool Isopropílico	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Álcool Propílico	A	A	A	A	A	A	C	A	A
Alumes	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Alvejante (Hipoclorito de Sódio)	C	C	C	C	C	C	A	C	C
Amônia – Fria (Gás)	C	A	A	A	A	A	A	A	A
Amônia – Líquida, Anidra	B	B	B	B	C	B	B	B	B
Amônia – Quente (Gás)	C	C	C	C	C	C	B	C	C
Anidrido Acético	C	C	C	C	C	C	A	C	C
Anidrido Maleico	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Anilina	C	C	C	C	B	C	C	C	C
Ar	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aroclors	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Asfalto	B	B	B	B	C	B	C	B	B
Barrilha (Carbonato de cálcio)	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benzaldeído	C	C	C	C	C	C	-	C	C
Benzeno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Bicarbonato de Sódio	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Bifenil	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Bissulfato de Sódio, Seco	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Bissulfito de Cálcio	C	C	C	C	C	C	A	C	C
Bissulfito de Sódio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bórax	B	B	B	B	B	B	A	B	B
Brometo de Metila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Bromo	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Butadieno	C	C	C	C	C	C	B	C	C
Butano	C	A	A	B	C	A	A	A	B
Butanol	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Carbonato de Sódio (Barrilha)	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cerveja	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cetano (Hexadecano)	B	A	A	A	C	A	B	A	A

Anexo 4.2 (continuação)

Tabela de Recomendações Papéis Hidráulicos Teadit

A: adequado B: consultar Teadit C: não recomendado

Fluidos	U60 NA	NA1000	NA 1002	NA 1040	NA 1060	1082 SAN	NA1085	NA1100	V25
Cianeto de Potássio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cianeto de Sódio	A	C	A	A	A	A	A	A	A
Ciclohexano	A	A	A	A	C	A	C	A	A
Ciclohexanol	A	B	A	B	C	A	B	A	B
Ciclo-hexanona	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cola, Base Proteína	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Clordane	B	B	B	B	C	B	C	B	B
Cloreto de Alumínio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloreto de Amônia	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloreto de Bário	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloreto de Benzila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cloreto de Benzoila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cloreto de Cálcio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloreto de Cobre	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloreto de Enxofre	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cloreto de Estanho	A	A	A	A	A	A	-	A	A
Cloreto de Etila	B	B	B	C	C	B	C	B	C
Cloreto Férrico	A	A	A	A	A	A	B	A	A
Cloreto de Magnésio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloreto de Metila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cloreto de Mercúrio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloreto de Níquel	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloreto de Potássio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloreto de Sódio (T < 50°C)	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloreto de Tionila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cloreto de Vinila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cloreto de Vinilideno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cloreto de Zinco	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloro (Seco)	C	B	B	C	B	B	B	B	C
Cloro (Úmido)	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Clorobenzeno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Clorofórmio	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cloropreno	C	C	C	C	-	C	-	C	C
Condensado	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Creosato	A	A	A	A	C	A	C	A	A
Cresol	B	B	B	C	C	B	C	B	C
Cumeno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Decano	A	A	A	A	C	A	C	A	A
Dibrometo de Etileno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Dibromoetano	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Dicloreto de Etileno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
o-Diclorobenzeno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Dicloroetano (1,1 ou 1,2)	C	C	C	C	-	C	-	C	C
Dicromato de Potássio	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Dietanolamina	A	A	A	A	-	A	-	A	A
N,N-Dimetil Anilina	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Dimetilformamida	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2,4-Dinitrotolueno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Dioxano	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Dióxido de Carbono, Seco	B	A	A	A	A	A	A	A	A

Anexo 4.2 (continuação)
Tabela de Recomendações
Papelões Hidráulicos Teadit

Fluidos	A: adequado			B: consultar Teadit			C: não recomendado		
	U60 NA	NA1000	NA 1002	NA 1040	NA 1060	1082 SAN	NA1085	NA1100	V25
Dióxido de Carbono, Úmido	B	A	A	A	A	A	A	A	A
Dióxido de Cloro	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Dióxido de Enxofre	C	C	C	C	B	C	A	C	C
Dissulfeto de Carbono	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Dowtherm	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Enxofre, Fundido	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Epicloroidrina	C	C	C	C	C	C	B	C	C
Estireno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Etano	C	B	B	C	B	B	B	B	C
Etanol	A	A	A	B	A	A	A	A	B
Éteres	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Éter Dibenzílico	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Éter Dietílico	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Éter Dimetílico	B	A	A	A	C	A	C	A	A
Éter de Petróleo	A	A	A	A	C	A	A	A	A
Éter Etilico	B	B	B	C	C	B	B	B	C
Etil Benzeno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Etil Celulose	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Etileno	C	A	A	B	B	A	C	A	B
Etileno Glicol	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fenol	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Fluído de Transmissão A	A	A	A	A	C	A	C	A	A
Flúor, Gás	C	C	C	C	C	C	-	C	C
Flúor, Líquido	C	C	C	C	C	C	-	C	C
Fluoreto de Alumínio	A	B	A	A	A	A	A	A	A
Fluoreto de Hidrogênio	C	C	C	C	C	C	-	C	C
Fosfato de Sódio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Formaldeído	A	A	A	B	B	A	B	A	B
Fosfato de Amônia	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Freon 12	C	A	A	A	A	A	A	A	A
Freon 22	C	C	C	C	A	C	A	C	C
Freon 32	C	A	A	A	A	A	A	A	A
Ftalato de Dibutila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ftalato de Dimetila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Furfural	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Gás do Forno de Coque	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Gás de Alto Forno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Gás de Gasogênio	C	A	A	A	C	A	B	A	A
Gás de Petróleo Liquefeito (LPG)	C	A	A	A	C	A	B	A	A
Gás Natural - GLP	C	A	A	B	B	A	A	A	B
Gasolina	A	A	A	A	C	A	C	A	A
Gelatina	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Glicerina	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Glicol	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Glucose	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Graxa	A	A	A	A	C	A	C	A	A
Heptano	A	A	A	B	C	A	B	A	B
Hexano	A	A	A	B	C	A	A	A	B
Hexona	B	B	B	B	-	B	-	B	B
Hidrazina	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Hidrogênio	B	A	A	A	A	A	A	A	A

Anexo 4.2 (continuação)
Tabela de Recomendações
Papelões Hidráulicos Teadit

A: adequado B: consultar Teadit C: não recomendado

Fluidos	U60 NA	NA1000	NA 1002	NA 1040	NA 1060	1082 SAN	NA1085	NA1100	V25
Hidroquinona	B	B	B	B	C	B	C	B	B
Hidróxido de Amônia 30% (T < 50°C)	A	A	A	B	C	A	A	A	B
Hidróxido de Bário	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Hidróxido de Cálcio (T < 50°C)	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Hidróxido de Magnésio (T < 50°C)	B	B	B	C	B	B	A	B	C
Hidróxido de Potássio (T < 50°C)	B	B	B	C	B	B	A	B	C
Hidróxido de Sódio (T < 50°C)	B	B	B	C	B	B	A	B	C
Hidróxido de Sódio (T ≥ 50°C)	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Hipoclorito de Cálcio	B	B	B	C	C	B	A	B	C
Hipoclorito de Sódio	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Iodeto de Metila	C	C	C	C	-	C	-	C	C
Isocetano	A	A	A	A	C	A	A	A	A
Isoforona	C	A	C	C	C	A	C	C	C
Leite	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Licor de Cana de Açúcar	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Licor de Sulfato Verde	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Lixívia, Detergente	B	B	B	B	B	B	A	B	B
Metacrilato de Butila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Metacrilato de Metila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Metacrilato de Vinila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Metano	C	A	A	B	C	A	B	A	B
Metanol	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Metafosfato de Sódio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Metil Clorofórmio	C	C	C	C	-	C	-	C	C
Metil Etil Cetona	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Metil Isobutil Cetona (MIBK)	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Metil terc-Butil Éter (MTBE)	A	A	A	A	-	A	-	A	A
Mercúrio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Monóxido de Carbono	B	A	A	A	B	A	B	A	A
Nafta	A	A	A	A	C	A	C	A	A
Naftaleno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Nitrato de Alumínio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nitrato de Amônia	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nitrato de Cálcio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nitrato de Potássio	A	A	A	B	B	A	A	A	B
Nitrato de Prata	B	B	A	A	B	B	A	B	A
Nitrato de Propila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Nitrato de Sódio	B	B	B	B	B	B	A	B	B
Nitrobenzeno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Nitrogênio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nitrometano	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2-Nitropropano	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Octano	A	A	A	B	C	A	C	A	B
Óleo Bruto	B	B	A	B	C	B	C	B	B
Óleo Diesel	A	A	A	A	C	A	B	A	A
Óleo Combustível	A	A	A	A	C	A	C	A	A
Óleo Hidráulico – Base Petróleo	A	A	A	A	C	A	B	A	A
Óleo de Linhaça	A	A	A	A	C	A	B	A	A
Óleos Lubrificantes, Mineral ou Petróleo	A	A	A	A	C	A	C	A	A
Óleo de Madeira da China	A	A	A	A	C	A	B	A	A
Óleo de Milho	A	A	A	A	C	A	B	A	A

Anexo 4.2 (continuação)
Tabela de Recomendações
Papelões Hidráulicos Teadit

A: adequado B: consultar Teadit C: não recomendado

Fluidos	U60 NA	NA1000	NA 1002	NA 1040	NA 1060	1082 SAN	NA1085	NA1100	V25	
Óleo Mineral	A	A	A	A	C	A	B	A	A	
Óleo de Petróleo	A	A	A	A	C	A	B	A	A	
Óleo de Rícino ou de Mamona	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Óleo de Semente de Algodão	A	A	A	A	C	A	B	A	A	
Óleo de Silicone	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Óleo de Soja	A	A	A	A	C	A	C	A	A	
Óleo de Transformador	B	A	A	A	C	A	B	A	A	
Óleo de Tungue	A	A	A	A	C	A	C	A	A	
Óleo de Colza	B	B	B	B	C	B	C	B	B	
Óleo Térmico Dowtherm	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Óleo Vegetal	A	A	A	A	C	A	B	A	A	
Ortodiclorobenzeno	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Óxido de Etileno	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Óxido de Estireno	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Óxido de Propileno	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Oxigênio	C	C	C	C	C	C	B	C	C	
Ozônio	C	C	C	C	C	C	A	C	C	
Pentano	A	A	A	B	C	A	B	A	B	
Perborato de Sódio	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Percloroetileno	B	B	B	C	C	B	C	B	C	
Permanganato de Potássio	A	A	A	A	B	A	B	A	A	
Peróxido de Sódio	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Pentaclorofenol	A	A	A	A	-	A	-	A	A	
Pentafluoreto de Iodo	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Peróxido de Hidrogênio < 30%	A	A	A	A	B	A	B	A	A	
Petróleo	A	A	A	A	B	A	B	A	A	
Pimeno	B	B	B	B	C	B	C	B	B	
Piperidina	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Piridina	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Propano	B	A	A	B	C	A	B	A	B	
Propileno	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Querosene	A	A	A	A	C	A	B	A	A	
Refrigerantes	11	C	B	B	B	C	B	A	B	B
	12	C	A	A	A	A	A	A	A	A
	13	C	A	A	A	A	A	A	A	A
	13 B1	C	A	A	A	A	A	A	A	A
	21	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	22	C	C	C	C	A	C	A	C	C
	31	C	C	C	C	B	C	B	C	C
	32	C	A	A	A	A	A	A	A	A
	112	C	B	B	B	C	B	B	B	B
	113	C	A	A	A	B	A	A	A	A
	114	C	A	A	A	A	A	A	A	A
	114 B2	C	B	B	B	C	B	A	B	B
	115	C	A	A	A	A	A	A	A	A
	142b	C	A	A	A	A	A	A	A	A
	152a	C	A	A	A	A	A	C	A	A
	218	C	A	A	A	A	A	A	A	A
	502	C	B	B	B	A	B	-	B	B
	C316	C	A	A	A	A	A	A	A	A
	C318	C	A	A	A	A	A	A	A	A

Anexo 4.2 (continuação)

**Tabela de Recomendações
Papéis Hidráulicos Teadit**

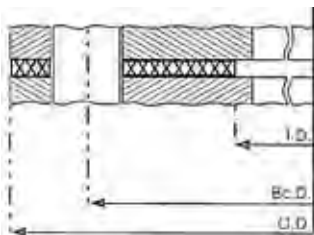
A: adequado B: consultar Teadit C: não recomendado

Fluídos	U60 NA	NA1000	NA 1002	NA 1040	NA 1060	1082 SAN	NA1085	NA1100	V25
Salmoura	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sebacato de Dibutila	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Silicato de Sódio	A	B	A	A	A	A	A	A	A
Skydrol	C	B	C	C	C	B	C	C	C
Soluções de Detergente	A	B	A	A	B	A	B	A	A
Soluções de Galvanização com Cromo	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Soluções de Sabão	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Solventes Clorados	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Sulfato de Alumínio	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Sulfato de Amônia	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Sulfato de Cobre (T< 50°C)	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfato de Magnésio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfato de Níquel	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Sulfato de Potássio	A	A	A	A	A	A	B	A	A
Sulfato de Sódio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfato de Zinco	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Sulfato Férrico	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfato de Bário	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Sulfato de Hidrogênio, Seco ou Úmido	C	C	C	C	C	C	B	C	C
Sulfato de Sódio	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tetrabromoetano	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Tetracloro de Carbono	B	B	B	C	C	B	C	B	C
Tetracloro de Titânio	B	B	B	B	C	B	C	B	B
Tetracloro-etano	B	B	B	C	C	B	C	B	C
Tetracloroetileno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Tetrahydrofurano (THF)	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Tetróxido de Nitrogênio	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Tiosulfato de Sódio	B	B	B	B	B	B	A	B	B
Tolueno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2,4-Toluenodisocianato	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1,1,2-tricloroetano	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Tricloroetileno	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Tricloro-trifluor-etano	C	A	A	A	C	A	C	A	A
Tricresilfosfato	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Trietanolamina – TEA	B	B	B	C	B	B	A	B	C
Trietil Alumínio	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Trietilamina	C	C	C	C	-	C	-	C	C
Trifluoreto de Bromo	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Trifluoreto de Cloro	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Trióxido de Enxofre	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Uísques e Vinhos	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Vapor de água saturado	A	A	A	B	A	A	B	A	B
Verniz	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Vinagre	B	B	B	B	B	B	A	B	B
Xileno	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Anexo 4.3

**Dimensões das juntas FF conforme ASME B16.21 para flanges ASME B16.5
Classes 150 e 300 psi - dimensões em milímetros**

Diâmetro Nominal	Junta Tipo	Diâmetro Interno	150 psi				300 psi			
			Diâmetro externo	Círculo Furação	Furos		Diâmetro Externo	Círculo Furação	Furos	
					Nº	Diâmetro			Nº	Diâmetro
1/2	FF	21	89	60.3	4	5/8	95	66.7	4	5/8
3/4	FF	27	98	69.9	4	5/8	115	82.6	4	3/4
1	FF	33	108	79.4	4	5/8	125	88.9	4	3/4
1 1/4	FF	42	117	88.9	4	5/8	135	98.4	4	3/4
1 1/2	FF	48	127	98.4	4	5/8	155	114.3	4	7/8
2	FF	60	152	120.7	4	3/4	165	127	8	3/4
2 1/2	FF	73	178	139.7	4	3/4	190	149.2	8	7/8
3	FF	89	191	152.4	4	3/4	210	168.3	8	7/8
3 1/2	FF	102	216	177.8	8	3/4	230	184.2	8	7/8
4	FF	114	229	190.5	8	3/4	255	200	8	7/8
5	FF	141	254	215.9	8	7/8	280	235	8	7/8
6	FF	168	279	241.3	8	7/8	320	269.9	12	7/8
8	FF	219	343	298.5	8	7/8	380	330.2	12	1
10	FF	273	406	362	12	1	445	387.4	16	11/8
12	FF	324	483	431.8	12	1	520	450.8	16	11/4
14	FF	356	533	476.3	12	1 1/8	585	514.4	20	11/4
16	FF	406	597	539.8	16	1 1/8	650	571.5	20	1 3/8
18	FF	457	635	577.9	16	1 1/4	710	628.6	24	1 3/8
20	FF	508	699	635	20	1 1/4	775	685.8	24	1 3/8
24	FF	610	813	749.3	20	1 3/8	915	812.8	24	1 5/8

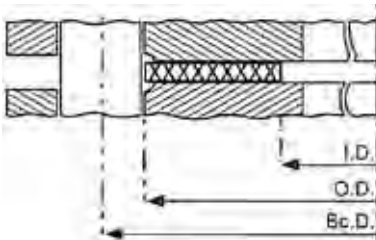


I.D. - Diâmetro Interno
O.D. - Diâmetro Externo
B.C.D. - Diâmetro do Círculo de Furação

Anexo 4.4

Dimensões das juntas RF conforme ASME B16.21 para flanges ASME B16.5 Classes 150, 300, 400, 600, 900 psi - dimensões em milímetros

Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno	Diâmetro Externo				
		150	300	400	600	900
1/2	21	48	54	54	54	64
3/4	27	57	67	67	67	70
1	33	67	73	73	73	79
1 1/4	42	76	83	83	83	89
1 1/2	48	86	95	95	95	98
2	60	105	111	111	111	143
2 1/2	73	124	130	130	130	165
3	89	137	149	149	149	168
3 1/2	102	162	165	162	162	—
4	114	175	181	178	194	206
5	141	197	216	213	241	248
6	168	222	251	248	267	289
8	219	279	308	305	321	359
10	273	340	362	359	400	435
12	324	410	422	419	457	498
14	356	451	486	483	492	521
16	406	514	540	537	565	575
18	457	549	597	594	613	638
20	508	606	654	648	683	699
24	610	718	775	768	791	838



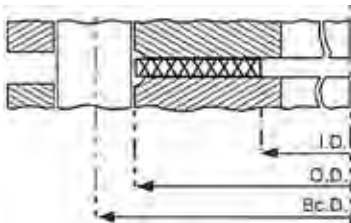
I.D. - Diâmetro Interno
O.D. - Diâmetro Externo
Bc.D. - Diâmetro do Círculo de Furação

Anexo 4.5

Dimensões das juntas RF conforme ASME B16.21 para flanges ASME B16.47 Série A Classes 150, 300, 400 e 600 psi - dimensões em milímetros

Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno	Diâmetro Externo			
		150	300	400	600
22 ⁽¹⁾	559	660	705	702	733
26	660	775	835	832	867
28	711	832	899	892	914
30	762	883	953	946	972
32	813	940	1 006	1 003	1 022
34	864	991	1 057	1 054	1 073
36	914	1 048	1 118	1 118	1 130
38	965	1 111	1 054	1 073	1 105
40	1 016	1 162	1 114	1 127	1 156
42	1 067	1 219	1 165	1 178	1 219
44	1 118	1 276	1 219	1 232	1 270
46	1 168	1 327	1 273	1 289	1 327
48	1 219	1 384	1 324	1 346	1 391
50	1 270	1 435	1 378	1 403	1 448
52	1 321	1 492	1 429	1 454	1 499
54	1 372	1 549	1 492	1 518	1 556
56	1 422	1 607	1 543	1 568	1 613
58	1 473	1 664	1 594	1 619	1 664
60	1 524	1 715	1 645	1 683	1 721

Nota 1: o flange de 22" está incluído apenas como referência pois não pertence à ASME B16.47.

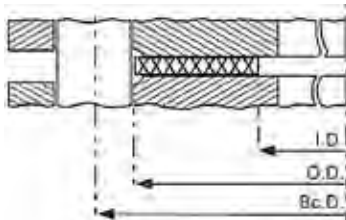


I.D. - Diâmetro Interno
O.D. - Diâmetro Externo
Bc.D. - Diâmetro do Círculo de Furação

Anexo 4.6

Dimensões das juntas RF conforme ASME B16.21 para flanges ASME B16.47 Série B
Classes 75, 150, 300, 400 e 600 psi - dimensões em milímetros

Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno	Diâmetro Externo				
		75	150	300	400	600
26	660	708	725	772	746	765
28	711	759	776	826	800	819
30	762	810	827	886	857	879
32	813	860	881	940	911	933
34	864	911	935	994	962	997
36	914	973	987	1 048	1 022	1 048
38	965	1 024	1 045	1 099	—	—
40	1 016	1 075	1 095	1 149	—	—
42	1 067	1 126	1 146	1 200	—	—
44	1 118	1 181	1 197	1 251	—	—
46	1 168	1 232	1 256	1 318	—	—
48	1 219	1 283	1 307	1 368	—	—
50	1 270	1 334	1 357	1 419	—	—
52	1 321	1 387	1 408	1 470	—	—
54	1 372	1 438	1 464	1 530	—	—
56	1 422	1 495	1 514	1 594	—	—
58	1 473	1 546	1 580	1 656	—	—
60	1 524	1 597	1 630	1 705	—	—

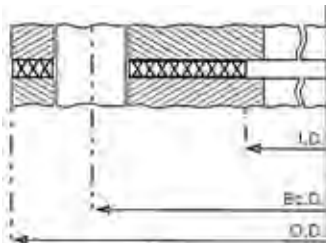


I.D. - Diâmetro Interno
 O.D. - Diâmetro Externo
 B.C.D. - Diâmetro do Círculo de Furação

Anexo 4.7

Dimensões das juntas FF conforme ASME B16.21 para flanges MSS SP-51 Classe 150LW - dimensões em milímetros

Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno	Diâmetro Externo	Diâmetro Furo	Número Furos	Diam. Circ. Furação
1/4	14	64	7/16	4	42.9
3/8	17	64	7/16	4	42.9
1/2	21	89	5/8	4	60.3
3/4	27	98	5/8	4	69.9
1	33	108	5/8	4	79.4
1 1/4	42	117	5/8	4	88.9
1 1/2	48	127	5/8	4	98.4
2	60	152	3/4	4	120.7
2 1/2	73	178	3/4	4	139.7
3	89	191	3/4	4	152.4
4	114	229	3/4	8	190.5
5	141	254	7/8	8	215.9
6	168	279	7/8	8	241.3
8	219	343	7/8	8	298.5
10	273	406	1	12	362
12	324	483	1	12	431.8

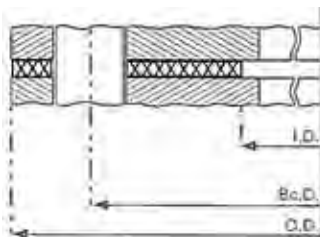


I.D. - Diâmetro Interno
O.D. - Diâmetro Externo
B.C.D. - Diâmetro do Círculo de Furação

Anexo 4.8

Dimensões das juntas FF conforme ASME B16.21 para flanges ASME B16.24 em liga de cobre fundido Classes 150 e 300 psi - dimensões em milímetros

Diâmetro Nominal	Diam. Int.	Classe 150				Classe 300			
		Diam. Ext.	Número Furos	Diam. Furo	Diam. Circ. Furação	Diam. Ext.	Número Furos	Diam. Furo	Diam. Circ. Furação
1/2	21	89	4	5/8	60.3	95	4	5/8	66.7
3/4	27	98	4	5/8	69.9	117	4	3/4	82.6
1	33	108	4	5/8	79.4	124	4	3/4	88.9
1 1/4	42	117	4	5/8	88.9	133	4	3/4	98.4
1 1/2	48	127	4	5/8	98.4	156	4	7/8	114.3
2	60	152	4	3/4	120.7	165	8	3/4	127
2 1/2	73	178	4	3/4	139.7	191	8	7/8	149.2
3	89	191	4	3/4	152.4	210	8	7/8	168.3
3 1/2	102	216	8	3/4	177.8	229	8	7/8	184.2
4	114	229	8	3/4	190.5	254	8	7/8	200
5	141	254	8	7/8	215.9	279	8	7/8	235
6	168	279	8	7/8	241.3	318	12	7/8	269.9
8	219	343	8	7/8	298.5	381	12	1	330.2
10	273	406	12	1	362	—	—	—	—
12	324	483	12	1	431.8	—	—	—	—

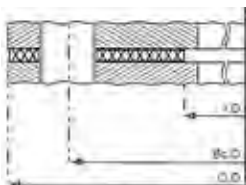


I.D. - Diâmetro Interno
 O.D. - Diâmetro Externo
 Bc.D. - Diâmetro do Círculo de Furação

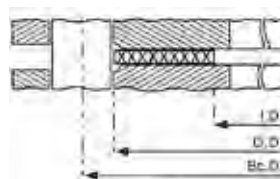
Anexo 4.9

**Dimensões das juntas FF e RF conforme ASME B16.21 para flanges ASME B16.1
Classe 25 de Ferro Fundido - dimensões em milímetros**

Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno	Juntas RF	Juntas FF			
		Diâmetro Externo	Diâmetro Externo	Número Furos	Diâmetro Furo	Diam. Circ. Furação
4	114	175	229	8	3/4	190
5	141	200	254	8	3/4	216
6	168	225	279	8	3/4	241
8	219	283	343	8	3/4	298
10	273	346	406	12	3/4	362
12	324	416	483	12	3/4	432
14	356	457	533	12	7/8	476
16	406	521	597	16	7/8	540
18	457	559	635	16	7/8	578
20	508	616	699	20	7/8	635
24	610	730	813	20	7/8	749
30	762	892	984	28	1	914
36	914	1 064	1 168	32	1	1 086
42	1 067	1 232	1 346	36	1 1/8	1 257
48	1 219	1 397	1 511	44	1 1/8	1 422
54	1 372	1 568	1 683	44	1 1/8	1 594
60	1 524	1 730	1 854	52	1 1/4	1 759
72	1 829	2 067	2 197	60	1 1/4	2 095
84	2 134	2 394	2 534	64	1 3/8	2 426
96	2 438	2 724	2 877	68	1 3/8	2 756



I.D. - Diâmetro Interno
O.D. - Diâmetro Externo
B.C.D. - Diâmetro do
Círculo de Furação

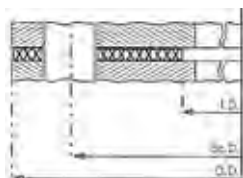


I.D. - Diâmetro Interno
O.D. - Diâmetro Externo
B.C.D. - Diâmetro do
Círculo de Furação

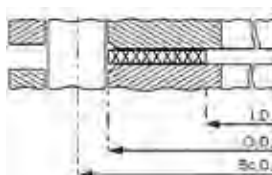
Anexo 4.10

Dimensões das juntas FF e RF conforme ASME B16.21 para flanges ASME B16.1 Classe 125 de Ferro Fundido - dimensões em milímetros

Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno	Juntas RF	Juntas FF			
		Diâmetro Externo	Diâmetro Externo	Número Furos	Diâmetro Furo	Diam. Circ. Furação
1	33	67	108	4	5/8	79.4
1 ¼	42	76	117	4	5/8	88.9
1 ½	49	86	127	4	5/8	98.4
2	60	105	152	4	3/4	120.7
2 ½	73	124	178	4	3/4	139.7
3	89	137	191	4	3/4	152.4
3 ½	102	162	216	8	3/4	177.8
4	114	175	229	8	3/4	190.5
5	141	197	254	8	7/8	215.9
6	168	222	279	8	7/8	241.3
8	219	279	343	8	7/8	298.5
10	273	352	406	12	1	362
12	324	410	483	12	1	431.8
14	356	451	533	12	1 1/8	476.3
16	406	514	597	16	1 1/8	539.8
18	457	549	635	16	1 1/4	577.9
20	508	606	699	20	1 1/4	635
24	610	718	813	20	1 3/8	749.3
30	762	883	984	28	1 3/8	914.4
36	914	1 048	1 168	32	1 5/8	1 085.9
42	1 067	1 219	1 346	36	1 5/8	1 257.3
48	1 219	1 384	1 511	44	1 5/8	1 422.4



I.D. - Diâmetro Interno
O.D. - Diâmetro Externo
B.C.D. - Diâmetro do
Círculo de Furação



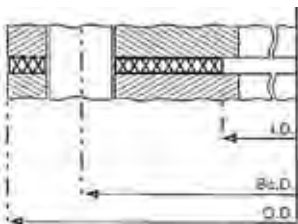
I.D. - Diâmetro Interno
O.D. - Diâmetro Externo
B.C.D. - Diâmetro do
Círculo de Furação

Anexo 4.11

Dimensões das juntas FF conforme EN 1514-1 – dimensões em mm

EN 1514-1 FORM FF		PN 2,5			
Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno (mm)	Diâmetro Externo (mm)	Número Furos	Diâmetro Furo (mm)	Diâmetro Circulo Furação (mm)
DN 10	18	75	4	11	50
DN 15	22	80	4	11	55
DN 20	27	90	4	11	65
DN 25	34	100	4	11	75
DN 32	43	120	4	14	90
DN 40	49	130	4	14	100
DN 50	61	140	4	14	110
DN 60 ⁽¹⁾	72	150	4	14	120
DN 65	77	160	4	14	130
DN 80	89	190	4	18	150
DN 100	115	210	4	18	170
DN 125	141	240	8	18	200
DN 150	169	265	8	18	225
DN 200	220	320	8	18	280
DN 250	273	375	12	18	335
DN 300	324	440	12	22	395
DN 350	356	490	12	22	445
DN 400	407	540	16	22	495
DN 450	458	595	16	22	550
DN 500	508	645	20	22	600
DN 600	610	755	20	26	705

⁽¹⁾ Somente para flanges de ferro fundido.

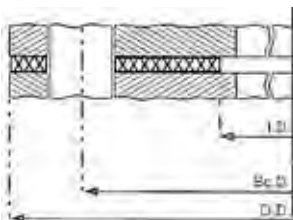


I.D. - Diâmetro Interno
 O.D. - Diâmetro Externo
 Bc.D. - Diâmetro do Círculo de Furação

Anexo 4.11 (continuação)
Dimensões das juntas FF conforme EN 1514-1 – dimensões em mm

⁽¹⁾ Somente para flanges de ferro fundido.

EN 1514-1 FORM FF		PN 6			
Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno (mm)	Diâmetro Externo (mm)	Número Furos	Diâmetro Furo (mm)	Diâmetro Círculo Furação (mm)
DN 10	18	75	4	11	50
DN 15	22	80	4	11	55
DN 20	27	90	4	11	65
DN 25	34	100	4	11	75
DN 32	43	120	4	14	90
DN 40	49	130	4	14	100
DN 50	61	140	4	14	110
DN 60 ⁽¹⁾	72	150	4	14	120
DN 65	77	160	4	14	130
DN 80	89	190	4	18	150
DN 100	115	210	4	18	170
DN 125	141	240	8	18	200
DN 150	169	265	8	18	225
DN 200	220	320	8	18	280
DN 250	273	375	12	18	335
DN 300	324	440	12	22	395
DN 350	356	490	12	22	445
DN 400	407	540	16	22	495
DN 450	458	595	16	22	550
DN 500	508	645	20	22	600
DN 600	610	755	20	26	705



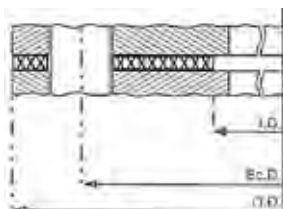
I.D. - Diâmetro Interno
O.D. - Diâmetro Externo
Bc.D. - Diâmetro do Círculo de Furação

Anexo 4.11 (continuação)
Dimensões das juntas FF conforme EN 1514-1 – dimensões em mm

EN 1514-1 FORM FF		PN 10			
Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno (mm)	Diâmetro Externo (mm)	Número Furos	Diâmetro Furo (mm)	Diâmetro Círculo Furação (mm)
DN 10	18	90	4	14	60
DN 15	22	95	4	14	65
DN 20	27	105	4	14	75
DN 25	34	115	4	14	85
DN 32	43	140	4	18	100
DN 40	49	150	4	18	110
DN 50	61	165	4	18	125
DN 60 ⁽¹⁾	72	175	8	18	135
DN 65	77	185	8 ⁽²⁾	18	145
DN 80	89	200	8	18	160
DN 100	115	220	8	18	180
DN 125	141	250	8	18	210
DN 150	169	285	8	22	240
DN 200	220	340	8	22	295
DN 250	273	395 ⁽²⁾	12	22	350
DN 300	324	445 ⁽²⁾	12	22	400
DN 350	356	505	16	22	460
DN 400	407	565	16	26	515
DN 450	458	615	20	26	565
DN 500	508	670	20	26	620
DN 600	610	780	20	30	725
DN 700	712	895	24	30	840
DN 800	813	1015	24	33	950
DN 900	915	1115	28	33	1050
DN 1000	1016	1230	28	36	1160
DN 1100	1120	1340	32	39	1270
DN 1200	1220	1455	32	39	1380
DN 1400	1420	1675	36	42	1590
DN 1500	1520	1785	36	42	1700
DN 1600	1620	1915	40	48	1820
DN 1800	1820	2115	44	48	2020
DN 2000	2020	2325	48	48	2230

⁽¹⁾ Somente para flanges de ferro fundido.

⁽²⁾ Esta junta também é utilizada em flanges de 4 parafusos.



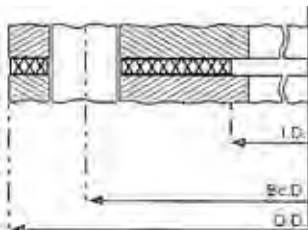
I.D. - Diâmetro Interno
 O.D. - Diâmetro Externo
 Bc.D. - Diâmetro do Círculo de Furação

Anexo 4.11 (continuação)

Dimensões das juntas FF conforme EN 1514-1 – dimensões em mm

EN 1514-1 FORM FF		PN 16			
Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno (mm)	Diâmetro Externo (mm)	Número Furos	Diâmetro Furo (mm)	Diâmetro Círculo Furação (mm)
DN 10	18	90	4	14	60
DN 15	22	95	4	14	65
DN 20	27	105	4	14	75
DN 25	34	115	4	14	85
DN 32	43	140	4	18	100
DN 40	49	150	4	18	110
DN 50	61	165	4	18	125
DN 60	72	175	8	18	135
DN 65	77	185	8 ⁽²⁾	18	145
DN 80	89	200	8	18	160
DN 100	115	220	8	18	180
DN 125	141	250	8	18	210
DN 150	169	285	8	22	240
DN 200	220	340	12	22	295
DN 250	273	405 ⁽²⁾	12	26	355
DN 300	324	460 ⁽²⁾	12	26	410
DN 350	356	520	16	26	470
DN 400	407	580	16	30	525
DN 450	458	640	20	30	585
DN 500	508	715	20	33	650
DN 600	610	840	20	36	770
DN 700	712	910	24	36	840
DN 800	813	1025	24	39	950
DN 900	915	1125	28	39	1050
DN 1000	1016	1255	28	42	1170
DN 1100	1120	1355	32	42	1270
DN 1200	1220	1485	32	48	1390
DN 1400	1420	1685	36	48	1590
DN 1500	1520	1820	36	56	1710
DN 1600	1620	1930	40	56	1820
DN 1800	1820	2130	44	56	2020
DN 2000	2020	2345	48	62	2230

⁽²⁾ Esta junta também é utilizada em flanges de 4 parafusos.

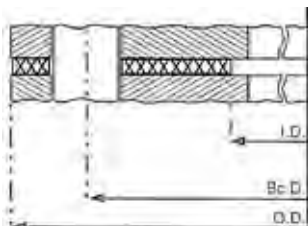


I.D. - Diâmetro Interno
 O.D. - Diâmetro Externo
 Bc.D. - Diâmetro do Círculo de Furação

Anexo 4.11 (continuação)
Dimensões das juntas FF conforme EN 1514-1 – dimensões em mm

EN 1514-1 FORM FF		PN 25			
Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno (mm)	Diâmetro Externo (mm)	Número Furos	Diâmetro Furo (mm)	Diâmetro Círculo Furação (mm)
DN 10	18	90	4	14	60
DN 15	22	95	4	14	65
DN 20	27	105	4	14	75
DN 25	34	115	4	14	85
DN 32	43	140	4	18	100
DN 40	49	150	4	18	110
DN 50	61	165	4	18	125
DN 60	72	175	8	18	135
DN 65	77	185	8 ⁽²⁾	18	145
DN 80	89	200	8	18	160
DN 100	115	235	8	22	190
DN 125	141	270	8	26	220
DN 150	169	300	8	26	250
DN 200	220	360	12	26	310
DN 250	273	425	12	30	370
DN 300	324	485	16	30	430
DN 350	356	555	16	33	490
DN 400	407	620	16	36	550
DN 450	458	670	20	36	600
DN 500	508	730	20	36	660
DN 600	610	845	20	39	770
DN 700	712	960	24	42	875
DN 800	813	1085	24	48	990
DN 900	915	1185	28	48	1090
DN 1000	1016	1320	28	56	1210
DN 1100	1120	1420	32	56	1310
DN 1200	1220	1530	32	56	1420
DN 1400	1420	1755	36	62	1640
DN 1500	1520	1865	36	62	1750
DN 1600	1620	1975	40	62	1860
DN 1800	1820	2195	44	70	2070
DN 2000	2020	2425	48	70	2300

⁽¹⁾ Esta junta também é utilizada em flanges de 4 parafusos.



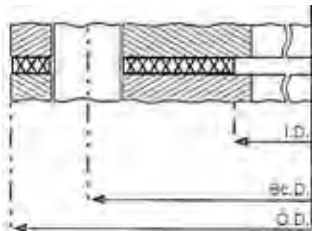
I.D. - Diâmetro Interno
 O.D. - Diâmetro Externo
 B.C.D. - Diâmetro do Círculo de Furação

Anexo 4.11 (continuação)
Dimensões das juntas FF conforme EN 1514-1 – dimensões em mm

EN 1514-1 FORM FF		PN 40			
Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno (mm)	Diâmetro Externo (mm)	Número Furos	Diâmetro Furo (mm)	Diâmetro Círculo Furação (mm)
DN 10	18	90	4	14	60
DN 15	22	95	4	14	65
DN 20	27	105	4	14	75
DN 25	34	115	4	14	85
DN 32	43	140	4	18	100
DN 40	49	150	4	18	110
DN 50	61	165	4	18	125
DN 60 ⁽¹⁾	72	175	8	18	135
DN 65	77	185	8 ⁽²⁾	18	145
DN 80	89	200	8	18	160
DN 100	115	235	8	22	190
DN 125	141	270	8	26	220
DN 150	169	300	8	26	250
DN 200	220	375	12	30	320
DN 250	273	450	12	33	385
DN 300	324	515	16	33	450
DN 350	356	580	16	36	510
DN 400	407	660	16	39	585
DN 450	458	685	20	39	610
DN 500	508	755	20	42	670
DN 600	610	890	20	48	795

⁽¹⁾ Somente para flanges de ferro fundido.

⁽²⁾ Esta junta também é utilizada em flanges de 4 parafusos.



I.D. - Diâmetro Interno

O.D. - Diâmetro Externo

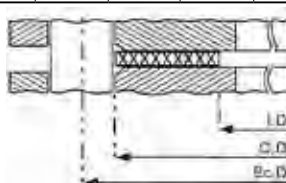
Bc.D. - Diâmetro do Círculo de Furação

Anexo 4.12
Dimensões das juntas IBC* conforme EN 1514-1 – dimensões em mm

EN 1514-1 FORM IBC		PN 2.5	PN 6	PN 10	PN 16	PN 25	PN 40	PN 63
Diâmetro Nominal	I.D. [mm]	O.D. [mm]						
DN 10	18	39	39	46	46	46	46	56
DN 15	22	44	44	51	51	51	51	61
DN 20	27	54	54	61	61	61	61	72
DN 25	34	64	64	71	71	71	71	82
DN 32	43	76	76	82	82	82	82	88
DN 40	49	86	86	92	92	92	92	103
DN 50	61	96	96	107	107	107	107	113
DN 60	72	-	106 ⁽¹⁾	117 ⁽¹⁾	117 ⁽¹⁾	117 ⁽¹⁾	117 ⁽¹⁾	123
DN 65	77	116	116	127	127	127	127	138
DN 80	89	132	132	142	142	142	142	148
DN 100	115	152	152	162	162	168	168	174
DN 125	141	182	182	192	192	192	194	210
DN 150	169	207	207	218	218	224	224	247
DN 175	169	-	-	-	-	-	-	277
DN 200	220	262	262	273	273	284	290	309
DN 250	273	317	317	328	329	340	352	364
DN 300	324	373	373	378	384	400	417	424
DN 350	356	423	423	438	444	457	474	486
DN 400	407	473	473	489	495	514	546	543
DN 450	458	528	528	539	555	564	571	
DN 500	508	578	578	594	617	624	628	
DN 600	610	679	679	695	734	731	747	
DN 700	712	784	784	810	804	833		
DN 800	813	890	890	917	911	942		
DN 900	915	990	990	1017	1011	1042		
DN 1000	1016	1124	1090	1124	1128	1154		
DN 1100	1120	-	-	1231	1228	1254		
DN 1200	1220	1290	1307	1341	1342	1364		
DN 1400	1420	1490	1524	1548	1542	1578		
DN 1500		-	-	1658 ⁽¹⁾	1654 ⁽¹⁾	1688 ⁽¹⁾		
DN 1600	1620	1700	1724	1772	1764	1798		
DN 1800	1820	1900	1931	1972	1964	2000		
DN 2000	2020	2100	2138	2182	2168	2230		
DN 2200	2220	2307	2348	2384				
DN 2400	2420	2507	2558	2594				
DN 2600	2620	2707	2762	2794				
DN 2800	2820	2924	2972	3014				
DN 3000	3020	3124	3172	3228				
DN 3200	3220	3324	3382					
DN 3400	3420	3524	3592					
DN 3600	3620	3734	3804					
DN 3800	3820	3931						
DN 4000	4020	4131						

⁽¹⁾ Somente para flanges de ferro fundido.

* IBC (Inside Bolt Circle) - RF

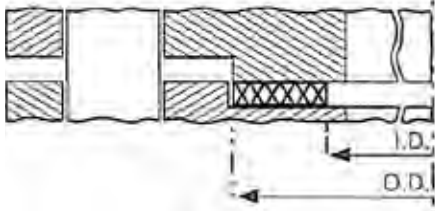


I.D. - Diâmetro Interno
O.D. - Diâmetro Externo
B.C.D. - Diâmetro do
Círculo de Furação

Anexo 4.13
Dimensões das juntas SR* conforme EN 1514-1
Dimensões em mm

EN 1514-1 FORM SR		PN 10	PN 16	PN 25	PN 40
Diâmetro Nominal	I.D. [mm]	O.D. [mm]			
DN 10	18	34	34	34	34
DN 15	22	39	39	39	39
DN 20	27	50	50	50	50
DN 25	34	57	57	57	57
DN 32	43	65	65	65	65
DN 40	49	75	75	75	75
DN 50	61	87	87	87	87
DN 65	77	109	109	109	109
DN 80	89	120	120	120	120
DN 100	115	149	149	149	149
DN 125	141	175	175	175	175
DN 150	169	203	203	203	203
DN 200	220	259	259	259	259
DN 250	273	312	312	312	312
DN 300	324	363	363	363	363
DN 350	356	421	421	421	421
DN 400	407	473	473	473	473
DN 450	458	523	523	523	523
DN 500	508	575	575	575	575
DN 600	610	675	675	675	675
DN 700	712	747	747	747	747
DN 800	813	882	882	882	
DN 900	915	987	987	987	
DN 1000	1016	1092	1092	1092	

* SR (Spigot and Recess) - Macho e Fêmea

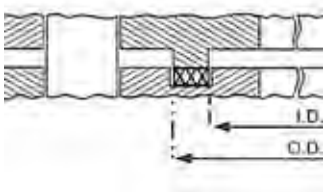


I.D. - Diâmetro Interno
O.D. - Diâmetro Externo

Anexo 4.14
Dimensões das juntas TG* conforme EN 1514-1
Dimensões em mm

EN 1514-1 FORM TG		PN 10	PN 16	PN 25	PN 40
Diâmetro Nominal	I.D. [mm]	O.D. [mm]			
DN 10	24	34	34	34	34
DN 15	29	39	39	39	39
DN 20	36	50	50	50	50
DN 25	43	57	57	57	57
DN 32	51	65	65	65	65
DN 40	61	75	75	75	75
DN 50	73	87	87	87	87
DN 65	95	109	109	109	109
DN 80	106	120	120	120	120
DN 100	129	149	149	149	149
DN 125	155	175	175	175	175
DN 150	183	203	203	203	203
DN 200	239	259	259	259	259
DN 250	292	312	312	312	312
DN 300	343	363	363	363	363
DN 350	395	421	421	421	421
DN 400	447	473	473	473	473
DN 450	497	523	523	523	523
DN 500	549	575	575	575	575
DN 600	649	675	675	675	675
DN 700	751	777	777	777	
DN 800	856	882	882	882	
DN 900	961	987	987	987	
DN 1000	1062	1092	1092	1092	

* TG (Tongue and Groove) - Lingueta e Ranhura



I.D. - Diâmetro Interno
O.D. - Diâmetro Externo

JUNTAS EM PTFE

1. POLITETRAFLUOROETILENO - PTFE

Polímero desenvolvido pela Du Pont, que é comercializado com o nome Teflon. Em razão da sua excepcional resistência química, é o plástico mais usado para vedações industriais. Os únicos produtos químicos que atacam o PTFE são os metais alcalinos em estado líquido e o flúor livre.

O PTFE possui também excelentes propriedades de isolamento elétrico, antiaderência, resistência ao impacto e baixo coeficiente de atrito.

Os produtos para vedação são obtidos a partir da sinterização, extrusão ou laminação do PTFE puro ou com aditivos, resultando produtos com características diversas.

2. TIPOS DE PLACAS DE PTFE

Diferentes tipos de placas de PTFE são usadas na fabricação de juntas, para aplicações onde é necessária elevada resistência ao ataque químico. Existem placas com propriedades diversas para atender as exigências de cada aplicação. Os tipos de placas mais usados, as suas características, aplicações, vantagens e desvantagens são discutidas nesta seção.

2.1. PLACA DE PTFE MOLDADA E SINTERIZADA

As placas de PTFE Moldadas e Sinterizadas foram as primeiras introduzidas no mercado. Elas são fabricadas a partir de resina de PTFE virgem ou reprocessada, sem cargas ou aditivos, em processo de moldagem em prensa e sinterização. Como qualquer outro produto plástico, o PTFE possui uma característica de escoamento quando submetido a uma força de compressão. Esta característica é extremamente prejudicial ao desempenho de uma junta, obrigando reapertos frequentes para reduzir ou evitar vazamentos. Este escoamento é acentuado com a elevação da temperatura.

2.2. PLACA DE PTFE USINADA

Estas placas são fabricadas a partir da usinagem de um tarugo de PTFE virgem ou reprocessado. Este processo foi desenvolvido para superar as dificuldades do processo de moldagem na fabricação de placas de maiores dimensões. Entretanto, estas placas possuem as mesmas deficiências de escoamento que as placas moldadas.

2.3. PLACA DE PTFE USINADA COM CARGA

Para reduzir o escoamento são usadas cargas minerais ou fibra de vidro. Em virtude do processo de sinterização e usinagem esta adição não é suficiente para reduzir substancialmente o escoamento em temperaturas elevadas.

2.4. PLACA DE PTFE LAMINADO

Para reduzir o escoamento um novo processo foi desenvolvido para produzir placas de PTFE. Antes da sinterização as placas passam por um processo de laminação criando uma microestrutura altamente fibrilada. O escoamento tanto em temperatura ambiente quanto em temperaturas elevadas é substancialmente reduzido. Para atender as diversas necessidades de resistência química, vários aditivos são adicionados durante o processo de fabricação, tais como Barita, Sílica ou microesferas ocas de vidro. Cada aditivo atende uma necessidade específica, mas podem ser empregados na maioria das aplicações comuns. As placas de PTFE laminado Tealon* e Teadit® PL100 são analisadas detalhadamente nas seções seguintes.

2.5. PTFE EXPANDIDO

Como alternativa para reduzir o escoamento do PTFE foi desenvolvido o processo de expansão antes da sinterização. Neste processo, materiais para juntas são expandidos em uma direção (cordões ou fitas) ou em duas direções (placas). Os produtos de PTFE Expandido possuem excelente resistência química e grande compressibilidade. Na Seção 5 deste Capítulo são apresentados os diversos produtos de PTFE Expandido Teadit®.

3. TEALON* – PLACAS DE PTFE LAMINADO (rPTFE)

As placas de PTFE Laminado Tealon* foram desenvolvidas para atender os mais elevados requisitos exigidos na fabricação de juntas de PTFE. O seu processo único de fabricação permite obter uma estrutura altamente fibrilada que, em conjunto com aditivos selecionados, resulta em um produto de excepcional qualidade.

As placas TEALON* são aditivadas com Barita, Sílica ou microesferas ocas de vidro, conforme descrito a seguir

**TEALON é marca registrada pela Chemours Company FC,LLC, e usada sob licença pela Teadit.*

- **Tealon* TF1570:** placa de PTFE com microesferas ocas de vidro. Este aditivo produz placas com elevada compressibilidade usadas em flanges frágeis ou revestidos, substituindo com vantagens as juntas tipo envelope. Soluções cáusticas fortes podem atacar o vidro, por isso não é recomendado para estas aplicações. É fornecido na cor azul.
- **Tealon* TF1580:** placa de PTFE com Barita. Este material possui excepcional resistência a agentes cáusticos fortes, como a Soda Cáustica. Também atende aos requisitos da *Food and Drug Administration (FDA)* para serviços com alimentos e remédios. De cor branca é também utilizado para aplicações onde existe risco de contaminação do produto.
- **Tealon* TF1590:** placa de PTFE com Sílica. Produto indicado para serviços com ácidos fortes. Também pode ser considerado um produto para serviço geral incluindo soluções cáusticas fracas. Fornecido na cor marrom.

3.1. TESTES DE DESEMPENHO

As placas de Tealon* foram submetidas a vários testes para comprovar as suas excepcionais qualidades. A seguir estão os resultados destes testes.

3.1.1. COMPRESSÃO À QUENTE

Juntas de Tealon* TF1580, TF1590 e de placa de PTFE usinada dimensões ASME B16.21, DN 3/4” – Classe 150 psi foram submetidas a uma força de esmagamento de 100 MPa (15000 psi) por uma hora a 260° C. A Figura 5.1 mostra o resultado do teste, onde pode-se ver claramente o fenômeno do escoamento do PTFE. As juntas de Tealon* mantiveram a sua forma original.



Junta TEALON



Junta de PTFE
Usinado

Figura 5.1

3.1.2. IMERSÃO EM SODA CÁUSTICA A 110 °C

Para verificar o desempenho em serviços com produtos cáusticos fortes amostras de Tealon* TF1580 e TF1590 foram imersas em solução de soda cáustica concentrada a 33%, 110° C por 24 dias. Durante este período as alterações de massa foram registradas. A Figura 5.2 mostra o resultado do teste.

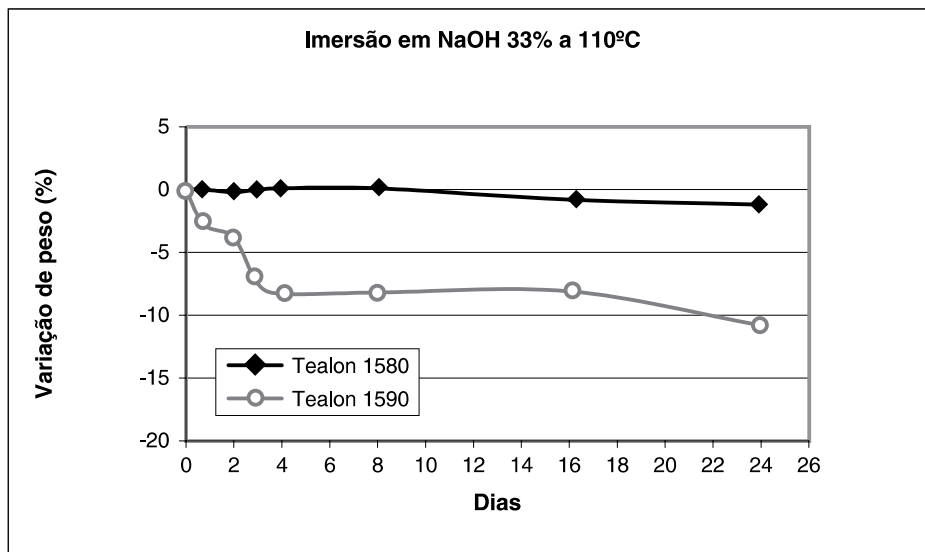


Figura 5.2

Como pode ser observado, o TF1580 mostrou a sua excepcional resistência, não sendo atacado pela soda cáustica. A Sílica do TF1590 foi atacada e, por esta razão, este material não é recomendado para serviço com soda cáustica quente.

3.1.3. IMERSÃO EM ÁCIDO SULFÚRICO A 85 °C

O desempenho do Tealon* TF1580 e TF1590 em serviços com produtos ácidos fortes foi constatado em imersão em solução de ácido sulfúrico concentrado a 20%, 85° C por 8 dias. Durante este período as alterações de massa foram registradas. A Figura 5.3 mostra o resultado do teste.

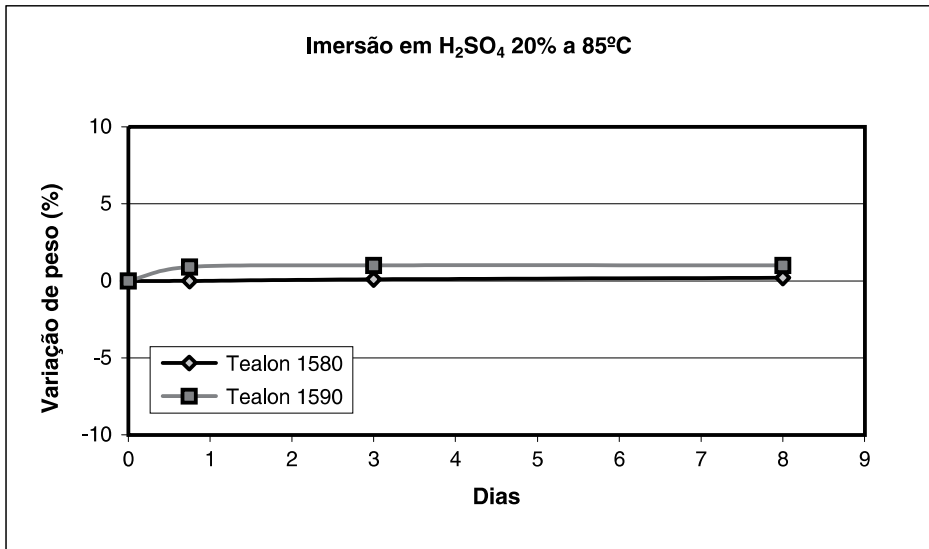


Figura 5.3

3.1.4. VAZAMENTO COM CICLO TÉRMICO

Juntas de Tealon* TF1570 e de placa de PTFE usinada foram submetidas a teste de Selabilidade para comparar o seu desempenho com ciclo térmico. As juntas foram instaladas em condições similares, segundo o procedimento abaixo:

- Instalar juntas com esmagamento de 35 MPa (5000 psi).
- Aguardar 30 minutos e reaplicar a pressão de esmagamento de 35 MPa (5000 psi).
- Elevar a temperatura para 200° C.
- Pressurizar o aparelho de teste com 42 bar (600 psi) e fechar a entrada de Nitrogênio até o final do teste.
- Manter a temperatura constante de 200° C por 4 horas.
- Desligar o sistema de aquecimento e deixar o dispositivo de teste esfriar.
- Quando a temperatura atingir 30° C ligar novamente o sistema de aquecimento até a temperatura atingir 200° C e manter por 30 minutos.
- Este ciclo é repetido duas vezes.
- Registrar a temperatura, pressão do N₂ e pressão de esmagamento.

O resultado do teste está mostrado nos gráficos das Figuras 5.4 e 5.5. A primeira figura mostra que a queda de pressão do TF1570 é desprezível ao passo que a do PTFE usinado é de mais de 50% da pressão inicial.

O motivo desta acentuada perda é a redução na pressão de esmagamento provocada pela escoamento do PTFE usinado, conforme mostrado na Figura 5.5.

Este teste é uma demonstração prática das diferenças entre o PTFE usinado e os produtos laminados como o Tealon. A estrutura fibrilada e os aditivos do Tealon reduzem significativamente o seu escoamento, um dos grandes problemas das juntas de PTFE.

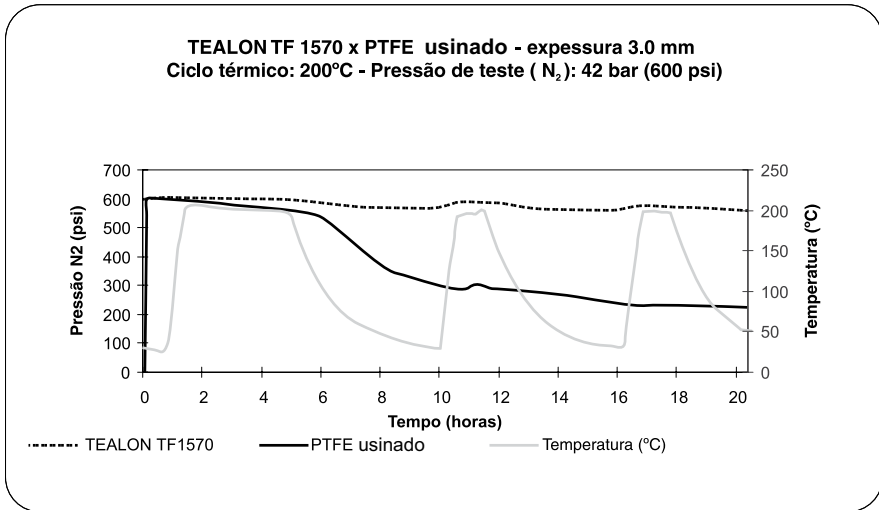


Figura 5.4

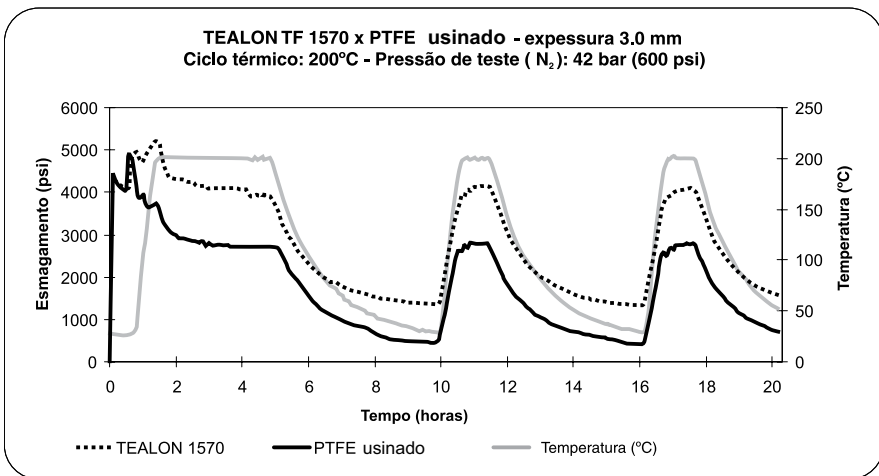


Figura 5.5

3.1.5. RESISTÊNCIA À PRESSÃO (TESTE HOB-T-2)

Juntas de TF1570, TF1580 e TF1590 foram testadas pelo Centre Technique des Industries Mecaniques (CETIM) e pelo Tightness Testing and Research Laboratory (TTRL) da Universidade de Montreal para verificar a sua resistência à pressão em temperatura elevada. O procedimento empregado foi o Hot Blow-Out (HOB-T-2), cuja descrição resumida é a seguinte:

- Flanges ASME B16.5 DN 3” – Classe 150 psi.
- Gás de teste: Hélio.
- Pressão de teste: 435 psi.
- Pressão de esmagamento da junta: 5000 psi.
- Procedimento de teste: a junta é instalada e o dispositivo pressurizado. Em seguida a temperatura é elevada até a junta falhar ou atingir a 360° C.

Os testes apresentaram os seguintes resultados:

- TF1570: resistiu até 276° C.
- TF1580: resistiu até 313° C.
- TF1590: resistiu até o final do teste, atingindo a temperatura máxima de 360° C sem falhar.

3.1.6. SERVIÇO COM GÁS QUENTE (DIN 3535 - DVGW)

Juntas de TF1580 e TF1590 foram testadas e aprovadas pelo DVGW – Deutscher Verein des Gasund Wasserfaches e.V. para verificar o atendimento à Norma DIN 3535 [19] que estabelece as condições de teste para serviço com gás quente.

3.1.7. SERVIÇO COM OXIGÊNIO (APROVAÇÃO BAM)

Juntas de TF1580 e TF1590 foram testadas e aprovadas pelo Bundesansalt für Materialforschung und Prüfung (BAM), de Berlim, Alemanha, para serviço com o oxigênio líquido ou gasoso de pressão até 83 bar e 250° C.

3.1.8. SERVIÇO EM REFINARIAS E INDÚSTRIS QUÍMICAS (TA-Luft)

Juntas de TF1570, TF1580 e TF1590 foram testadas e aprovadas pelo Staatliche Materialprüfungsanstalt – Universität Stuttgart para verificar o atendimento à Norma VDI 2440 [4], que estabelece critérios para aprovação de juntas para uso em refinarias de petróleo e indústrias químicas na Alemanha. O vazamento máximo admitido com Hélio é de 10⁻⁴ mbar-l/(s-m).

3.2. PLACAS TEALON* TF1570

O Tealon* TF1570 em virtude da alta compressibilidade proporcionada pela aditivação com microesferas ocas de vidro é indicado para trabalhar com flanges frágeis, com revestimento de vidro ou que apresentem empenamentos ou irregularidades. É recomendado para serviços com ácidos fortes, produtos alcalinos, solventes, gases, água, vapor, hidrocarbonetos e produtos químicos em geral. As principais características do

Tealon* TF1570 estão na Tabela 5.1.

É fornecido na cor azul em placas de 1500 mm x 1500 mm nas espessuras de 0.8 mm a 6.4 mm.

3.3. PLACAS TEALON* TF1580

O Tealon* TF1580 é fabricado com resina de PTFE virgem e Barita. É recomendado para serviços com produtos alcalinos e ácidos fortes, solventes, gases, água, vapor, hidrocarbonetos e produtos químicos em geral. Atende as exigências da Food and Drug Administration (FDA) para serviços com alimentos e remédios. As principais características do Tealon* TF1580 estão na Tabela 5.1.

É fornecido na cor branca em placas de 1500 mm x 1500 mm nas espessuras de 0.8 mm a 6.4 mm.

3.4. PLACAS TEALON* TF1590

O Tealon* TF1590 é fabricado com resina de PTFE virgem e Sílica. É recomendado para serviços com ácidos fortes, produtos alcalinos moderados, solventes, gases, água, vapor, hidrocarbonetos e produtos químicos em geral. As principais características do Tealon* TF1590 estão na Tabela 5.1.

É fornecido na cor marrom em placas de 1500 mm x 1500 mm nas espessuras de 0.8 mm a 6.4 mm.

Tabela 5.1
Características típicas do Tealon*

Características		Método de Teste	TF1570	TF1580	TF1590
Temperatura mínima (°C)		-	-268	-268	-268
Temperatura máxima (°C)		-	+260	+260	+260
Pressão máxima (bar)		-	55	83	83
Faixa de pH		-	0 a 14	0 a 14	0 a 14
Fator P x T (bar x °C)	Espessura 1.5 mm		12000	12000	12000
	Espessura 3.0 mm		8600	8600	8600
Compressibilidade a 5000 psi (%)		ASTM F 36 M	25 - 40	4 - 10	5 - 15
Recuperação a 5000 psi (%)		ASTM F 36 M	30	40	40
Tensão de ruptura (MPa)		ASTM 152	14	14	14
Peso específico (g/cm ³)		ASTM F 1315	1.70	2.90	2.10
Relaxamento (%)		ASTM F 38	40	15	18
Selabilidade (ml/h a 0.7 bar)		ASTM F 37A	0.12	0.04	0.20
Selabilidade (cm ³ /min)		DIN 3535	< 0.015	< 0.015	< 0.015
Testes ASTM são em placas com espessura 0.80 mm e os testes DIN em placas com 2.0 mm de espessura					

3.5. TABELA DE COMPATIBILIDADE QUÍMICA

O Anexo 5.1 apresenta a tabela de compatibilidade química dos diversos tipos de Tealon* com produtos químicos mais comuns na indústria. A Tabela de Resistência Química dos produtos de PTFE Teadit foi elaborada com base em resultados de laboratórios, experiência de campo e dados de literatura técnica, considerando o “fluido puro”.

3.6. FATORES PARA CÁLCULO DE JUNTAS

As constantes para cálculo de acordo com código ASME estão na Tabela 5.2. Os valores para cálculo da instalação de acordo com ASME PCC-1-2013 Apêndice O ainda não haviam sido determinados por ocasião da edição deste livro.

Tabela 5.2
Fatores para Cálculo

Propriedade	TF1570		TF1580		TF1590	
	Espessura - mm		Espessura - mm		Espessura - mm	
	1.6	3.2	1.6	3.2	1.6	3.2
m	2	2	2	2	4.4	3.5
y	1500	1500	1800	1500	2500	2000
Pressão de esmagamento máximo – Sg_{max} MPa (psi)	140 (20000)	100 (14500)	140 (20000)	100 (14500)	140 (20000)	100 (14500)

4. TEADIT® PL 100 - PLACAS DE PTFE LAMINADO

Teadit® PL 100 é uma placa de elevada compressibilidade, fabricada com PTFE, através de um processo único de laminação, com um alto nível de fibrilação, o que proporciona reduzida perda de aperto e escoamento, deficiências inerentes às placas usinadas (Skived) ou moldadas existentes no mercado.

Devido às propriedades químicas do PTFE, Teadit® PL 100 é indicado para a vedação de uma grande variedade de fluidos quimicamente agressivos. Através do processo de fabricação do Teadit® PL 100 se obtém uma placa rígida e com baixa densidade, que facilita a confecção de juntas leves e estruturadas, permitindo sua instalação até em locais de difícil acesso e com pouco espaço para a abertura dos flanges. Sua alta compressibilidade possibilita, também, que as juntas fabricadas com Teadit® PL 100 possam ser utilizadas em flanges ou superfícies irregulares. Suas propriedades antiaderentes facilitam a retirada das juntas após o uso, sem que restem resíduos de material nos flanges. As principais características do Teadit® PL 100 estão na Tabela 5.3, os parâmetros de aplicação na Tabela 5.4 e os fatores para cálculo de juntas na Tabela 5.5. Os valores para cálculo da instalação de acordo com ASME PCC-1-2013 Apêndice O ainda não haviam sido determinados por ocasião da edição deste livro.

É fornecido na cor branca em placas de 1500 mm x 1500 mm e espessuras de 1.5 mm, 2.0 mm e 3.0 mm. Demais espessuras sob consulta.

Tabela 5.3
Características Típicas do Teadit® PL 100

Propriedades Físicas	Método de Teste	Teadit® PL 100
Cor		Branca
Selabilidade (ml/h)	ASTM F 37A	< 0.025
Relaxamento (%)	ASTM F 38	45
Compressibilidade (%)	ASTM F 36A	50
Recuperação Mín. (%)	ASTM F 36A	16
Resistência à Tração (MPa)	ASTM F 152	8
Retenção de Torque (MPa)	DIN 52913	13

Os testes ASTM são baseados em placas de espessura 0.80mm e o teste DIN em placas de espessura 2.0 mm.

Tabela 5.4
Parâmetros de Operação do Teadit® PL 100

Parâmetros de Operação	Teadit® PL 100
Temperatura máxima (°C)	260
Temperatura mínima (°C)	-268
Pressão máxima (bar)	55
pH	0-14
Pressão x Temperatura	bar x °C
Espessura de 1,5 mm	12000
Espessura de 3,0 mm	8600
Fornecimento	Placas de 1500 x 1500 mm
Espessuras	1.5 , 2.0 e 3.0 mm (outras, sob consulta)

Tabela 5.5
Fatores para Cálculo de Juntas do Teadit® PL 100

Propriedade	Espessura - mm	
	1.6	3.2
m	1.8	5.9
y	3000	5500
Esmagamento máximo – MPa (psi)	172 (25000)	172 (25000)

5. PTFE EXPANDIDO (ePTFE) TEADIT®

Produto obtido a partir da extrusão e expansão do PTFE. Possui todas as suas características de resistência química, mas, em virtude do processo de expansão e orientação das cadeias atômicas, tem o escoamento a frio substancialmente reduzido.

O processo de fabricação produz uma microestrutura fibrosa que confere ao PTFE Expandido Teadit® (ePTFE) uma elevada resistência a altas pressões, reduzindo a densidade original do material entre 50% a 70%. Na figura 5.6 estão imagens obtidas com SEM (Scanning Eletron Microscope) de 3 tipos de estrutura de PTFE. A imagem à esquerda é de PTFE sem nenhuma expansão e as demais mostram os efeitos da expansão mono e multi direcionais.

O ePTFE é altamente flexível, tem excelente maleabilidade, se conformando facilmente às superfícies de vedação irregulares ou danificadas.

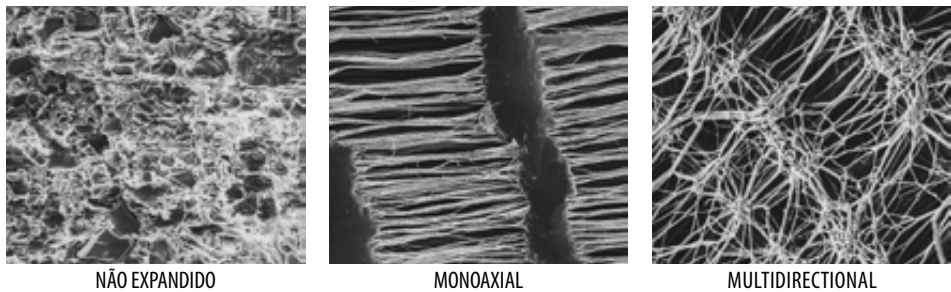


Figura 5.6

5.1. CARACTERÍSTICAS DO PTFE EXPANDIDO TEADIT®

As principais características do ePTFE Teadit® estão listadas a seguir:

- PTFE puro, sem aditivos ou cargas, para maior resistência aos produtos químicos. Faixa de pH de 0 a 14.
- Faixa de temperatura de -268°C a $+260^{\circ}\text{C}$
- Pressão de trabalho de vácuo a 200 bar.
- Baixo relaxamento, dispensando o reaperto frequente dos parafusos.
- Elevada compressibilidade: muito usado em flanges delicados, como vidro, cerâmica e PVC.
- Conformam-se facilmente às irregularidades da superfície de vedação, como riscos, marcas de corrosão e ondulações.
- Juntas de PTFE expandido podem ser usadas de vácuo a alta pressão com grande eficiência.
- Fisiologicamente inerte: não tem cheiro ou sabor, não é tóxico ou contaminante.
- Não é atacado por microorganismos ou fungos.
- Atende às exigências da FDA (Food and Drug Administration – USA) para uso em contato com produtos alimentícios e medicamentos.

- Não possui substâncias lixiviáveis.
- Vida ilimitada, o ePTFE Teadit® não altera as suas propriedades com o tempo, não envelhece ou deteriora.
- Não é atacado por agentes atmosféricos e luz solar (UV).

No trabalho de pesquisa “The Influence of Elevated Temperature in Creep Relaxation of Various PTFE Gaskets Production Methods”[56] apresentado na Conferência ASME/PVP1018 foram analisadas as diferenças de propriedades entre os diversos tipos de juntas de ePTFE.

5.1.1. Relaxamento em temperatura elevada (PQR) - Norma EN 13555

A norma EN 13555 define métodos de teste para determinar diversas propriedades das juntas, entre elas o relaxamento em temperatura elevada. O parâmetro PQR é a razão entre o aperto residual e inicial de um teste de relaxamento em condições controladas. O procedimento consiste em esmagar a junta, em um equipamento específico, a uma taxa de 0.1 MPa/s até que a tensão superficial desejada para seja atingida. O aperto é então mantido por 5 min. Neste estágio, a espessura da junta é registrada como a espessura inicial, após o que a temperatura é aumentada a uma taxa de 2° K/min até a temperatura desejada, que é então mantida constante por um período de 4 horas. Após este período de tempo, a aperto e espessura finais da junta são registradas. O valor de PQR é então calculado como a razão entre o aperto final e inicial.

O produtos de ePTFE apresentam valores de PQR superiores quando comparados com placas de PTFE moldadas ou usinadas, conforme mostrado na Figura 5.7.

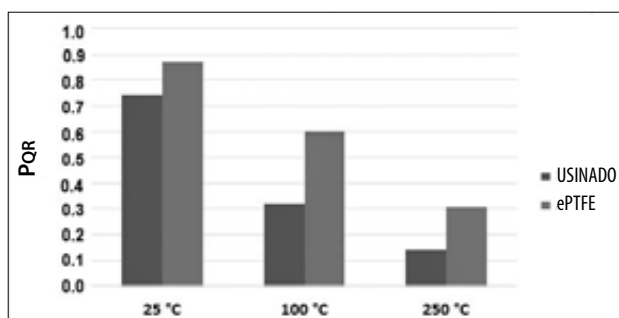


Figura 5.7

É importante acrescentar que mesmo entre produtos de ePTFE de distintos fabricantes esta propriedade pode apresentar diferenças significativas dependendo da qualidade da resina e do processo de produção empregados. Na Figura 5.8 estão comparadas amostras obtidas no mercado. Como pode ser observado as diferenças se acentuam com o aumento da temperatura.

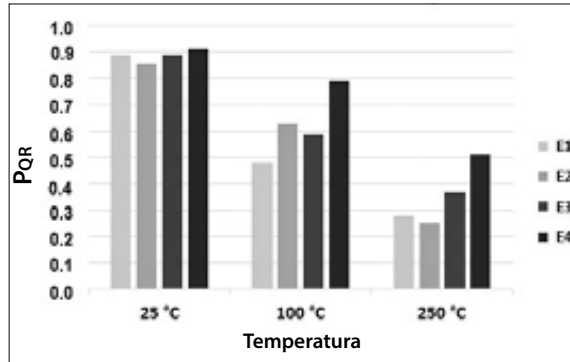


Figura 5.8

5.1.2. Aperto máximo com temperatura elevada (Q_{smax}) - Norma EN 13555

A Norma EN 13555 também define o procedimento para determinar o Aperto Máximo de uma junta (Q_{smax}), que é a tensão máxima que pode ser aplicada na superfície da junta em uma determinada temperatura, sem causar o seu colapso ou capacidade de vedar satisfatoriamente. Para juntas de ePTFE, o procedimento de teste para determinar este parâmetro de vedação, consiste em elevar a temperatura da junta, a uma taxa de 2 K/min, até o valor de temperatura de teste. Mantendo a temperatura constante, a tensão sobre a junta é elevada e reduzida progressivamente, em ciclos, como demonstrado na Tabela 5.6. Para cada ciclo, o decréscimo de espessura é registrado. O aperto máximo, Q_{smax} , é aquele que a junta não apresenta sinais de quebra ou intrusão do diâmetro interno, que possa interferir no fluxo de fluido na tubulação.

Tabela 5.6
Ciclo de aperto/desaperto

Ciclo	Aperto (MPa)	Desaperto (MPa)
1°	20	6.7
2°	30	10.0
3°	40	13.3
4°	50	16.7
5°	60	20.0
etc	A cada 20 MPa	A cada 6.7 MPa

Da mesma forma que o Relaxamento, o Aperto Máximo (Q_{smax}) depende da qualidade da resina e do processo de fabricação empregados. Na Figura 5.9 estão comparadas diferentes amostras de ePTFE obtidos no mercado.

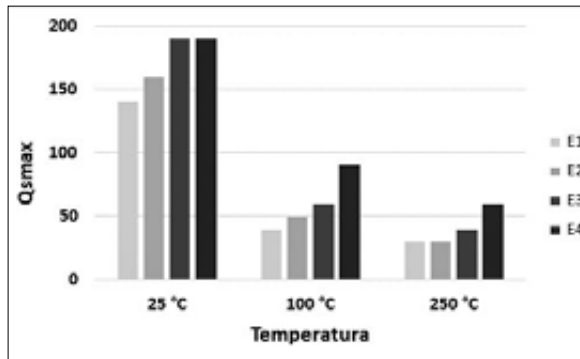
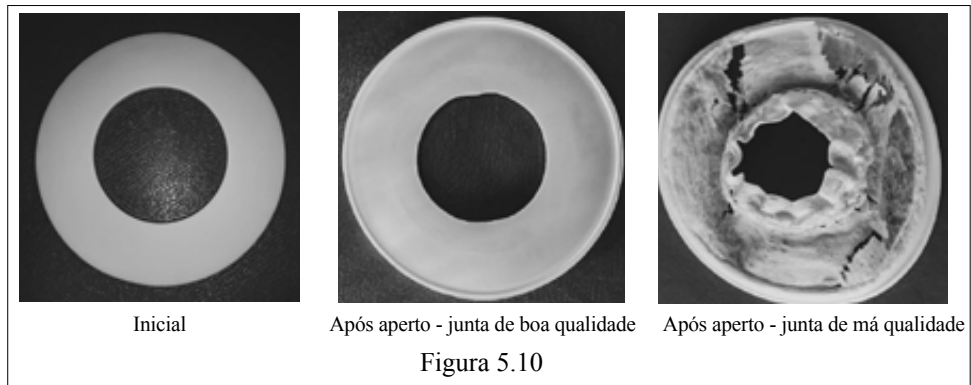


Figura 5.9

O Aperto Máximo é uma propriedade crítica, se a resina e/ou processo de fabricação não forem de qualidade pode haver a falha catastrófica da junta. Na Figura 5.10 estão mostradas juntas de ePTFE antes e após o aperto a 200 MPa em temperatura ambiente. Como pode ser observado, a junta de baixa qualidade está totalmente danificada e sem capacidade de vedar satisfatoriamente.



Portanto, a seleção apropriada da matéria prima e do processo de produção da junta de ePTFE, que inclui tanto o tipo adequado de resina quanto o processo de fabricação, é essencial para fornecer uma vedação confiável, especialmente quando o processo necessita de temperatura elevada. Recomenda-se que as propriedades da junta a ser aplicada sejam avaliadas de acordo com as exigências operacionais da aplicação.

5.2. JUNTA AUTOADESIVA DE PTFE EXPANDIDO TEADIT® 24B

Uma das formas mais comuns do PTFE EXPANDIDO TEADIT® para uso em vedações industriais é a fita de perfil retangular com autoadesivo em um dos lados (Figura 5.11).

A extrusão e expansão produz fibras com orientação axial de elevada resistência mecânica longitudinal. Durante o processo de esmagamento da junta o material reduz a sua espessura ao mesmo tempo que aumenta a sua largura. A espessura final é bem reduzida diminuindo a força radial e, com isso, a tendência a expulsar a junta (blow-out).

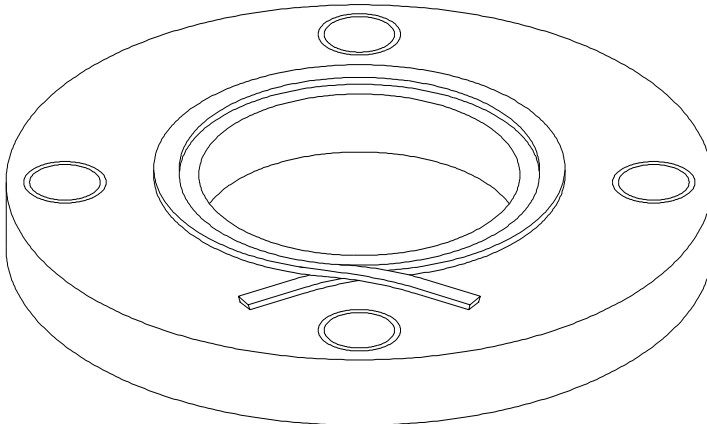


Figura 5.11

Para flanges padronizados as dimensões recomendadas estão na Tabela 5.7. Para flanges especiais a largura do PTFE Expandido TEADIT® 24B deve ser de 1/3 a 1/2 da largura disponível para a vedação. Para flanges muito danificados ou irregulares, usar a maior espessura possível.

Tabela 5.7
Dimensões dos Perfis

Diâmetro Nominal do Flange (mm)	Dimensão do perfil largura x espessura - mm
até 50	3 x 1.5
de 50 a 200	5 x 2.0
de 200 a 600	7 x 2.5
de 600 a 1500	10 x 3.0
maior do que 1500	12 x 4.0
	17 x 6.0
	20 x 7.0
	25 x 10.0

5.3. PLACAS TEADIT® 24SH E FITAS TEADIT® 25BI

O processo de estiramento bi-axial permite a fabricação de placas e fitas de PTFE expandido com resistência nas duas direções. O resultado é um material extremamente compressível e que não altera as suas dimensões de largura e comprimento ao ser esmagado.

Esta propriedade é obtida através da estrutura balanceada de fibras no comprimento e largura da placa ou fita. A resistência cruzada é ideal para a fabricação de juntas de parede estreitas ou flanges lisos com baixo coeficiente de atrito com a junta.

São mantidas as mesmas características de elevada compressibilidade para uso em flanges com superfícies de vedação distorcidas, corrugadas ou curvadas.

As fitas podem ser fornecidas com ou sem autoadesivo em um dos lados para facilitar a instalação da junta, conforme as dimensões de fabricação especificadas na Tabela 5.8.

Tabela 5.8
Dimensões de Fabricação

Largura x Espessura (mm)	10x3	15x3	20x3	25x3	15x6	20x6	25x6	30x6
Comprimento (m)	10							

As placas são fabricadas com 1500 mm x 1500 mm nas espessuras de 1.5 mm, 3.0 mm e 6.0 mm.

5.4. FATORES PARA CÁLCULO DE JUNTAS DE TEADIT® 24B, 24SH e 25BI

Os fatores para cálculo de juntas de PTFE Expandido TEADIT® estão na Tabela 5.9.

Tabela 5.9
Fatores para Cálculo

Característica	Junta TEADIT® 24B	Placa 24SH / Fita 25BI
m	2	2
y	2800	2800
Pressão de esmagamento máxima Sg_{max} (MPa)	200	230

6. PLACAS TEADIT® 30SH

Para atender às recentes exigências das autoridades europeias foi desenvolvida a placa de ePTFE Teadit® 30SH, que proporciona reduzido relaxamento e elevado esmagamento máximo em alta temperatura.

A mais recente edição da norma de cálculo de flanges EN 1591-1 demanda substancial melhora nas propriedades mecânicas dos materiais das juntas. Em especial, para juntas em PTFE o relaxamento e o aperto máximo são de grande importância no novo método de cálculo.

As normas EN 13555 [50], EN 1591-1 [51] e VCI Guideline for Gasket Installation [58] requerem que as juntas de PTFE apresentem as seguintes características:

- Valor do relaxamento, P_{QR} , maior que 0.75 em temperatura ambiente e 0.45 na temperatura de operação, partindo de aperto inicial de 30 MPa.
- Vazamento máximo admissível com Hélio a 40 bar de 0.01 mg/(s.m), com aperto de 30 MPa.
- Aperto máximo (Q_{smax}) maior que 150 MPa em temperatura ambiente.

As juntas convencionais de PTFE não atendem as exigências destas normas. Para isso são necessárias resinas de PTFE com elevado peso molecular e processo de fabricação de alta tecnologia. O novo produto de ePTFE Teadit® 30SH apresenta uma maior e mais homogênea fibrilação na sua estrutura molecular. A VCI Guideline for Gasket Installation que requer no seu “Appendix C” o valor de P_{QR} mínimo de 0.45 na temperatura de operação, para o Teadit® 30SH esta temperatura é de 260°C. As excepcionais propriedades mecânicas do Teadit® 30SH permitem o cálculo de flanges de acordo com a norma EN 1591-1 nas mais diversas dimensões.

As principais propriedades do Teadit 30SH estão a seguir.

Tabela 5.10
Valores de Q_s para Teadit 30SH

Tensão mínima de assentamento $Q_{min/L}$ (na instalação), $Q_{smin/L}$ (em operação) para pressão = 40 bar							
$Q_{smin/L}$ [MPa]							
L [mg/s*m]	$Q_{min/L}$ [MPa]	$Q_A = 20$ MPa	$Q_A = 30$ MPa	$Q_A = 40$ MPa	$Q_A = 60$ MPa	$Q_A = 80$ MPa	$Q_A = 100$ MPa
10^0	14	10	10	10	10	10	10
10^{-1}	25		10	10	10	10	10
10^{-2}	36			10	10	10	10
10^{-3}	45				10	10	10
10^{-4}	54				10	10	10
10^{-5}	71					10	10

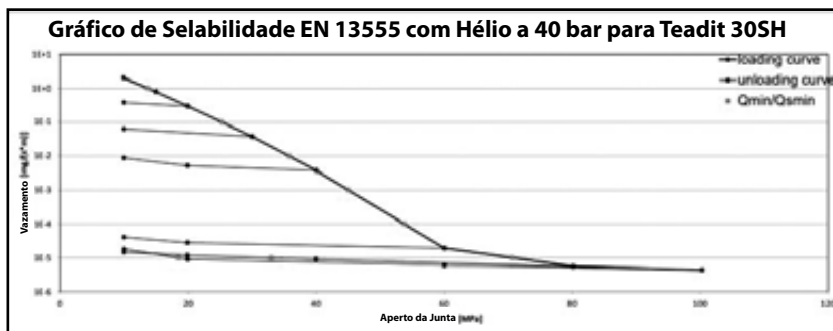


Figura 5.12

Tabela 5.11
Valores de P_{QR} e Q_{Smax} para Teadit 30SH

Fração de relaxamento P_{QR}						
Tensão da Junta	Temperatura 1 [21°C]		Temperatura 2 [150°C]		Temperatura 3 [230°C]	
	P_{QR}	Δe_{gc} [mm]	P_{QR}	Δe_{gc} [mm]	P_{QR}	Δe_{gc} [mm]
Nível de Tensão 1 [30 MPa]	0.91	0.024	0.71	0.073	0.55	0.113
Nível de Tensão 2 [30 MPa]	0.95	0.021	0.63	0.157	0.51	0.206
P_{QR} e Δe_{gc} na Tensão Máxima de Esmagamento da Junta						
P_{QR} a Q_{Smax}	0.97	0.048	0.65	0.235	0.55	0.229
Q_{Smax}	190 MPa		80 MPa		60 MPa	

Tabela 5.12
Propriedades do Teadit 30SH

TEADIT® 30SH		
Parâmetros técnicos	Unidade	TEADIT 30SH
Espessura	[mm]	0.50 - 9.00
Dimensões da folha	[mm]	1500 x 1500
Pureza ePTFE	[%]	100
Cor	-	branco
Temperatura de operação	[°C]	- 268 a + 260
Pressão de operação	[bar]	0 a 200
Propriedades Físicas Típicas - DIN28090-2		
Compressibilidade (temperatura ambiente) eKSW	[%]	35 - 40
Relaxamento (temperatura ambiente) eKRW	[%]	>3
Compressibilidade (temperatura elevada) eWSW	[%]	<15
Propriedades Físicas Típicas - ASTM		
Compressibilidade ASTM F 36M (34,5 MPa)	[%]	>45
Recuperação ASTM F 36M (34,5 MPa)	[%]	>10
Relaxamento ASTM F 38 (100 °C)	[%]	≤22
Outras propriedades		
Tensão Residual DIN 52913	MPa	>18
Taxa de vazamento TA Luft / VDI 2240	mbar*/(s*m)	8.3*10 ⁻⁷
Taxa de vazamento DIN 3535-6 (40 bar, N2)	ml/min	<0.01
Resistência à tração ASTM F 152	MPa	>25
Fator "m" de junta ASME		2
Tensão mínima da junta "y" ASME	psi	2800

7. JUNTAS TEADIT® 28LS-LE

O Teadit® 28LS-LE é uma nova geração de juntas produzidas a partir de PTFE 100% puro, multidirecionalmente expandido. As juntas biocompatíveis são fabricadas para uso na indústria farmacêutica, química e alimentícia. Uma barreira de difusão garante uma capacidade de vedação extraordinariamente alta a uma tensão de vedação muito baixa. Eles são, portanto, ideais para - mas não limitados a flanges com aperto muito baixo, isto é, em flanges de plástico, vidro revestidos com plástico ou vidro (lined flanges).

As juntas Teadit® 28LS-LE possuem excepcional resistência mecânica, o que permite a operação com mínima fluência em temperaturas elevadas e são dimensionalmente estáveis, ou seja, não ficam mais largas quando comprimidas. A barreira de difusão no diâmetro interno aumenta significativamente a capacidade de vedação das juntas e reduz a contaminação cruzada e a migração. Estas juntas são produzidas com tecnologia similar

ao Teadit® 30SH atendendo os requisitos das normas EN 13555 [50], EN 1591-1 [51] e VCI Guideline for Gasket Installation [58].

As juntas Teadit® 28LS-LE são fabricadas de acordo com os requisitos de Good Manufacturing Practices (GMP) com total integridade e rastreabilidade da cadeia de suprimentos. Os certificados FDA e EU 1935/2004, emitidos pelo Instituto Fraunhofer, confirmam sua usabilidade na indústria alimentícia e farmacêutica. Elas não estão sujeitas a envelhecimento ou degradação ambiental e podem ser armazenados indefinidamente.

7.1. Propriedades das juntas Teadit® 28LS-LE

- Cor: branca
- Espessura: 1/16” (1.6 mm), 1/8” (3.2 mm) e ¼” (6 mm)
- Dimensões: EN 1514-1 e ASME B16.21
- Limites de temperatura: -240°C a 270°C. Para curtos períodos até 315°C.
- Resistência química: inerte contra todas as substâncias (pH 0-14), incluindo os mais agressivos ácidos e cáusticos. A única exceção são os metais alcalinos e o Fluor elementar.
- Pressão de operação: de vácuo a 200 bar.

Tabela 5.13
Valores de Q_{SMIN} e Q_{SMAX} para Teadit® 28LS-LE

Tensão mínima de assentamento $Q_{min/L}$ (na instalação), $Q_{smin/L}$ (em operação) para pressão = 40 bar							
$Q_{smin/L}$ [MPa]							
L [mg/s²m]	$Q_{min/L}$ [MPa]	$Q_A = 10$ MPa	$Q_A = 20$ MPa	$Q_A = 30$ MPa	$Q_A = 40$ MPa	$Q_A = 60$ MPa	$Q_A = 80$ MPa
10^0	5	5	5	5	5	5	5
10^{-1}	5	5	5	5	5	5	5
10^{-2}	6	5	5	5	5	5	5
10^{-3}	21			6	5	5	5
10^{-4}	33				9	6	7
10^{-5}	48					16	13

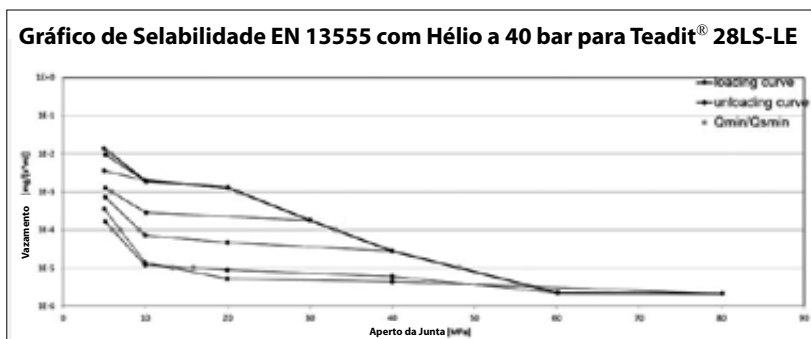


Figura 5.13

Tabela 5.14
Valores de PQR para Teadit® 28LS-LE

Fração de relaxamento P_{QR}						
Tensão da Junta	Temperatura Ambiente		Temperatura 1 [150°C]		Temperatura 2 [230°C]	
	P_{QR}	Δe_{GC}	P_{QR}	Δe_{GC}	P_{QR}	Δe_{GC}
Nível de Tensão 1 [30 MPa]	0.92	0.020	0.71	0.073	0.55	0.113
Nível de Tensão 2 [30 MPa]	0.94	0.025	0.64	0.151	0.51	0.206
P_{QR} e Δe_{GC} na Tensão Máxima de Esmagamento da Junta						
P_{QR} a Q_{Smax}	0.96	0.064	0.64	0.242	0.54	0.232
Q_{Smax}	190 MPa		80 MPa		60 MPa	

Tabela 5.15
Propriedades da Junta Teadit® 28LS-LE

TEADIT® 28LS-LE		
Parâmetros técnicos	Unidade	TEADIT 28LS-LE
Espessura	[mm]	1,5 / 3,0 / 6,0
Pureza ePTFE	[%]	100
Cor		branco
Temperatura de operação	[°C]	- 268 a + 260
Pressão de operação	[bar]	0 a 200
Propriedades Físicas Típicas - DIN28090-2		
Compressibilidade (temperatura ambiente) eKSW	[%]	35 - 40
Relaxamento (temperatura ambiente) eKRW	[%]	>3
Compressibilidade (temperatura elevada) eWSW	[%]	<15
Propriedades Físicas Típicas - ASTM		
Compressibilidade ASTM F 36M (34,5 MPa)	[%]	>45
Recuperação ASTM F 36M (34,5 MPa)	[%]	>10
Relaxamento ASTM F 38 (100 °C)	[%]	≤22
Outras propriedades		
Tensão Residual DIN 52913	MPa	>15
Taxa de vazamento TA Luft / VDI 2240	mbar*l/(s*m)	8.3*10 ⁻⁷
Taxa de vazamento DIN 3535-6 (40 bar, N2)	ml/min	<0.001
Resistência à tração ASTM F 152	MPa	>20
Fator "m" de junta ASME - esp 3.0mm		2
Tensão mínima da junta "y" ASME - esp 3.0mm	psi	750

8. JUNTAS ESPIRAIS EM PTFE COM TECNOLOGIA ORIGIN®

Na constante procura por melhor desempenho e sustentabilidade a Teadit desenvolveu a tecnologia Origin® para fabricação de juntas em PTFE [63]. Este processo recebeu a patente internacional WO 2017/049054A1 [64]. As juntas são fabricadas a partir de uma fita de PTFE espiralada e sinterizada. As fitas podem ser com ou sem aditivos (fillers), expandidas ou não, com ou sem pigmentos. Estas possibilidades permitem criar infinitas combinações na mesma junta de modo a ter o produto mais adequado para cada aplicação. É possível utilizar diferentes aditivos em regiões diversas da junta de modo a ter características específicas, inclusive variando cores para identificar estas propriedades. Adicionalmente, esta tecnologia permite a fabricação de juntas de grandes diâmetros sem emendas bem como juntas de maiores espessuras.

Outro diferencial desta tecnologia é a redução dos desperdícios, a fabricação de juntas a partir do corte de placas é extremamente ineficiente acarretando desperdícios que podem atingir mais de 60%. A tecnologia Origin® reduz as perdas de processo a virtualmente zero reduzindo substancialmente o impacto ao meio ambiente.

Em 2018, a tecnologia Origin® foi reconhecida pela The Chemours Company recebendo o Plunkett Award, que destaca inovações baseadas na utilização de fluoropolímeros.

Novas aplicações estão sendo gradualmente desenvolvidas, por ocasião da edição deste livro estão sendo comercializadas as juntas descritas a seguir.

8.1. JUNTAS PARA DOMOS DE TANQUES FERROVIÁRIOS – ORIGIN RC510

As juntas RC 510 foram desenvolvidas a partir da tecnologia Origin®. Trata-se de uma junta espiralada de PTFE com microesferas ocas de vidro, para domos de tanques ferroviários conforme ilustrado na Figura 5.14.



Figura 5.14.

Sua elevada compressibilidade, retenção de torque e reusabilidade são características fundamentais para esta aplicação. Com a RC 510 é possível o uso prolongado em múltiplos ciclos sem vazamentos.

As aplicações típicas são o transporte de etano, petróleo e seus derivados e produtos quimicamente agressivos ácidos ou cásticos. Pode ser armazenada indefinidamente não apresentando envelhecimento. Estão disponíveis para domos mais usuais tais como AAR-1, TRN-1, UTC-1, etc.

Juntas RC-510 foram instaladas em domos ferroviários e comparados com produtos similares existentes no mercado. Os testes típicos são realizados instalando as juntas com torque de 250lb-ft e pressurizadas com ar a 35 psi. Em seguida é realizada uma avaliação do vazamento. Após 1 hora o domo é aberto e sem trocar a junta é novamente fechado e pressurizado. O ciclo é repetido por 8 vezes em seguida pressurizado por 16 horas é então realizada nova avaliação do vazamento. A junta RC-510 manteve a selabilidade mesmo após 40 ciclos, resultado este superior a todas as demais juntas testadas. O resultado do ensaio está mostrado na Tabela 5.16

Tabela 5.16

Junta	Número de ciclos até falhar
Origin RC-510	Mais de 40
Concorrente A	20
Concorrente B	20
Concorrente C	30
Concorrente D	10

O resultado dos testes de selabilidade está mostrado na Figura 5.15.

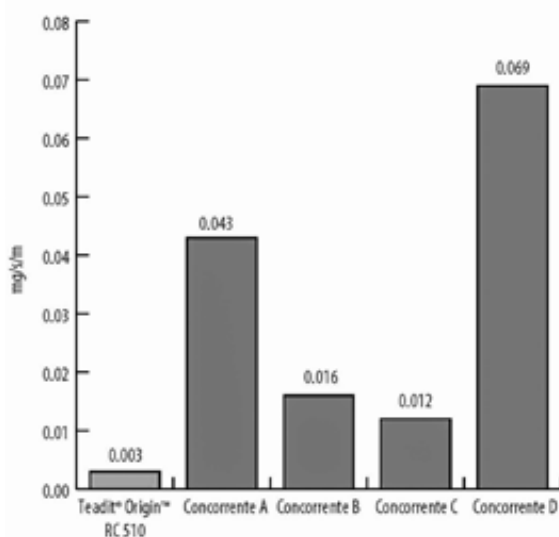


Figura 5.15

8.2. TUBULAÇÕES COM ÁCIDO SULFÚRICO - ORIGIN APF-510

A Origin® APF-510 é uma junta macia com uma barreira de vedação para aplicações em tubulações de processos com ácido sulfúrico, conforme ilustrado na Figura 5.16. Foram desenvolvidas para atender as condições específicas deste tipo de tubulação onde os flanges apresentam falhas ou irregularidades. O acoplamento do tubo ao flange é realizado por rosca que criam falhas ao longo da superfície de vedação. Juntas tradicionais não vedam satisfatoriamente nestas condições.

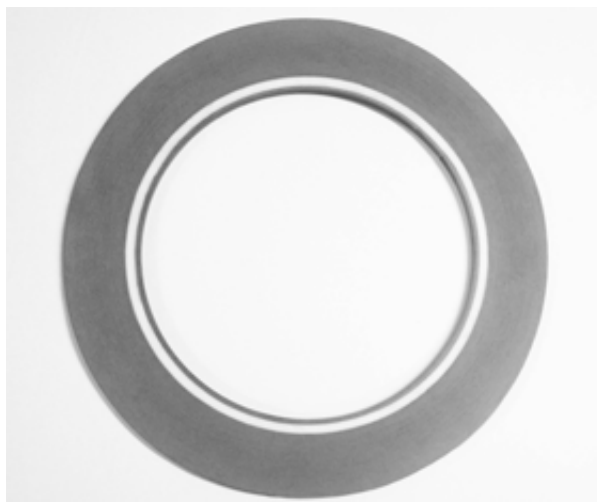


Figura 5.16

As juntas Origin® APF-510 são fabricadas a partir de uma fita expandida de PTFE com microesferas ocas de vidro, resultado em uma junta extremamente compressível que se amolda às irregularidades dos flanges. Para assegurar a vedação uma barreira de PTFE puro de baixa porosidade é posicionada de forma a vedar a região da rosca. O posicionamento das diversas fitas de PTFE foi cuidadosamente estudado para ser comprimido na região das áreas irregulares assegurando uma vedação segura e confiável.

9. JUNTAS TIPO 933 ENVELOPADAS EM PTFE

Consiste em junta de papelão hidráulico revestido por um envelope contínuo de PTFE. Alia as características de resistência mecânica e resiliência do papelão hidráulico, com a resistência química de PTFE. A espessura do envelope é de 0.5 mm.

Em aplicações onde é necessária uma maior conformabilidade da junta, o enchimento pode ser feito com um Elastômero. Suas aplicações principais são os equipamentos e flanges de vidro, cerâmico ou aço com revestimento de vidro. A temperatura máxima admissível no envelope é de 260° C. Entretanto, este valor deve levar em consideração também o limite de cada material do enchimento.

Ao ser esmagado o envelope de PTFE corre o risco de trincar e expor o enchimento ao fluido. Como na maioria dos casos o enchimento não tem resistência ao ataque químico dos fluidos, pode ocorrer a falha prematura da junta. Por esta razão as juntas tipo envelope estão sendo gradualmente substituídas por outros produtos, tais como Tealon TF1580 e os diversos tipos de PTFE Expandido Teadit®.

9.1. FORMAS CONSTRUTIVAS

Existem dois tipos de envelopes, ambos fabricados a partir de tarugos ou buchas de PTFE, não possuindo, portanto, emendas que permitam o contato do fluido com o enchimento.

9.2. TIPO 933-V

É o tipo mais comum, por ser o mais econômico. A Figura 5.17 mostra o corte transversal da junta. Tem espessura total limitada a aproximadamente 3.2mm (1/8"). Devido ao elevado custo do PTFE, o envelope é normalmente fabricado nas dimensões RF (raised face). Quando é necessário que a junta cubra toda a superfície do flange, o enchimento pode ser FF (full face) com o envelope de PTFE indo apenas até os parafusos, reduzindo, desta forma, o custo da junta sem prejudicar a sua performance.

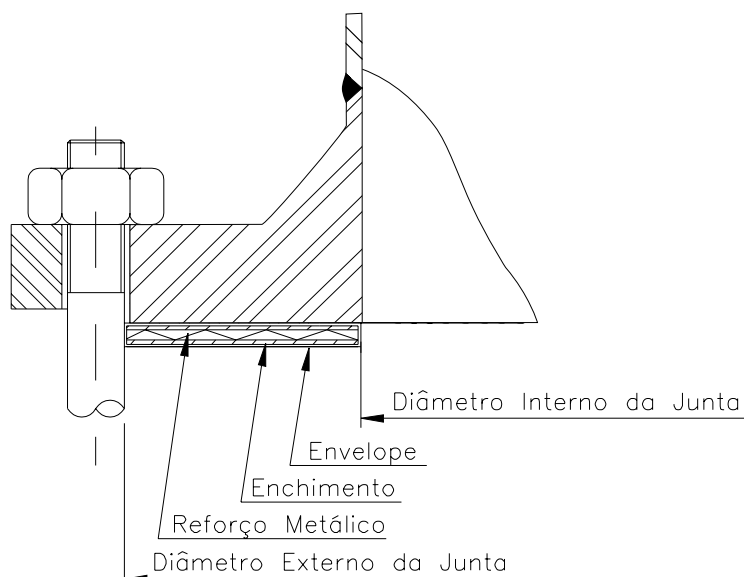


Figura 5.17

9.3. TIPO 933-U

Usada quando é necessária uma junta para absorver maiores irregularidades ou com maior resiliência (Figura 5.18). Possui reforço metálico corrugado entre duas lâminas de enchimento.

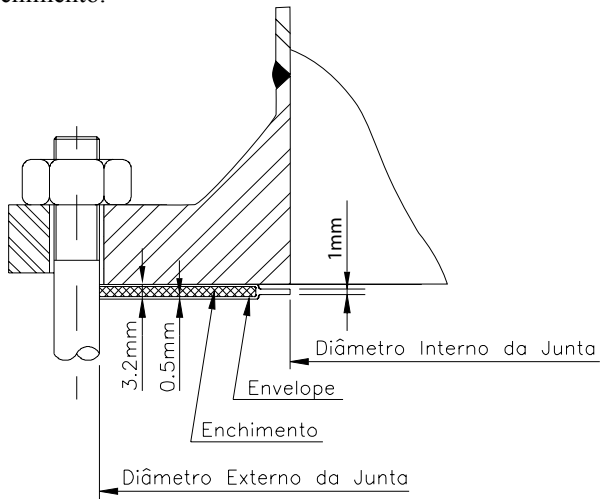


Figura 5.18

9.4. JUNTAS MAIORES QUE 610 mm (24") DE DIÂMETRO INTERNO

Por não serem comercialmente disponíveis buchas de PTFE nestas dimensões, juntas acima de 610 mm (24") são fabricadas a partir de fitas moldadas em volta do enchimento (Figura 5.19). As extremidades da fita são soldadas a quente, para evitar a contaminação do enchimento.

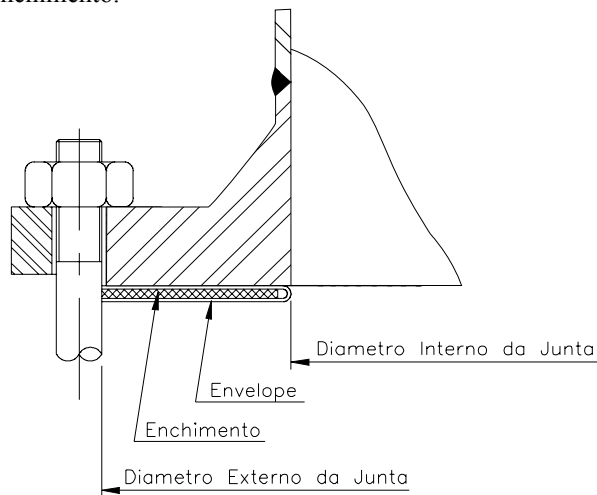


Figura 5.19

Anexo 5.1

Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Acetaldeído	A	A	A	A	A
Acetamida	A	A	A	A	A
Acetato de alila	A	A	A	A	A
Acetato de alumínio	A	A	A	A	A
Acetato de amila	A	A	A	A	A
Acetato de butila	A	A	A	A	A
Acetato de chumbo	A	A	A	A	A
Acetato de cobre	A	A	A	A	A
Acetato de etila	A	A	A	A	A
Acetato de potássio	A	A	A	A	A
Acetato de vinila	B	B	B	A	B
2-Acetilaminofluoreno	A	A	A	A	A
Acetileno	A	A	A	A	A
Acetofenona	A	A	A	A	A
Acetona	A	A	A	A	A
Acetonitrila	A	A	A	A	A
Ácido abiético	A	A	A	A	A
Ácido acético (bruto, glacial, puro)	A	A	A	A	A
Ácido acrílico	B	B	B	A	B
Ácido adípico	A	A	A	A	A
Ácido benzóico	A	A	A	A	A
Ácido bórico	A	A	A	A	A
Ácido bromídrico	A	A	A	A	A
Ácido butírico	A	A	A	A	A
Ácido carbólico, fenol	A	A	A	A	A
Ácido carbônico	A	A	A	A	A
Ácido cianídrico	A	A	A	A	A
Ácido cítrico	A	A	A	A	A
Ácido clorídrico	A	A	A	A	A
Ácido cloroacético	A	A	A	A	A
Ácido cloroazótico (Água Régia)	A	A	A	A	A
Ácido cloronitroso (Água Régia)	A	A	A	A	A
Ácido clorossulfônico	A	A	A	A	A
Ácido crômico	A	A	A	A	A

Anexo 5.1(Continuação)

Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Ácido crotônico	A	A	A	A	A
Ácido esteárico	A	A	A	A	A
Ácido fluorídrico, < 65%, > 65°C	C	A	C	A	C
Ácido fluorídrico, ≤ 65°C	C	A	C	A	C
Ácido fluorídrico, 65% a anidro, > 65°C	C	B	C	A	C
Ácido fluorídrico, anidro	C	C	C	A	C
Ácido fluorsilissico	C	A	C	A	C
Ácido fórmico	A	A	A	A	A
Ácido fosfórico , puro, ≤ 45%	A	A	A	A	A
Ácido fosfórico , puro, > 45%, ≤ 65°C	B	A	B	A	B
Ácido fosfórico , puro, > 45%, > 65°C	B	A	C	A	B
Ácido fosfórico, bruto	C	A	C	A	C
Ácido ftálico	A	A	A	A	A
Ácido láctico, ≤ 65°C	A	A	A	A	A
Ácido láctico, > 65°C	A	A	A	A	A
Ácido maleico	A	A	A	A	A
Ácido metilacrílico	A	A	A	A	A
Ácido muriático	A	A	A	A	A
Ácido nítrico = 30%	A	A	A	A	A
Ácido nítrico > 30%	A	A	A	A	A
Ácido nítrico, estado natural	A	A	A	A	A
Ácido nítrico, fumegante	A	A	A	A	A
Ácido nitrohidroclórico	A	A	A	A	A
Ácido nitromuriático (água régia)	A	A	A	A	A
Ácido oleico	A	A	A	A	A
Ácido oxálico	B	A	A	A	B
Ácido palmítico	A	A	A	A	A
Ácido perclórico	A	A	A	A	A
Ácido pícrico, fundido	B	B	B	B	B
Ácido pícrico, solução aquosa	A	A	A	A	A
Ácido prússico, ácido hidrociânico	A	A	A	A	A
Ácido Salicílico	A	A	A	A	A
Ácido Salicílico, 10%, = 65°C	A	A	A	A	A
Ácido Sulfúrico, 10%, > 65°C	A	A	A	A	A
Ácido Sulfúrico, 10-75%, ≤ 260°C	A	A	A	A	A

Anexo 5.1(Continuação)**Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE**

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
75-98%, 65°C a 260°C	B	B	A	A	A
75-98%, ≤ 65°C	A	B	A	A	B
Ácido Sulfúrico, fumegante	B	C	A	A	B
Ácido sulfuroso	A	A	A	A	A
Ácido tânico	A	A	A	A	A
Ácido tartárico	A	A	A	A	A
Ácido tolueno sulfônico	A	A	A	A	A
Ácido tricloroacético	A	A	A	A	A
Acrilamida	B	B	B	A	B
Acrilato de etila	B	B	B	A	B
Acrlonitrila	B	B	B	A	B
Acroleína	B	B	B	A	B
Açúcar	A	A	A	A	A
Água clorada	A	A	A	A	A
Água condensação	A	A	A	A	A
Água da torneira	A	A	A	A	A
Água de alimentação de caldeira	A	A	A	A	A
Água de esgoto	A	A	A	A	A
Água destilada	A	A	A	A	A
Água do mar	A	A	A	A	A
Água régia	A	A	A	A	A
Água salgada	A	A	A	A	A
Água, mina ácida, c/ sais não oxidantes	A	A	A	A	A
Água, mina ácida, c/ sal oxidante	A	A	A	A	A
Álcool amílico	A	A	A	A	A
Álcool benzílico	A	A	A	A	A
Álcool butílico, butanol	A	A	A	A	A
Álcool de cereais	A	A	A	A	A
Álcool de madeira	A	A	A	A	A
Álcool etílico	A	A	A	A	A
Álcool isopropílico	A	A	A	A	A
Álcool metílico	A	A	A	A	A
Álcool N-octadecílico	A	A	A	A	A
Álcool propílico	A	A	A	A	A
Alumes	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuação)

Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Aluminato de sódio	A	A	A	A	A
Alvejante (hipoclorito de sódio)	A	A	A	A	A
Amido	A	A	A	A	A
4-Aminodifenila	A	A	A	A	A
Amônia, líquido ou gás	A	A	A	A	A
Anidrido acético	A	A	A	A	A
Anidrido acrílico	A	A	A	A	A
Anidrido crômico	A	A	A	A	A
Anidrido ftálico	A	A	A	A	A
Anidrido maleico	A	A	A	A	A
Anilina, óleo de anilina	A	A	A	A	A
Ar	A	A	A	A	A
Aroclor	A	A	A	A	A
Arsenato de chumbo	A	A	A	A	A
Asfalto	A	A	A	A	A
Baygon	A	A	A	A	A
Benzaldeído	A	A	A	A	A
Benzeno, Benzol	A	A	A	A	A
Benzidina	A	A	A	A	A
Benzonitrila	A	A	A	A	A
Beta-Propiolactona	A	A	A	A	A
Bicarbonato de sódio	A	A	A	A	A
Bicromato de potássio	A	A	A	A	A
Bifenila	A	A	A	A	A
Bifenilas policloradas	A	A	A	A	A
Bis(2-cloroetil)éter	A	A	A	A	A
Bis(2-etilhexil)ftalato	A	A	A	A	A
Bis(clorometil)éter	A	A	A	A	A
Bissulfato de sódio, seco	A	A	A	A	A
Bissulfito de cálcio	A	A	A	A	A
Bissulfito de sódio	A	A	A	A	A
Borax	A	A	A	A	A
Brometo de etileno	A	A	A	A	A
Brometo de hidrogênio	A	A	A	A	A
Brometo de lítio	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuação)**Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE**

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Brometo de metila	A	A	A	A	A
Brometo de vinila	B	B	B	B	B
Bromo	A	A	A	A	A
Bromofórmio	A	A	A	A	A
Bromometano	A	A	A	A	A
Butadieno	B	B	B	A	B
Butano	A	A	A	A	A
2-Butanona	A	A	A	A	A
Calflo AF	A	A	A	A	A
Calflo FG	A	A	A	A	A
Calflo HTF	A	A	A	A	A
Calflo LT	A	A	A	A	A
Caprolactama	A	A	A	A	A
Captan	A	A	A	A	A
Carbamato de etila	A	A	A	A	A
Carbaril	A	A	A	A	A
Carbonato de amônia	A	A	A	A	A
Carbonato de dietila	A	A	A	A	A
Carbonato de sódio	A	A	A	A	A
Catechol	A	A	A	A	A
Cerveja	A	A	A	A	A
Cetano (Hexadecano)	A	A	A	A	A
Cianamida de cálcio	A	A	A	A	A
Cianeto de potássio	A	A	A	A	A
Cianeto de sódio	C	A	C	A	C
Ciclohexano	A	A	A	A	A
Ciclohexanol	B	B	B	B	B
Ciclohexanona	A	A	A	A	A
Clorambem	A	A	A	A	A
Clorato de alumínio	A	A	A	A	A
Clorato de potássio	A	A	A	A	A
Clorato de sódio	A	A	A	A	A
Clordane	A	A	A	A	A
Cloreto de alila	A	A	A	A	A
Cloreto de alumínio	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuação)

Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Cloreto de amônia	A	A	A	A	A
Cloreto de bário	A	A	A	A	A
Cloreto de benzila	A	A	A	A	A
Cloreto de benzoíla	A	A	A	A	A
Cloreto de cálcio	A	A	A	A	A
Cloreto de cobre	A	A	A	A	A
Cloreto de dimetil carbamoil	A	A	A	A	A
Cloreto de enxofre	A	A	A	A	A
Cloreto de estanho	A	A	A	A	A
Cloreto de etila	A	A	A	A	A
Cloreto de etilideno	A	A	A	A	A
Cloreto de hidrogênio (seco)	A	A	A	A	A
Cloreto de magnésio	A	A	A	A	A
Cloreto de mercúrio	A	A	A	A	A
Cloreto de metila	A	A	A	A	A
Cloreto de metileno	A	A	A	A	A
Cloreto de níquel	A	A	A	A	A
Cloreto de potássio	A	A	A	A	A
Cloreto de sódio	A	A	A	A	A
Cloreto de tionila	A	A	A	A	A
Cloreto de vinila	B	B	B	A	B
Cloreto de vinilideno	B	B	B	A	B
Cloreto de zinco	A	A	A	A	A
Cloreto férrico	A	A	A	A	A
Cloro, seco ou úmido	A	A	A	A	A
2-Cloroacetofenona	A	A	A	A	A
Clorobenzeno	A	A	A	A	A
Clorobenzilato	A	A	A	A	A
Cloroetano	A	A	A	A	A
Cloroetileno	A	A	A	A	A
Clorofórmio	A	A	A	A	A
Cloro-metil-metil-éter	A	A	A	A	A
Cloropreno	A	A	A	A	A
Cola, Base proteína	A	A	A	A	A
Combustível de aviação (Tipos JP)	A	A	A	A	A
Corantes de anilina	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuação)**Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE**

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Creosato	A	A	A	A	A
Cresóis, Ácido cresílico	A	A	A	A	A
Cromato de potássio, vermelho	A	A	A	A	A
Cumeno	A	A	A	A	A
Diazometano	A	A	A	A	A
Dibenzofurano	A	A	A	A	A
Dibrometo de etileno	A	A	A	A	A
1,2-Dibromo-3-cloropropano	A	A	A	A	A
Dibromoetano	A	A	A	A	A
Dicloreto de etileno	A	A	A	A	A
Dicloreto de propileno	A	A	A	A	A
1,4-Diclorobenzeno	A	A	A	A	A
3,3-Diclorobenzideno	A	A	A	A	A
Dicloroetano (1,1 ou 1,2)	A	A	A	A	A
1,1-Dicloroetileno	B	B	B	A	B
Dicloro-etil-éter	A	A	A	A	A
Diclorometano	A	A	A	A	A
1,2-Dicloropropano	A	A	A	A	A
1,3-Dicloropropeno	A	A	A	A	A
Diclorvos	A	A	A	A	A
Dicromato de potássio	A	A	A	A	A
Dietanolamina	A	A	A	A	A
1,2-Difenilhidrazina	A	A	A	A	A
Dimetil Hidrazina, assimétrica	A	A	A	A	A
Dimetilaminoazobenzeno	A	A	A	A	A
3,3-Dimetilbenzidina	A	A	A	A	A
Dimetilformamida	A	A	A	A	A
3,3-Dimetoxibenzideno	A	A	A	A	A
2,4-Dinitrofenol	A	A	A	A	A
4,6-Dinitro-o-Cresol e sais	A	A	A	A	A
2,4-Dinitrotolueno	A	A	A	A	A
Dioxano	A	A	A	A	A
Dióxido de carbono, seco ou úmido	A	A	A	A	A
Dióxido de cloro	A	A	A	A	A
Dióxido de enxofre	A	A	A	A	A
Dióxido de flúor	C	C	C	C	C

Anexo 5.1 (Continuação)

Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Diphyl DT	A	A	A	A	A
Dissulfeto de carbono	A	A	A	A	A
Dowfrost	A	A	A	A	A
Dowfrost HD	A	A	A	A	A
Dowtherm 4000	A	A	A	A	A
Dowtherm A	A	A	A	A	A
Dowtherm E	A	A	A	A	A
Dowtherm G	A	A	A	A	A
Dowtherm HT	A	A	A	A	A
Dowtherm J	A	A	A	A	A
Dowtherm Q	A	A	A	A	A
Dowtherm SR-1	A	A	A	A	A
Enxofre, fundido	A	A	A	A	A
Epicloroidrina	A	A	A	A	A
1,2-Epoxibutano	A	A	A	A	A
Ésteres fosfatados	A	A	A	A	A
Estireno	B	B	B	A	B
Etano	A	A	A	A	A
Éter dibenzílico	A	A	A	A	A
Éter dimetílico	A	A	A	A	A
Éter etílico	A	A	A	A	A
Éter metil terc-butílico (MTBE)	A	A	A	A	A
Éteres	A	A	A	A	A
Etil celulose	A	A	A	A	A
Etilbenzeno	A	A	A	A	A
Etileno glicol	A	A	A	A	A
Etileno tiouréia	A	A	A	A	A
Etilenoimina	B	A	B	A	B
Fenol	A	A	A	A	A
Fluido de processo UCON WS	A	A	A	A	A
Fluido de transferência de calor UCON 500	A	A	A	A	A
Fluido de transmissão	A	A	A	A	A
Flúor, gás	C	C	C	C	C
Flúor, líquido	C	C	C	C	C
Fluoreto de alumínio	B	A	C	A	B

Anexo 5.1 (Continuação)**Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE**

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Fluoreto de hidrogênio	C	C	C	A	C
Formaldeído	A	A	A	A	A
Formamida	A	A	A	A	A
Fosfato de amônia, dibásico	A	A	A	A	A
Fosfato de amônia, monobásico	A	A	A	A	A
Fosfato de amônia, tribásico	A	A	A	A	A
Fosfato de ferro	A	A	A	A	A
Fosfato de sódio, dibásico	B	A	B	A	B
Fosfato de sódio, monobásico	A	A	A	A	A
Fosfato de sódio, tribásico	B	A	C	A	B
Fosfato de tricresila	A	A	A	A	A
Fosfina	A	A	A	A	A
Fósforo elementar	A	A	A	A	A
Fosgênio	A	A	A	A	A
Freon 12, Frigen 12, Arcton 12	A	A	A	A	A
Freon 22, Frigen 22, Arcton 22	A	A	A	A	A
Ftalato de dibutila	A	A	A	A	A
Ftalato de dimetila	A	A	A	A	A
Furfural	A	A	A	A	A
Gás de alto forno	A	A	A	A	A
Gás de forno de coque	A	A	A	A	A
Gás de gasogênio	A	A	A	A	A
Gás de gerador	A	A	A	A	A
Gás natural	A	A	A	A	A
Gasolina de aviação	A	A	A	A	A
Gasolina, ácida	A	A	A	A	A
Gasolina, refinada	A	A	A	A	A
Gelatina	A	A	A	A	A
Glicerina, glicerol	A	A	A	A	A
Glicol	A	A	A	A	A
Glicose	A	A	A	A	A
Graxa, Base petróleo	A	A	A	A	A
Heptaclor	A	A	A	A	A
Heptano	A	A	A	A	A
Hexaclorobenzeno	A	A	A	A	A
Hexaclorobutadieno	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuação)

Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Hexaclorociclopentadieno	A	A	A	A	A
Hexafluoroetano	A	A	A	A	A
Hexadecano	A	A	A	A	A
Hexametil fosforamida	A	A	A	A	A
Hexametileno diisocianato	A	A	A	A	A
Hexano	A	A	A	A	A
Hexoato de etila	A	A	A	A	A
Hexona	A	A	A	A	A
Hidrazina	A	A	A	A	A
Hidrogênio	A	A	A	A	A
Hidroquinona	A	A	A	A	A
Hidróxido de alumínio (sólido)	A	A	A	A	A
Hidróxido de amônia	A	A	A	A	A
Hidróxido de bário	A	A	A	A	A
Hidróxido de cálcio	A	A	B	A	A
Hidróxido de magnésio	A	A	A	A	A
Hidróxido de potássio	B	B	C	A	B
Hidróxido de sódio (Soda Cáustica)	B	A	C	A	B
Hipoclorito de cálcio	A	A	A	A	A
Hipoclorito de potássio	A	A	A	A	A
Hipoclorito de sódio	A	A	A	A	A
Iodeto de metila	A	A	A	A	A
Iodeto de potássio	A	A	A	A	A
Iodometano	A	A	A	A	A
Isobutano	A	A	A	A	A
Isoforona	A	A	A	A	A
Isooctano	A	A	A	A	A
Lacas	A	A	A	A	A
Leite	A	A	A	A	A
Licor de sulfato preto	B	A	C	A	B
Licor de sulfato verde	B	A	C	A	B
Licores de cana-de-açúcar	A	A	A	A	A
Lindano	A	A	A	A	A
Lítio, elementar	C	C	C	A	C
Lixívia, detergente	B	B	C	A	B
Mercúrio	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuação)**Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE**

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Metacrilato de alila	A	A	A	A	A
Metacrilato de butila	B	B	B	A	B
Metacrilato de metila	B	B	B	A	B
Metacrilato de vinila	A	A	A	A	A
Metafosfato de sódio	A	A	B	A	A
Metais alcalinos fundidos	C	C	C	C	C
Metano	A	A	A	A	A
Metanol, álcool metílico	A	A	A	A	A
Metil clorofórmio	A	A	A	A	A
Metil etil cetona	A	A	A	A	A
Metil hidrazina	A	A	A	A	A
Metil isobutyl cetona (MIBK)	A	A	A	A	A
Metil isocianato	A	A	A	A	A
2-Metilaziridina	B	A	B	A	B
4,4-Metileno bis(2-clororoanilina)	A	A	A	A	A
4,4-Metileno dianilina	A	A	A	A	A
Metileno difenildiisocianato	A	A	A	A	A
Metoxiclor	A	A	A	A	A
Mobiltherm 600	A	A	A	A	A
Iodeto de metila	A	A	A	A	A
Mobiltherm 603	A	A	A	A	A
Mobiltherm 605	A	A	A	A	A
Mobiltherm Light	A	A	A	A	A
Monometilamina	A	A	A	A	A
Monóxido de carbono	A	A	A	A	A
MultiTherm 100	A	A	A	A	A
MultiTherm 503	A	A	A	A	A
MultiTherm IG-2	A	A	A	A	A
MultiTherm PG-1	A	A	A	A	A
N,N Dietilanilina	A	A	A	A	A
N,N-Dimetil anilina	A	A	A	A	A
Nafta	A	A	A	A	A
Naftaleno	A	A	A	A	A
Naftóis	A	A	A	A	A
n-butilamina	A	A	A	A	A
Nitrato de alumínio	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuação)

Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Nitrato de amônia	A	A	A	A	A
Nitrato de cálcio	A	A	A	A	A
Nitrato de potássio	A	A	A	A	A
Nitrato de prata	A	A	A	A	A
Nitrato de propila	A	A	A	A	A
Nitrato de sódio	A	A	A	A	A
2-Nitro-2-metil propanol	A	A	A	A	A
Nitrobenzeno	A	A	A	A	A
4-Nitrobifenil	A	A	A	A	A
2-Nitro-Butano	A	A	A	A	A
Nitrocalcita (Nitrato de cálcio)	A	A	A	A	A
4-Nitrofenol	A	A	A	A	A
Nitrogênio	A	A	A	A	A
Nitrometano	A	A	A	A	A
2-Nitropropano	A	A	A	A	A
N-Metil-2-pirrolidona	A	A	A	A	A
N-Nitrosodimetilamina	A	A	A	A	A
N-Nitrosomorfolina	A	A	A	A	A
N-Nitroso-N-Metiluréia	A	A	A	A	A
o-Anisidina	A	A	A	A	A
Octano	A	A	A	A	A
o-Diclorobenzeno	A	A	A	A	A
Óleo bruto	A	A	A	A	A
Óleo combustível	A	A	A	A	A
Óleo combustível, ácido	A	A	A	A	A
Óleo de colza	A	A	A	A	A
Óleo de linhaça	A	A	A	A	A
Óleo de Madeira da china, de Tungue	A	A	A	A	A
Óleo de milho	A	A	A	A	A
Óleo de rícino ou de mamona	A	A	A	A	A
Óleo de semente de algodão	A	A	A	A	A
Óleo de silicone	A	A	A	A	A
Óleo de soja	A	A	A	A	A
Óleo de transformador (tipo mineral)	A	A	A	A	A
Óleo de Tungue	A	A	A	A	A
Óleo Diesel	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuação)**Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE**

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Óleo hidráulico, Mineral	A	A	A	A	A
Óleo hidráulico, Sintético	A	A	A	A	A
Óleo, petróleo	A	A	A	A	A
Óleos de petróleo, bruto	A	A	A	A	A
Óleos de petróleo, refinado	A	A	A	A	A
Óleos lubrificantes, ácidos	A	A	A	A	A
Óleos lubrificantes, refinados	A	A	A	A	A
Óleos lubrificantes, tipo mineral ou petróleo	A	A	A	A	A
Óleos minerais	A	A	A	A	A
Óleos, Animal e vegetal	A	A	A	A	A
Oleum	B	C	A	A	A
Orto-diclorobenzeno	B	A	A	A	B
o-Toluidina	A	A	A	A	A
Óxido de estireno	A	A	A	A	A
Óxido de etileno	B	B	B	A	B
Óxido de propileno	A	A	A	A	A
Oxigênio, gás	A	A	A	A	A
Ozônio	A	A	A	A	A
Parafina	A	A	A	A	A
Paratherm HE	A	A	A	A	A
Paratherm NF	A	A	A	A	A
Parathion	A	A	A	A	A
Para-xileno	A	A	A	A	A
Pentacloreto de fósforo	A	A	A	A	A
Pentaclorofenol	A	A	A	A	A
Pentacloronitrobenzeno	A	A	A	A	A
Pentafluoreto de iodo	B	B	B	B	B
Pentano	A	A	A	A	A
Perborato de sódio	A	A	A	A	A
Percloroetileno	A	A	A	A	A
Permanganato de potássio	A	A	A	A	A
Peróxido de hidrogênio, 10-90%	A	A	A	A	A
Peróxido de sódio	A	A	A	A	A
Peroxidrato metaborato de sódio	A	A	A	A	A
p-fenilenodiamina	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuação)

Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE

A: adequado B: consultar Teadit C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Piche, alcatrão	A	A	A	A	A
Pineno	A	A	A	A	A
Piperideno	A	A	A	A	A
Piridina	A	A	A	A	A
Poliacrilonitrila	A	A	A	A	A
Potassa, Carbonato de potássio	A	A	A	A	A
Potássio elementar	C	C	C	C	C
Propano	A	A	A	A	A
1,3 Propano sultone	A	A	A	A	A
Propileno	A	A	A	A	A
Propileno glicol	A	A	A	A	A
1,2-Propilenoimina	B	A	B	A	B
Propionaldeído	A	A	A	A	A
Propoxur	A	A	A	A	A
Querosene	A	A	A	A	A
Quinolina	A	A	A	A	A
Quinona	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 10	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 11	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 112	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 113	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 114	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 114B2	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 115	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 12	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 123	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 124	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 125	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 13	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 134a	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 13B1	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 141b	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 142b	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 143a	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 152a	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuação)

Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE

A: adequado B: consultar Teadit C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Refrigerantes, 21	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 218	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 22	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 23	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 290	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 31	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 32	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 500	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 502	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 503	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 507	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 717 (amônia)	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 744 (dióxido de carbono)	A	A	A	A	A
Refrigerantes, C316	A	A	A	A	A
Refrigerantes, C318	A	A	A	A	A
Refrigerantes, HP62	A	A	A	A	A
Refrigerantes, HP80	A	A	A	A	A
Refrigerantes, HP81	A	A	A	A	A
2,4-D Sais e ésteres	A	A	A	A	A
Salitre de cal (nitratos de cálcio)	A	A	A	A	A
Salitre Norue (Nitrato de cálcio)	A	A	A	A	A
Salitre norueguês (Nitrato de cálcio)	A	A	A	A	A
Salitre, nitrato de potássio	A	A	A	A	A
Salmoura (cloreto de sódio)	A	A	A	A	A
Sebacato de dibutila	A	A	A	A	A
Silicato de sódio	B	A	B	A	B
Skydrol	A	A	A	A	A
Sódio elementar	C	C	C	C	C
Soluções de detergente	B	A	B	A	B
Soluções de galvanização c/ cromo	B	A	B	A	B
Soluções de sabão	A	A	A	A	A
Solvente Stoddard	A	A	A	A	A
Solventes clorados, seco ou úmido	A	A	A	A	A
Solventes para lacas	A	A	A	A	A
Sulfato de alumínio	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuação)

Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Sulfato de amônia	A	A	A	A	A
Sulfato de cálcio	A	A	A	A	A
Sulfato de cobre	A	A	A	A	A
Sulfato de dietila	A	A	A	A	A
Sulfato de dimetila	A	A	A	A	A
Sulfato de ferro	A	A	A	A	A
Sulfato de magnésio	A	A	A	A	A
Sulfato de níquel	A	A	A	A	A
Sulfato de potássio	A	A	A	A	A
Sulfato de sódio	A	A	A	A	A
Sulfato de titânio	A	A	A	A	A
Sulfato de zinco	A	A	A	A	A
Sulfeto de bário	A	A	A	A	A
Sulfeto de carbonila	A	A	A	A	A
Sulfeto de hidrogênio, seco ou úmido	A	A	A	A	A
Sulfeto de sódio	A	A	A	A	A
Superóxido de sódio	A	A	A	A	A
Syltherm 800	A	A	A	A	A
Syltherm XLT	A	A	A	A	A
2,3,7,8-TCDB-p-Dioxina	A	A	A	A	A
terc-butilamina	A	A	A	A	A
Terc-Butilamina	A	A	A	A	A
Terebintina, aguarrás	A	A	A	A	A
Tetrabromoetano	A	A	A	A	A
Tetracloroeto de carbono	A	A	A	A	A
Tetracloroeto de titânio	A	A	A	A	A
Tetracloroetano	A	A	A	A	A
Tetracloroetileno	A	A	A	A	A
Tetrahidrofurano, THF	A	A	A	A	A
Tetraóxido de nitrogênio	A	A	A	A	A
Therminol 44	A	A	A	A	A
Therminol 55	A	A	A	A	A
Therminol 59	A	A	A	A	A
Therminol 60	A	A	A	A	A
Therminol 66	A	A	A	A	A
Therminol 75	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuação)

Tabela de Compatibilidade Química dos Produtos de PTFE

A: adequado

B: consultar Teadit

C: não recomendado

PRODUTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/ 24SH / 24BI /30SH/ 28LS-LE	PL100
Therminol D12	A	A	A	A	A
Therminol LT	A	A	A	A	A
Therminol VP-1	A	A	A	A	A
Therminol XP	A	A	A	A	A
Tiosulfato de sódio, hipo	A	A	A	A	A
Tolueno	A	A	A	A	A
2,4-Toluenodiamina	A	A	A	A	A
2,4-Toluenodiisocianato	A	A	A	A	A
Toxafene	A	A	A	A	A
Triclorobenzeno	A	A	A	A	A
1,2,4-Triclorobenzeno	A	A	A	A	A
1,1,2-Tricloroetano	A	A	A	A	A
Tricloroetileno	A	A	A	A	A
2,4,5-Triclorofenol	A	A	A	A	A
2,4,6-Triclorofenol	A	A	A	A	A
Triclorometilbenzeno	A	A	A	A	A
Trietanolamina	A	A	A	A	A
Trietilalumínio	A	A	A	A	A
Trietilamina	A	A	A	A	A
Trifluoreto de bromo	C	C	C	C	C
Trifluoreto de cloro	C	C	C	C	C
Trifuralin	A	A	A	A	A
2,2,4-Trimetilpentano	A	A	A	A	A
Trióxido de cromo	A	A	A	A	A
Trióxido de enxofre, seco ou úmido	A	A	A	A	A
Uísques e vinhos	A	A	A	A	A
Uréia, = 65°C	A	A	A	A	A
Uréia, > 65°C	A	A	A	A	A
Vapor	A	A	A	A	A
Verniz	A	A	A	A	A
Vinagre	A	A	A	A	A
Xceltherm 550	A	A	A	A	A
Xceltherm 600	A	A	A	A	A
Xceltherm MK1	A	A	A	A	A
Xceltyherm XT	A	A	A	A	A
Xileno	A	A	A	A	A

MATERIAIS PARA JUNTAS METÁLICAS

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Ao especificarmos o material para uma junta metálica ou semi-metálica, devemos analisar as propriedades características dos metais e as suas reações sob tensão e/ou temperatura, na presença do fluido a ser vedado. Especial atenção deve ser dada a:

- **Corrosão sob tensão:** os aços inoxidáveis 18-8 podem apresentar o fenômeno da corrosão sob tensão quando em presença de alguns fluidos. O Anexo 6.1 mostra fluidos que provocam esta corrosão nos metais mais usados em juntas industriais.
- **Corrosão intergranular:** os aços inoxidáveis austeníticos, em temperaturas entre 420°C e 810°C, apresentam, na presença de certos produtos químicos, a precipitação de carbonetos entre os grãos, fenômeno conhecido como corrosão intergranular nos aços inoxidáveis austeníticos. O Anexo 6.2 mostra os fluidos que provocam a corrosão intergranular.
- **Compatibilidade com o fluido:** a junta deve resistir à deterioração ou ataque corrosivo pelo fluido e, ao mesmo tempo, não contaminá-lo. O Anexo 6.3 apresenta a compatibilidade química para os materiais mais usados em juntas metálicas.

A seguir, estão relacionadas as ligas mais usadas na fabricação de juntas industriais, suas características principais, limites de temperatura e dureza mínima aproximada.

2 . AÇO CARBONO

Material bastante usado na fabricação de juntas dupla camisa e Ring-Joints (Capítulos 8 e 9). Devido a sua baixa resistência à corrosão, não deve ser usado em água, ácidos diluídos ou soluções salinas. Pode ser usado em álcalis e ácidos concentrados. Limite de temperatura: 500°C. Dureza: 56 HRB.

3. AÇO INOXIDÁVEL AISI 304

Liga com 18% Cr e 8% Ni, a mais usada para a fabricação de juntas industriais em virtude da sua excelente resistência à corrosão, preço e disponibilidade no mercado. Sua temperatura máxima de operação é de 760°C; entretanto, devido às corrosões sob tensão e intergranular, sua temperatura para serviço contínuo está limitada a 420°C. Dureza: 68 HRB.

4. AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L

Possui as mesmas características de resistências à corrosão do AISI 304. Como o seu teor de carbono está limitado a 0.03%, apresenta uma menor tendência à precipitação intergranular de carbono e, conseqüentemente, à corrosão intergranular. Seu limite de operação em serviço contínuo é de 760°C. Liga suscetível à corrosão sob tensão. Dureza: 68 HRB.

5. AÇO INOXIDÁVEL AISI 316

Esta liga, com 13% Cr e 18% Ni com adição de 2% Mo, tem excelente resistência à corrosão. Pode apresentar a precipitação intergranular de carbonetos em temperaturas entre 460° C e 900° C, quando as condições de corrosão forem severas. A temperatura máxima de operação, em serviço contínuo, recomendada é de 760°C. Tem preço superior ao AISI 304 e é facilmente encontrado no mercado nacional. Dureza: 68 HRB.

6. AÇO INOXIDÁVEL AISI 316L

Possui a mesma composição do AISI 316, com teor de carbono limitado a 0.03%, o que inibe a precipitação intergranular de carbonetos e conseqüentemente a corrosão intergranular. A faixa de temperatura máxima de operação é 760°C a 815°C. Material de disponibilidade limitada ao mercado nacional. Dureza: 68 HRB.

7. AÇO INOXIDÁVEL AISI 321

Liga austenítica com 18% Cr e 10% Ni, estabilizada com Ti, que elimina a precipitação intergranular de carbonetos e, portanto, a corrosão intergranular. Pode ser usada em temperatura de até 815°C. Material disponível no mercado nacional, com preço um pouco superior ao AISI 304. Dureza: 68 HRB.

8. AÇO INOXIDÁVEL AISI 347

Liga semelhante ao AISI 321 com 18% Cr e 10% de Ni e adição de Nióbio, que elimina a corrosão intergranular, entretanto, pode apresentar corrosão sob tensão. Temperatura de trabalho até 815° C. Dureza: 68 HRB

9. MONEL

Liga com 67% Ni e 30% Cu, possui excelente resistência à maioria dos ácidos e álcalis, exceto ácidos extremamente oxidantes. Sujeita à corrosão sob tensão em presença de ácido fluor-silício e mercúrio, não devendo ser usado nestes casos. Em combinação com o PTFE é muito usada em juntas Metalflex para condições severas de corrosão. É disponível no mercado nacional com preço bastante elevado. Temperatura máxima de operação: 815°C. Dureza: 70 HRB.

10. NÍQUEL 200

Liga com 99% Ni, possui grande resistência à corrosão aos álcalis cáusticos, embora não possua a mesma resistência global do Monel. É também usada em juntas Metalflex para aplicações especiais. É disponível no mercado nacional com preço bastante elevado. Temperatura máxima de operação: 760° C. Dureza: 45 HRB.

11. COBRE

Material bastante usado em juntas de pequenas dimensões, onde a força máxima de esmagamento é limitada. Temperatura máxima de operação: 260° C. Dureza: 50 HRF.

12. ALUMÍNIO

Devido à sua excelente resistência à corrosão e facilidade de trabalho é muito usado na fabricação de juntas de dupla camisa. Temperatura de serviço máxima: 460° C. Dureza: 15 HV.

13. INCONEL

Liga à base de Níquel (70%) com 15% Cr e 7% Fe tem excelente resistência à temperaturas criogênicas e elevadas. Limite de temperatura: 1100° C. Dureza: 99 HRB.

14. TITÂNIO

Metal com excelentes propriedades de resistência à corrosão em temperaturas elevadas, atmosferas oxidantes, ao ácido nítrico e soluções alcalinas. Limite de temperatura: 1100° C. Dureza: 90 HRB.

Além destes materiais, os mais usados em aplicações industriais são algumas vezes recomendados metais ou ligas especiais como o Hastelloy, dependendo das condições operacionais. Deixamos de analisá-los neste livro em virtude da sua disponibilidade bastante limitada no mercado nacional e de sua aplicação restrita a situações muito especiais.

ANEXO 6.1

PRODUTOS QUE INDUZEM A CORROSÃO SOB TENSÃO EM METAIS OU LIGAS

A: Alumínio

C: Aço Carbono

I : aço inoxidável 18-8

L : Latão

M: Monel

N: níquel

FLUIDO	C	I	L	M	N	A
ácido clorídrico		X				
ácido cresílico (vapores)	X					
ácido crômico	X					
ácido fluorídrico		X		X	X	
ácido fluorsilícico				X		
ácido nítrico + cloreto de magnésio	X					
ácido nítrico – vapores			X			
ácido nítrico diluído		X				
ácido sulfúrico + nítrico	X					
ácido sulfúrico fumegante	X					
água salgada + oxigênio		X				X
aminos			X			
amônia (diluída)			X			
amônia (pura)	X					
brometo de cálcio		X				
butano + dióxido de enxofre			X			
cianeto de hidrogênio + água	X					
cianogênio	X					
cloreto de amônia	X					
cloreto de hidrogênio + água	X	X				
cloreto inorgânicos + água		X				
cloreto orgânicos + água		X				
compostos de enxofre					X	
hidróxido de potássio	X	X		X		
hidróxido de sódio	X	X	X	X	X	
líquor sulfato (branco)	X	X				
líquor sulfeto		X				
mercúrio				X	X	
nitrate de amônia	X	X	X			
nitrate de mercúrio				X	X	
nitrate inorgânicos	X					
permanganato de potássio	X					
sais silicofluoretos				X		
sulfito de hidrogênio + água	X					
vapor d'água			X	X		

ANEXO 6.2

PRODUTOS QUE INDUZEM CORROSÃO INTERGRANULAR NOS AÇOS AUSTENÍTICOS

FLUIDO
ácido acético
ácido acético + ácido salicíco
ácido cianídrico
ácido cianídrico + dióxido de enxofre
ácido crômico
ácido fluorídrico + sulfato de ferro
ácido fórmico
ácido fosfórico
ácido ftálico
ácido láctico
ácido láctico + ácido nítrico
ácido maléico
ácido nítrico
ácido nítrico + ácido clorídrico
ácido nítrico + ácido fluorídrico
ácido oxálico
ácido sulfâmico
ácido sulfúrico
ácido sulfúrico + ácido acético
ácido sulfúrico + ácido nítrico
ácido sulfúrico + metanol
ácido sulfúrico + sulfato de cobre
ácido sulfúrico + sulfato de ferro
ácido sulfuroso
ácidos graxos
água + amido + dióxido de enxofre
água + sulfato de alumínio
água do mar
cloreto de cromo
cloreto de ferro
dióxido de enxofre (úmido)
dissulfato de cálcio + dióxido de enxofre (ácido gástrico)
dissulfato de sódio
fenol + ácido naftênico
hidróxido de sódio + sulfeto de sódio
hipoclorito de sódio

ANEXO 6.2 (Continuação)**PRODUTOS QUE INDUZEM CORROSÃO INTERGRANULAR
NOS AÇOS AUSTENÍTICOS**

FLUIDO
líquor sulfuroso de cozimento
nitrito de amônia
nitrito de cálcio
nitrito de prata + ácido acético
óleo cru
salt spray
soluções de sulfeto
suco de beterraba
sulfato de amônia
sulfato de amônia + ácido sulfúrico
sulfato de cobre
sulfato de ferro

ANEXO 6.3

RESISTÊNCIA QUÍMICA DE METAIS PARA JUNTAS

B: boa resistência — **R:** resistência regular — **F:** pouca resistência

A : Alumínio
C : Cobre
M : Monel

N : Níquel
4 : aço inoxidável AISI 304
6 : aço inoxidável AISI 316

S : aço carbono

FLUIDO	A	C	M	N	4	6	S
ácido bórico	B	R	B	B	B	B	F
ácido brômico	F	-	-	-	-	-	F
ácido carbólico, fenol	B	F	B	B	B	B	-
ácido cianídrico	-	-	B	-	B	B	-
ácido cítrico	B	B	B	-	B	B	F
ácido clorídrico, frio	F	F	-	-	F	F	F
ácido clorídrico, quente	F	F	-	-	F	F	F
ácido cloroacético	F	F	-	R	F	F	F
ácido crômico	F	F	R	-	-	B	-
ácido esteárico	-	-	B	B	B	B	-
ácido fluorídrico, menos de 65%	F	F	R	F	F	F	F
ácido fluorídrico, mais de 65%	F	R	B	-	F	F	-
ácido fluorsilícico	-	-	-	-	F	F	F
ácido fórmico	F	R	-	-	R	R	F
ácido fosfórico, até 45%	-	R	R	-	B	B	F
ácido fosfórico, mais de 45%, frio	F	R	F	R	B	B	F
ácido fosfórico, mais de 45%, quente	F	-	-	-	F	F	-
ácido láctico, frio	-	-	B	B	-	R	F
ácido láctico, quente	F	-	-	F	-	-	-
ácido nítrico concentrado	B	F	F	F	R	R	F
ácido nítrico diluído	F	F	F	F	B	B	F
ácido oléico	B	F	B	B	B	B	-
ácido oxálico	R	B	R	R	B	B	F
ácido palmítico	B	B	B	-	B	B	B
ácido pícrico	F	F	F	F	B	B	-
ácido sulfúrico até 10%, frio	-	-	-	-	R	R	F
ácido sulfúrico até 10%, quente	-	F	-	F	F	R	F
ácido sulfúrico 10-75%, frio	-	F	-	-	F	R	F
ácido sulfúrico 10-75%, quente	F	F	-	F	F	F	R
ácido sulfúrico 75-95%, frio	-	F	-	-	B	B	-
ácido sulfúrico 75-96%, quente	F	F	-	F	F	F	R
ácido sulfúrico fumegante	-	F	F	F	-	R	-
ácido sulfuroso	-	-	F	F	F	-	B
ácido tânico	F	B	B	B	R	R	-
ácido tartárico	B	-	-	-	-	B	F

ANEXO 6.3 (Continuação)**RESISTÊNCIA QUÍMICA DE METAIS PARA JUNTAS****B:** boa resistência — **R:** resistência regular — **F:** pouca resistênciaA : Alumínio
C : Cobre
M : MonelN : Níquel
4 : aço inoxidável AISI 304
6 : aço inoxidável AISI 316

S : aço carbono

FLUIDO	A	C	M	N	4	6	S
água destilada	B	F	-	B	B	B	F
água do mar	F	-	B	-	F	F	-
água potável	B	B	B	-	B	B	-
alcatrão	B	B	R	-	B	B	B
álcool butílico, butanol	-	B	-	B	-	-	-
amônia, gás, frio	B	-	B	-	B	B	B
amônia, gás, quente	-	F	-	-	-	-	-
anidrido acético	-	R	R	R	-	R	F
anilina	F	F	B	-	B	B	B
ar	B	B	B	B	B	B	B
asfalto	-	B	B	-	B	-	B
benzeno	B	B	B	-	B	B	B
benzol	B	B	B	-	B	B	B
bicarbonato de sódio	F	-	B	B	B	B	-
bórax	R	R	B	B	B	B	B
bromino	-	F	-	-	F	F	F
butano	B	-	B	-	-	B	B
cerveja	B	B	B	B	B	B	B
cianeto de potássio	F	F	B	-	B	B	B
cloreto de alumínio	F	R	B	-	F	F	R
cloreto de amônia	F	F	R	R	R	R	-
cloreto de bário	F	-	-	B	R	B	-
cloreto de cálcio	-	B	R	-	-	-	B
cloreto de cobre	F	-	R	-	F	F	R
cloreto de enxofre	-	F	-	-	-	-	-
cloreto de etila	-	B	B	B	B	B	B
cloreto de magnésio	F	R	R	R	R	R	R
cloreto de mercúrio	F	F	F	F	F	F	-
cloreto de metileno	-	B	B	-	-	-	B
cloreto de níquel	F	F	-	-	R	R	-
cloreto de potássio	-	B	B	B	B	B	B
cloreto de sódio	F	R	B	-	B	R	B
cloreto de zinco	F	F	B	-	F	F	-
cloreto estânico	F	F	F	F	-	-	-
cloreto férrico	F	F	F	F	F	F	F

ANEXO 6.3 (Continuação)

RESISTÊNCIA QUÍMICA DE METAIS PARA JUNTAS

B: boa resistência — **R:** resistência regular — **F:** pouca resistência

A : Alumínio
C : Cobre
M : Monel

N : Níquel
4 : aço inoxidável AISI 304
6 : aço inoxidável AISI 316

S : aço carbono

FLUIDO	A	C	M	N	4	6	S
cloro (seco)	B	B	B	-	B	B	B
cloro (úmido)	F	F	F	-	F	-	F
cola	B	-	B	-	B	B	B
dióxido de carbono, seco	B	B	B	-	B	B	B
dióxido de carbono, úmido	R	R	B	-	B	B	R
dióxido de enxofre, seco	B	B	B	B	B	B	B
trióxido de enxofre, seco	B	B	B	-	B	B	B
dissulfeto de carbono	B	F	B	-	B	B	B
dissulfito de cálcio	-	F	F	-	-	B	F
dowtherm A	B	F	-	-	-	-	B
dowtherm E	F	B	-	-	-	-	B
enxofre	B	F	F	F	R	R	B
esgoto doméstico	R	-	B	-	R	R	R
éter	B	B	R	-	-	-	B
fluoreto de alumínio	F	-	-	-	-	-	-
formaldeído	R	R	B	-	B	B	R
fosfato de amônia	R	R	B	B	B	B	F
fosfato de sódio	B	-	B	B	-	B	-
freon	B	B	B	-	-	-	-
furfural	B	B	B	-	B	B	B
gás de alto forno	-	F	-	-	-	-	B
gás natural	-	B	B	-	B	B	B
gasolina	B	B	B	B	B	B	B
gelatina	B	-	B	-	B	B	-
glicerina, glicerol	B	R	B	-	B	B	B
glicose	B	B	B	-	B	B	B
hidrogênio, gás frio	B	B	B	-	B	B	B
hidrogênio, gás quente	B	B	B	-	B	B	B
hidróxido de amônia	R	F	-	-	B	B	B
hidróxido de bário	F	F	-	B	B	-	-
hidróxido de cálcio	-	-	B	B	R	R	B
hidróxido de magnésio	F	F	B	B	B	B	B
hidróxido de potássio	F	F	B	B	R	R	-
hidróxido de sódio	F	F	B	B	R	R	B
hipoclorito de sódio	F	-	-	-	F	F	F

ANEXO 6.3 (Continuação)

RESISTÊNCIA QUÍMICA DE METAIS PARA JUNTAS

B: boa resistência — **R:** resistência regular — **F:** pouca resistência

A : Alumínio
C : Cobre
M : Monel

N : Níquel
4 : aço inoxidável AISI 304
6 : aço inoxidável AISI 316

S : aço carbono

FLUIDO	A	C	M	N	4	6	S
leite	B	-	B	B	-	B	B
licor de cana-de-açúcar	B	B	B	-	B	B	B
metanol	B	B	B	-	B	B	B
mercúrio	F	F	B	-	B	B	B
nitrato de amônia	R	F	-	-	B	B	B
nitrato de sódio	B	R	B	B	R	B	B
óleo combustível	-	B	B	-	B	-	B
óleo combustível (ácido)	-	-	B	-	-	-	-
óleo de algodão	B	-	B	-	B	B	B
óleo de linhaça	B	B	B	-	B	B	B
óleo lubrificante refinado	B	B	B	-	B	-	B
óleo de milho	B	-	B	-	B	B	B
óleos minerais	B	B	B	-	B	B	B
óleo de soja	-	-	-	-	B	B	-
oxigênio, frio	B	B	B	-	B	B	B
oxigênio, até 260°C	B	B	B	-	B	B	B
oxigênio, 260 a 540°C	-	F	B	-	B	B	-
oxigênio, mais de 540°C	F	F	F	B	F	F	F
peróxido de hidrogênio	B	F	R	R	B	B	F
peróxido de sódio	B	-	B	B	B	B	-
petróleo cru, até 540°C	B	-	-	-	B	B	B
petróleo cru, mais de 540°C	F	F	F	F	F	F	F
propano	-	-	B	-	B	B	B
querosene	-	B	B	-	B	B	B
sabão	-	-	B	-	B	B	B
silicato de sódio	F	-	B	B	-	B	B
solventes clorados, secos	B	B	B	-	B	-	B
solventes clorados, úmidos	F	F	B	-	-	-	F
sulfato de alumínio	-	R	R	-	R	R	F
sulfato de amônia	-	R	B	-	B	B	B
sulfato de cobre	F	-	B	-	B	B	F
sulfato de magnésio	-	B	B	-	B	B	B
sulfato de níquel	F	F	-	-	B	B	-
sulfato de potássio	B	B	B	B	R	R	B
sulfato de sódio	-	B	R	B	B	B	B

ANEXO 6.3 (Continuação)

RESISTÊNCIA QUÍMICA DE METAIS PARA JUNTAS

B: boa resistência — **R:** resistência regular — **F:** pouca resistência

A : Alumínio
C : Cobre
M : Monel

N : Níquel
4 : aço inoxidável AISI 304
6 : aço inoxidável AISI 316

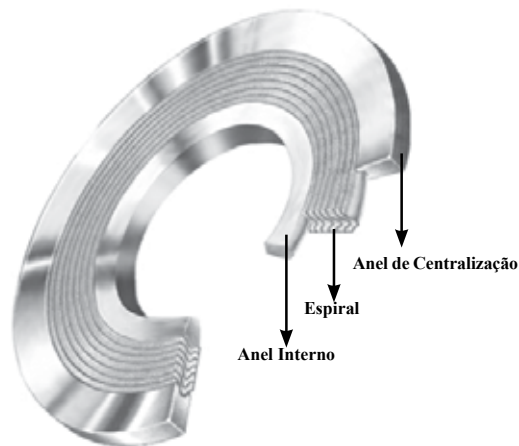
S : aço carbono

FLUIDO	A	C	M	N	4	6	S
sulfato de zinco	-	F	B	-	B	-	-
sulfato férrico	F	F	F	F	R	B	F
sulfeto de sódio	F	F	R	R	B	B	B
sulfito de bário	-	F	B	-	B	B	-
sulfito de hidrogênio, frio	B	F	B	B	B	B	B
sulfito de hidrogênio, quente	B	F	F	F	-	-	F
sulfito de sódio	F	F	R	R	B	B	B
tetracloroeto de carbono	-	-	B	-	-	-	-
tolueno	B	-	B	-	-	-	B
tricloroetileno	-	-	B	-	-	-	-
uísque	B	-	B	-	R	B	F
vapor, até 200°C	B	B	B	B	B	B	B
vapor, até 400°C	-	-	-	-	B	B	B
vapor, mais de 400°C	F	F	F	F	B	B	F
vinagre	-	-	B	-	R	B	-
vinho	B	-	B	-	R	B	F

JUNTAS METALFLEX®

1. O QUE É UMA JUNTA METALFLEX®

É uma espiral constituída de uma fita metálica pré-formada e de um enchimento com material macio que, interagindo, proporcionam a vedação. Quando é realizado o esmagamento inicial da junta o enchimento escoo preenchendo as imperfeições do flange. A fita metálica tem a função de dar resistência mecânica.



O seu formato em 'V' como um anel "chevron" permite à junta reagir como uma mola se acomodando às variações de pressão e temperatura.

Pode ser fabricada em diversas combinações de materiais, dimensões e formas. As juntas para flanges ASME e EN são padronizadas e produzidas em série. As juntas Metalflex® são cada vez mais utilizadas cobrindo ampla faixa de aplicação, oferecendo

uma vedação eficiente. Capaz de suportar pressões e temperaturas elevadas a custo bastante reduzido.

Este capítulo apresenta as principais normas técnicas, valores para projeto e outras informações relacionadas às juntas Metalflex®.

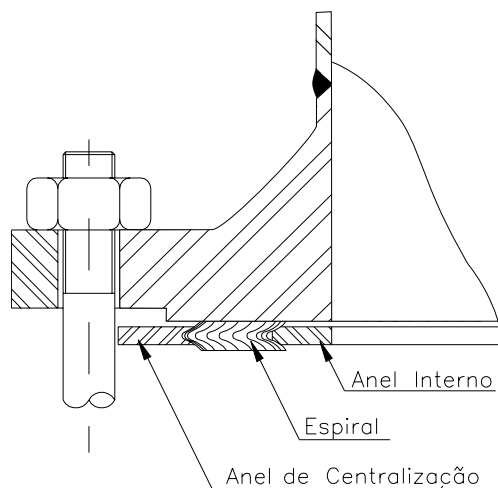


Figura 7.1

2. MATERIAIS

2.1. FITA METÁLICA

A fita metálica é padronizada na espessura de 0.19 mm, com a largura variando conforme a espessura final da junta.

Os metais normalmente disponíveis no mercado nacional em fitas adequadas à fabricação de Juntas Metalflex são:

- Aço inoxidável AISI 304L: é o material mais usado devido ao seu preço e características de resistência à corrosão.
- Aço inoxidável AISI 316L
- Aço inoxidável AISI 317.
- Aço inoxidável AISI 321.
- Monel.

As características principais e recomendações de uso destes materiais estão no Capítulo 6 deste livro.

2.2. ENCHIMENTO

O enchimento é responsável pela selabilidade da junta, para isso devem ser usados materiais com elevada capacidade de vedação.

O acabamento do enchimento para que a junta tenha uma boa selabilidade deve ficar um pouco acima da fita metálica. O enchimento faceando ou abaixo da fita metálica não entra em contato com a superfície do flange, deixando, portanto, de desempenhar a sua função na junta.

2.2.1. GRAFITE FLEXÍVEL - GRAFLEX®

As características de baixa permeabilidade, conformabilidade, estabilidade térmica e resistência química tornaram este material o mais empregado como enchimento de juntas, especialmente as Metallflex.

As principais características do Graflex estão mostradas na Seção 5 do Capítulo 3 deste livro.

Por ter resistência à temperatura e o Graflex estar confinado entre as espiras metálica as juntas espirais com este enchimento são consideradas “fire safe” e usadas em serviços com produtos inflamáveis tais como combustíveis e hidrocarbonetos em geral. As indústrias padronizam as juntas espirais em aço inoxidável AISI 304 L e enchimento em Grafex para a maioria das aplicações em refinarias, indústrias químicas e petroquímicas em temperaturas até 450°C.

Temperaturas acima de 450°C em atmosferas oxidantes, incluindo o ar, degradam o material. Neste caso, é necessário confinamento da junta, protegendo a grafite flexível do contato direto com o meio oxidante.

Para juntas em contato direto com o ar e temperatura acima de 450°C, o Grafite Flexível reage com oxigênio do ar, a junta perde continuamente seu enchimento resultando em vazamento ao longo do tempo.

2.2.2. GRAFITE FLEXÍVEL PARA ALTAS TEMPERATURAS - GRAFLEX® HT

Para atender as necessidades de aplicações em elevadas temperaturas foi desenvolvido o Graflex® HT, que possui na sua composição inibidores de oxidação, permitindo trabalho em temperaturas até 650°C. As demais propriedades permanecem as mesmas.

2.2.3. PTFE

É usado como enchimento quando se requer resistência química elevada, em temperaturas de criogenia a 260°C. Juntas em PTFE apresentam tendência de flambagem do diâmetro interno, por isso se a junta não for instalada em flange lingueta e ranhura, é obrigatório o uso de anel interno.

2.2.4. MICAFLEX®

O enchimento Micaflex foi desenvolvido para permitir a aplicação de juntas espirais em temperaturas de trabalho até 1000°C. É fabricado a partir de lâminas de mica com ligante inorgânico. É resistente à maioria dos produtos químicos tais como solventes, ácidos, cáusticos, produtos orgânicos e hidrocarbonetos. Entretanto, as juntas com enchimento em Micaflex não apresentam o mesmo nível de selabilidade do Graflex, por esta razão o enchimento de Micaflex é normalmente usado em conjunto com o Graflex HT, aliando a excelente selabilidade deste com a elevada resistência à temperatura do Micaflex, que atua como barreira antioxidante.

2.3. ANEL DE CENTRALIZAÇÃO

A Figura 7.1 mostra uma junta espiral com a anel de centralização e o anel interno. Não entrando em contato direto com o fluido, a guia de centralização é normalmente fabricada em aço carbono AISI 1010/1020. As guias de centralização em aço carbono, recebem acabamento anticorrosão, que pode ser pintura ou algum tipo de galvanização. Quando os flanges forem em aço inoxidável pode-se usar a anel de centralização no mesmo material do flange para evitar a sua contaminação pelo aço carbono. Em ambientes extremamente agressivos ou em criogenia também é recomendado o uso do anel externo em aço inoxidável.

2.4. ANEL INTERNO

Para evitar a flambagem da espiral e turbulência na região de transição entre os flanges, é necessário a colocação de anel interno, conforme mostrado na Figura 7.1.

Inicialmente as juntas espirais eram produzidas, na sua maioria, sem anel interno entretanto, relatórios de acidentes no campo e estudos [29, 30] mostraram que não há como assegurar que não haja flambagem independente da dimensão ou classe de pressão da junta. A flambagem é a projeção da espiral no sentido do interior da tubulação conforme mostrado na Figura 12.29, caso ocorra, a junta tem a sua selabilidade comprometida. O anel interno é um meio efetivo de evitar que ela ocorra.

O anel interno também proporciona maior estabilidade à junta, em especial as de grandes dimensões, que são muito instáveis dificultando o seu transporte, manuseio e instalação. A espessura do anel interno é a mesma da guia de centralização e usualmente fabricado no mesmo material da fita metálica da junta.

3. DENSIDADE

No processo de fabricação da espiral, a fita metálica e o enchimento são mantidos sob pressão. Combinando esta pressão de fabricação e a espessura do enchimento, podem ser fabricadas juntas de diferentes densidades. Esta é uma característica muito importante para o desempenho da junta conforme mostrado na Seção 13 deste Capítulo.

Para atender as necessidades de baixos valores de Emissões Fugitivas foram realizadas pesquisas sobre a densidade das juntas espirais, cujo resultado foi apresentado no Congresso ASME PVP 2011 sob o título The Influence of Winding Density in the Sealing Behavior of Spiral Wound Gaskets [28].

A densidade de uma junta espiralada define-se como o número de voltas de metal e enchimento por milímetro de largura da junta. As juntas encontradas no mercado possuem tipicamente uma densidade de 0.80 voltas por milímetro (v/mm) a 1.35 v/mm.

O gráfico da Figura 7.2 apresenta o resultado de teste com juntas de densidade 0.869 v/mm, 0.994 v/mm e 1.132 v/mm. Como pode ser observado no gráfico há uma grande redução de vazamento com o aumento da densidade da junta (número de voltas por mm).

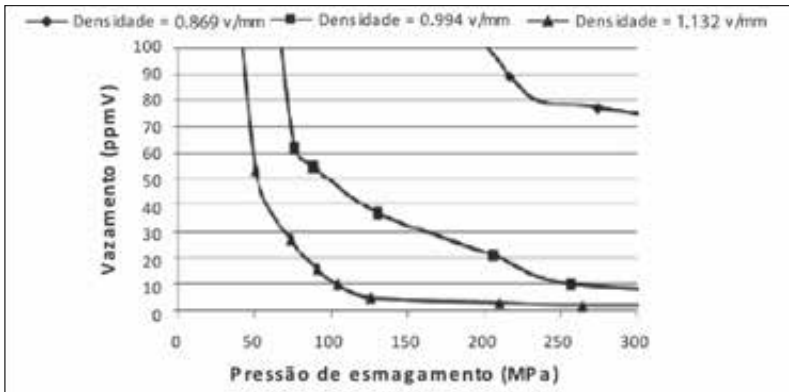


Figura 7.2

Uma outra característica da junta com baixa densidade é que as superfícies de vedação dos flanges fazem contato com o anel de centralização. Esta característica limita a capacidade de aperto da junta e, conseqüentemente, reduz a sua selabilidade. Ao fazer contato com o flange o anel de centralização atua como um ponto de apoio fazendo o flange girar no plano perpendicular ao eixo da tubulação conforme mostrado na Figura 7.3, nesta situação há uma redução do aperto na região do diâmetro interno da junta reduzindo ainda mais a sua selabilidade.

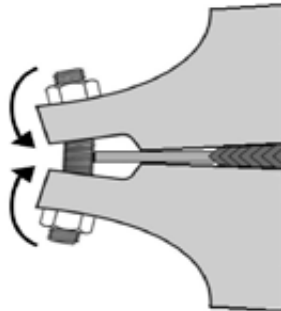


Figura 7.3

A quantidade de enchimento que se projeta além da fita metálica é outra característica importante. Nas juntas convencionais esta característica não é controlada, sendo permitidas juntas onde o enchimento está faceando a fita metálica. A Figura 7.4 mostra um gráfico de uma junta fabricada com o enchimento faceando a fita metálica. Como pode ser observado, a junta só começa a vedar com valores acima de 140 MPa de aperto, valores estes impossíveis de atingir em grande parte dos flanges existentes nas indústrias.

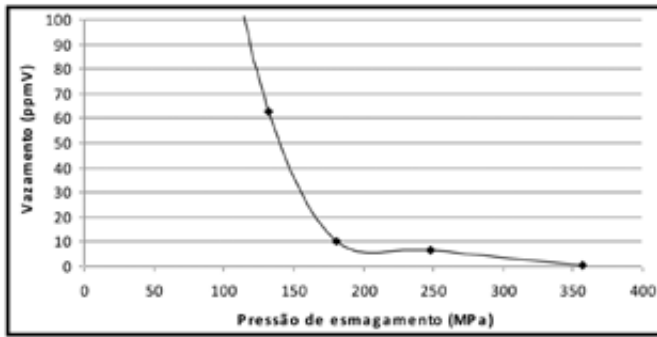


Figura 7.4

4. DIMENSIONAMENTO

O projeto de juntas para flanges não normalizados deve ser feito de modo que a espiral esteja sempre em contato com as superfícies dos flanges. Se a espiral for menor que o diâmetro interno, ou maior que a face do flange, pode haver a sua quebra, prejudicando a vedação, ou, até mesmo, provocando vazamentos. Se a espiral se projetar para dentro do diâmetro interno do flange, pedaços podem ser carregados pelo fluido, danificando os equipamentos.

As recomendações a seguir, devem ser usadas ao dimensionar juntas espirais não normalizadas.

- ***Juntas confinadas nos diâmetros internos e externos:***
 diâmetro interno da junta = diâmetro interno do canal + 1.6mm.
 diâmetro externo da junta = diâmetro externo do canal – 1.6mm
- ***Juntas confinadas somente ao diâmetro externo:***
 diâmetro interno da junta = diâmetro interno da face + no mínimo 6.4mm.
 diâmetro externo da junta = diâmetro externo do ressalto – 1.6mm.
- ***Juntas em flanges lisos ou com ressalto:***
 Usar sempre juntas com o anel interno para evitar a flambagem da espiral. O anel interno deve ser dimensionado de forma que a sua largura tenha no mínimo 5mm e não se projete no interior da tubulação ou equipamento.

As dimensões dos diâmetros interno e externo da espiral, devem ser ajustadas de modo a atender as recomendações da força de esmagamento “y” e do fator “m”, conforme detalhado no Capítulo 2 deste livro.

5. ESPESSURA

As espessuras de fabricação disponíveis para fabricação de juntas Metalflex® são 3.2 mm (1/8”), 4.45 mm (0.175”), 4.76 mm (3/16”) e 6.4 mm (1/4”).

Após o esmagamento, a espessura final da junta deve ficar de acordo com a Tabela 7.1. A espessura final indicada é a que a experiência mostrou ser a faixa ótima para uma máxima resiliência da junta.

Tabela 7.1
Espessura das Juntas

Espessura de fabricação - mm (pol)	Espessura após esmagamento - mm
3.2 (1/8)	2.3 a 2.5
4.45 (0.175)	3.2 a 3.4
4.76 (3/16)	3.2 a 3.4
6.4 (¼)	4.6 a 5.1

6. LIMITAÇÕES DIMENSIONAIS E DE ESPESSURA

As juntas Metallflex[®] podem ser fabricadas em diâmetros de 12 mm (1/2") a 3800 mm (150") conforme tabelas 7.2 e 7.3. Juntas com dimensões fora do recomendado nestas tabelas apresentam grande instabilidade e são de fabricação e manuseio difíceis. Para evitar danos no transporte e manuseio recomenda-se o uso do anel interno em juntas com diâmetro interno maior que 1000 mm.

Tabela 7.2
Limitações Dimensionais das Juntas

Espessura (mm)	Diâmetro interno máximo (mm)	Largura máxima (mm)
3.2	1000	13
4.45 ou 4.76	1800	25
6.4	3800	32

As juntas com enchimento em PTFE, possuem maior tendência a se “desmanchar” no transporte e manuseio, as suas limitações são mais apertadas, conforme mostrado na Tabela 7.3.

Tabela 7.3
Limitações Dimensionais das Juntas com enchimento em PTFE

Espessura (mm)	Diâmetro interno máximo (mm)	Largura máxima (mm)
3.2	500	16
4.45 ou 4.76	1100	20
6.4	3000	20

7. TOLERÂNCIAS DE FABRICAÇÃO

As tolerâncias de fabricação para juntas não normalizadas estão indicadas na Tabela 7.4.

Tabela 7.4
Tolerâncias de Fabricação

Diâmetro interno (mm)	Tolerância no diâmetro (mm)	
	interno	externo
até 250	- 0.8 + 1.6	- 1.6 + 0.8
250 a 700	- 0.8 + 1.6	- 1.6 + 0.8
acima de 700	± 1.6	± 1.6

A tolerância na espessura da espiral é de ± 0.13 mm medido na fita metálica. Em juntas com enchimento de PTFE ou com diâmetro interno menor que 25 mm ou com parede maior que 25 mm, a tolerância é de + 0.25 mm, - 0.13 mm.

8. ACABAMENTO DAS SUPERFÍCIES DE VEDAÇÃO

Conforme já explicado no início deste capítulo, as juntas Metalflex® dependem da ação conjunta da fita metálica e do enchimento para uma vedação eficiente. Quando a junta é esmagada, o enchimento “escoa”, preenchendo as imperfeições dos flanges.

A resistência mecânica e resiliência são dadas pela fita metálica. Desta forma, quanto mais irregular for a superfície do flange, maior será a dificuldade em fazer escoar o enchimento e obter uma vedação adequada.

Embora possam ser usadas com a maioria dos acabamentos encontrados nos flanges comerciais, a experiência indica os seguintes acabamentos como os mais adequados:

Tabela 7.5

Acabamento da Superfície de Vedação

O ASME PCC-1-2013 recomenda o acabamento de 3.2 μm (125 μpol) à 6.3 μm (250 μpol).

Aplicação	Acabamento dos flanges - R_a	
	μm	μpol
Uso geral	6.3	250
Fluidos perigosos ou gases	3.2	125
Trabalho em vácuo	2.0	80

Importante: as superfícies de vedação dos flanges não podem ter riscos ou marcas radiais, isto é, que se estendam do diâmetro interno ao externo. A existência de irregularidade deste tipo dificulta a vedação para qualquer tipo de junta, e, em especial, para as Metalflex®.

9. VALORES PARA CÁLCULO CÓDIGO ASME E APÊNDICE-O PCC-1-2013

Os valores de “m” e “y” para cálculo de acordo com o código ASME estão na tabela 7.6 e os valores para cálculo da instalação da junta de acordo com o ASME PCC-1-2013 na tabela 7.7.

Tabela 7.6
Valores para cálculo

m	y
3	10 000

Tabela 7.7
Valores para cálculo ASME PCC-1-2013

Property	Value (psi)
Tensão de mínima esmagamento de instalação ($S_{g_{min-s}}$)	10000
Tensão mínima de esmagamento da junta para operação ($S_{g_{min-o}}$)	3900
Tensão máxima de esmagamento da junta ($S_{g_{max}}$)	43000
Fração de relaxamento da junta (ϕ_g)	0.80
Rotação máxima permissível do flange ($\theta_{g_{max}}$)	1°

Estes valores são recomendados para juntas com anéis interno e externo instalados em flanges tipo RF. Para outros tipos de juntas ou flanges são necessários testes para validar os valores destas características.

10. TIPOS

As juntas Metalflex® são fabricadas em várias formas geométricas, tais como circular, oval, diamante e oblonga. Anéis de centralização ou de reforço interno, podem ser incorporados às juntas, para melhor adequá-las às condições específicas de cada equipamento ou tubulação.

Os diversos tipos de juntas, suas aplicações típicas e particularidades de fabricação estão detalhados nas páginas seguintes.

11. JUNTAS TIPO 911

É o tipo mais simples, consistindo apenas da espiral circular, sem anel de centralização. As juntas Metalflex® 911 são usadas principalmente em flanges Norma ASME B.16.5 [46] tipo lingueta e ranhura (Figura 7.5) ou macho e fêmea. Também são usadas em equipamentos onde existem limitações de espaço e peso.

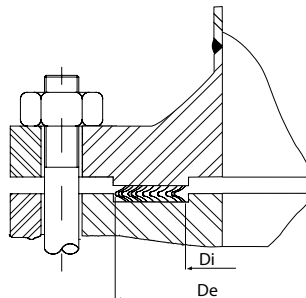


Figura 7.5

11.1. TIPO 911-M

É a espiral de vedação com anel interno (Figura 7.6). A finalidade deste anel é preencher o espaço entre os flanges, evitando turbulência no fluxo do fluido e a erosão das faces dos flanges. É usado também como limitador de compressão, quando a pressão de esmagamento é maior que 210 MPa.

Juntas com enchimento de PTFE possuem tendência a escoar no sentido do diâmetro interno, para este material, é mandatório o uso de anel interno, quando a junta não for instalada confinada pelo diâmetro interno.

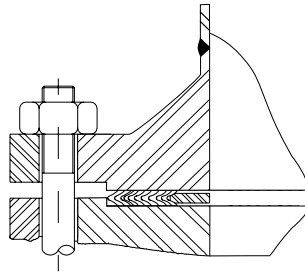


Figura 7.6

11.2. TIPO 911-T

Divisões de dupla camisa metálica são soldadas à espiral de vedação (Figura 7.7). As travessas são fabricadas com o mesmo material da espiral e fixadas por solda plasma. Para reduzir a força de esmagamento, a espessura das travessas é normalmente um pouco menor que a da espiral.

Este tipo de junta oferece uma selabilidade maior do que a junta para trocador de calor convencional (dupla-camisa), principalmente quando o enchimento da espiral é de Grafite Flexível. Entretanto, o rigoroso controle do aperto (torque), manuseio e instalação exigem cuidados especiais limitando a sua aplicação.

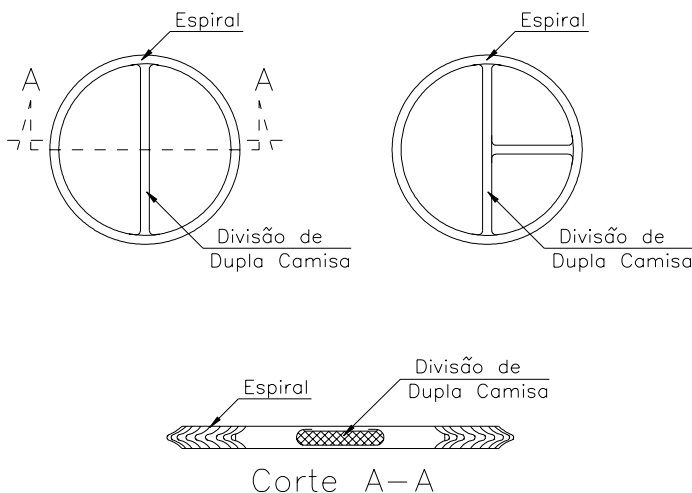


Figura 7.7

12. JUNTAS TIPO 913

Construídas da espiral de vedação com um anel externo de metal sólido, que serve como anel de centralização, limitador de compressão e também para dar maior resistência mecânica à espiral (Figura 7.8).

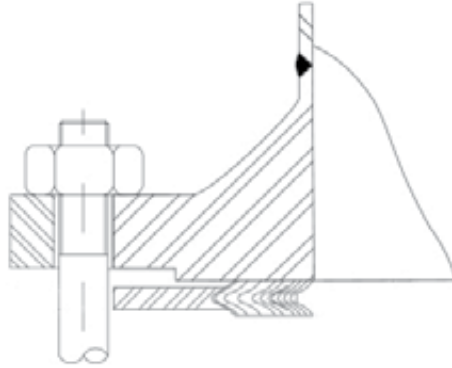


Figura 7.8

13. JUNTAS TIPO 913M DE ACORDO COM A NORMA ASME B16.20

Diversos países desenvolveram normas dimensionais para este tipo de junta. A Norma ASME B16.20 [31] tem sido a mais empregada, pois foi dimensionada para os flanges ASME B16.5 [46] e B16.47 [48]. Usadas mundialmente, as juntas fabricadas obedecendo às recomendações da Norma ASME B16.20 são produzidas em grandes quantidades e facilmente encontradas no mercado. Possuem custo muito reduzido, quando comparado com juntas de desempenho equivalente.

Ao especificar uma junta metálica para flanges de tubulações, a Metalflex 913M (Figura 7.9) fabricada de acordo com a Norma ASME B 16.20 deve ser a primeira opção de projeto. O uso de outro tipo de junta metálica só deve ser recomendado se as condições específicas da aplicação o exigirem.

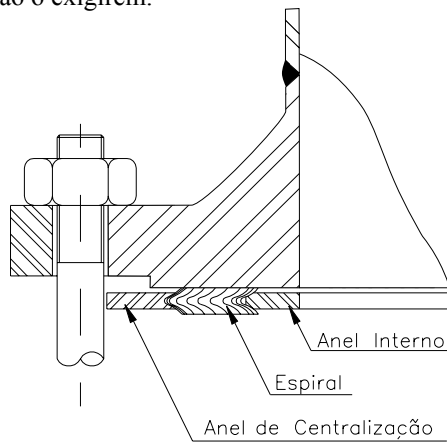


Figura 7.9

13.1. APLICAÇÃO

As juntas ASME B16.20 estão dimensionadas para uso em flanges ASME B16.5, ASME B16.47, Série A e Série B. Portanto, ao especificar uma junta Metalflex® para estes tipos de flanges, não é necessário dimensioná-la. Basta apenas especificar os materiais, que devem ser compatíveis com o fluido a ser vedado e determinar qual a classe de pressão e o diâmetro nominal. Nos Anexos 7.1 e 7.3, no final deste capítulo, estão as dimensões e recomendações de uso.

13.2. MATERIAIS

Os materiais padronizados são:

- Fita metálica: aço inoxidável AISI 304.
- Enchimento: grafite flexível Graflex ou PTFE.
- Anel de centralização: aço carbono AISI 1010/1020.
- Anel interno: AISI 304.

Outros materiais também podem ser fornecidos sob encomenda.

13.3. ESPIRAL

A espiral deve ter as seguintes características:

- Pelo menos três voltas iniciais e três finais de fita metálica sem enchimento.
- As voltas iniciais da fita metálica devem ser soldadas a ponto, com espaços aproximadamente iguais separados de, no máximo, 3” (76.2mm), com um mínimo de três pontos de solda.
- Volta final de fita metálica com três pontos de solda e espaçamento de, aproximadamente, 1.50” (38.1mm).
- Para assegurar o encaixe com o anel de centralização, podem ser usadas até quatro voltas soltas de fita metálica. Estas voltas soltas não são incluídas ao determinar o diâmetro externo da espiral.

13.4. MARCAÇÃO

O anel de centralização é marcado com símbolos de, no mínimo, 1/8” (3.2mm) de altura, constando as seguintes indicações:

- identificação do fabricante (nome ou marca).
- diâmetro nominal do flange.
- classe de pressão.
- indicação do material da fita metálica, quando não for AISI 304.
- indicação do material do enchimento.
- indicação dos materiais dos anéis, quando não forem os padronizados: AISI 1010/1020 para o anel de centralização e AISI 304 para o anel interno.
- identificação: ASME B16.20.

13.5. CÓDIGOS DE CORES

O perfil do anel de centralização deve ser pintado, de modo a facilitar a identificação das juntas no estoque. A identificação do material da fita metálica deve ser pintada continuamente em todo o perfil do anel de centralização. O material do enchimento é identificado com um mínimo de quatro listas igualmente espaçadas ao longo do perfil. As cores obedecem às tabelas 7.8 e 7.9.

Tabela 7.8

Código de Cores da Fita Metálica

Fita metálica	Cor
AISI 304 / AISI 304L	Amarelo
AISI 316 / AISI 316L	Verde
AISI 347	Azul
AISI 321	Turquesa
Monel	Laranja
Níquel	Vermelho
Inconel	Ouro

Tabela 7.9

Código de Cores do Enchimento

Enchimento	Cor
PTFE	Branca
Grafite Flexível - Graflex®	Cinza
Micaflex®	Azul claro
Grafite Flexível Alta Temperatura	Preto

13.6. TESTES DE PERFORMANCE

No Congresso ASME PVP 2017 foi apresentado o estudo PVP2018-65371 Spiral Wound Gaskets Performance Testing [59] sugerindo a adoção de teste de selabilidade para verificar se as juntas de acordo com a norma ASME B16.20 atendem às exigências de emissões da EPA. Neste estudo foram analisadas juntas com diferentes construções algumas das quais, mesmo atendendo as especificações da norma não apresentavam selabilidade adequada. No final do ano de 2017 a norma ASME B16.20 foi revisada introduzindo dois testes de performance para juntas com anel interno. Teste de selabilidade com gás Metano, semelhante ao sugerido no estudo PVP2017-65371 e teste de esmagamento. Este último é para assegurar que as juntas apresentam uma densidade compatível ao serviço que se destinam. Como já explicado anteriormente, a densidade é um fator de extrema importância para o desempenho da junta.

13.6.1. TESTE DE SELABILIDADE

Introduzido na revisão de 2017 da norma ASME B16.20, o teste de selabilidade exige que para juntas com anéis interno e de centralização de todas as dimensões e classes de pressão correspondentes, sejam capazes de apresentar um vazamento máximo de 0.0137 mg/s-m. Para este cálculo é calculado o perímetro externo da espiral conforme o diâmetro da tabela do Anexo 7.1.

O teste é realizado em temperatura ambiente com gás Metano com mínimo 97% de pureza. A pressão de teste deve ser de 20 bar (290 psi) para juntas classe 150 e de 40 bar (580 psi) para as demais classes de pressão. O acabamento da superfície de vedação deve ser de acordo com a norma ASME B16.5 e o dispositivo de teste deve aplicar um aperto uniforme em toda a superfície de vedação da junta.

O aperto da junta, calculado considerando as dimensões da espiral de vedação conforme anexo 7.1, deve ser conforme a seguir:

- classe 150: 35 MPa (5 000 psi)
- classes 300 e 400: 56 MPa (8 000 psi)
- classe 600 e superior: 70 MPa (10 000 psi)

A pressão de teste deve ser mantida por, no mínimo, 4 horas. Depois deste tempo, são realizadas 3 leituras com 5 minutos de intervalo. A média destas leituras é o vazamento da junta, que deve ser menor que 0.0137 mg/s-m.

13.6.2. TESTE DE ESMAGAMENTO

Juntas com enchimento de Grafite Flexível devem ser submetidas a teste de esmagamento para assegurar que possuem densidade compatível com a classe de serviço que se destinam. A espessura mínima após aperto é de 3.43 mm quando uniformemente esmagada. Para calcular a área da junta são considerados os diâmetros internos e externos da espiral conforme Anexo 7.1. A pressão de esmagamento deve ser conforme a seguir:

- classe 150: 52 MPa (7 500 psi)
- classes 300, 400 e 600: 70 MPa (10 000 psi)
- classe 900 e superior: 140 MPa (20 000 psi)

14. OUTRAS NORMAS

Para a fabricação de junta Metalflex, são também usadas normas de outros países, como Alemanha (DIN), Japão (JIS) e Inglaterra (BS) . As dimensões para Norma DIN EN 1514-2 (2005) Flanges and their joints - Gaskets for PN-designated flanges - Part 2: Spiral wound gaskets for use with steel flanges [52] são mostradas no Anexo 7.8

15. DIMENSIONAMENTO DE JUNTAS TIPO 913-M ESPECIAIS

A seguir, estão as recomendações que devem ser seguidas ao especificar uma junta tipo 913 especial. Isto é, que não obedeça às indicações de nenhuma norma técnica específica.

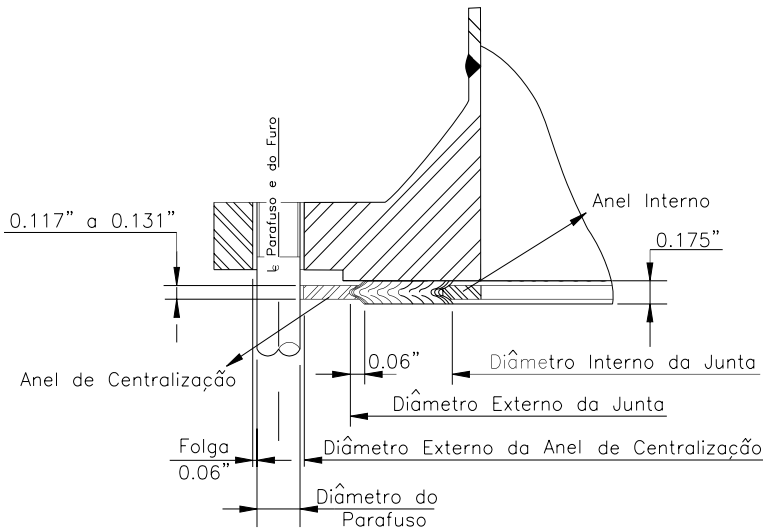


Figura 7.10

15.1. ESPIRAL

- Diâmetro interno: igual ao diâmetro interno da face do flange, mais, no mínimo, 6.4mm.
- Diâmetro externo: calculado de modo a atender as recomendações do Capítulo 2 deste livro e de largura máxima conforme Seção 6 deste Capítulo.
- Espessura: podem ser fabricadas nas espessuras de 4.45 mm (0.175"), 4.76 mm (3/16") e 6.4 mm (1/4"). Por ser a espessura da Norma ASME B16.20, recomenda-se 4.45 mm, sempre que possível. As limitações dimensionais para a espessura, estão na seção 6 deste capítulo:
- Tolerância de fabricação: estão indicadas na Seção 7 deste Capítulo.

15.2. ANEL DE CENTRALIZAÇÃO

- Espessura: 3.2 mm (1/8").
- Diâmetro interno: igual ao diâmetro externo da espiral, menos aproximadamente 3.2 mm (1/8").
- Diâmetro externo: igual ao diâmetro do círculo de furação, menos o diâmetro do parafuso.

- Tolerância de fabricação: no diâmetro externo da guia de centralização é de $\pm 0.8\text{mm}$, para todos os diâmetros nominais.
- Limitações dimensionais: em virtude de dificuldades de fabricação e da estabilidade do conjunto espiral-guia, existem limitações na largura mínima das guias de centralização, conforme indicado na Tabela 7.10.

15.3. ANEL INTERNO

- Espessura: 3.2 mm (1/8”).
- Diâmetro interno: igual ao diâmetro interno do flange ou da tubulação
- Diâmetro externo: igual ao diâmetro interno da espiral mais 3.2 mm (1/8”).
- Limitações dimensionais: em virtude de dificuldades de fabricação e da estabilidade do conjunto espiral-anel interno, existem limitações na largura mínima dos anéis internos, conforme indicado na Tabela 7.10.

Tabela 7.10

Anel de Centralização e Anel Interno - Limitações Dimensionais

Diâmetro interno da guia (mm)	Largura mínima (mm)
Até 250	5
250 ou maior	10

16. TIPO 913M-XHR

A junta Metalflex tipo 913M-XHR (Figura 7.11) é a solução da Teadit para resistência a temperaturas elevadas. Utilizando uma combinação de grafite flexível de alta temperatura (Graflex HT) e mica flogopita de alto desempenho (Micaflex). Esta combinação fornece as características de resistência à oxidação e isolamento da mica, com o desempenho de vedação de grafite flexível de alta qualidade. O uso do Graflex HT e Micaflex permite temperatura máxima de 815°C, com qualidade de vedação que atendem às necessidades de aplicações críticas.

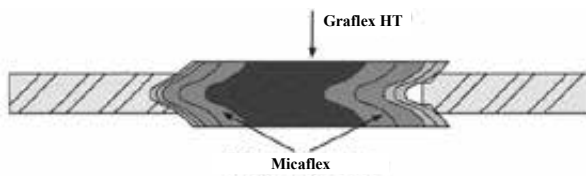


Figura 7.11

17. JUNTAS TIPO 914

São espirais em formas não circulares, tais como: oval, diamante e pêra, conforme mostrado na Figura 7.12.

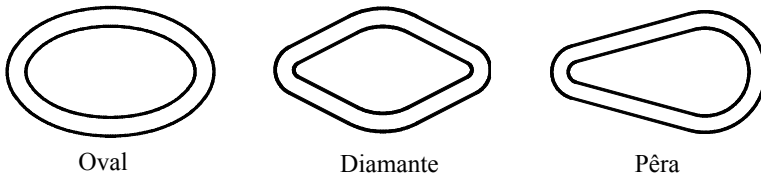


Figura 7.12

17.1. APLICAÇÃO

As juntas Metalflex tipo 914 são usadas principalmente em: janelas e portas de visita de caldeiras (handhole e manhole), castelos de válvulas, cabeçotes e escapamentos de motores.

17.2. DIMENSIONAMENTO

Não existe uma norma específica para este tipo de junta, devendo o projetista, ao dimensionar, de acordo com os requisitos específicos do projeto.

Devido à forma irregular das juntas, para fabricação é sempre necessário o fornecimento de desenho. Se possível, amostra de fornecimento anterior, ou, até mesmo, a tampa ou peça onde a junta será aplicada.

17.3. ESPESSURA

As espessuras disponíveis para juntas tipo 914 são: 3.2mm, 4.45 mm, 4.76mm e 6.4mm.

17.4. JUNTAS PARA PORTAS DE VISITA DE CALDEIRAS

A maioria dos fabricantes de caldeiras, utiliza os mesmos tamanhos de *manhole e handhole* nos seus equipamentos. Desta forma, mesmo não havendo uma padronização, algumas juntas ovais (figura 7.13), são consideradas padrão industrialmente. As dimensões, em polegadas, destas juntas, estão mostradas no Anexo 7.4.

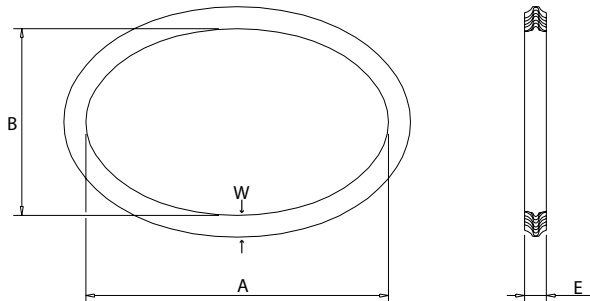
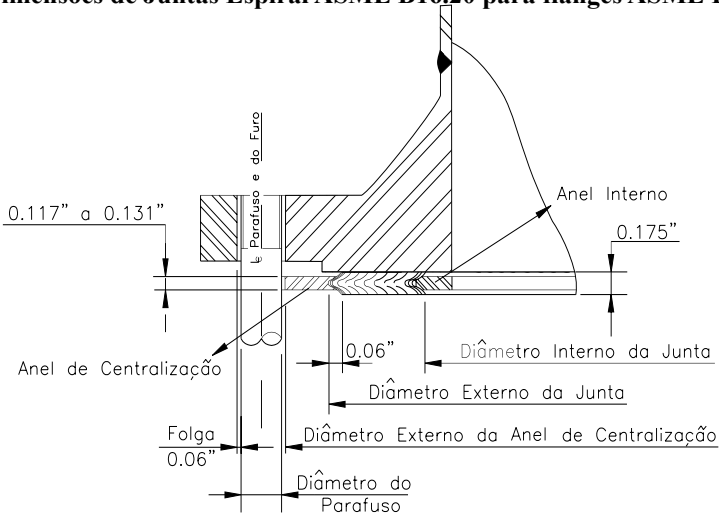


Figura 7.13

Anexo 7.1

Dimensões de Juntas Espiral ASME B16.20 para flanges ASME B16.5



Diâmetro Nominal	Diâmetro externo da junta por classe de pressão milímetros	
	150, 300, 400, 600	900, 1500, 2500
1/2	31.8	31.8
3/4	39.6	39.6
1	47.8	47.8
1 1/4	60.5	60.5
1 1/2	69.9	69.9
2	85.9	85.9
2 1/2	98.6	98.6
3	120.7	120.7
4	149.4	149.4
5	177.8	177.9
6	209.6	209.6
8	263.7	257.3
10	317.5	311.2
12	374.7	368.3
14	406.4	400.1
16	463.6	457.2
18	527.1	520.7
20	577.9	571.5
24	685.8	679.5

Anexo 7.1 (Continuação)

Dimensões de Juntas Espiral ASME B16.20 para flanges ASME B16.5

Diâmetro Nominal	Diâmetro interno da junta por classe de pressão milímetros						
	150	300	400	600	900	1500	2500
1/2	19.1	19.1	...	19.1	...	19.1	19.1
3/4	25.4	25.4	...	25.4	...	25.4	25.4
1	31.8	31.8	...	31.8	...	31.8	31.8
1 1/4	47.8	47.8	...	47.8	...	39.6	39.6
1 1/2	54.1	54.1	...	54.1	...	47.8	47.8
2	69.9	69.9	...	69.9	...	58.7	58.7
2 1/2	82.6	82.6	...	82.6	...	69.9	69.9
3	101.6	101.6	...	101.6	95.3	92.2	92.2
4	127.0	127.0	120.7	120.7	120.7	117.6	117.6
5	155.7	155.7	147.6	147.6	147.6	143.0	143.0
6	182.6	182.6	174.8	174.8	174.8	171.5	171.5
8	233.4	233.4	225.6	225.6	222.3	215.9	215.9
10	287.3	287.3	274.6	274.6	276.4	266.7	270.0
12	339.9	339.9	327.2	327.2	323.9	323.9	317.5
14	371.6	371.6	362.0	362.0	355.6	362.0	...
16	422.4	422.4	412.8	412.8	412.8	406.4	...
18	474.7	474.7	469.9	469.9	463.6	463.6	...
20	525.5	525.5	520.7	520.7	520.7	514.4	...
24	628.7	628.7	628.7	628.7	628.7	616.0	...

NOTAS: 1. Não existem juntas classe 400 de 1/2" a 3" (use classe 600), nem classe 900 de 1/2" a 2 1/2" (use classe 1500) e classe 2500 de 14" ou maior.

2. Tolerâncias de fabricação em polegadas:

- espessura da espiral : ± 0.127 mm – medido na fita metálica, não incluindo o enchimento que pode se projetar um pouco acima da fita metálica
- diâmetro externo da junta: de 1/2" a 8" : ± 0.762 mm
de 10" a 24" : + 1.524 mm – 0.762 mm
- diâmetro interno da junta: de 1/2" a 8" : ± 0.406 mm
de 10" a 24" : ± 0.762 mm

Anexo 7.1 (Continuação)**Dimensões de Juntas Espiral ASME B16.20 para flanges ASME B16.5**

Diâmetro Nominal	Diâmetro externo do anel de centralização por classe de pressão milímetros						
	150	300	400	600	900	1500	2500
1/2	47.8	54.1	...	54.1	...	63.5	69.9
3/4	57.2	66.8	...	66.8	...	69.9	76.2
1	66.8	73.2	...	73.2	...	79.5	85.9
1 1/4	76.2	82.6	...	82.6	...	88.9	104.9
1 1/2	85.9	95.3	...	95.3	...	98.6	117.6
2	104.9	111.3	...	111.3	...	143.0	146.1
2 1/2	124.0	130.3	...	130.3	...	165.1	168.4
3	136.7	149.4	...	149.4	168.4	174.8	196.9
4	174.8	181.1	177.8	193.8	206.5	209.6	235.0
5	196.9	215.9	212.9	241.3	247.7	254.0	279.4
6	222.3	251.0	247.7	266.7	289.1	282.7	317.5
8	279.4	308.1	304.8	320.8	358.9	352.6	387.4
10	339.9	362.0	358.9	400.1	435.1	435.1	476.3
12	409.7	422.4	419.1	457.2	498.6	520.7	549.4
14	450.9	485.9	482.6	492.3	520.7	577.9	...
16	514.4	539.8	536.7	565.2	574.8	641.4	...
18	549.4	596.9	593.9	612.9	638.3	704.9	...
20	606.6	654.1	647.7	682.8	698.5	755.7	...
24	717.6	774.7	768.4	790.7	838.2	901.7	...

- NOTAS: 1. Não existem juntas classe 400 de 1/2" a 3" (use classe 600), nem classe 900 de 1/2" a 2 1/2" (use classe 1500) e classe 2500 de 14" ou maior.
 2. Tolerância do diâmetro externo do anel de centralização: ± 0.762 mm

Anexo 7.1 (Continuação)

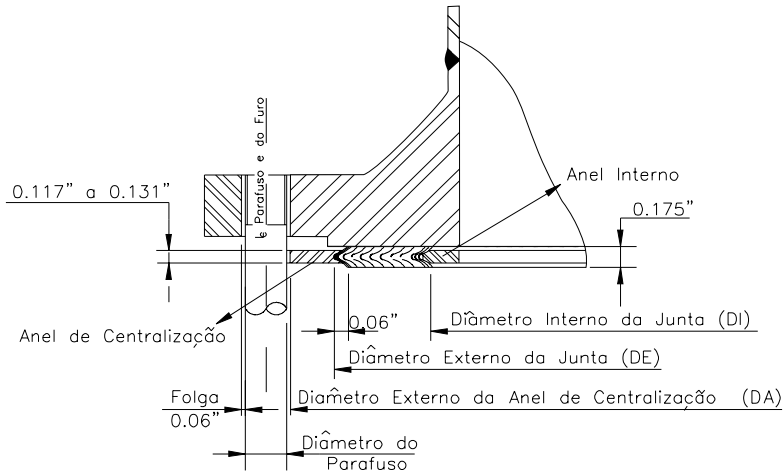
Dimensões de Juntas Espiral ASME B16.20 para flanges ASME B16.5

Diâmetro Nominal	Diâmetro interno do anel interno por classe de pressão milímetros						
	150	300	400	600	900	1500	2500
1/2	14.2	14.2	...	14.2	...	14.2	14.2
3/4	20.6	20.6	...	20.6	...	20.6	20.6
1	26.9	26.9	...	26.9	...	26.9	26.9
1 1/4	38.1	38.1	...	38.1	...	33.3	33.3
1 1/2	44.5	44.5	...	44.5	...	41.4	41.4
2	55.6	55.6	...	55.6	...	52.3	52.3
2 1/2	66.5	66.5	...	66.5	...	63.5	63.5
3	81.0	81.0	...	81.0	78.7	78.7	78.7
4	106.4	106.4	102.6	102.6	102.6	97.8	97.8
5	131.8	131.8	128.3	128.3	128.3	124.5	124.5
6	157.2	157.2	154.9	154.9	154.9	147.3	147.3
8	215.9	215.9	205.7	205.7	196.9	196.9	196.9
10	268.2	268.2	255.3	255.3	246.1	246.1	246.1
12	317.5	317.5	307.3	307.3	292.1	292.1	292.1
14	349.3	349.3	342.9	342.9	320.8	320.8	...
16	400.1	400.1	389.9	389.9	374.7	368.3	...
18	449.3	449.3	438.2	438.2	425.5	425.5	...
20	500.1	500.1	489.0	489.0	482.6	476.3	...
24	603.3	603.3	590.6	590.6	590.6	577.9	...

- NOTAS: 1. Não existem juntas 400 de 1/2" a 3" (use classe 600), nem classe 900 de 1/2" a 2 1/2" (use classe 1500) e classe 2500 de 14" ou maior.
2. A espessura do anel interno deve ser de 3.00 mm a 3.33 mm
3. Tolerâncias no diâmetro interno: de 1 1/4" a 3": ± 0.762 mm
4" e maiores: ± 1.524 mm

Anexo 7.2

Dimensões de Juntas Espiral ASME B16.20 para flanges ASME B16.47 Série A



Diâmetro Nominal	Dimensões das juntas por classe de pressão milímetros								
	150			300			400		
	DI	DE	DA	DI	DE	DA	DI	DE	DA
26	673.1	704.9	774.7	685.8	736.6	835.2	685.8	736.6	831.9
28	723.9	755.7	831.9	736.6	787.4	898.7	736.6	787.4	892.3
30	774.7	806.5	882.7	793.8	844.6	952.5	793.8	844.6	946.2
32	825.5	860.6	939.8	850.9	901.7	1 006.6	850.9	901.7	1 003.3
34	876.3	911.4	990.6	901.7	952.5	1 057.4	901.7	952.5	1 054.1
36	927.1	968.5	1047.8	955.8	1 006.6	1 117.6	955.8	1 006.6	1 117.6
38	977.9	1 019.3	1 111.3	977.9	1 016.0	1 054.1	971.6	1 022.4	1 073.2
40	1 028.7	1 070.1	1 162.1	1 022.4	1 070.1	1 114.6	1 025.7	1 076.5	1 127.3
42	1 079.5	1 124.0	1 219.2	1 073.2	1 120.9	1 165.4	1 076.5	1 127.3	1 178.1
44	1 130.3	1 178.1	1 276.4	1 130.3	1 181.1	1 219.2	1 130.3	1 181.1	1 231.9
46	1 181.1	1 228.9	1 327.2	1 178.1	1 228.9	1 273.3	1 193.8	1 244.6	1 289.1
48	1 231.9	1 279.7	1 384.3	1 235.2	1 286.0	1 324.1	1 244.6	1 295.4	1 346.2
50	1 282.7	1 333.5	1 435.1	1 295.4	1 346.2	1 378.0	1 295.4	1 346.2	1 403.4
52	1 333.5	1 384.3	1 492.3	1 346.2	1 397.0	1 428.8	1 346.2	1 397.0	1 454.2
54	1 384.3	1 435.1	1 549.4	1 403.4	1 454.2	1 492.3	1 403.4	1 454.2	1 517.7
56	1 435.1	1 485.9	1 606.6	1 454.2	1 505.0	1 543.1	1 454.2	1 505.0	1 568.5
58	1 485.9	1 536.7	1 663.7	1 511.3	1 562.1	1 593.9	1 505.0	1 555.8	1 619.3
60	1 536.7	1 587.5	1 714.5	1 562.1	1 612.9	1 644.7	1 568.5	1 619.3	1 682.8

Anexo 7.2 (Continuação)

Dimensões de Juntas Espiral ASME B16.20 para flanges ASME B16.47 Série A

Diâmetro Nominal	Dimensões das juntas por classe de pressão milímetros					
	600			900		
	DI	DE	DA	DI	DE	DA
26	685.8	736.6	866.9	685.8	736.6	882.7
28	736.6	787.4	914.4	736.6	787.4	946.2
30	793.8	844.6	971.6	793.8	844.6	1 009.7
32	850.9	901.7	1 022.4	850.9	901.7	1 073.2
34	901.7	952.5	1 073.2	901.7	952.5	1 136.7
36	955.8	1 006.6	1 130.3	958.9	1 009.7	1 200.2
38	990.6	1 041.4	1 104.9	1 035.1	1 085.9	1 200.2
40	1 047.8	1 098.6	1 155.7	1 098.6	1 149.4	1 251.0
42	1 104.9	1 155.7	1 219.2	1 149.4	1 200.2	1 301.8
44	1 162.1	1 212.9	1 270.0	1 206.5	1 257.3	1 368.6
46	1 212.9	1 263.7	1 327.2	1 270.0	1 320.8	1 435.1
48	1 270.0	1 320.8	1 390.7	1 320.8	1 371.6	1 485.9
50	1 320.8	1 371.6	1 447.8	Não existem flanges classe 900 de 50" e maiores.		
52	1 371.6	1 422.4	1 498.6			
54	1 428.8	1 479.6	1 555.8			
56	1 479.6	1 530.4	1 612.9			
58	1 536.7	1 587.5	1 663.7			
60	1 593.9	1 644.7	1 733.6			

NOTAS: 1. Anéis internos são requeridos em todas as juntas com enchimento em PTFE e nas juntas classe 900.

2. Tolerância em Polegadas

- espessura da espiral: ± 0.127 mm – medido na fita metálica, não incluindo o enchimento que pode se projetar um pouco acima da fita metálica
- diâmetro externo da junta : ± 1.524 mm
- diâmetro interno da junta de 26" a 34" : ± 0.762 mm
- 36" e maiores : ± 1.27 mm
- diâmetro externo do anel de centralização : ± 0.762 mm

Anexo 7.2 (Continuação)**Dimensões de Juntas Espiral ASME B16.20 para flanges ASME B16.47 Série A**

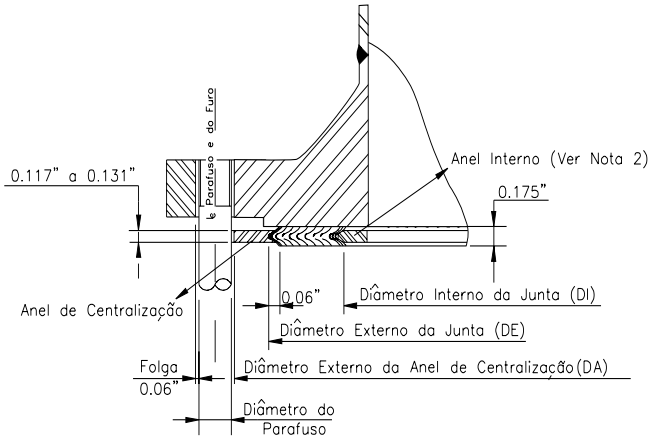
Diâmetro Nominal	Diâmetro interno dos anéis internos por classe de pressão milímetros				
	150	300	400	600	900
26	654.1	654.1	660.4	647.7	660.4
28	704.9	704.9	711.2	698.5	711.2
30	755.7	755.7	755.7	755.7	768.4
32	806.5	806.5	812.8	812.8	812.8
34	857.3	857.3	863.6	863.6	863.6
36	908.1	908.1	917.7	917.7	920.8
38	958.9	952.5	952.5	952.5	1 009.7
40	1 009.7	1 003.3	1 000.3	1 009.7	1 060.5
42	1 060.5	1 054.1	1 051.1	1 066.8	1 111.3
44	1 111.3	1 104.9	1 104.9	1 111.3	1 155.7
46	1 162.1	1 152.7	1 168.4	1 162.1	1 219.2
48	1 212.9	1 209.8	1 206.5	1 219.2	1 270.0
50	1 263.7	1 244.6	1 257.3	1 270.0	Não existem flanges classe 900 de 50" e maiores.
52	1 314.5	1 320.8	1 308.1	1 320.8	
54	1 358.9	1 352.6	1 352.6	1 378.0	
56	1 409.7	1 403.4	1 403.4	1 428.8	
58	1 460.5	1 447.8	1 454.2	1 473.2	
60	1 511.3	1 524.0	1 517.7	1 530.4	

NOTAS: 1. Espessura do anel interno: de 3.00 mm a 3.33 mm.

2. Tolerância do diâmetro interno do anel interno: ± 3.048 mm.

Anexo 7.3

Dimensões de Juntas Espiral ASME B16.20 para flanges ASME B16.47 Série B



Diâmetro Nominal	Dimensões das juntas por classe de pressão milímetros								
	150			300			400		
	DI	DE	DA	DI	DE	DA	DI	DE	DA
26	673.1	698.5	725.4	673.1	711.2	771.7	666.8	698.5	746.3
28	723.9	749.3	776.2	723.9	762.0	825.5	714.5	749.3	800.1
30	774.7	800.1	827.0	774.7	812.8	886.0	765.3	806.5	857.3
32	825.5	850.9	881.1	825.5	863.6	939.8	812.8	860.6	911.4
34	876.3	908.1	935.0	876.3	914.4	993.9	866.9	911.4	962.2
36	927.1	958.9	987.6	927.1	965.2	1 047.8	917.7	965.2	1 022.4
38	974.9	1009.7	1 044.7	1 009.7	1 047.8	1 098.6	971.6	1 022.4	1 073.2
40	1 022.4	1 063.8	1 095.5	1 060.5	1 098.6	1 149.4	1 025.7	1 076.5	1 127.3
42	1 079.5	1 114.6	1 146.3	1 111.3	1 149.4	1 200.2	1 076.5	1 127.3	1 178.1
44	1 124.0	1 165.4	1 197.1	1 162.1	1 200.2	1 251.0	1 130.3	1 181.1	1 231.9
46	1 181.1	1 224.0	1 255.8	1 216.2	1 254.3	1 317.8	1 193.8	1 244.6	1 289.1
48	1 231.9	1 270.0	1 306.6	1 263.7	1 311.4	1 368.6	1 244.6	1 295.4	1 346.2
50	1 282.7	1 325.6	1 357.4	1 317.8	1 355.9	1 419.4	1 295.4	1 346.2	1 403.4
52	1 333.5	1 376.4	1 408.2	1 368.6	1 406.7	1 470.2	1 346.2	1 397.0	1 454.2
54	1 384.3	1 422.4	1 463.8	1 403.4	1 454.2	1 530.4	1 403.4	1 454.2	1 517.7
56	1 444.8	1 478.0	1 514.6	1 479.6	1 524.0	1 593.9	1 454.2	1 505.0	1 568.5
58	1 500.1	1 528.8	1 579.6	1 535.2	1 573.3	1 655.8	1 505.0	1 555.8	1 619.3
60	1 557.3	1 586.0	1 630.4	1 589.0	1 630.4	1 706.6	1 568.5	1 619.3	1 682.8

Anexo 7.3 (Continuação)**Dimensões de Juntas Espiral ASME B16.20 para flanges ASME B16.47 Série B**

Diâmetro Nominal	Dimensões das juntas por classe de pressão milímetros					
	600			900		
	DI	DE	DA	DI	DE	DA
26	663.7	714.5	765.3	692.2	749.3	838.2
28	704.9	755.7	819.2	743.0	800.1	901.7
30	778.0	828.8	879.6	806.5	857.3	958.9
32	831.9	882.7	933.5	863.6	914.4	1 016.0
34	889.0	939.8	997.0	920.8	971.6	1 073.2
36	939.8	990.6	1 047.8	946.2	997.0	1 124.0
38	990.6	1 041.4	1 104.9	1 035.1	1 085.9	1 200.2
40	1 047.8	1 098.6	1 155.7	1 098.6	1 149.4	1 251.0
42	1 104.9	1 155.7	1 219.2	1 149.4	1 200.2	1 301.8
44	1 162.1	1 212.9	1 270.0	1 206.5	1 257.3	1 368.6
46	1 212.9	1 263.7	1 327.2	1 270.0	1 320.8	1 435.1
48	1 270.0	1 320.8	1 390.7	1 320.8	1 371.6	1 485.9
50	1 320.8	1 371.6	1 447.8	Não existem flanges classe 900 de 50" e maiores.		
52	1 371.6	1 422.4	1 498.6			
54	1 428.8	1 479.6	1 555.8			
56	1 479.6	1 530.4	1 612.9			
58	1 536.7	1 587.5	1 663.7			
60	1 593.9	1 644.7	1 733.6			

NOTAS: 1. Anéis internos são requeridos em todas as juntas com enchimento em PTFE e nas juntas classe 900.

2. Tolerância em Polegadas

- espessura da espiral: ± 0.127 mm – medido na fita metálica, não incluindo o enchimento que pode se projetar um pouco acima da fita metálica
- diâmetro externo da junta : ± 1.524 mm
- diâmetro interno da junta de 26" a 34" : ± 0.762 mm
- 36" e maiores : ± 1.27 mm
- diâmetro externo do anel de centralização : ± 0.762 mm

Anexo 7.3 (Continuação)

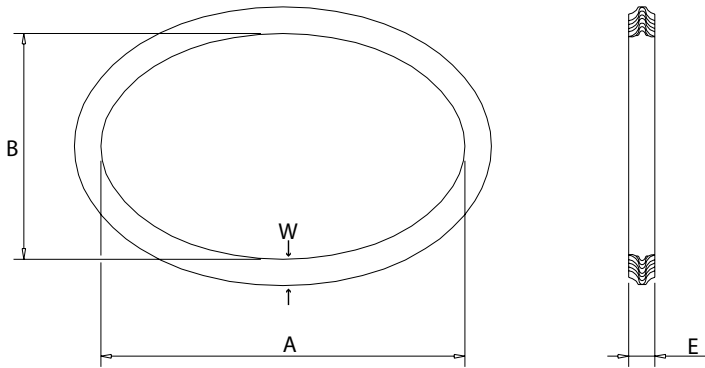
Dimensões de Juntas Espiral ASME B16.20 para flanges ASME B16.47 Série B

Diâmetro Nominal	Dimensões das juntas por classe de pressão milímetros				
	150	300	400	600	900
26	654.1	654.1	654.1	644.7	666.8
28	704.9	704.9	701.8	685.8	717.6
30	755.7	755.7	752.6	752.6	781.1
32	806.5	806.5	800.1	793.8	838.2
34	857.3	857.3	850.9	850.9	895.4
36	908.1	908.1	898.7	901.7	920.8
38	958.9	971.3	952.5	952.5	1 009.7
40	1 009.7	1 022.4	1 000.3	1 009.7	1 060.5
42	1 060.5	1 085.9	1 051.1	1 066.8	1 111.3
44	1 111.3	1 124.0	1 104.9	1 111.3	1 155.7
46	1 162.1	1 178.1	1 168.4	1 162.1	1 219.2
48	1 212.9	1 231.9	1 206.5	1 219.2	1 270.0
50	1 263.7	1 267.0	1 257.3	1 270.0	Não existem flanges classe 900 de 50" e maiores.
52	1 314.5	1 317.8	1 308.1	1 320.8	
54	1 365.3	1 365.3	1 352.6	1 378.0	
56	1 422.4	1 428.8	1 403.4	1 428.8	
58	1 478.0	1 484.4	1 454.2	1 473.2	
60	1 535.2	1 557.3	1 517.7	1 530.4	

NOTAS: 1. Espessura do anel interno: de 3.00 mm a 3.33 mm.

2. Tolerância do diâmetro interno do anel interno: ± 3.048 mm.

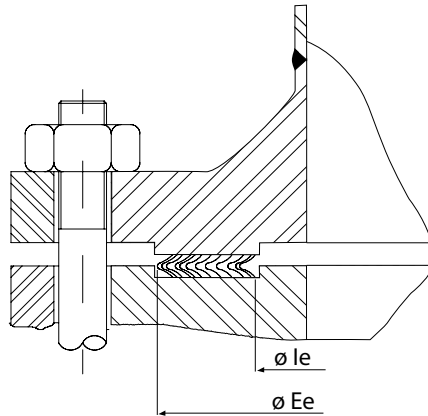
Anexo 7.4
Dimensões para juntas 914



Tipo 914 - Balão de Caldeira

Dimensões internas pol		Largura - W - pol	Espessura - E - pol
A	B		
14	11	3/4	3/16
14	11	1	3/16
14	11	1 1/4	3/16
15	11	1/2	3/16
15	11	3/4	3/16
15	11	3/4	1/4
15	11	1	3/16
15	11	1 1/4	3/16
15	11	1 1/4	1/4
15 1/2	11 1/4	3/4	3/16
16	12	5/16	3/16
16	12	1/2	3/16
16	12	3/4	3/16
16	12	7/8	3/16
16	12	1	3/16
16	12	1	1/4
16	12	1 1/4	3/16
16	12	1 1/4	1/4

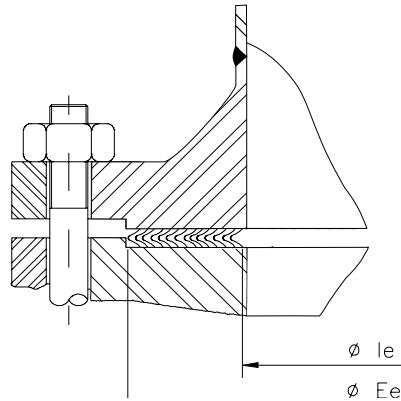
Anexo 7.5
Juntas Tipo 911 para flanges Lingueta e Ranhura Grande e Pequena



Diâmetro Nominal	Dimensões das juntas - polegadas			
	Grande		Pequena	
	Ie	Ee	Ie	Ee
1/2	1	1 3/8	1	1 3/8
3/4	1 5/16	1 11/16	1 5/16	1 11/16
1	1 1/2	2	1 1/2	1 7/8
1 1/4	1 7/8	2 1/2	1 7/8	2 1/4
1 1/2	2 1/8	2 7/8	2 1/8	2 1/2
2	2 7/8	3 5/8	2 7/8	3 1/4
2 1/2	3 3/8	4 1/8	3 3/8	3 3/4
3	4 1/4	5	4 1/4	4 5/8
3 1/2	4 3/4	5 1/2	4 3/4	5 1/8
4	5 3/16	6 3/16	5 3/16	5 11/16
5	6 5/16	7 5/16	6 5/16	6 13/16
6	7 1/2	8 1/2	7 1/2	8
8	9 3/8	10 5/8	9 3/8	10
10	11 1/4	12 3/4	11 1/4	12
12	13 1/2	15	13 1/2	14 1/4
14	14 3/4	16 1/4	14 3/4	15 1/2
16	17	18 1/2	16 3/4	17 5/8
18	19 1/4	21	19 1/4	20 1/8
20	21	23	21	22
24	25 1/4	27 1/4	25 1/4	26 1/4

Espessura padrão: 3.2 mm (1/8").

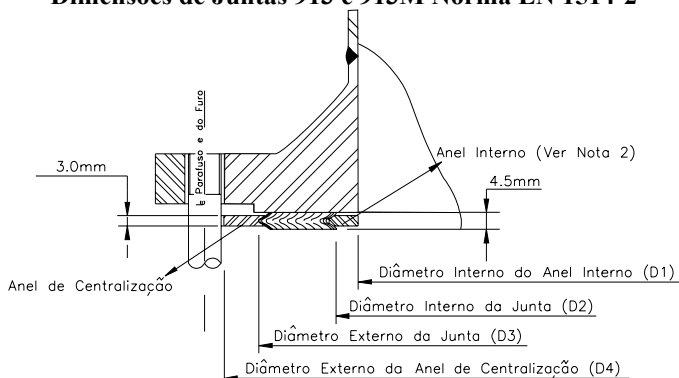
Anexo 7.6
Juntas Tipo 911 para flanges ASME B16.5 Tipo Macho e Fêmea



Diâmetro Nominal	Dimensões das juntas - polegadas			
	Classe 150 a 1500 psi		Classe 2500 psi	
	Ie	Ee	Ie	Ee
¼	½	1	-	-
½	1	1 ⅜	1 ¹³ / ₁₆	1 ⅜
¾	1 ⅝ ₁₆	1 11 ₁₆	1 1 ₁₆	1 11 ₁₆
1	1 ½	2	1 ¼	2
1 ¼	1 7 ₈	2 ½	1 5 ₈	2 ½
1 ½	2 1 ₈	2 7 ₈	1 7 ₈	2 7 ₈
2	2 7 ₈	3 5 ₈	2 3 ₈	3 5 ₈
2 ½	3 3 ₈	4 1 ₈	3	4 1 ₈
3	4 ¼	5	3 ¾	5
3 ½	4 ¾	5 ½	-	-
4	5 3 ₁₆	6 3 ₁₆	4 ¾	6 3 ₁₆
5	6 5 ₁₆	7 5 ₁₆	5 ¾	7 5 ₁₆
6	7 ½	8 ½	6 ¾	8 ½
8	9 3 ₈	10 5 ₈	8 ¾	10 5 ₈
10	11 ¼	12 ¾	10 ¾	12 ¾
12	13 ½	15	13	15
14	14 ¾	16 ¼	-	-
16	17	18 ½	-	-
18	19 ¼	21	-	-
20	21	23	-	-
24	25 ¼	27 ¼	-	-

Espessura padrão: 3.2 mm (1/8").

Anexo 7.7
Dimensões de Juntas 913 e 913M Norma EN 1514-2



Dimensões das juntas - milímetros										
DN	D1		D3		D4					
	PN 10-160	PN 10-160	PN 10/25/40	PN 63/100/160	PN 10	PN 25	PN 40	PN 63	PN 100	PN 160
10	18	24	34	34	46	46	46	56	56	56
15	23	29	39	39	51	51	51	61	61	61
20	28	34	46	-	61	61	61	-	-	-
25	35	41	53	53	71	71	71	82	82	82
32	43	49	61	-	82	82	82	-	-	-
40	50	56	68	68	92	92	92	103	103	103
50	61	70	86	86	107	107	107	113	119	119
65	77	86	102	106	127	127	127	137	143	143
80	90	99	115	119	142	142	142	148	154	154
100	115	127	143	147	162	168	168	174	180	180
125	140	152	172	176	192	194	194	210	217	217
150	167	179	199	203	217	224	224	247	257	257
200	216	228	248	252	272	284	290	309	324	324
250	267	279	303	307	327	340	352	364	391	388
300	318	330	354	358	377	400	417	424	458	458
350	360	376	400	404	437	457	474	486	512	
400	410	422	450	456	488	514	546	543	572	
500	510	522	550	556	593	624	628	657	704	
600	610	622	650	656	695	731	747	764	813	
700	710	722	756	762	810	833	852	879	950	
800	810	830	864	870	917	942	974	988		
900	910	930	964	970	1017	1042	1084	1108		
1000	1010	1030	1074	1080	1124	1154	1194			

JUNTAS METALBEST®

1. O QUE É UMA JUNTA METALBEST®

É uma junta fabricada a partir de uma alma de material macio, revestida por uma ou mais camadas metálicas (Figura 8.1). Existem diversos tipos de construção, que serão descritos a seguir.

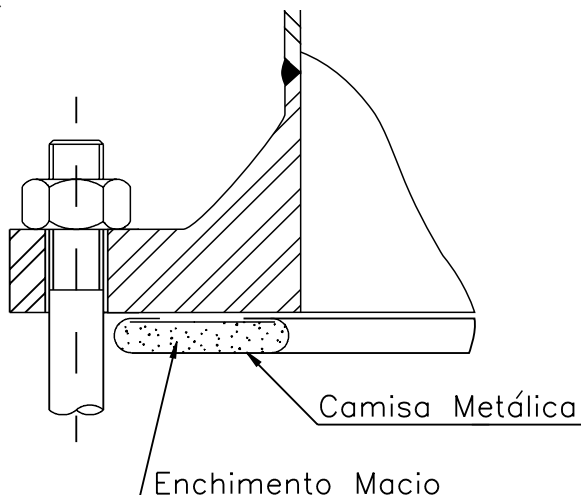


Figura 8.1

2. METAIS

O metal normalmente possui a espessura de 0.4 mm a 0.6 mm. Sua escolha deve ser de acordo com as recomendações do Capítulo 6 deste livro.

3. ENCHIMENTO

O material padrão de enchimento é o Graflex®. Dependendo das condições operacionais, também podem ser usados como enchimento: um metal, papelão de fibra cerâmica ou PTFE.

4. DIMENSIONAMENTO

Os valores a seguir são baseados em aplicações práticas, não sendo portanto, de uso obrigatório.

- Juntas confinadas nos diâmetros interno e externo:
 - Diâmetro interno junta = diâmetro interno do alojamento + 1.6 mm.
 - Diâmetro externo junta = diâmetro externo do alojamento – 1.6 mm.
- Juntas confinadas no diâmetro externo:
 - Diâmetro interno junta = diâmetro interno flange + no mínimo 3.2 mm.
 - Diâmetro externo junta = diâmetro externo do alojamento – 1.6 mm.
- Juntas não-confinadas:
 - Diâmetro interno junta = diâmetro interno flange + no mínimo 3.2 mm.
 - Diâmetro externo junta = diâmetro círculo de furação – diâmetro dos parafusos.
- Largura: seguir as recomendações de projeto do Capítulo 2 deste livro.

5. PRINCIPAIS TIPOS E APLICAÇÕES

5.1. TIPO 920

Constituída de um enchimento macio revestido parcialmente por uma camisa metálica (Figura 8.2). Usada em aplicações onde a pressão de esmagamento e largura máxima, são limitadas. Pode ser fabricada em formato circular ou oval. A largura máxima é de 6.4 mm (1/4”) e a espessura padrão é de 2.4 mm (3/32”).

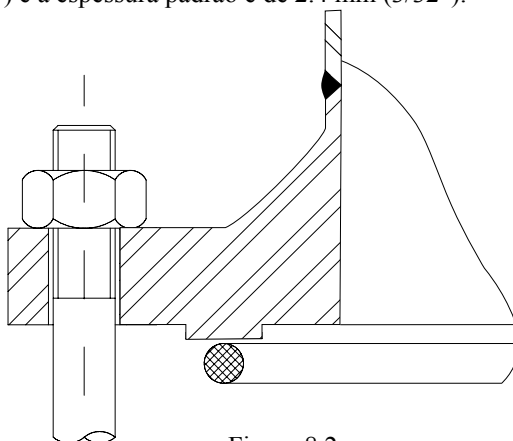


Figura 8.2

5.2. TIPO 923

Constituída de uma dupla-camisa metálica sobre o enchimento macio (Figura 8.3). Suas aplicações mais típicas são as juntas para Trocador de Calor. Produzidas sob encomenda, não existe praticamente nenhum limite de diâmetro ou forma para a sua fabricação. Na Seção 6 deste Capítulo estão as principais características das juntas para Trocador de Calor.

As juntas Tipo 923 também são empregadas em flanges de grandes diâmetros em reatores de indústrias químicas.

Outra aplicação são as tubulações de gases de alto-forno das siderúrgicas. As principais características destas aplicações são a alta temperatura, baixa pressão e flanges com empenamentos e irregularidades. As juntas são de espessura de 4 mm a 6 mm para compensar estes problemas.

A Norma ASME B16.20[31] apresenta as dimensões e tolerâncias deste tipo de junta para uso em flanges ASME B16.5. Devido ao seu custo mais elevado, tem uso restrito, sendo normalmente preterido em favor das juntas Metalflex, já descritas no Capítulo 7 deste livro. No estudo PVP2018-84907 - ASME B16.20 Jacketed Gaskets Performance Testing [60], apresentado no Congresso ASME-PVP 2018, foi mostrado que as juntas dupla camisa não são adequadas para serviço com gases, apresentando elevados vazamentos independente de força de esmagamento. Neste estudo foi sugerido uma revisão da norma ASME B16.20 alertando os usuários desta característica.

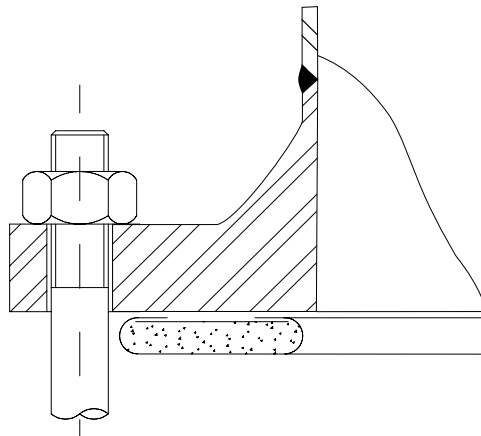


Figura 8.3

5.3. TIPO 926

Mostrada na Figura 8.4, é similar ao tipo 923 com a camisa metálica corrugada, para atuar como um labirinto, adicionando maior selabilidade.

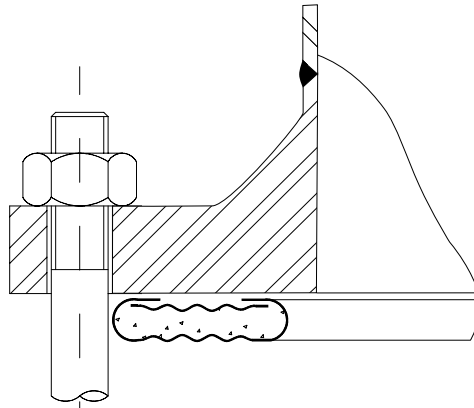


Figura 8.4

5.4. TIPO 929

Similar ao tipo 926, com enchimento metálico corrugado (Figura 8.5). Este tipo oferece as vantagens da 926 com o limite máximo de temperatura dependendo apenas do metal empregado na sua fabricação.

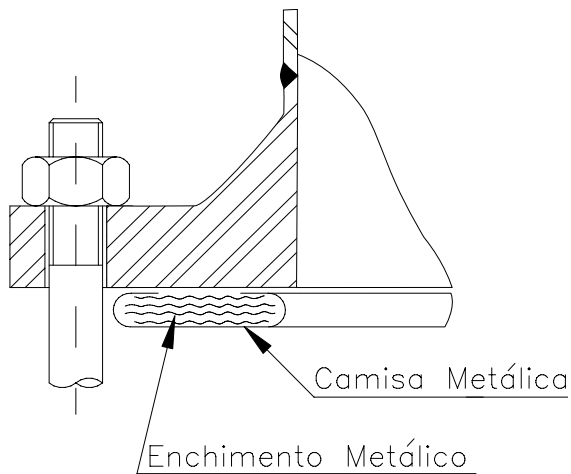


Figura 8.5

6. JUNTAS PARA TROCADORES DE CALOR

6.1. TIPOS DE TROCADORES DE CALOR

Existem inúmeros tipos de Trocadores de Calor, muitos deles tão incorporados ao nosso dia-a-dia que sequer os apreciamos. Por exemplo, os radiadores dos automóveis ou os aquecedores a gás das residências (boilers). Todos estes são dispositivos que promovem a troca de calor entre um fluido e outro, fazendo o resfriamento (água do radiador) ou aquecimento (água do boiler), conforme a necessidade do processo.

Nas indústrias são usados diversos tipos de trocadores de calor, alguns deles possuem nomes específicos como os radiadores, caldeiras, resfriadores (chillers), etc. Quando falamos de forma genérica, Trocador de Calor, podemos estar nos referindo a qualquer destes aparelhos. Entretanto, na maioria das indústrias, se interpreta como uma referência ao Trocador de Calor tipo “Shell and Tube”. Como o próprio nome indica são aparelhos com um casco (shell) e tubos. Um dos fluidos circula entre o casco e o lado externo dos tubos e o outro fluido no lado interno dos tubos.

6.2. NORMA TEMA

A grande maioria dos trocadores de calor tipo “Shell and Tube” são fabricados de acordo com a Norma TEMA - Tubular Exchanger Manufacturers Association [24], que estabelece os critérios para o projeto, construção, teste, instalação e manutenção destes aparelhos.

São definidas pela Norma TEMA três classes de Trocadores de Calor tipo “Shell and Tube”:

- **Classe R:** para uso em aplicações relacionadas ao processamento de Petróleo, considerado serviço severo. São especificadas juntas dupla camisa (923, 926 ou 927) ou metal sólido (940, 941 ou 942) para os cabeçotes flutuantes internos, para pressões de 300 psi ou maior e para todas as juntas em contato com hidrocarbonetos.
- **Classe B:** para uso na indústria química em geral. São especificadas juntas dupla camisa (923, 926 ou 927) ou metal sólido (940, 941 ou 942) para os cabeçotes flutuantes internos e para pressões de 300 psi ou maior. Nas juntas externas é permitido o uso de juntas não metálicas, desde que haja compatibilidade térmica e química com o fluido.
- **Classe C:** para serviço considerado moderado na indústria em geral. São recomendados os mesmos critérios de seleção do tipo de junta da Classe B.

6.3. JUNTAS TIPO 923

As juntas tipo 923 ainda são as mais usadas nos Trocadores de Calor. Podem ser fabricadas nas mais diversas formas, tamanhos e com divisões para trocadores de várias passagens. A vedação primária é obtida no diâmetro interno, onde existe a superposição dos materiais. Neste ponto, a espessura é maior antes do esmagamento e a junta mais densa após o aperto, ocorrendo o maior escoamento do material e favorecendo a vedação. O lado externo da junta, que também possui espessura maior, atua como vedação secundária. A parte central da junta não participa decisivamente na vedação. A Figura 8.6 mostra como a junta deve ser instalada em flange lingueta e ranhura.

As juntas tipo 923 tem sido gradualmente substituídas por juntas tipo 905-C ou Camprofile, conforme detalhado no Capítulo 9 deste livro. Quando o trocador de calor trabalha com grandes flutuações ou diferenciais de temperatura entre o casco e os tubos a junta é submetida a tensões de cisalhamento causadas pela dilatação diferencial dos flanges. Estas tensões deformam a junta provocando grande relaxamento e eventualmente vazamentos. Vários estudos sobre esta deficiência foram realizados [33 a 37] todos com a mesma conclusão. A capacidade de vedação deste tipo de junta em serviço com gases também é limitada.

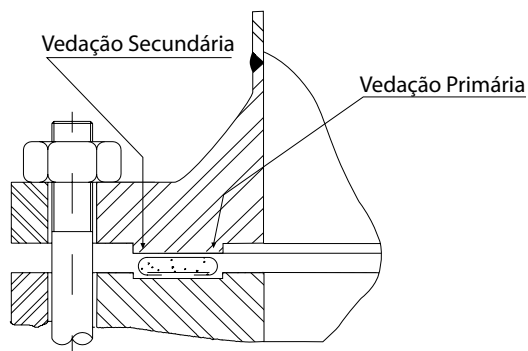


Figura 8.6

Nos projetos mais antigos acreditava-se que a selabilidade podia ser melhorada com a usinagem de um nubbin, que é um ressalto de 0.4 mm (1/64") de altura por 3.2mm (1/8") de largura, em uma das faces dos flanges. A Figura 8.7 mostra a disposição da junta instalada em flange lingueta e ranhura com ressalto.

Estudos recentes [35] mostram que o nubbin não melhora a selabilidade e, na maioria dos casos, é prejudicial ao desempenho da junta. O ASME PCC-1-2013 [6] recomenda a sua retirada dos flanges existentes.

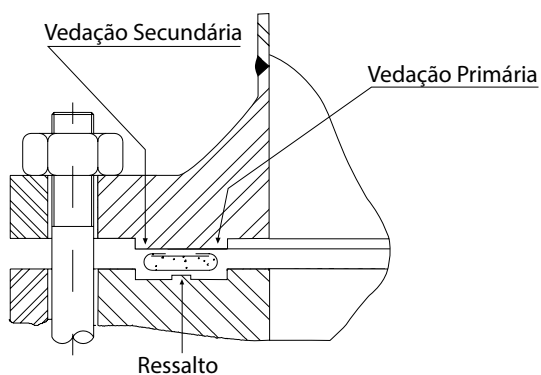


Figura 8.7

6.4. MATERIAIS

As juntas para trocador de calor podem ser fabricadas na maioria dos metais disponíveis em chapas de 0.4 mm a 0.5 mm de espessura. A escolha do material da camisa externa deve levar em consideração, as condições operacionais e o fluido a ser vedado. Consultar o Capítulo 6 deste livro ao especificar os materiais para a camisa metálica.

O material de enchimento mais usado é o Grafite Flexível, que estando totalmente encapsulado pelo metal, tem a sua oxidação bastante reduzida, mesmo em elevadas temperaturas. O PTFE também pode ser usado como enchimento quando o fluido não for compatível com o Graflex®.

6.5. JUNTAS FABRICADAS EM UMA SÓ PEÇA

A construção mais antiga das juntas de dupla camisa para trocador de calor, é a fabricação em uma só peça, conforme mostrado na Figura 8.8. Nesta construção existe um raio de concordância (ou de adoçamento) entre as divisões e o anel externo.

Os raios de concordância são muito difíceis de fabricar e podem resultar em trincas no material, diminuindo a capacidade de vedação da junta. A figura 8.9 mostra trincas típicas desse tipo de construção.

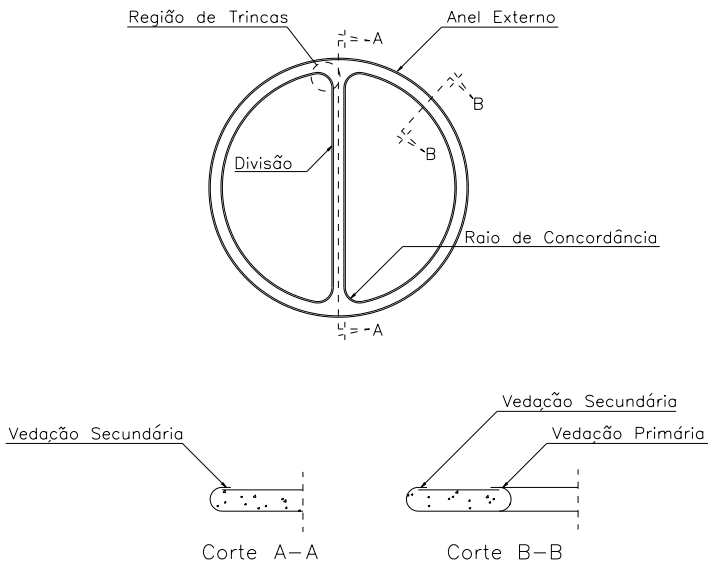


Figura 8.8



Figura 8.9

6.6. JUNTAS COM DIVISÕES SOLDADAS

As juntas com divisões soldadas, eliminam um dos grandes problemas das juntas de uma só peça, que são as trincas na região dos raios de concordância, conforme mostrado na Figura 8.9.

Em virtude das tensões decorrentes do repuxo, ocorrem trincas nos raios de concordância, permitindo a passagem do fluido. A vedação primária e secundária, conforme mostrado anteriormente, não existe, ficando a vedação restrita à vedação secundária.

Além das trincas, estas juntas possuem área maior na região da concordância, reduzindo a pressão de esmagamento e a selabilidade.

Para evitar os pontos fracos causados pelas trincas nos raios de concordância, foi desenvolvida a junta para trocador de calor com divisões soldadas, que assegura a vedação primária e secundária em toda a junta, conforme mostrado nas Figuras 8.10 e 8.11. A selabilidade da junta é consideravelmente maior, reduzindo riscos de vazamento para o meio ambiente.

As divisões devem assegurar a vedação entre as passagens do trocador de calor. No sistema de divisões soldadas, existe um pequeno vazamento que vai reduzir de valor desprezível a eficiência do trocador, não oferecendo riscos ao meio ambiente.

A fixação das divisões é feita por dois pontos de solda em cada extremidade. Desta forma, há uma completa fixação da divisão ao anel externo, sem prejudicar a vedação primária e secundária. Estes pontos de solda são executados de maneira a não criar regiões mais resistentes ao esmagamento, tornando o aperto uniforme em todo o perímetro da junta.

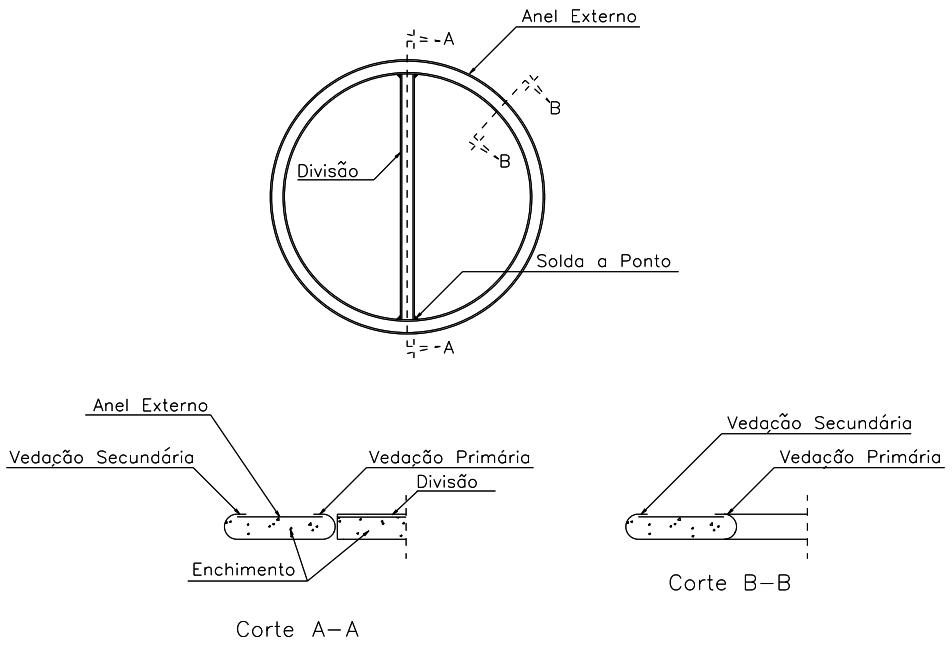


Figura 8.10



Figura 8.11

6.7. DIMENSIONAMENTO

O Anexo 8.1 mostra as formas mais usuais das juntas para Trocador de Calor. As dimensões consideradas normais são:

- Largura da junta (B): 10, 12 e 13, 16, 20 e 25 mm.
- Largura das divisões (C): 10, 12 e 13 mm.
- Espessura (E): 3.2 mm (1/8 pol).
- Folga de montagem: 3.2 mm (1/8 pol) entre a junta e seu alojamento para permitir a montagem e o correto esmagamento.

6.8. TOLERÂNCIAS DE FABRICAÇÃO

As tolerâncias devem obedecer às recomendações mostradas na Tabela 8.1 e Figura 8.12.

Tabela 8.1
Tolerâncias de Fabricação

Característica	Tolerância - mm	
Diâmetro externo (A)	Juntas sem divisões	± 1.6 (médio)
	Juntas com divisões	± 1.6
Ovalização do diâmetro externo	Juntas sem divisões	4.0
	Juntas com divisões	1.6
Largura (B)	$+0.0, -0.8$	
Espessura (E)	$+0.8, -0.0$	
Fechamento (S)	Igual ou maior que 3	
Largura das divisões (C)	$+0.0, -0.8$	
Posicionamento das divisões (F)	± 0.8	

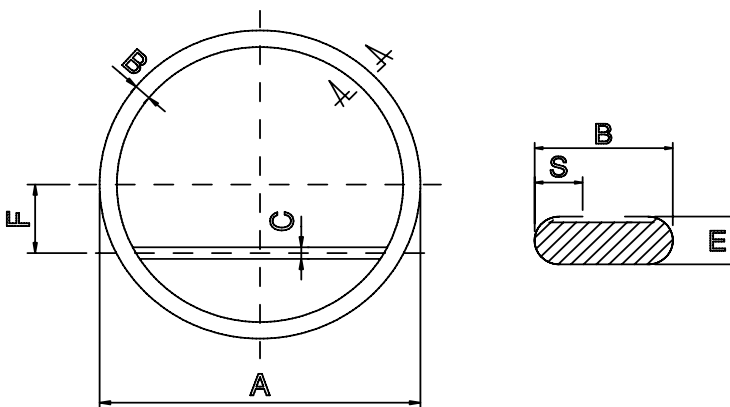


Figura 8.12

6.9. SOLDA DAS DIVISÕES

A solda das divisões deve ser de tal forma que não se projete além da superfície da junta, conforme mostrado na Figura 8.13.

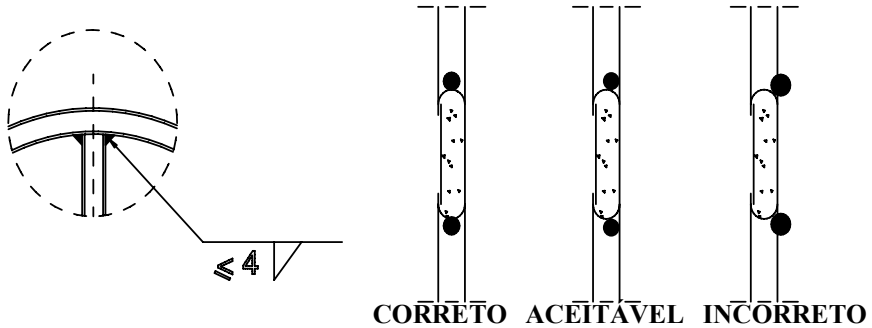


Figura 8.13

7. JUNTAS TIPO 927 PARA TROCADORES DE CALOR

As juntas para Trocador de Calor tipo 927 são constituídas de uma junta 923, com cobertura em ambas as faces de vedação com fita corrugada de Grafite Flexível Graflex® tipo TJH, conforme mostrado na Figura 8.14. O material de enchimento da junta também é o Graflex®. A construção da junta 923 é a mostrada no Seção 6 deste Capítulo, com as divisões soldadas.

A cobertura de Graflex® aumenta sensivelmente a selabilidade da junta, principalmente se os flanges não estiverem em perfeito estado, o que é muito comum neste tipo de equipamento.

Estudos [33] mostram que a cobertura de Graflex, embora propicie uma melhor selabilidade, não evita o relaxamento da junta nos processos onde ocorre a dilatação diferencial dos flanges.

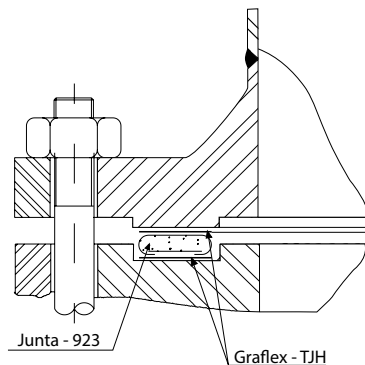


Figura 8.14

8. DILATAÇÃO DIFERENCIAL

Nos últimos anos, foram realizados estudos para determinar a adequação das juntas dupla camisa para o serviço em trocadores de calor tipo Casco e Tubo. A principal preocupação tem sido a dilatação térmica diferencial entre flanges, uma característica intrínseca dos trocadores de calor que, por projeto, são construídos para transferir calor entre fluidos na indústria de processo. No estudo PVP2008-61121 Heat Exchanger Gaskets Radial Shear Testing [33] foram estudados os efeitos da dilatação diferencial em juntas dupla-camisa. A Figura 8.15 ilustra a dilatação diferencial, que ocorre quando o flange do lado da tampa está em contato com um fluido em temperatura diferente do fluido do lado do casco. Se o processo for em ciclos térmicos frequentes este problema se agrava pois há uma constante fricção entre os flanges e a junta.

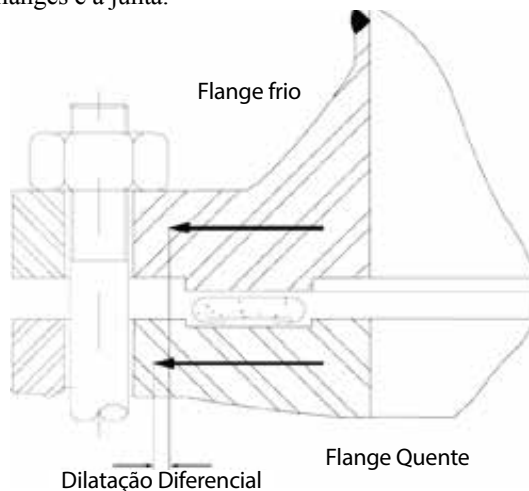


Figura 8.15

Em teste simulando um trocador de calor, com diferença de aproximadamente 200°C ocasionando a dilatação diferencial de 1.66 mm entre flanges, após 100 ciclos térmicos houve uma redução na força de aperto dos parafusos como mostrado na Figura 8.16. Como pode ser observado no gráfico, houve uma perda de aperto na junta de aproximadamente 50%, com uma tendência de queda.

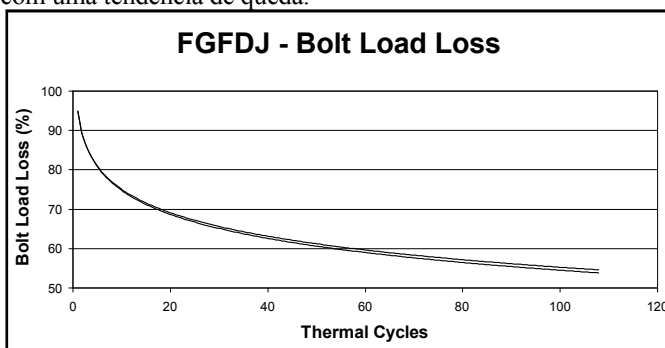


Figura 8.16

A Figura 8.17 mostra o perfil da junta ao final dos 100 ciclos. Analisando o seu estado, pode-se concluir que o atrito com os flanges foi gradualmente alterando-a com a consequente perda de aperto.



Figura 8.17

Recomenda-se a especificação de outro tipo de junta sempre que o trocador de calor for sujeito a ciclos térmicos frequentes. Para estas aplicações o padrão das indústrias de processo é o uso de juntas tipo Camprofile, conforme mostrado no Capítulo 10 deste livro.

9. VALORES PARA CÁLCULO

Os valores para cálculos conforme código ASME estão mostrados na Tabela 8.3.

Tabela 8.3

Constantes para Cálculo ASME

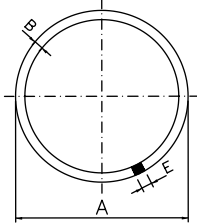
Material da Junta	m	y
Alumínio	3.25	5500
Cobre ou Bronze	3.50	6500
Aço Carbono	3.75	7600
Monel	3.50	8000
Aço Inoxidável	3.75	9000

Os valores para cálculo da instalação de acordo com ASME PCC-1-2013 Apêndice O ainda não haviam sido determinados por ocasião da edição deste livro.

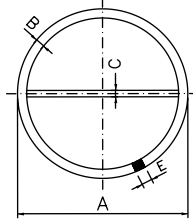
Anexo 8.1

Formatos de Juntas Para trocador de Calor

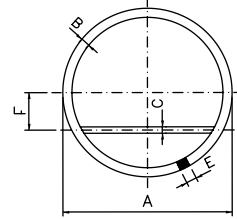
FORMATO - A



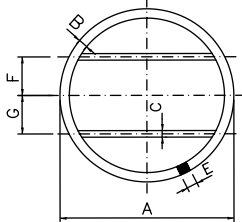
FORMATO - B



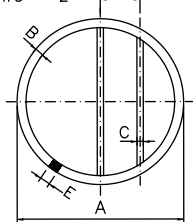
FORMATO - C



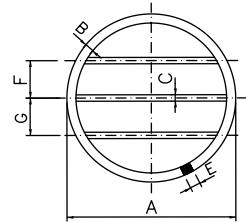
FORMATO - D



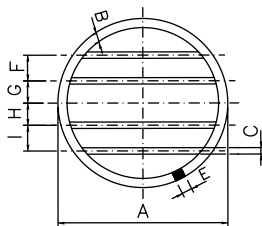
FORMATO - E



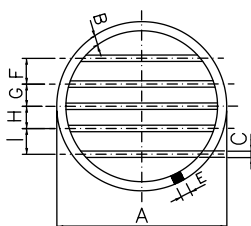
FORMATO - F



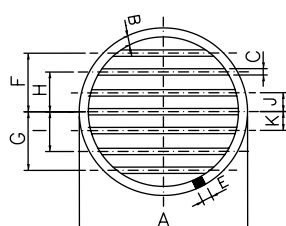
FORMATO - G



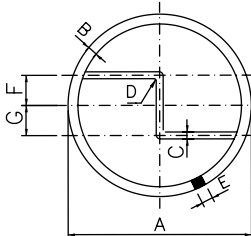
FORMATO - H



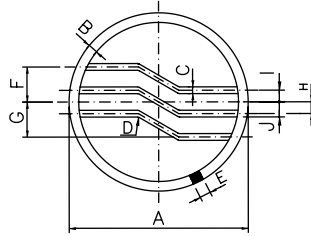
FORMATO - I



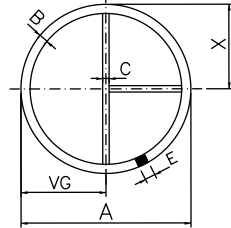
FORMATO - J



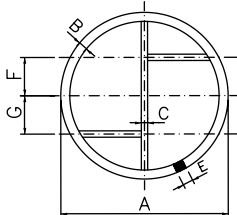
FORMATO - K



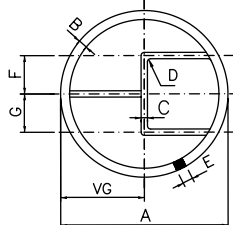
FORMATO - L



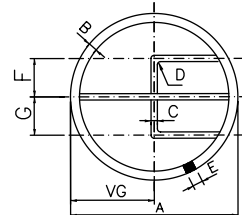
FORMATO - M



FORMATO - N



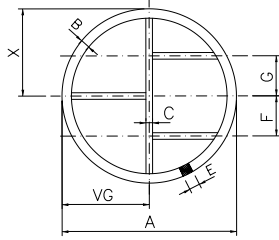
FORMATO - O



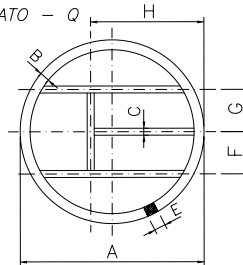
Anexo 8.1

Formatos de Juntas Para trocador de Calor (continuação)

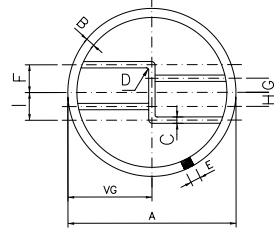
FORMATO - P



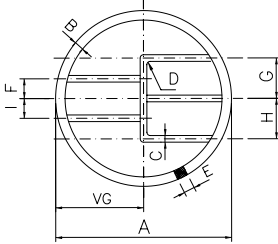
FORMATO - Q



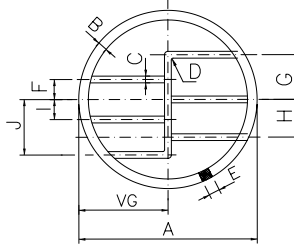
FORMATO - R



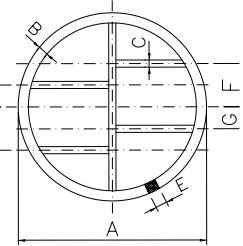
FORMATO - S



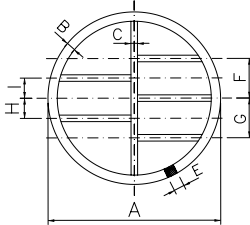
FORMATO - T



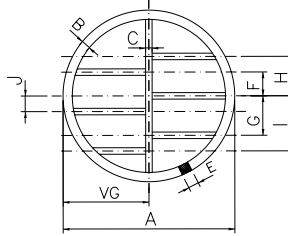
FORMATO - U



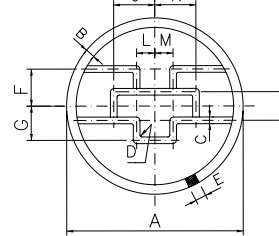
FORMATO - V



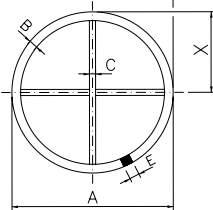
FORMATO - X



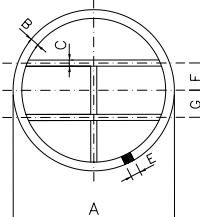
FORMATO - Y



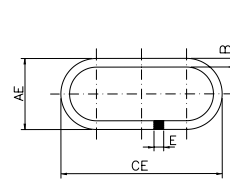
FORMATO - Z



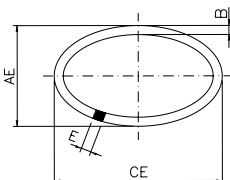
FORMATO - W



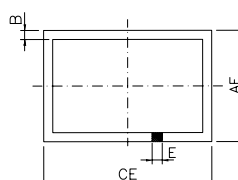
FORMATO - L-1



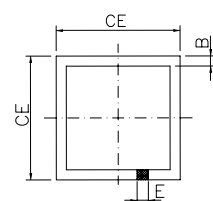
FORMATO - L-2



FORMATO - L-3



FORMATO - L-4



JUNTAS TIPO ANEL METÁLICO

1. DEFINIÇÃO

São juntas metálicas sólidas. Isto é, sem enchimento de materiais macios. Podem ser divididas em duas categorias principais: planas e *Ring-Joint*.

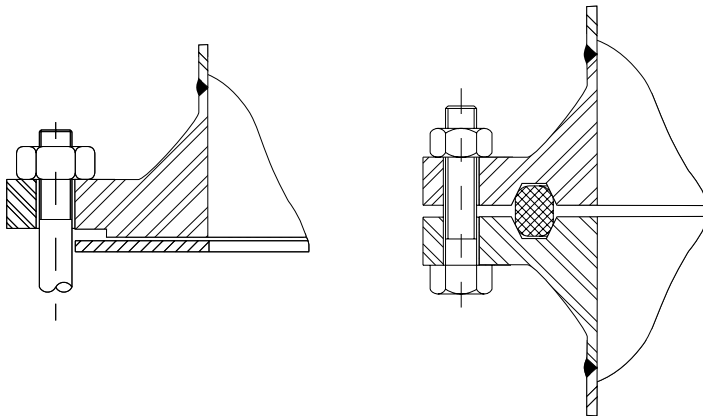


Figura 9.1

2. JUNTAS METÁLICAS PLANAS

Definidas como juntas de espessura relativamente pequena, quando comparada com a largura. São normalmente fabricadas a partir de uma chapa metálica, com a superfície de vedação usinada ou não.

Como a vedação é obtida por esmagamento, a pressão na superfície da junta, deve ser maior que a tensão de escoamento do seu material. Por esta razão, os materiais e acabamentos dos flanges e da junta devem ser cuidadosamente compatibilizados.

A dureza do material da junta deve ser sempre menor que a do material do flange, para não danificá-lo.

3. MATERIAIS

Qualquer metal disponível em chapas que possam ser cortadas, usinadas ou estampadas, pode ser usado. O tamanho das juntas é limitado pelas chapas, sendo necessário soldar para se conseguir dimensões maiores.

As recomendações do Capítulo 6 deste livro, devem ser observadas ao especificar o material da junta.

4. ACABAMENTO DA SUPERFÍCIE DE VEDAÇÃO

Para um melhor desempenho, recomenda-se o uso de flanges com acabamento liso. A rugosidade deve ser de, no máximo, $1.6 \mu\text{m } R_a$ ($63 \mu\text{pol}$). Em nenhuma circunstância, o acabamento deve exceder a $3.2 \mu\text{m } R_a$ ($125 \mu\text{pol}$). A rugosidade máxima para os anéis BX e IX são ainda menores.

Riscos ou marcas radiais no flange ou na junta são praticamente impossíveis de vedar com juntas metálicas sólidas.

5. TIPOS DE JUNTAS METÁLICAS

5.1. TIPO 940

São lisas e podem ser fabricadas em praticamente qualquer formato (Figura 9.2). São usadas quando não é necessária compressibilidade para compensar desalinhamentos, empenamentos ou irregularidades superficiais, e quando existe força nos parafusos suficiente para o seu esmagamento. Suas aplicações típicas são castelos de válvulas, trocadores de calor e flanges lingueta e ranhura.

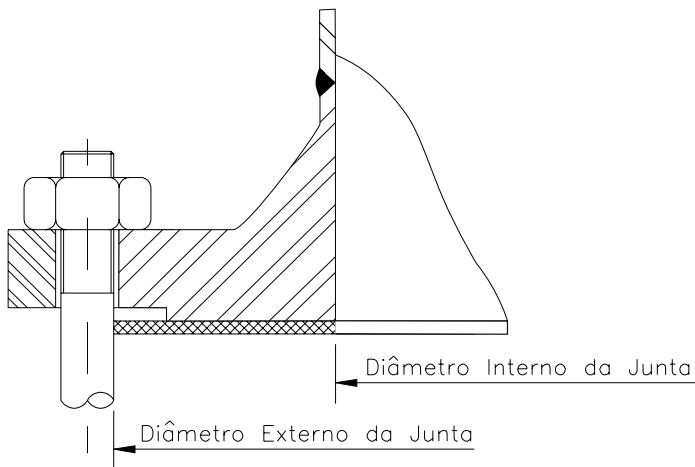


Figura 9.2

Estas juntas, dependendo da liga ou metal usado na sua fabricação, possuem elevada capacidade de resistência ao esmagamento sendo difíceis de vedar. Os valores das pressões de esmagamento máxima e mínima em temperatura ambiente para diversos materiais estão mostradas na Tabela 9.1. A largura da superfície de vedação da junta deve ser, pelo menos, 1.5 vezes a sua espessura.

Tabela 9.1
Pressão de Esmagamento para Juntas Tipo 940

Material	Pressão de esmagamento (MPa)	
	Mínima	Máxima
Ferro Doce	235	525
AISI 1006/1008	235	525
AISI 1010/1020	265	600
AISI 304/316/321	335	750
AISI 309	400	900
Níquel	190	510
Cobre	135	300
Alumínio	70	140

5.2. TIPO 941

Junta plana com ranhuras concêntricas (Figura 9.3). Combina as vantagens da junta 940, com uma área de contato reduzida, elevando a pressão de esmagamento. Usada quando é necessário uma junta de metal sólido e a força de esmagamento disponível não é suficiente para vedar com uma junta tipo 940. Espessura mínima de fabricação: 3.2 mm.

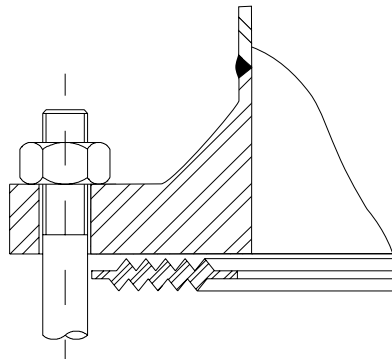


Figura 9.3

5.3. TIPO 943

Se as condições operacionais requerem o uso do tipo 941, mas os flanges precisam ser protegidos, a junta pode ter camisa metálica dupla (Figura 9.4).

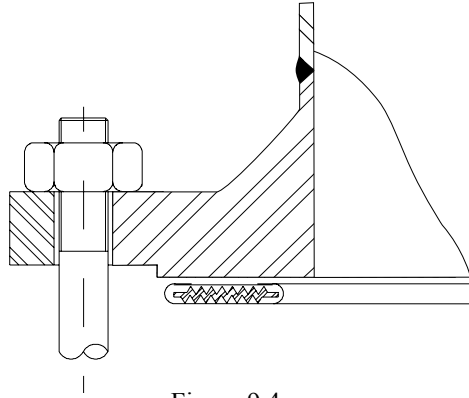


Figura 9.4

5.4. TIPO 900

São juntas corrugadas metálicas (Figura 9.5). São usadas em aplicações de baixa pressão onde haja limitação de peso e espaço. A espessura da chapa deve ser de 0.2 mm a 1.0 mm, dependendo do metal e passo da corrugação. Em virtude da pequena espessura da chapa e das corrugações, a força para esmagar a junta é bem reduzida, se comparado as juntas tipo 940 e 941. É necessário um mínimo de 3 corrugações para a obtenção de uma vedação satisfatória. Uma pequena parte plana nos diâmetros interno e externo é recomendável para reforçar a junta. O passo das corrugações pode variar entre 1.1 mm a 6.4 mm. A espessura total da junta é de 40% a 50% do passo. O limite de temperatura é determinado pelo metal usado. Pressão máxima: 35 bar (500 psi).

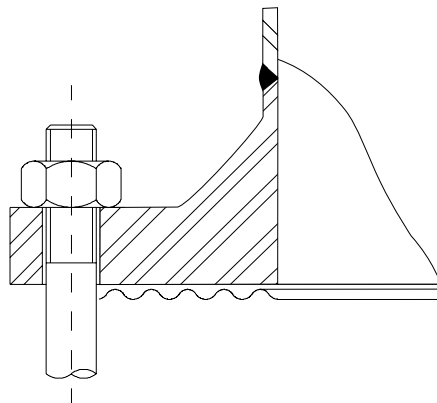


Figura 9.5

5.5. TIPO 905 E 905-C

O tipo 905 é uma junta tipo 900 com lâminas de Grafite Flexível Graflex® colada em ambos os lados das corrugações (Figura 9.6). A espessura do metal é de 0.4 mm a 0.5 mm e o passo das corrugações, 4 mm, 5 mm ou 6 mm.

A juntas tipo 905-C tem construção semelhante às 905 entretanto, algumas características são específicas. Foram desenvolvidas para uso em Trocadores de Calor em substituição às tipo 923 e 927. Testes em laboratório [34] e de campo mostraram que este tipo de junta apresenta excepcional desempenho quando há cisalhamento radial provocado por diferenciais de temperatura entre os fluidos.

As principais diferenças que distinguem o tipo 905-C são o o passo das corrugações e o uso exclusivamente do Graflex HT, que é pré-comprimido sobre o núcleo metálico.

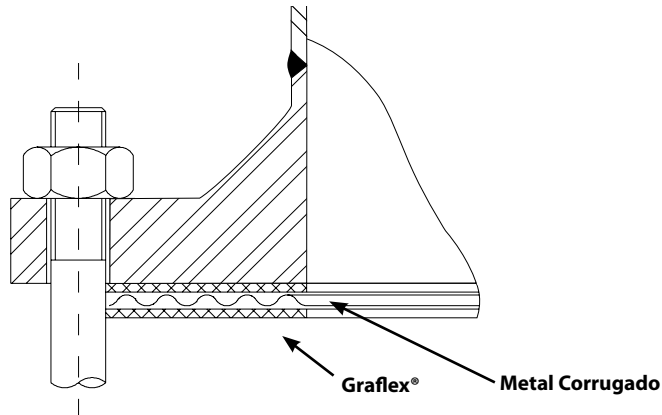


Figura 9.6

Pode também ser fabricada com gaxeta de Fibra Cerâmica ou de Fibra de Vidro (Figura 9.7) para uso em tubulações de grandes diâmetro de gases de combustão ou de Alto Forno, em temperaturas elevadas e baixa pressão.

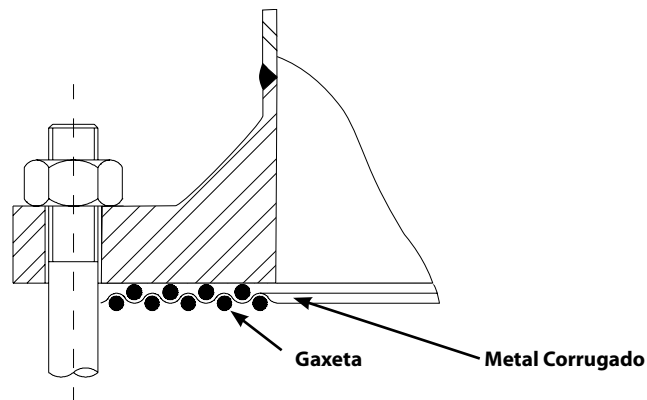


Figura 9.7

6. RING-JOINTS

São anéis metálicos usinados de acordo com padrões estabelecidos pelo American Petroleum Institute, API 6A [38] e 17D [39] ou American Society of Mechanical Engineers (ASME B16.20) [31], para aplicações em elevadas pressões e temperaturas. Uma aplicação típica dos *Ring-Joints* é em “Árvores-de-Natal” usadas nos campos de produção de petróleo (Figuras 9.8 e 9.9).

A vedação é obtida em uma linha de contato, por ação de cunha, causando elevadas pressões de esmagamento e, desta forma, forçando o material a escoar nesta região. A pequena área de vedação, com alta pressão de contato, resulta em grande confiabilidade. Entretanto, as superfícies de contato da junta e do flange devem ser cuidadosamente usinadas e acabadas. Alguns tipos são ativados pela pressão, isto é, quanto maior a pressão melhor a selabilidade.



Figura 9.8

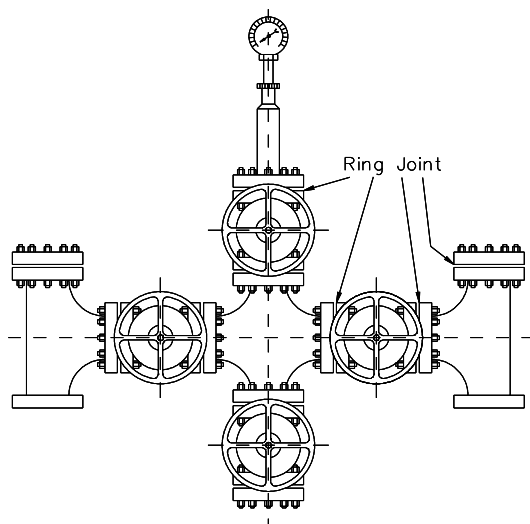


Figura 9.9

6.1. MATERIAIS

Os materiais devem ser forjados, laminados ou fundidos centrifugados. A Tabela 9.2 mostra os materiais mais empregados na fabricação de Ring-Joints.

Tabela 9.2
Dureza Máxima dos Ring-Joints

Material	Dureza Máxima Rockwell B	Código
Ferro doce	56	D
Aço carbono	68	S
F5	72	F5
AISI 410	86	S410
AISI 304	83	S304
AISI 316	83	S316
AISI 347	83	S347
F11	68	M
INCONEL 625	98.3	N
ALLOY 825	92	CU

NOTAS:

- Dureza Rockwell medida com carga de 100kg e esfera de 1/16" de diâmetro.
- O código de cada material é gravado na junta ao lado da referência do seu tamanho, conforme indicado nas Normas API 6A e ASME B16.20.

6.2. ACABAMENTO SUPERFICIAL

As superfícies de contato dos flanges e das juntas, devem ter a rugosidade máxima de 1.6 μm R_a (63 μpol R_a), sem marcas de ferramentas, riscos ou outras irregularidades superficiais.

6.3. DUREZA

Recomenda-se que a dureza da junta seja sempre menor que a do flange, para não danificá-lo. Quando os materiais da junta e do flange tiverem dureza similar, é necessário fazer tratamento térmico na junta, para deixá-la com a menor dureza possível.

6.4. DIMENSIONAMENTO E VALORES PARA CÁLCULO

Ao especificar a aplicação de Ring-Joints, recomenda-se seguir as indicações da norma específica do anel. No final deste capítulo, os Anexos 9.1, 9.2 e 9.3 apresentam as dimensões e dados de aplicação dos anéis conforme Norma ASME B16.20. [31]

Os valores para cálculos conforme código ASME estão mostrados na Tabela 9.3.

Tabela 9.3
Constantes para Cálculo ASME

Gasket Metal	m	y
Carbon Steel	5.50	18 000
Monel	6.00	21 800
Stainless Steel	6.50	26 000

Os valores para cálculo da instalação de acordo com ASME PCC-1-2013 Apêndice O ainda não haviam sido determinados por ocasião da edição deste livro.

6.5. TIPOS DE ANÉIS RING-JOINT

6.5.1. TIPO 950

É o tipo que foi padronizado originalmente (Figura 9.10). Desenvolvimentos posteriores resultaram em outras formas. Se o flange for projetado usando as versões mais antigas das normas, com canal oval de alojamento do Ring Joint, então deve ser usado somente o tipo 950.

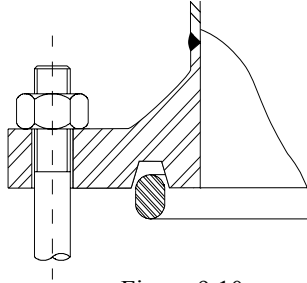


Figura 9.10

6.5.2. TIPO 951

Anel de seção octogonal (Figura 9.11). Possui maior eficiência de vedação, seu uso é o mais recomendado nos novos projetos. Os flanges fabricados pela versões mais recentes das normas ASME e API, possuem canal com perfil projetado para receber os tipos 950 e 951.

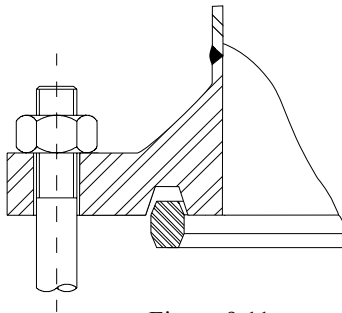


Figura 9.11

6.5.3. TIPO 953 RX

Possui forma especialmente projetada para usar a pressão interna como auxílio à vedação (Figura 9.12). A face externa da junta faz o contato inicial com o flange, fazendo o esmagamento e vedação. À medida que a pressão interna da linha ou equipamento, aumenta, o mesmo acontece com a força de contato entre a junta e o flange, elevando, desta forma, a eficiência da vedação. Esta característica de projeto, torna este tipo mais

resistente às vibrações que ocorrem durante a perfuração e elevações súbitas de pressão e choque, comuns nos trabalhos em campos de petróleo. O tipo RX é totalmente intercambiável com os tipos 950 e 951, usando o mesmo tipo de canal de alojamento no flange e número de referência.

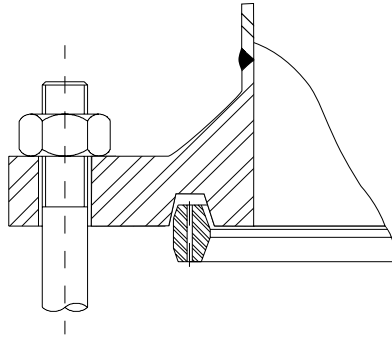


Figura 9.12

6.5.4. TIPO 952 BX

Possui seção quadrada com cantos chanfrados (Figura 9.13). Projetada para emprego somente em flanges API 6BX, em pressões de 2 000 a 20 000 psi. O diâmetro médio da junta é ligeiramente maior que o do alojamento no flange. Assim, a junta ao ser montada, fica pré-comprimida pelo diâmetro externo, criando o efeito de elevação da vedação com o aumento da pressão de operação. As conexões que usam juntas tipo BX, possuem pequena interferência. A junta é efetivamente “estampada” pelos alojamentos dos flanges, não podendo ser reutilizada.

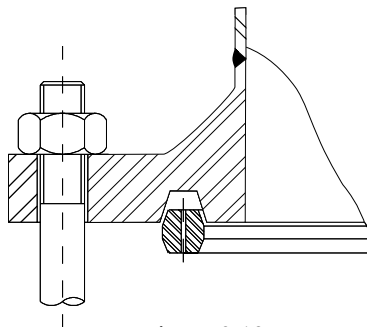


Figura 9.13

6.5.5. TIPO IX

Desenvolvidos na Noruega e normalizados pela L - 005 - Compact Flange Connections [40]. Usados nos flanges compactos, este tipo de junta (Figura 9.14) tem aplicações cada vez maiores em virtude das vantagens apresentadas pelas reduzidas dimensões e peso dos flanges quando comparadas com similar ASME ou API. Entretanto, a sua instalação é mais

complexa que os tipos tradicionais. A Norma ISO/CO 27509 bastante semelhante à norma NORSOK - L005, também apresenta as especificações para anéis IX.

No conceito do flange compacto a vedação é proporcionada pela energia elástica armazenada na junta por ocasião da sua instalação. As faces dos flanges ficam em contato e participam da vedação. A Tabela 9.5 mostra as principais dimensões dos anéis IX.

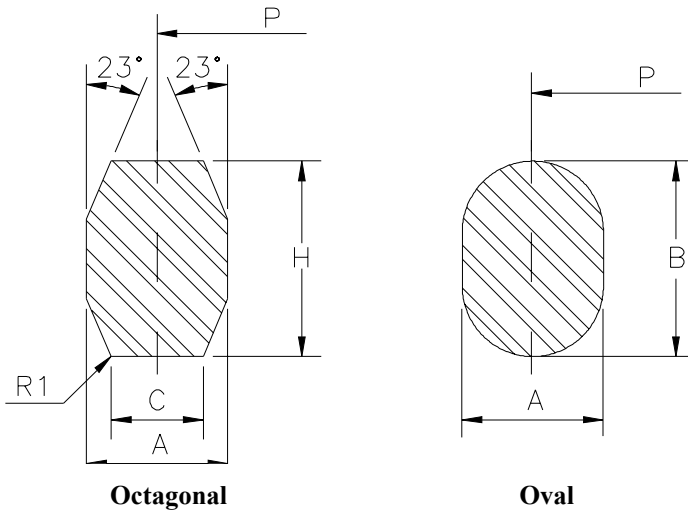


Figura 9.14

6.5.6. OUTROS TIPOS

Existem diversos outros tipos de juntas metálicas, de aplicações bastante restritas, como, por exemplo, os tipos lente, delta e Bridgeman, que estão fora do escopo deste livro.

Anexo 9.1
Dimensões para Ring-Joints Tipo 950 e 951 em polegadas



Número do Anel	Diâmetro Médio P	Largura A	Altura do Anel		Largura C	Raio do Anel R1
			Oval B	Octogonal H		
R-11	1.344	0.250	0.44	0.38	0.170	0.06
R-12	1.563	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-13	1.688	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-14	1.750	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-15	1.875	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-16	2.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-17	2.250	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-18	2.375	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-19	2.563	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-20	2.688	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-21	2.844	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-22	3.250	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-23	3.250	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-24	3.750	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-25	4.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-26	4.000	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-27	4.250	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-28	4.375	0.500	0.75	0.69	0.341	0.06
R-29	4.500	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-30	4.625	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-31	4.875	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-32	5.000	0.500	0.75	0.69	0.341	0.06
R-33	5.188	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-34	5.188	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06

Anexo 9.1 (Continuação)
Dimensões para Ring-Joints Tipo 950 e 951 em polegadas

Número do Anel	Diâmetro Médio P	Largura A	Altura do Anel		Largura C	Raio do Anel R1
			Oval B	Octogonal H		
R-35	5.375	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-36	5.875	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-37	5.875	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-38	6.188	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-39	6.375	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-40	6.750	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-41	7.125	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-42	7.500	0.750	1.00	0.94	0.485	0.06
R-43	7.625	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-44	7.625	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-45	8.313	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-46	8.313	0.500	0.75	0.69	0.341	0.06
R-47	9.000	0.750	1.00	0.94	0.485	0.06
R-48	9.750	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-49	10.625	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-50	10.625	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-51	11.000	0.875	1.13	1.06	0.583	0.06
R-52	12.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-53	12.750	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-54	12.750	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-55	13.500	1.125	1.44	1.38	0.780	0.09
R-56	15.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-57	15.000	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-58	15.000	0.875	1.13	1.06	0.583	0.06
R-59	15.625	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-60	16.000	1.250	1.56	1.50	0.879	0.09
R-61	16.500	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-62	16.500	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-63	16.500	1.000	1.31	1.25	0.681	0.09
R-64	17.875	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-65	18.500	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-66	18.500	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-67	18.500	1.125	1.44	1.38	0.780	0.09
R-68	20.375	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-69	21.000	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-70	21.000	0.750	1.00	0.94	0.485	0.06
R-71	21.000	1.125	1.44	1.38	0.780	0.09
R-72	22.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-73	23.000	0.500	0.75	0.69	0.341	0.06

Anexo 9.1 (Continuação)
Dimensões para Ring-Joints Tipo 950 e 951 em polegadas

Número do Anel	Diâmetro Médio P	Largura A	Altura do Anel		Largura C	Raio do Anel R1
			Oval B	Octogonal H		
R-74	23.000	0.750	1.00	0.94	0.485	0.06
R-75	23.000	1.250	1.56	1.50	0.879	0.09
R-76	26.500	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-77	27.250	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-78	27.250	1.000	1.31	1.25	0.681	0.09
R-79	27.250	1.375	1.75	1.63	0.977	0.09
R-80	24.250	0.313	-	0.50	0.206	0.06
R-81	25.000	0.563	-	0.75	0.377	0.06
R-82	2.250	0.438	-	0.63	0.305	0.06
R-84	2.500	0.438	-	0.63	0.305	0.06
R-85	3.125	0.500	-	0.69	0.341	0.06
R-86	3.563	0.625	-	0.81	0.413	0.06
R-87	3.938	0.625	-	0.81	0.413	0.06
R-88	4.875	0.750	-	0.94	0.485	0.06
R-89	4.500	0.750	-	0.94	0.485	0.06
R-90	6.125	0.875	-	1.06	0.583	0.06
R-91	10.250	1.250	-	1.50	0.879	0.09
R-92	9.000	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-93	29.500	0.750	-	0.94	0.485	0.06
R-94	31.500	0.750	-	0.94	0.485	0.06
R-95	33.750	0.750	-	0.94	0.485	0.06
R-96	36.000	0.875	-	1.06	0.583	0.06
R-97	38.000	0.875	-	1.06	0.583	0.06
R-98	40.250	0.875	-	1.06	0.583	0.06
R-99	9.250	0.438	-	0.63	0.305	0.06
R-100	29.500	1.125	-	1.38	0.780	0.09
R-101	31.500	1.250	-	1.50	0.879	0.09
R-102	33.750	1.250	-	1.50	0.879	0.09
R-103	36.000	1.250	-	1.50	0.879	0.09
R-104	38.000	1.375	-	1.63	0.977	0.09
R-105	40.250	1.375	-	1.63	0.977	0.09

Tolerâncias:

- Diâmetro médio P: $\pm 0.007''$
- Largura A: $\pm 0.007''$
- Altura B e H: $+0.05''$, $-0.02''$. A variação da altura em todo o perímetro do anel não pode exceder de $0.02''$
- Largura C: $\pm 0.008''$
- Raio R: $\pm 0.02''$
- Ângulo de $(23 \pm 0.5)^\circ$

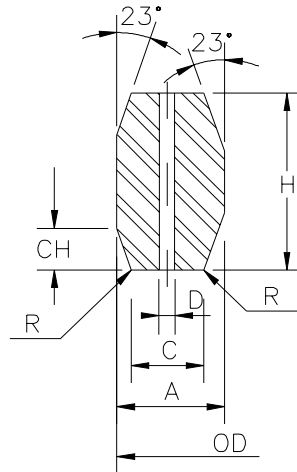
Anexo 9.2
Tabela de aplicação dos Ring-Joints Tipo 950 e 951

Número do Anel R	Classe de Pressão e Diâmetro Nominal											
	ASME B16.5					API 6B				ASME B16.47 Série A		
	150	300 600	900	1500	2500	720 960	2000	3000	5000	150	300 600	900
R-11		½										
R-12			½	½								
R-13		¾			½							
R-14			¾	¾								
R-15	1											
R-16		1	1	1	¾	1	1	1	1			
R-17	1 ¼											
R-18		1 ¼	1 ¼	1 ¼	1	1 ¼	1 ¼	1 ¼	1 ¼			
R-19	1 ½											
R-20		1 ½	1 ½	1 ½		1 ½	1 ½	1 ½	1 ½			
R-21					1 ¼							
R-22	2											
R-23		2			1 ½	2	2					
R-24			2	2				2	2			
R-25	2 ½											
R-26		2 ½			2	2 ½	2 ½					
R-27			2 ½	2 ½				2 ½	2 ½			
R-28					2 ½							
R-29	3											
R-30		3										
R-31		3	3			3	3	3				
R-32					3							
R-33	3 ½											
R-34		3 ½										
R-35				3					3			
R-36	4											
R-37		4	4			4	4	4	3 ½			
R-38					4							
R-39				4					4			
R-40	5											
R-41		5	5			5	5	5				
R-42					5							
R-43	6											
R-44				5					5			
R-45		6	6			6	6	6				
R-46				6					6			
R-47					6							
R-48	8											
R-49		8	8			8	8	8				
R-50				8					8			
R-51					8							
R-52	10											
R-53		10	10			10	10	10				
R-54				10					10			
R-55					10							
R-56	12											
R-57		12	12			12	12	12				
R-58				12								

Anexo 9.2 (continuação)
Tabela de aplicação dos Ring-Joints Tipo 950 e 951

Número do Anel R	Classe de Pressão e Diâmetro Nominal									ASME B16.47 Série A		
	ASME B16.5					API 6B						
	150	300 600	900	1500	2500	720 960	2000	3000	5000	150	300 600	900
R-59	14											
R-60					12							
R-61		14				14	14	14				
R-62			14									
R-63				14								
R-64	16											
R-65		16				16	16					
R-66			16					16				
R-67				16								
R-68	18											
R-69		18				18	18					
R-70			18					18				
R-71				18								
R-72	20											
R-73		20				20	20					
R-74			20					20				
R-75				20								
R-76	24											
R-77		24										
R-78			24									
R-79				24								
R-80												
R-81												
R-82									1			
R-84									1 ½			
R-85									2			
R-86									2 ½			
R-87									3			
R-88									4			
R-89									3 ½			
R-90									5			
R-91									10			
R-92												
R-93											26	
R-94											28	
R-95											30	
R-96											32	
R-97											34	
R-98											36	
R-99							8	8				
R-100												26
R-101												28
R-102												30
R-103												32
R-104												34
R-105												36

Anexo 9.3
Dimensões para Ring-Joints Tipo RX em polegadas



Número do Anel	Diâmetro externo OD	Largura A	Largura C	Altura CH	Altura H	Raio R	Furo D
RX-20	3.000	0.344	0.182	0.125	0.750	0.06	-
RX-23	3.672	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-24	4.172	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-25	4.313	0.344	0.182	0.125	0.750	0.06	-
RX-26	4.406	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-27	4.656	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-31	5.297	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-35	5.797	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-37	6.297	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-39	6.797	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-41	7.547	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-44	8.047	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-45	8.734	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-46	8.750	0.531	0.263	0.188	1.125	0.06	-
RX-47	9.656	0.781	0.407	0.271	1.625	0.09	-
RX-49	11.047	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-50	11.156	0.656	0.335	0.208	1.250	0.06	-
RX-53	13.172	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-54	13.281	0.656	0.335	0.208	1.250	0.06	-
RX-57	15.422	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-63	17.391	1.063	0.582	0.333	2.000	0.09	-
RX-65	18.922	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-66	18.031	0.656	0.335	0.208	1.250	0.06	-

Anexo 9.3 (Continuação)
Dimensões para Ring-Joints Tipo RX em polegadas

Número do Anel	Diâmetro externo OD	Largura A	Largura C	Altura CH	Altura H	Raio R	Furo D
RX-69	21.422	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-70	21.656	0.781	0.407	0.271	1.625	0.09	-
RX-73	23.469	0.531	0.263	0.208	1.250	0.06	-
RX-74	23.656	0.781	0.407	0.271	1.625	0.09	-
RX-82	2.672	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	0.06
RX-84	2.922	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	0.06
RX-85	3.547	0.531	0.263	0.167	1.000	0.06	0.06
RX-86	4.078	0.594	0.335	0.188	1.125	0.06	0.09
RX-87	4.453	0.594	0.335	0.188	1.125	0.06	0.09
RX-88	5.484	0.688	0.407	0.208	1.250	0.06	0.12
RX-89	5.109	0.719	0.407	0.208	1.250	0.06	0.12
RX-90	6.875	0.781	0.479	0.292	1.750	0.09	0.12
RX-91	11.297	1.188	0.780	0.297	1.781	0.09	0.12
RX-99	9.672	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-201	2.026	0.226	0.126	0.057	0.445	0.02 (3)	-
RX-205	2.453	0.219	0.120	0.072 (2)	0.437	0.02 (3)	-
RX-210	3.844	0.375	0.213	0.125 (2)	0.750	0.03 (3)	-
RX-215	5.547	0.469	0.210	0.167 (2)	1.000	0.06 (3)	-

Notas:

1. Para os anéis de RX-82 a RX-91 é necessário apenas um furo de equalização de pressão, localizado no ponto médio da largura C.
2. A Tolerância destas dimensões é +0, -0.015"
3. A Tolerância destas dimensões é +0.02", - 0.

Tolerâncias:

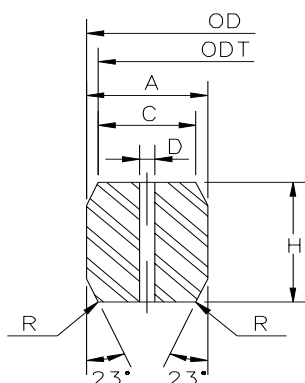
- Diâmetro externo OD: +0.020", -0.
- Largura A: +0.008", -0. A variação da largura em todo o perímetro do anel não pode exceder de 0.004"
- Largura C: +0.006", -0.
- Altura CH: +0, -0.03"
- Altura H: +0.008", -0. A variação da altura em todo o perímetro do anel não pode exceder de 0.004"
- Raio R: ± 0.02 "
- Ângulo de $(23 \pm 0.5)^\circ$
- Furo D: ± 0.02 "

Anexo 9.4 (Continuação)
Tabela de Aplicação dos Anéis RX

Número do Anel RX	Classe de Pressão e Diâmetro Nominal - API 6B			
	720 - 960 - 2000	2900	3000	5000
RX-20	1 ½		1 ½	1 ½
RX-23	2			
RX-24			2	2
RX-25				3 ⅛
RX-26	2 ½			
RX-27			2 ½	2 ½
RX-31	3		3	
RX-35				3
RX-37	4		4	
RX-39				4
RX-41	5		5	
RX-44				5
RX-45	6		6	
RX-46				6
RX-47				8
RX-49	8		8	
RX-50				8 ⁽¹⁾
RX-53	10		10	
RX-54				10
RX-57	12		12	
RX-63				14
RX-65	16			
RX-66			16	
RX-69	18			
RX-70			18	
RX-73	20			
RX-74			20	
RX-82		1		
RX-84		1 ½		
RX-85		2		
RX-86		2 ½		
RX-87		3		
RX-88		4		
RX-89		3 ½		
RX-90		5		
RX-91		10		
RX-99	8 ⁽¹⁾		8 ⁽¹⁾	
RX-201				1 ⅜
RX-205				1 ⅓
RX-210				2 ⅞
RX-215				4 ⅛

⁽¹⁾Crossover Flange Connection

Anexo 9.5
Dimensões para Ring-Joints Tipo BX em polegadas



Número do Anel	Diâmetro Nominal	Diâmetro Externo OD	Altura H	Largura A	Diâmetro Externo ODT	Largura C	Furo D
BX-150	1 ¹¹ / ₁₆	2.842	0.366	0.366	2.790	0.314	0.06
BX-151	1 ¹³ / ₁₆	3.008	0.379	0.379	2.954	0.325	0.06
BX-152	2 ¹ / ₁₆	3.334	0.403	0.403	3.277	0.346	0.06
BX-153	2 ⁹ / ₁₆	3.974	0.448	0.448	3.910	0.385	0.06
BX-154	3 ¹ / ₁₆	4.600	0.488	0.488	4.531	0.419	0.06
BX-155	4 ¹ / ₁₆	5.825	0.560	0.560	5.746	0.481	0.06
BX-156	7 ¹ / ₁₆	9.367	0.733	0.733	9.263	0.629	0.12
BX-157	9	11.593	0.826	0.826	11.476	0.709	0.12
BX-158	11	13.860	0.911	0.911	13.731	0.782	0.12
BX-159	13 ⁵ / ₈	16.800	1.012	1.012	16.657	0.869	0.12
BX-160	13 ⁵ / ₈	15.850	0.938	0.541	15.717	0.408	0.12
BX-161	16 ⁵ / ₈	19.347	1.105	0.638	19.191	0.482	0.12
BX-162	16 ⁵ / ₈	18.720	0.560	0.560	18.641	0.481	0.06
BX-163	18 ³ / ₄	21.896	1.185	0.684	21.728	0.516	0.12
BX-164	18 ³ / ₄	22.463	1.185	0.968	22.295	0.800	0.12
BX-165	21 ¹ / ₄	24.595	1.261	0.728	24.417	0.550	0.12
BX-166	21 ¹ / ₄	25.198	1.261	1.029	25.020	0.851	0.12
BX-167	26 ³ / ₄	29.896	1.412	0.516	29.696	0.316	0.06
BX-168	26 ³ / ₄	30.128	1.412	0.632	29.928	0.432	0.06
BX-169	5 ¹ / ₈	6.831	0.624	0.509	6.743	0.421	0.06
BX-170	6 ⁵ / ₈	8.584	0.560	0.560	8.505	0.481	0.06
BX-171	8 ⁹ / ₁₆	10.529	0.560	0.560	10.450	0.481	0.06
BX-172	11 ⁵ / ₃₂	13.113	0.560	0.560	13.034	0.481	0.06
BX-303	30	33.573	1.494	0.668	33.361	0.457	0.06

Anexo 9.3 (Continuação)
Dimensões para Ring-Joints Tipo BX em polegadas

1. Para todos os anéis é necessário apenas um furo de equalização de pressão, localizado no ponto médio da largura C.

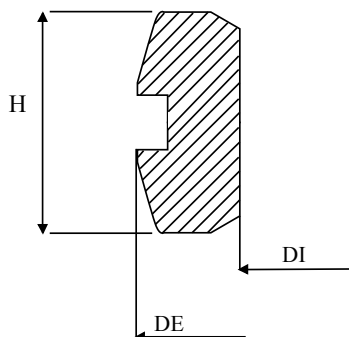
Tolerâncias:

- Diâmetro externo OD: +0, -0.005"
- Altura H: +0.008", -0. A variação da altura em todo o perímetro do anel não pode exceder de 0.004"
- Largura A: +0.008", -0. A variação da largura em todo o perímetro do anel não pode exceder de 0.004"
- Diâmetro ODT: ± 0.002 "
- Largura C: +0.006", -0.
- Furo D: ± 0.02 "
- Altura CH: +0, -0.03"
- Raio R: de 8% a 12% da altura do anel H.
- Ângulo de $(23 \pm 0.25)^\circ$

Tabela de Aplicação dos Anéis BX

Número do Anel BX	Classe de Pressão e Diâmetro Nominal - API 6BX					
	2 000	3 000	5 000	10 000	15 000	20 000
BX-150				1 ¹¹ / ₁₆	1 ¹¹ / ₁₆	
BX-151				1 ¹³ / ₁₆	1 ¹³ / ₁₆	1 ¹³ / ₁₆
BX-152				2 ¹ / ₁₆	2 ¹ / ₁₆	2 ¹ / ₁₆
BX-153				2 ⁹ / ₁₆	2 ⁹ / ₁₆	2 ⁹ / ₁₆
BX-154				3 ¹ / ₁₆	3 ¹ / ₁₆	3 ¹ / ₁₆
BX-155				4 ¹ / ₁₆	4 ¹ / ₁₆	4 ¹ / ₁₆
BX-156				7 ¹ / ₁₆	7 ¹ / ₁₆	7 ¹ / ₁₆
BX-157				9	9	9
BX-158				11	11	11
BX-159				13 ⁵ / ₈	13 ⁵ / ₈	13 ⁵ / ₈
BX-160			13 ⁵ / ₈			
BX-161			16 ³ / ₄			
BX-162			16 ³ / ₄	16 ³ / ₄	16 ³ / ₄	
BX-163			18 ³ / ₄			
BX-164				18 ³ / ₄	18 ³ / ₄	
BX-165			21 ¹ / ₄			
BX-166				21 ¹ / ₄		
BX-167	26 ³ / ₄					
BX-168		26 ³ / ₄				
BX-169				5 ¹ / ₈		
BX-170				6 ⁵ / ₈	6 ⁵ / ₈	
BX-171				8 ⁹ / ₁₆	8 ⁹ / ₁₆	
BX-172				11 ⁵ / ₃₂	11 ⁵ / ₃₂	
BX-303	30	30				

Anexo 9.7
Tabela de Dimensões dos Aneis tipo Ring Joint IX
(Conforme norma NORSOK standard L-005)



DN	NPS	Número do Anel	DI mm	DE mm	H mm
15	½	IX15	22.2	30.19	10.00
20	¾	IX20	27.2	35.20	10.00
25	1	IX25	34.2	42.22	10.00
40	1½	IX40	49.3	58.21	10.56
50	2	IX50	61.3	71.13	11.78
65	2½	IX65	74.4	85.05	12.98
80	3	IX80	89.5	100.96	14.24
100	4	IX100	115.7	128.85	16.19
125	5	IX125	142.0	156.75	17.94
150	6	IX150	170.2	186.66	19.64
200	8	IX200	220.5	238.54	22.36
250	10	IX250	274.9	298.42	25.20
300	12	IX300	325.0	347.36	27.15
350	14	IX350	357.1	380.32	28.46
400	16	IX400	409.3	434.27	30.47
450	18	IX450	459.4	486.23	32.28
500	20	IX500	511.6	539.20	34.06
550	22	IX550	561.7	591.18	35.69
600	24	IX600	611.9	642.16	37.25
650	26	IX650	664.0	695.16	38.81
700	28	IX700	714.1	747.16	40.25
750	30	IX750	766.3	800.16	41.69
800	32	IX800	816.4	851.16	43.03
850	34	IX850	866.6	902.18	44.34
900	36	IX900	918.7	956.19	45.65
950	38	IX950	968.8	1 007.21	46.88
1000	40	IX1000	1021.0	1 060.23	48.12
1050	42	IX1050	1071.1	1 111.26	49.29
1100	44	IX1100	1121.3	1 162.28	50.43
1150	46	IX1150	1173.4	1 215.31	51.59
1200	48	IX1200	1223.6	1 266.35	52.68

JUNTAS CAMPROFILE

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico dos processos, são exigidas juntas para aplicações em condições cada vez mais rigorosas, obrigando o desenvolvimento de novos produtos para atender estas exigências. O tipo de junta considerado clássico para uso em trocadores de calor é a chamada “Dupla Camisa Metálica” (Teadit Tipo 923), que consiste em um enchimento macio revestido por dupla camisa metálica, conforme mostrado na Figura 8.6.

Uma das características das juntas para trocadores de calor é serem fabricadas sob encomenda. Como estes equipamentos são construídos para atender as condições específicas de troca térmica do processo, não existem dimensões e formatos padronizados.

Um dos requisitos para que uma junta possa ser usada em pressões elevadas é resistir aos apertos elevados, necessários para se conseguir uma vedação adequada. As juntas “Dupla Camisa Metálica” em razão da sua construção, com um enchimento macio, possuem boa capacidade de acomodação às irregularidades dos flanges. Entretanto, esta característica vem em detrimento de uma maior resistência ao esmagamento, não sendo, portanto, recomendáveis para trabalho com pressões de esmagamento maiores que 250 MPa (36 000 psi).

Trocadores de calor que trabalham com grandes flutuações ou diferenciais de temperatura entre o casco e os tubos a junta é submetida a tensões de cisalhamento causadas pela dilatação diferencial dos flanges. Estas tensões deformam a junta “Dupla Camisa” provocando grande relaxamento e eventualmente vazamentos.

Uma das alternativas para pressões de trabalho elevadas é o uso das juntas metálicas planas (Teadit Tipo 940), mostrada na Figura 9.2. As juntas tipo 940 apresentam diversos problemas para a sua fabricação e instalação. Este tipo de junta é muito sensível a quaisquer danos nos flanges, em especial riscos ou falhas radiais. Fabricadas com um metal ou liga é evidente a dificuldade em escoar o material para preencher as irregularidades normais dos flanges. As dimensões, muitas vezes também obrigam a soldagem da junta, criando pontos de dureza elevada. Estes pontos podem danificar os flanges ou não permitir o esmagamento uniforme da junta

Para contornar os problemas das juntas maciças planas, uma alternativa é o emprego de juntas maciças serrilhadas, Teadit Tipo 941, conforme mostrado na Figura 9.3.

As juntas serrilhadas possuem as mesmas características de resistência a elevadas pressões de trabalho. A forma serrilhada permite um melhor esmagamento e cria um efeito de labirinto na superfície de vedação. Ao mesmo tempo em que possui uma característica desejável do ponto de vista de vedação, o serrilhado pode provocar riscos nos flanges.

Combinando as características das juntas maciças e a excelente selabilidade do Grafite Flexível (Graflex[®]), do PTFE Laminado e Expandido ou Micaflex[®], foram desenvolvidas as juntas Camprofile, Teadit Tipo 942 e 946. Constituídas de um núcleo metálico serrilhado coberto com fina película de material macio, conforme mostrado nas Figuras 10.1 e 10.2.

Em Trocadores de Calor os excelentes resultados de campo comprovam os resultados de testes de laboratório onde a condição de dilatação diferencial é simulada. Este estudo apresentado em Congresso ASME/PVP 2011 Heat Exchanger Gaskets Radial Shear Testing [33] mostra as diferenças de performance entre as juntas tipo Camprofile e as tradicionais dupla-camisa tipos 923 e 927. No estudo comparativo Spiral Wound versus Flexible Graphite Faced Serrated Metal Pipe Flange Gaskets in Thermal Cycling and Pressure Comparative Testing [41] verificou-se que a selabilidade e relaxamento das juntas Camprofile são semelhantes aos das juntas espiraladas.

Em virtude dos excelentes resultados obtidos com a juntas Camprofile em aplicações críticas foram desenvolvidas propostas de normalização destas juntas para uso em flanges de tubulação. Na Seção 9 deste Capítulo estão as principais características das juntas Camprofile para flanges ASME B16.5, conforme ASME B16.20 [31].

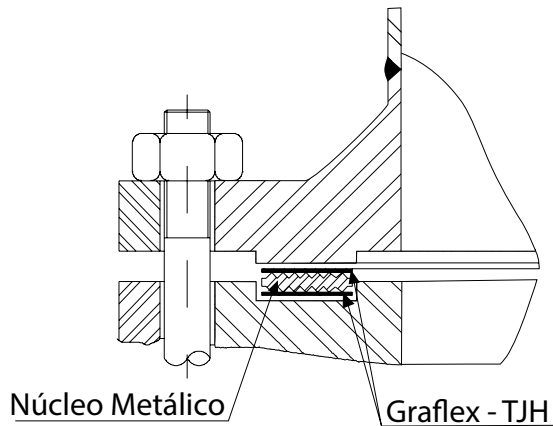


Figura 10.1

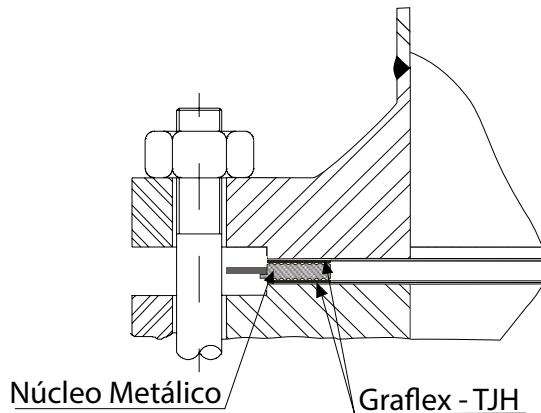


Figura 10.2

As juntas Teadit Camprofile oferecem as seguintes vantagens:

- pressão de trabalho máxima de até 250 bar
- temperatura máxima de até 1000°C
- ampla faixa de aplicação
- resiste aos efeitos da dilatação diferencial dos flanges

O perfil metálico e a cobertura foram especialmente desenvolvidos para permitir o excelente desempenho da junta nas mais severas condições de serviço. A combinação do perfil metálico com a espessura da fita de cobertura é tal que mesmo nas mais elevadas pressões de esmagamento é criada uma fina película entre o flange e o núcleo metálico. Esta película confere uma elevada selabilidade ao mesmo tempo que impede o contato entre o metal da junta e o flange evitando danificá-lo. A Figura 10.3 mostra a junta e as coberturas de Graflex® após um ensaio de esmagamento de 300 MPa (43 500 psi).

O Graflex® densifica formando uma película de 0.1mm de espessura entre o pico do serrilhado e o flange. O perfil possui passo, profundidade e forma das ranhuras que impedem a extrusão da película de cobertura.

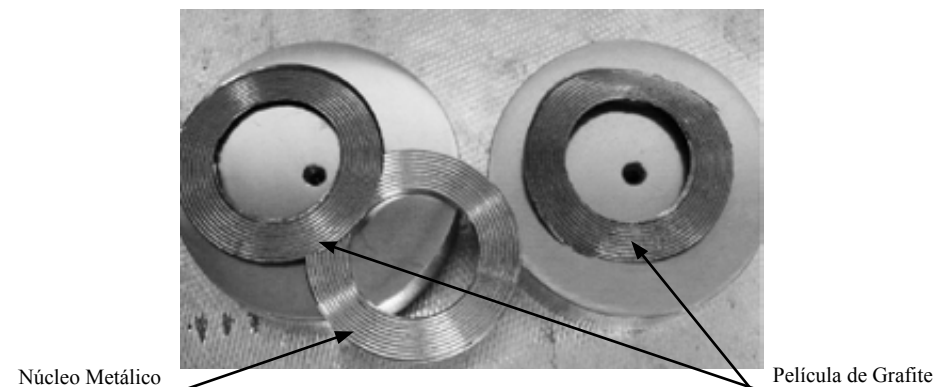


Figura 10.3

As coberturas de Graflex®, PTFE ou Micaflex® por serem materiais de baixo coeficiente de atrito permitem o deslizamento entre a junta e o flange, característica fundamental para um bom desempenho nos trocadores de calor com dilatação diferencial dos flanges. O coeficiente de atrito encontrado em testes realizados pela Teadit no desenvolvimento das juntas Camprofile foi de 0.045 a 0.080.

O perfil metálico serrilhado permite atingir elevadas pressões de esmagamento com baixos apertos nos parafusos. A fina camada de Graflex® ou PTFE preenche as irregularidades e evita que o serrilhado marque a superfície dos flanges. O efeito de labirinto também é acentuado pelo Graflex® ou PTFE, criando uma vedação que alia a resistência de uma junta metálica com a selabilidade do Graflex® ou do PTFE.

2. MATERIAIS

2.1. NÚCLEO METÁLICO

O metal do núcleo deve ser especificado de acordo com a compatibilidade química do fluido e com a temperatura de operação. É recomendável que o núcleo seja fabricado com o mesmo material do equipamento para evitar corrosão e problemas de dilatação diferencial. Seguir as recomendações dos Capítulos 2 e 6.

2.2. COBERTURA DE VEDAÇÃO

Os materiais mais usados na cobertura de são:

- Graflex[®], mostrado no Capítulo 3.
- Graflex[®] HT, mostrado no Capítulo 7.
- Micaflex[®], mostrado no Capítulo 7.
- PTFE, mostrado no Capítulo 5.

Os limites de pressão e temperatura de cada material de cobertura estão na Tabela 10.1.

Tabela 10.1
Limites de Pressão e Temperatura

Material	Temperatura (°C)		Pressão de operação (bar)
	mínima	máxima	máxima
Graflex [®]	-240	450	345
Graflex [®] HT	-240	650	345
Micaflex [®]	-50	1 000	50
PTFE	-240	260	100

3. LIMITES DE OPERAÇÃO

A faixa de pressão e temperatura de trabalho da junta depende dos limites de cada material, conforme indicado no Capítulo 6 e na Tabela 10.1. O limite de serviço da junta é o menor valor da combinação do limite para metal e para a cobertura. Por exemplo, uma junta Teadit tipo 942 em aço carbono AISI 1010/1020 e Graflex[®] tem as seguintes faixas de operação:

- pressão máxima (bar): 345
- temperatura máxima (°C): 450

4. CÁLCULO DO APERTO

Os valores de “m” e “y” para cálculo pela Norma ASME, Divisão 1, Seção VIII, Apêndice II e instalação da junta seguindo as recomendações do ASME-PCC-1-2013 são mostrados a seguir.

Tabela 10.2
Constantes Para Cálculo ASME

Material de cobertura	m	y
Grafite flexível	2	2500
PTFE	2	2500
Micaflex	8	5900

As constantes do Apêndice O do ASME-PCC-1-2013 conforme detalhado no Capítulo 2 deste livro obtidos em testes de laboratório são:

- Tensão de mínima esmagamento de instalação ($S_{g_{min-S}}$): 8000 psi
- Tensão mínima de esmagamento da junta para operação ($S_{g_{min-O}}$): 3900 psi
- Tensão máxima de esmagamento da junta ($S_{g_{max}}$) = 70000 psi
- Fração de relaxamento da junta (ϕ_g): 0.90
- Rotação máxima permissível do flange ($\theta_{g_{max}}$): 1.1°

5. ACABAMENTO SUPERFICIAL

O acabamento recomendado da superfície de vedação dos flanges de equipamentos (trocadores de calor, etc) é de 1.6 μm a 2.0 μm R_a (63 μpol a 80 μpol R_a). Esta faixa é conhecida como “acabamento liso”.

6. DIMENSIONAMENTO

Ao dimensionar uma junta Camprofile, utilize as folgas e tolerâncias indicadas nas Tabelas 10.3 e 10.4.

Tabela 10.3
Folga entre a Junta e o Flange

Tipo de confinamento da junta	Diâmetro da junta	
	Interno	Externo
Flanges lingueta e ranhura	diâmetro interno da ranhura + 1.6mm	diâmetro externo da ranhura - 1.6mm
Juntas confinadas pelo diâmetro externo	diâmetro interno da flange + 3.2 mm	diâmetro externo flange - 1.6 mm
Juntas confinadas pelo diâmetro interno	diâmetro interno do flange + 1.6 mm	diâmetro externo do flange - 3.2 mm

Tabela 10.4
Tolerâncias de Fabricação

Diâmetro interno da junta	Tolerâncias (mm)	
	interno	externo
até 500 mm	+0.8 -0.0	+0.0 -0.8
de 500 a 1500 mm	+1.6 -0.0	+0.0 -1.6
maior que 1500 mm	+2.5 -0.0	+0.0 -2.5

7. FORMATOS

O Anexo 8.1 mostra os formatos mais comuns de juntas para trocadores de calor. As divisões são soldadas no anel externo da junta.

As larguras padrão da junta, dimensão “B”, são 10, 13, 16 e 20 mm. Outras larguras podem ser produzidas sob consulta.

A espessura padrão, dimensão “E” é de 4 ± 0.2 mm, sendo 3.2 mm para o núcleo metálico e 0.4mm para cada uma das duas camadas de cobertura. Outras espessuras de núcleo podem ser fabricadas sob consulta.

8. JUNTAS CAMPROFILE TIPO 946 PARA FLANGES ASME B16.5

A norma ASME B16.20 [31] apresenta as dimensões e tolerâncias para juntas aplicadas em flanges ASME B16.5 [46].

A Figura 10.4 mostra a forma construtiva mais comum, com uma área de vedação serrilhada com cobertura de Grafite Flexível (Graflex®) ou PTFE e anel de centralização.

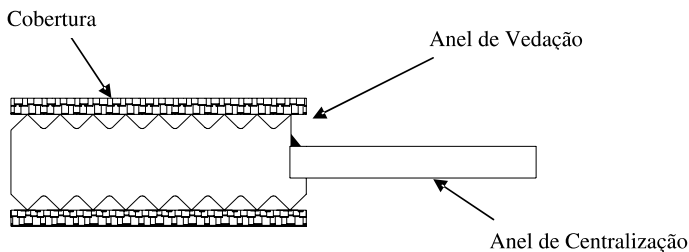


Figura 10.4

8.1 DIMENSÕES E TOLERÂNCIAS

Os diâmetros das juntas para flanges ASME B16.5 estão mostradas no Anexo 10.1. As demais dimensões estão na Tabela 10.5.

Tabela 10.5
Tolerâncias de Fabricação

Diâmetro interno da junta - in (mm)	Tolerâncias de Fabricação- in (mm)	
	Interno	Externo
até 20 (500)	+1/32, 0.0 (+0.8 -0.0)	+0.0, -1/32 (+0.0 -0.8)
de 20 (500) a 60 (1500)	+1/16, -0.0 (+1.6 -0.0)	+0.0, -1/16 (+0.0 -1.6)
maior que 60 (1500)	+3/32, -0.0 (+2.5 -0.0)	+0.0, -3/32 (+0.0 -2.5)

8.2 MARCAÇÃO

O anel de centralização é marcado com símbolos de, no mínimo, 0.100 pol de altura, constando as seguintes indicações:

- Identificação do fabricante (nome ou marca).
- Diâmetro nominal do flange.
- Classe de pressão.
- Código do material do anel de vedação.
- Código do material da cobertura.
- Código do material do anel de centralização.

A tabela com os códigos dos materiais está no Anexo 10.2

Anexo 10.1
Dimensões de Juntas Camprofile ASME B16.20 para flanges ASME B16.5

Diâmetro Nominal NPS	Anel de vedação		Diâmetro externo do anel externo D3(mm)						
			Classe de Pressão						
	Diâmetro interno D1(mm)	Diâmetro externo D2(mm)	150	300	400	600	900	1500	2500
1/2	23.1	33.3	47.8	54.1	54.1	54.1	63.5	63.5	69.9
3/4	28.7	39.6	57.2	66.8	66.8	66.8	69.9	69.9	76.2
1	36.6	47.5	66.8	73.2	73.2	73.2	79.5	79.5	85.9
1 1/4	44.5	60.2	76.2	82.6	82.6	82.6	88.9	88.9	104.9
1 1/2	52.3	69.9	85.9	95.6	95.3	95.3	98.6	98.6	117.6
2	69.9	88.9	104.9	111.3	111.3	111.3	143	143	146.1
2 1/2	82.6	101.6	124	130.3	130.3	130.3	165.1	165.1	168.4
3	98.3	123.7	136.7	149.4	149.4	149.4	168.4	174.8	196.9
4	123.7	153.9	174.8	181.1	177.8	193.8	206.5	209.6	235
5	150.9	182.6	196.9	215.9	212.9	241.3	247.7	254	279.4
6	177.8	212.6	222.3	251	247.7	266.7	289.1	282.7	317.5
8	228.6	266.7	279.4	308.1	304.8	320.8	358.9	352.6	387.4
10	282.7	320.8	339.9	362	358.9	400.1	435.1	435.1	476.3
12	339.6	377.7	409.7	422.4	419.1	457.2	498.6	520.7	549.4
14	371.6	409.7	450.9	485.9	482.6	492.3	520.7	577.9	
16	422,4	466.6	514.4	539.8	536.7	565.2	574.8	641.4	
18	479,3	530,1	549.4	596.9	593.9	612.9	638.3	704.9	
20	530,1	580.9	606.6	654.1	647.7	682.8	698.5	755.7	
24	631,7	682.5	717.6	774.7	768.4	790.7	838.2	901.7	

Tolerâncias:

D1	+ 0.8 -0.8
D2	+ 0.8 -0.8
D3	+ 0.8 -0.8

Anexo 10.2

Códigos dos materiais para Juntas Camprofile para flanges ASME B16.5

Material	Código
Anéis de Vedação e Centralização	
Aço Carbono	CRS
Aço Inox 304	304
Aço Inox 304 L	304 L
Aço Inox 309	309
Aço Inox 310	310
Aço Inox 316	316 L
Aço Inox 317 L	317 L
Aço Inox 347	347
Aço Inox 321	321
Aço Inox 430	430
Monel 400	MON
Niquel 200	NI
Titanio	TI
Hastelloy B	HAST B
Hastelloy C	HAST C
Inconel 600	INC 600
Inconel 625	INC 625
Inconel X-750	INX
Incoloy 800	IN 800
Incoloy 825	IN 825
Zirconio	ZIRC
Cobertura	
Graflex®	FG
PTFE	PTFE

JUNTAS PARA ISOLAMENTO ELÉTRICO

1. CORROSÃO ELETROQUÍMICA

Este é o tipo de corrosão mais frequentemente encontrado. Ocorre em temperatura ambiente. É o resultado da reação de um metal com água ou solução aquosa, na presença de sais, ácidos ou bases.

A Figura 11.1 ilustra uma corrosão Eletroquímica.

Como pode ser observado, existem duas reações, uma no anodo e outra no catodo. As reações anódicas são sempre oxidações e, portanto, tendem a dissolver o metal do ânodo, ou a combiná-lo em forma de óxido.

Os elétrons produzidos na região anódica participam da reação catódica. Estes elétrons fluem através do metal, formando uma corrente elétrica.

As reações catódicas são sempre de redução, e normalmente não afetam o metal do catodo, pois a maioria dos metais não pode mais ser reduzida.

A base da corrosão Eletroquímica é a existência de uma reação anódica onde o metal do anodo perde elétrons. A medida da tendência de um metal em perder elétrons, serve como critério básico para determinar a sua corrosividade.

Esta medida, expressa em volts, em relação a uma célula de hidrogênio gasoso, é encontrada nos manuais de corrosão.

Para o ferro, o valor é de 0.44 V, e para o zinco é de 0.76 V. Possuindo o zinco, potencial mais elevado, haverá uma corrente do zinco para o ferro (do potencial mais elevado para o mais baixo). O zinco, sendo anodo, é corroído.

Se, por exemplo, em lugar de zinco, na Figura 11.1 tivermos cobre, de potencial 0.34 V, haverá corrosão do ferro, que tem maior potencial.

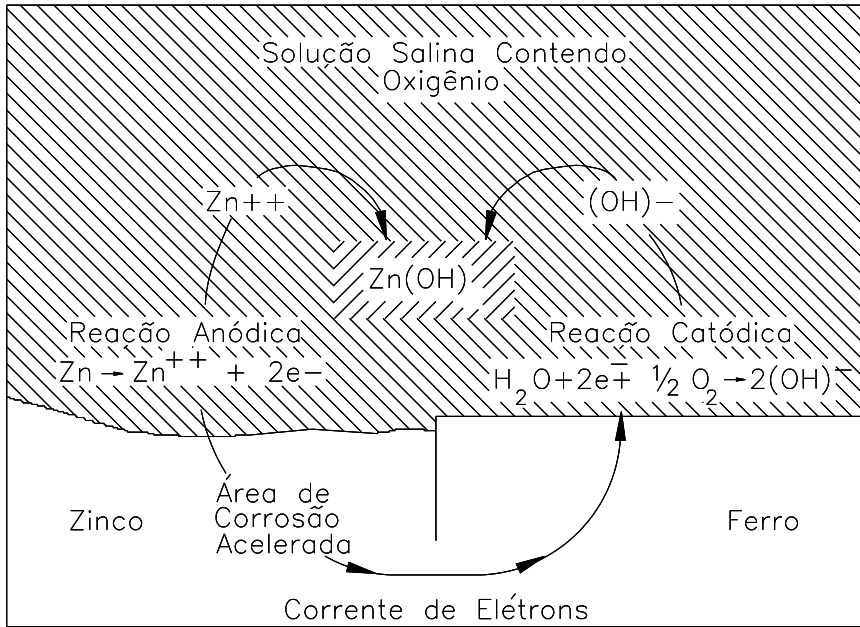


Figura 11.1

Deste modo, a relação entre os potenciais eletroquímicos dos metais em contato, é que vai determinar qual deles será corroído. O princípio é extensamente usado, e a “zincagem” de chapas de aço carbono é um dos exemplos mais comuns do uso controlado da corrosão Eletroquímica.

A Tabela 11.1 mostra a relação entre alguns metais e ligas.

Tabela 11.1
Série eletrolítica em água salgada

Anodo (base)	Magnésio
	Zinco
	Ferro fundido
	Aço Carbono
	Aço inox 304
	Cobre
	Aço inox 316
	Inconel
	Titânio
	Monel
Catodo (nobre)	Ouro
	Platina

2. PROTEÇÃO CATÓDICA

A proteção catódica consiste em usar controladamente o princípio da corrosão Eletroquímica, descrito anteriormente, para proteção de tubulações, tanques e outros equipamentos submersos.

O trecho da tubulação ou tanque a ser protegido, deve ser isolado eletricamente do restante do sistema. Assim, evita-se a passagem das correntes galvânicas para pontos não protegidos.

São também colocados anodos de zinco em quantidade suficiente para absorver a corrente galvânica. Estes anodos são consumidos no processo, e, periodicamente devem ser substituídos.

A Figura 11.2 ilustra uma tubulação submersa protegida por eletrodos de zinco, e isolada do restante do sistema.

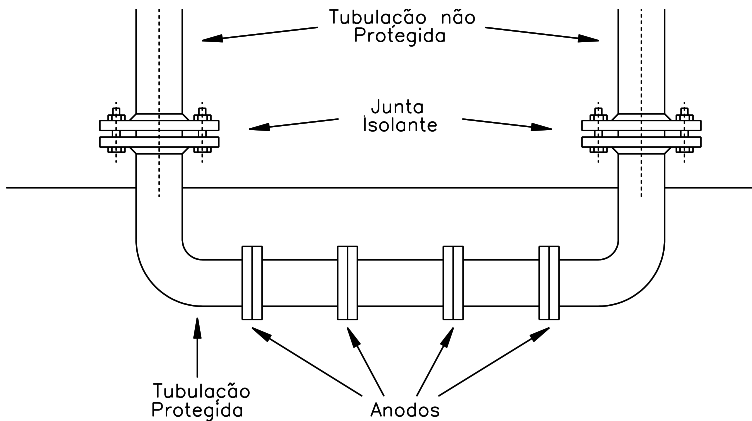


Figura 11.2

3. CONJUNTO DE ISOLAMENTO DE FLANGES

Conforme mostrado, para evitar que as correntes elétricas existentes no processo, provoquem corrosão em outras áreas, o trecho da tubulação protegido, deve ser eletricamente isolado do restante do sistema.

A Figura 11.3 mostra a vista explodida de um conjunto de isolamento de flanges.

O lado isolado não pode ter nenhuma parte metálica em contato com outras partes, formando, portanto, um sistema semelhante ao da Figura 11.1.

Os componentes de um conjunto de isolamento de flanges são:

- Junta isolante.
- Luvas isolantes.
- Arruelas isolantes.
- Arruelas metálicas.

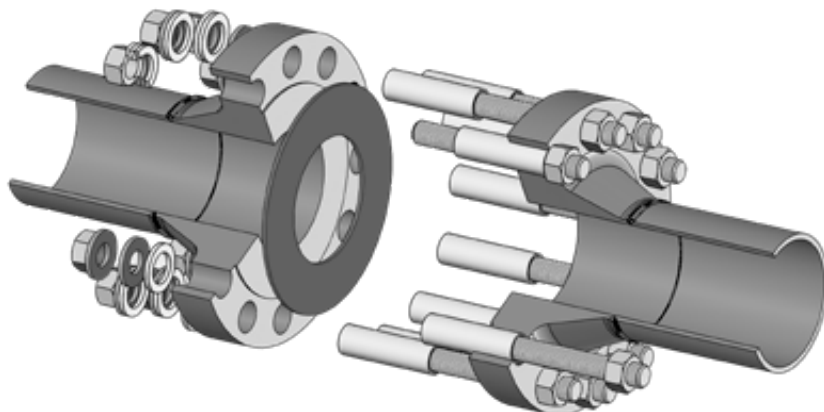


Figura 11.3

Tradicionalmente as juntas isolantes são fabricadas a partir de resina fenólica revestida com um elastômero ou usinadas como um anel Ring Joint. A resina fenólica, embora apresentando excelentes propriedades resistência elétrica, tem baixa resistência mecânica, ocasionando falhas na aplicação com vazamentos, algumas vezes catastróficos.

Para aplicações em flanges classes 150 e 300 são empregadas juntas fabricadas com resina fenólica revestida com Neoprene. A Figura 11.4 mostra uma junta deste tipo que apresentou falha por “blow-out” em teste. Como pode ser observado houve uma separação do elastômero e do núcleo de resina fenólica.

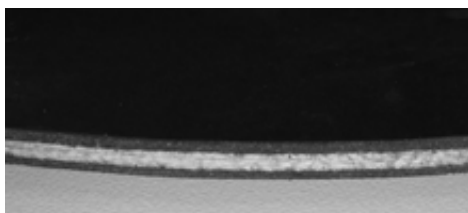


Figura 11.4

Para flanges de classes de pressão acima de 300 são frequentemente especificadas juntas tipo Ring Joint de resina fenólica usinadas. Por serem flanges para alta pressão o aperto é elevado superando, em muitas vezes, o máximo suportado pela resina fenólica, resultando em quebra e consequente falha da junta, como mostrado na Figura 11.5.

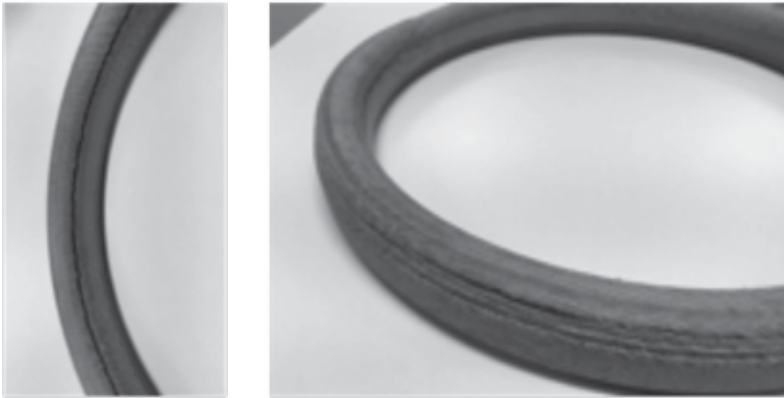


Figura 11.5

Para sanar estes problemas com a juntas tradicionais a Teadit desenvolveu a juntas Electron® específicas para isolamento elétrico de tubulações. Como mostrado a seguir, são diferentes tipos, que devem ser selecionados de acordo com as necessidades da aplicação.

4. JUNTAS ISOLANTES TIPO ELECTRON GS

Electron® GS é uma junta isolante elétrica e de vedação desenvolvida a partir de papelão hidráulico com ligante NBR, fibra aramida e cargas especiais. A Junta Electron® GS foi projetada para atender aos requisitos de selabilidade e isolamento elétrico em aplicações com baixa exigência, como tubulações de água (do mar e residuais) e hidrocarbonetos líquidos com baixa agressividade química em geral. Electron® GS apresenta performance superior e mais confiável que as juntas fabricadas a partir de resina fenólica, frequentemente usadas nestas aplicações.

Dados Técnicos	
Flanges Tipo/Classe	FF e RF ASME 150 e 300#
Resistência elétrica	> 100 MΩ (1500 Vcc)
Rigidez dielétrica	3 kV (60 Hz Vca por 1 minuto)
Limite de esmagamento	140 MPa (20000 psi)
Temperatura máxima	150 °C (302 °F)

Selabilidade	
Norma	DIN 3535-4
Vazamento	1.37E-03 mbar.l/s

Fatores de aperto	
m	3.2
y	3000 psi

O conjunto é fornecido com a junta, luvas e arruelas isolantes em resina epoxy reforçada com tecido de fibra de vidro (G-10) e arruelas metálicas. Em testes de laboratório foi determinado que a instalação da conjunto deve ser como mostrado na Figura 11.6.

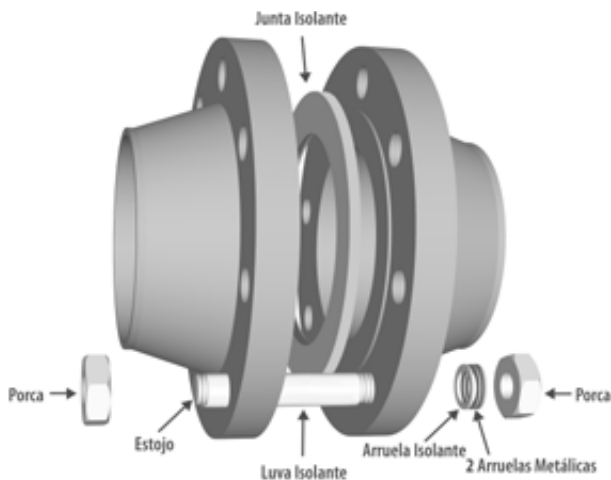


Figura 11.6.

5. JUNTAS ISOLANTES TIPO ELECTRON CS

Electron[®] CS é uma junta isolante elétrica e de vedação desenvolvida a partir de PTFE restruturado, Tealon[®]. A junta Electron[®] CS foi projetada para atender aos requisitos de selabilidade e de isolamento elétrico em ambientes de maior agressividade química. O conjunto é recomendado para tubulações de água (potável, do mar, residuais e produzida), gases, ácidos e hidrocarbonetos em geral. Electron[®] CS apresenta performance superior e mais confiável que as juntas feitas a partir de resina fenólica, frequentemente recomendadas nesses processos.

Dados Técnicos	
Flanges Tipo/Classe	FF e RF ASME 150 e 300#
Resistência elétrica	> 100 MΩ (1500 Vcc)
Rigidez dielétrica	4 kV (60 Hz Vca por 1 minuto)
Limite de esmagamento	180 MPa (26000 psi)
Temperatura máxima	180°C (356 °F)

Selabilidade	
Norma	DIN 3535-4
Vazamento	4.11E-05 mbar.l/s

Fatores de aperto	
m	2
y	1500 psi

O conjunto é fornecido com a junta, luvas e arruelas isolantes em resina epoxy reforçada com tecido de fibra de vidro (G-10) e arruelas metálicas. Em testes de laboratório foi determinado que a instalação da conjunto deve ser como mostrado na Figura 11.6.

6. JUNTAS ISOLANTES TIPO ELECTRON SCS

Electron® SCS é uma junta isolante elétrica e de vedação composta por uma base metálica em aço inoxidável 316 revestida em ambos os lados com PTFE reestruturado, Tealon® (Figura 11.7). A junta Electron® SCS foi projetada para atender aos mais exigentes requisitos técnicos, mesmo quando submetida a condições extremas de pressão ou exposição a fluidos quimicamente agressivos. É recomendada para tubulações de água (do mar, residuais e produzida), gases, ácidos e hidrocarbonetos em geral.

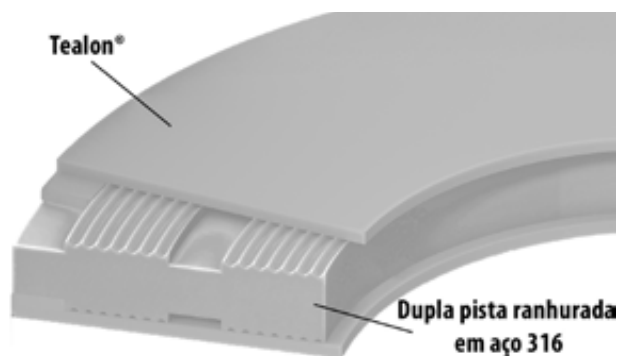


Figura 11.7

Dados Técnicos	
Flanges Tipo/Classe	RF e RTJ ASME 150-2500# e API 6A 2-10K
Resistência elétrica	> 100 MΩ (1500 Vcc)
Rigidez dielétrica	4 kV (60 Hz Vca por 1 minuto)
Absorção de água	< 0.1 %
Limite de esmagamento	350 MPa (50000 psi)
Temperatura máxima	200 °C (392 °F)

Selabilidade	
Norma	DIN 3535-4
Vazamento	1.83E-08 mbar.l/s

Fatores de aperto	
m	2
y	2500 psi

O conjunto é fornecido com a junta, luvas e arruelas isolantes em resina epoxy reforçada com tecido de fibra de vidro (G-10) e arruelas metálicas. Em testes de laboratório foi determinado que a instalação da conjunto deve ser como mostrado na Figura 11.8.

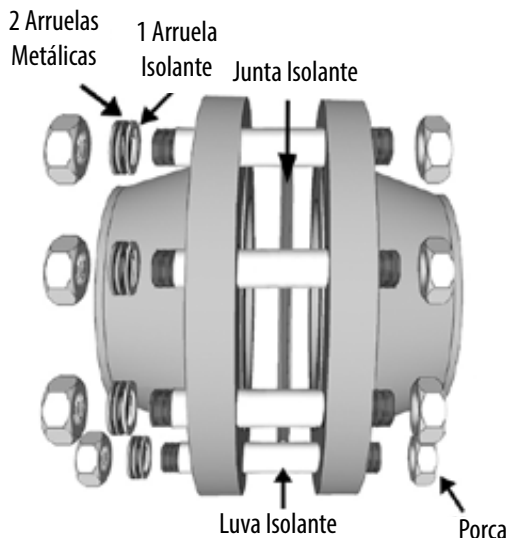


Figura 11.8

7. JUNTAS ISOLANTES TIPO ELECTRON FSS

Electron® FSS SCS é uma junta isolante elétrica e de vedação com propriedade “Fire-Safe, composta por uma base metálica em aço inoxidável 316 revestida em ambos os lados com PTFE reestruturado, Tealon® e laminado de mica TerMica (Figura 11.09). A sua construção robusta assegura vedação, isolamento e resistência a incêndios (Fire Safe) em tubulações de processos, plataformas de produção de petróleo e oleodutos. A junta Electron é produzida de acordo com a patente número US 9890859 B2 [66].

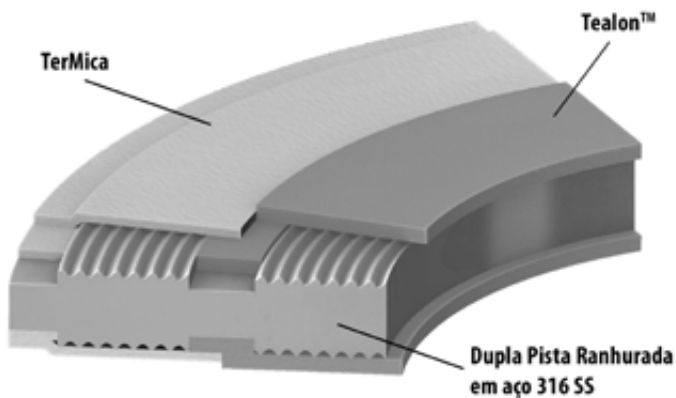


Figura 11.09

A Junta Electron FSS é projetada para atender aplicações críticas mesmo sob os mais severos requisitos de pressão e resistência química. É indicada para tubulações que requerem isolamento elétrico em linhas com a água do mar ou produzida, produtos químicos, hidrocarbonetos e aplicações que exigem resistência a incêndios.

Certificação Fire Safe: a junta Electron FSS atende a especificação da norma API 6FB não apresentando nenhum vazamento em todo o procedimento de teste.

Dados Técnicos	
Flanges Tipo/Classe	RF e RTJ ASME 150-2500# e API 6A 2-10K
Resistência elétrica	> 100 MΩ (1500 Vcc)
Rigidez dielétrica	5 kV (60 Hz Vca por 1 minuto)
Absorção de água	< 0.1 %
Limite de esmagamento	350 MPa (50000 psi)
Temperatura máxima	260 °C (500 °F)

Selabilidade	
Norma	EN13555
Vazamento	< 1.00E-05 mg/m/s

Fatores de aperto	
m	2
y	2500 psi

O conjunto é fornecido com a junta, luvas isolantes em resina epoxy reforçada com tecido de fibra de vidro (G-10), arruelas isolantes em TerMica e arruelas metálicas. Em testes de laboratório foi determinado que a instalação da conjunto deve ser como mostrado na Figura 11.10.

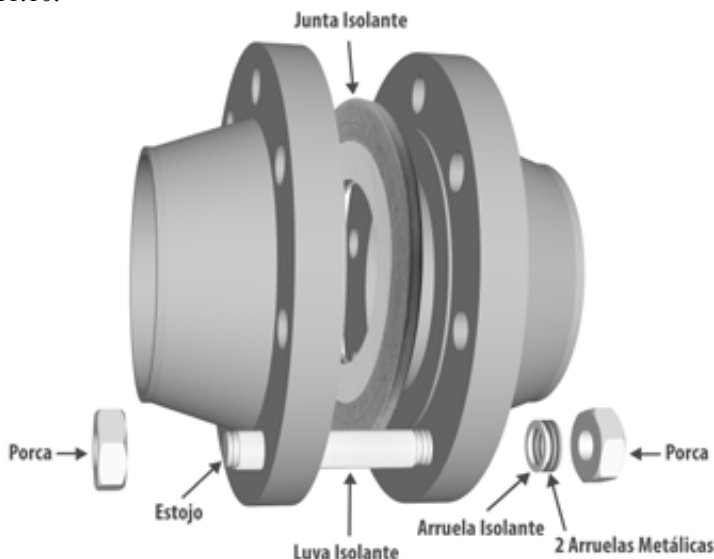


Figura 11.10

CAPÍTULO

12

INSTALAÇÃO

1. A IMPORTÂNCIA DA INSTALAÇÃO

Um dos pontos mais importantes para o bom desempenho de uma união flangeada é uma instalação correta. Por melhor e mais bem especificada que tenha sido a junta se os procedimentos de montagem não forem seguidos, existe uma grande probabilidade de vazamentos. Na prática verificamos que a grande maioria dos vazamentos ocorre por erros na instalação. Fundamentos básicos tais como a falta de lubrificantes, aperto excessivo ou insuficiente e junta não centralizada no flange são a maior causa de vazamentos.

Por esta razão o ASME PCC-1-2013 - Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly foi emitida com o objetivo de orientar a instalação de juntas de tubulações e vasos de pressão. Esta norma, na sua mais recente edição, inclui detalhados procedimentos para treinamento e qualificação de montadores de juntas.

O Grupo Teadit oferece aos seus clientes assessoria de especificação, cálculo do aperto e supervisão de instalação.

2. PARAFUSOS E ESTOJOS

Os parafusos ou estojos usados em flanges de tubulações e equipamentos são de aço liga e o material deve ser selecionado de acordo com as condições operacionais. A seleção destes materiais não está no escopo deste livro.

Na maioria das aplicações o material dos parafusos é o ASTM A193 B7 [42] que oferece elevadas tensões de escoamento e ruptura. A Figura 12.1 mostra o gráfico típico da força de aperto para parafusos em função do ângulo de rotação da porca. A faixa de aperto normal é entre 40% e 70% do limite de escoamento. Em situações especiais e com controle rigoroso é possível até atingir valores próximos do limite de escoamento. Apertos com valores abaixo de 40% não alongam o bastante para haver uma margem para o relaxamento, nesta situação há o risco da junta ficar sem aperto suficiente para assegurar uma vedação adequada.

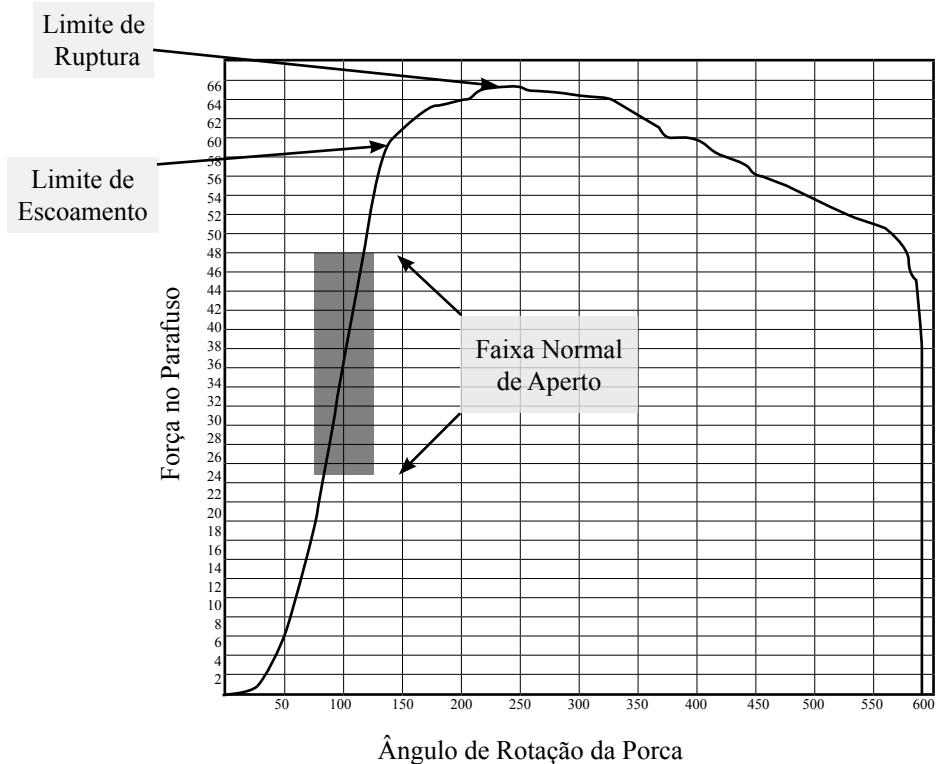


Figura 12.1

As áreas resistivas dos estojos imperiais estão na Tabela 12.1 e métricos na Tabela 12.2.

Tabela 12.1
Estojo Imperiais

Dimensão	Fios por polegada	Área da raiz (pol²)	Área de tensão (pol²)
1/2	13	0.1257	0.1419
5/8	11	0.2017	0.2260
3/4	10	0.3019	0.3345
7/8	9	0.4192	0.4617
1	8	0.5509	0.6057
1 1/8	8	0.7276	0.7905
1 1/4	8	0.9289	0.9997
1 3/8	8	1.155	1.234
1 1/2	8	1.405	1.492
1 5/8	8	1.680	1.775
1 3/4	8	1.979	2.082
1 7/8	8	2.303	2.414
2	8	2.652	2.771
2 1/4	8	3.422	3.557
2 1/2	8	4.291	4.442
2 3/4	8	5.258	5.425
3	8	6.324	6.506
3 1/4	8	7.487	7.686
3 1/2	8	8.748	8.963
3 3/4	8	10.11	10.34
4	8	11.57	11.81

Tabela 12.2
Estojo Métricos

Dimensão	Área da raiz (mm²)	Área de tensão (mm²)
M14-2	102.1	115.4
M16-2	141.0	156.7
M20-2.5	220.4	244.8
M24-3	317.3	352.5
M27-3	419.1	459.4
M30-3	535.0	580.4
M33-3	665.1	715.6
M36-3	809.3	864.9
M39-3	976.6	1 028
M42-3	1 140	1 206
M45-3	1 327	1 398
M48-3	1 527	1 604
M52-3	1 817	1 900
M56-3	2 132	2 222
M64-3	2 837	2 940
M70-3	3 432	3 545
M76-3	4 083	4 207
M82-3	4 791	4 925
M90-3	5 822	5 970
M95-3	6 518	6 674
M100-3	7 253	7 418

3. PORCAS

Da mesma forma que os estojos, as porcas devem ser de material adequado às condições operacionais. O material mais usado para porcas é o ASTM A194 2H [43].

4. ARRUELAS

Se o aperto for realizado com torquímetro é recomendável o uso de arruelas temperadas para reduzir o atrito entre a porca e a superfície do flange. O gráfico da Figura 12.1 mostra a redução da força de atrito quando não são usadas arruelas ou quando elas são de aço não temperado. O material mais usado para arruelas é o ASTM F436 [61].

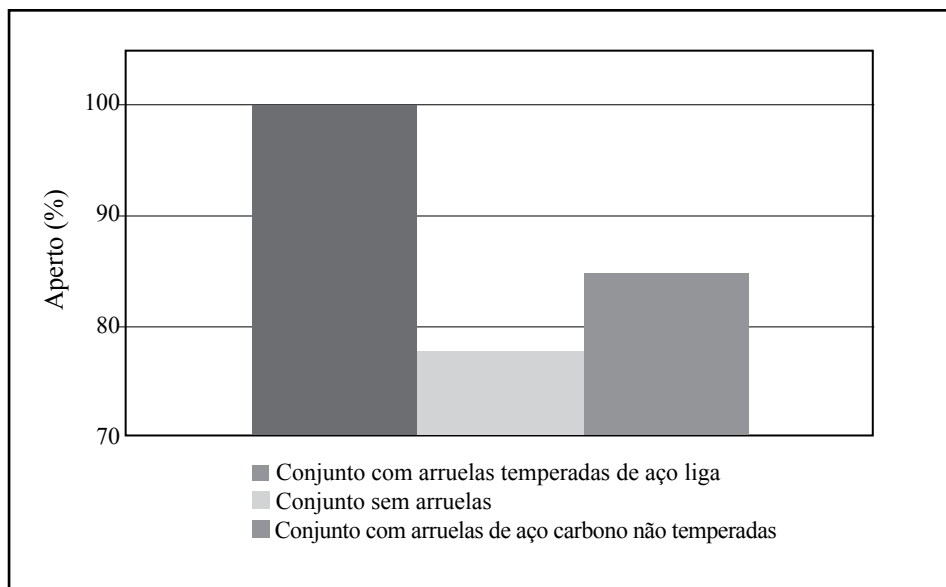


Figura 12.2

5. ATRITO E LUBRIFICANTES

5.1. FATOR DE ATRITO

A força de atrito é a principal responsável pela manutenção da força de aperto de um parafuso. Imaginando um fio de rosca “desenrolado”, podemos representá-lo por um plano inclinado. Ao se aplicar um torque de aperto, o efeito produzido é semelhante ao de empurrar um corpo sobre um plano inclinado, sujeito às forças mostradas na Figura 12.3.

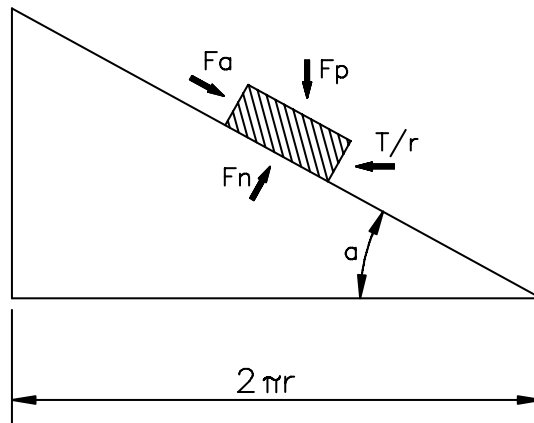


Figura 12.3

Onde:

- a = ângulo de inclinação da rosca.
- d = diâmetro do parafuso.
- r = raio do parafuso.
- F_p = força de aperto do parafuso.
- F_a = força de atrito.
- F_n = força normal à rosca.
- k = fator de aperto na rosca
- T = torque aplicado ao parafuso.
- u = coeficiente de atrito.

A força de atrito é

$$F_a = uF_n = uF_p \cos a \quad (\text{equação 12.1})$$

Fazendo o equilíbrio das forças atuantes no sentido paralelo ao plano inclinado, temos:

$$(T/r) \cos a = F_a + F_p \sin a = uF_n + F_p \sin a \quad (\text{equação 12.2})$$

no sentido perpendicular ao plano inclinado, temos:

$$F_n = F_p \cos a + (T/r) \sin a \quad (\text{equação 12.3})$$

Sendo o ângulo da rosca muito pequeno, para facilidade de cálculo, desprezamos a parcela $(T/r) \operatorname{sen} a$ na equação 12.3 Substituindo o valor de F_n na equação 12.2, temos:

$$(T/r) \cos a = u F_p \cos a + F_p \operatorname{sen} a \quad (\text{equação 12.4})$$

calculando o valor de T , temos:

$$T = F_p r (u + \operatorname{tg} a) \quad (\text{equação 12.5})$$

Como o coeficiente de atrito é constante para uma determinada condição de lubrificação, como $\operatorname{tg} a$ também é constante para cada rosca e substituindo r por d , temos:

$$T = k F_p d \quad (\text{equação 12.6})$$

onde k é um fator determinado experimentalmente.

5.2. VALOR DO FATOR DE APERTO k

Estudos mostram que o Fator de Aperto k pode apresentar grandes variações dependendo do tipo de lubrificante, estado dos parafusos ou estojos e arruelas. O Gráfico da Figura 12.4 mostra a redução da força exercida pelo parafuso em função do tipo de lubrificante e o valor do Fator de Aperto k correspondente. Como pode ser visto há uma perda de até 80% do torque aplicado quando são usados parafusos corroídos e sem lubrificação.

A norma ASME PCC-1-2013, Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly recomenda o valor de $k = 0.20$ para parafusos de aço liga lubrificadas e de 0.15 para parafusos revestidos com PTFE.

Para parafusos de aço liga, novos e instalados com lubrificante à base de Molibdênio o Fator de Aperto k é igual a 0.15.

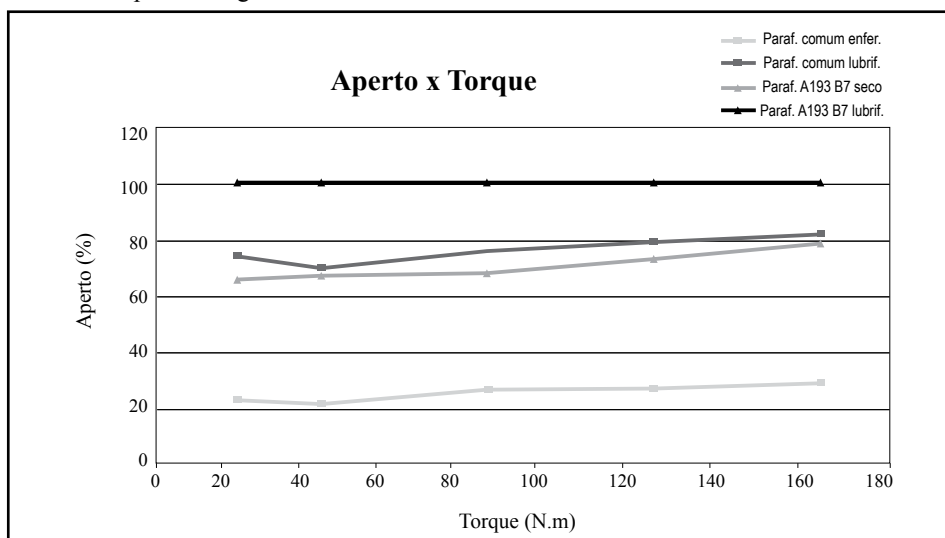


Figura 12.4

6. FERRAMENTAS PARA APLICAÇÃO DO APERTO

O método mais preciso de obter-se a tensão nos parafusos, é medindo o seu alongamento. Na prática, entretanto, este procedimento é oneroso e de difícil execução. A tendência atual é usar chaves de torque, dispositivos de tensionamento ou ferramentas hidráulicas. O aperto usando ferramentas manuais, sem controle do torque aplicado, só deve ser usado em casos de pouca responsabilidade.

A escolha da ferramenta e a sua aplicação depende de várias condições, cada ferramenta apresenta vantagens e desvantagens, que devem ser analisadas conforme as situações particulares de cada caso.

Entre as diversas alternativas para aplicação do aperto de forma controlada as mais comuns são:

- **torquímetro manual com visor analógico ou digital:** usados para parafusos de pequeno diâmetro. Devido a sua facilidade de manuseio e precisão é muito prático e rápido.

- **torquímetro hidráulico:** é sem dúvida a forma mais usada para parafusos e apertos maiores. Exige operador treinado para a sua operação, que é mais lenta que o torque manual. A Figura 12.5 mostra um torquímetro hidráulico de fabricação Hytorc Corp.



Figura 12.5

- **torquímetros pneumáticos:** de desenvolvimento recente são mais rápidos que os torquímetros hidráulicos. Os torquímetros pneumáticos não devem ser confundidos com parafusadeiras pneumáticas, que não possuem a precisão necessária para aplicação de aperto em juntas. A Figura 12.6 mostra um torquimero pneumático de fabricação Hytorc Corp.



Figura 12.6

• **tensionador hidráulico:** equipamento que permite a aplicação do aperto, tensionando sem girar a porca e eliminando, desta forma, a incerteza provocada pelo atrito. O parafuso ou estojo é esticado e a porca apertada sem esforço. Entretanto, quando usados em pares ou um parafuso de cada vez, a interação elástica reduz a precisão do aperto aplicado. Para o seu uso é necessário preparo especial dos estojos ou parafusos. Sua operação é mais lenta e complexa que os torquímetros. A Figura 12.7 mostra um tensionador hidráulico.



Figura 12.7

Os torquímetros e tensionadores hidráulicos podem ser usados quando é necessário o aperto simultâneo de vários ou mesmo todos os parafusos, o chamado “fechamento paralelo”. Várias ferramentas são instaladas com a alimentação hidráulica simultânea de modo que, ao ser acionada, a bomba alimenta todas as ferramentas com a mesma pressão aplicando, desta forma, o mesmo aperto nos parafusos onde estão instaladas. Devem ser aplicadas no mínimo duas ferramentas conforme mostrado na Figura 12.8.



Figura 12.8

A Figura 12.9 mostra o uso de quatro ferramentas hidráulicas Hytorc simultâneas. A numeração dos parafusos no flange de 24 parafusos mostra que são necessários apenas 6 passes para cada volta completa no flange. Quando esta técnica é usada há uma grande redução no tempo de instalação. Além desta vantagem, o aperto em paralelo do flange evita empenamentos e esmagamento irregular da junta.



Figura 12.9

7. CÁLCULO DO TORQUE DE APERTO DOS ESTOJOS

Para calcular o torque de instalação da junta devemos inicialmente determinar os valores das forças de aperto conforme mostrado anteriormente. Considerando o exemplo da Seção 9 do Capítulo 2, temos:

-Tensão de instalação dos estojos: $Sb_{sel} = 63\ 450$ psi

-Diâmetro dos estojos $1\ \frac{1}{8}$ polegadas

Na tabela 12.1 determinamos a área de raiz do estojo:

$$A_b = 0.7276\ \text{pol}^2$$

A Força do aperto do estojo é

$$F_p = A_b \times Sb_{sel} = 0.7276 \times 63\ 450$$

$$F_p = 46\ 166\ \text{lbf} = 20\ 940\ \text{kgf}$$

O valor de F_p acima é usado para ajustar a força quando o aperto for por tensionador hidráulico ou para calcular o torque.

Pela equação 12.5 temos:

$$T = k F_p d$$

onde

T = torque aplicado

k = fator de aperto

F_p = força no parafuso

d = diâmetro do parafuso

Considerando o valor de $k = 0.20$ e o diâmetro dos estojos do exemplo da Seção 9 do Capítulo 2, temos

$$T = 0.2 \times 20\,940 \times (1.125 \times 0.0254)$$

$$T = 120 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

Este é o valor a ser ajustado no torquímetro.

Para flanges normalizados recomenda-se o uso de tabelas conforme mostrado nos Anexos 12.1 à 12.4. Não é recomendável usar fórmulas de cálculo do Capítulo 2 para estes flanges.

8. PLANICIDADE E DEFEITOS DA SUPERFÍCIE DE VEDAÇÃO DO FLANGE

A tolerância de planicidade da superfície de vedação do flange depende da capacidade da junta em absorver as irregularidades. O PCC-1-2013 dividiu as juntas em dois grupos:

- **Juntas Suave (Soft):**

São aquelas com maior capacidade de moldabilidade à superfície do flange. Ou seja, uma junta com maior capacidade de compensar as imperfeições dos flanges.

Produtos: Juntas Espirais Metalflex® e Juntas cortadas de Graflex®, Tealon, Teadit® PL100, Papelões Hidráulicos ou Juntas não Metálicas com espessura maior que 1,6 mm.

- **Juntas Rígidas (Hard):**

São aquelas com menor capacidade de moldabilidade à superfície do flange. Ou seja, uma junta com menor capacidade de compensar as imperfeições dos flanges.

Produtos: Camprofile®, Metalbest® 923 e 927, Ring Joints e Papelões Hidráulicos ou Juntas não Metálicas com espessura menor que 1,6 mm.

Tabela 12.3

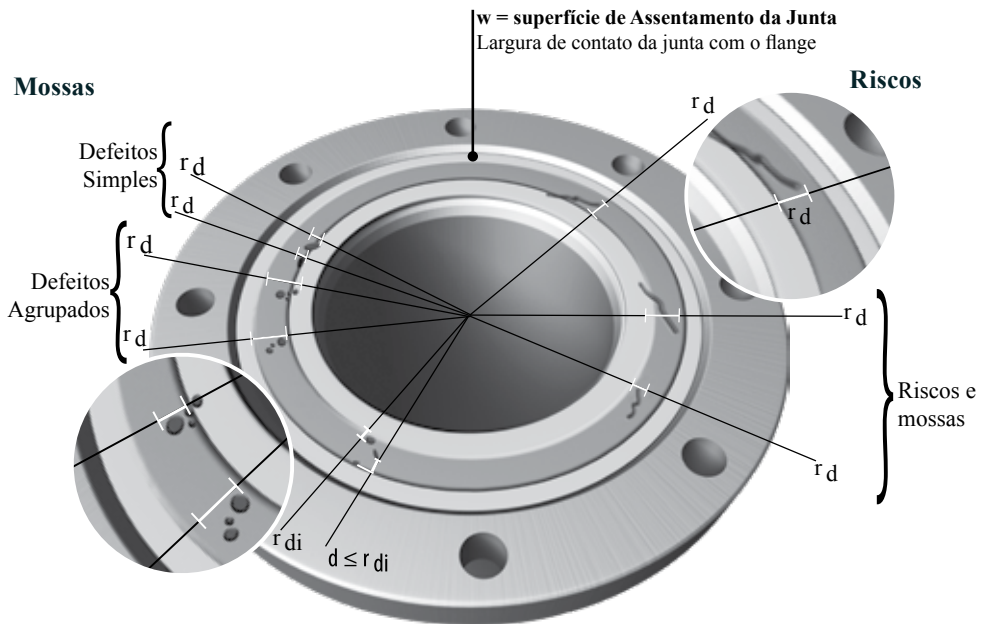
Tolerância de Planicidade na Face de Assentamento do Flange - T		
Medida	Junta Rígida	Junta Suave
Varição circunferencial aceitável na superfície de assentamento do flange.	$T < 0.15\text{mm}$	$T < 0.25\text{mm}$
Varição radial aceitável na superfície de assentamento do flange.	$T < 0.15\text{mm}$	$T < 0.25\text{mm}$

8.1 PLANICIDADE

A tolerância de planicidade estabelecida pelo PCC-1-2013 está indicado na Tabela 12.3

8.2 PROFUNDIDADE DE DEFEITOS ADMISSÍVEIS NA SUPERFÍCIE DE VEDAÇÃO DO FLANGE

Os defeitos admissíveis na superfície de vedação do flange estão mostrados na figura 12.10.



d = medição radial entre os defeitos.

r_d = distância radial projetada ao longo da superfície de assentamento.

Figura 12.10

Tabela 12.4

Largura da Superfície de Vedação x Profundidade de Defeitos Admissíveis		
Medida	Junta Rígida	Junta Suave
$rd < w/4$	< 0.76 mm	< 1.27 mm
$w/4 < rd < w/2$	< 0.25 mm	< 0.76 mm
$w/2 < rd < 3w/4$	não permitido	< 0.13 mm
$rd > 3w/4$	não permitido	não permitido

8.2 ALINHAMENTO DOS FLANGES

Os flanges devem estar alinhados conforme mostrado nas figuras 12.11 a 12.14.

- **Centralização**

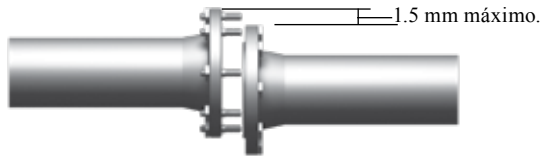


Figura 12.11

- **Paralelismo**

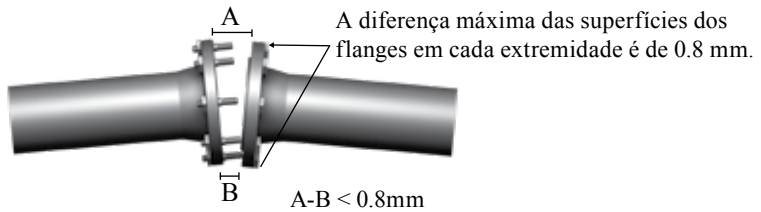


Figura 12.12

- **Distância entre os flanges**



Figura 12.13

- **Alinhamento dos furos**

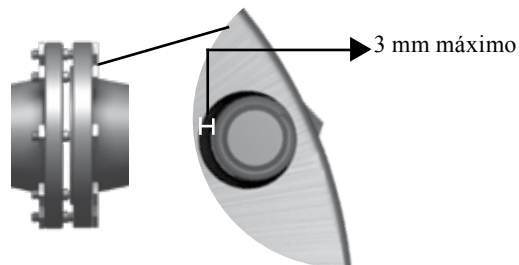


Figura 12.14

Os flanges devem estar com os furos alinhados circunferencialmente de forma que os estojos possam ser inseridos. O desalinhamento circunferencial máximo permitido é de 3 mm.

9. PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO

9.1 INSTALAÇÃO DE JUNTAS

1. Assegurar de que a junta é do tamanho e material especificado para a aplicação e compatível com o acabamento superficial do flange.
2. Examinar a junta para certificar-se que ela seja nova e isenta de defeitos.
3. Inserir cuidadosamente a junta entre os flanges.
4. Certificar que a junta esteja centralizada entre os flanges.
5. Não utilizar cola ou outros agentes de fixação na junta ou na face dos flanges, que não sejam os especificados pela TEADIT. Caso seja extremamente necessário recomendamos o uso do spray adesivo 3M Super 77. Para juntas “Não Metálicas” essa aplicação deverá ser feita somente em um dos lados da junta e utilizando o mínimo de adesivo possível.
6. Aproximar os flanges, assegurando-se de que a junta não seja mordida ou danificada.

9.2 LUBRIFICAÇÃO

1. Utilizar apenas lubrificante compatível com a aplicação e de fator de aperto (k) conhecido. Este fator deve ser usado no cálculo do aperto conforme Seção 7 desde capítulo.
2. Aplicar lubrificante em abundância uniformemente na rosca e nas superfícies de aperto dos parafusos, porcas e arruelas.
3. Assegurar de que o lubrificante não contamine a junta ou a superfície de contato do flange.
4. Existem aplicações especiais que em virtude do processo não é possível o uso do lubrificante. Para estes casos o fator de aperto (k) deve ser determinado em testes com estojos e porcas do mesmo material e dimensão da aplicação.

9.3 NUMERAÇÃO E INSTALAÇÃO DOS ESTOJOS

Para facilitar a instalação e evitar erros recomenda-se que os estojos sejam numerados seguindo a sequência de aperto. O aperto em sequência cruzada também chamado de aperto em Estrela ou Clássico é o mais conhecido e aplicado método de instalação de juntas. No Anexo 12.5 está mostrado exemplo deste método para 24 estojos usando uma ferramenta de aplicação do torque. No Anexo 12.6 o mesmo exemplo com aperto simultâneo usando duas ferramentas.

O método clássico apesar de oferecer bons resultados requer um grande esforço e tempo nos flanges de grandes dimensões. Diversos estudos tem sido realizados para melhorar a eficiência da instalação sem prejudicar a qualidade do aperto.

O estudo mais completo foi realizado no Japão e que resultou na norma Bolt Tightening Procedure for Pressure Boundary Flanged Joint Assembly, JSA JIS B2251, 2008 [45]. A Teadit tem empregado com sucesso este método que no PCC-1-2013 é chamado de Alternative Assembly Pattern 3. Neste Sistema são usados 4 ou 8 parafusos para fazer o aperto inicial reduzindo consideravelmente o tempo de instalação sem detrimento da qualidade.

Os Anexos 12.7 e 12.8 mostram exemplos desde método com uma e duas ferramentas. Nos flanges com menos de 12 estojos o método Clássico deve ser usado. PCC-1-2013 também sugere outros métodos e metodologia para desenvolvimento de sequências de aperto mais adequadas para situações específicas.

1. Numerar os estojos ou furos dos flanges com “marca tudo” seguindo a sequência do método de aperto escolhido.
 2. Instalar cada um dos parafusos ou estojos com suas respectivas porcas e arruelas, e com a mão aperte as porcas em sequência cruzada. No caso de não se conseguir obter o paralelismo entre as faces dos flanges, pode-se utilizar uma ferramenta manual para o aperto, até que todo redor da junta encoste levemente na face do flange. Todos os estojos devem ultrapassar obrigatoriamente as porcas em pelo menos dois fios de rosca
- Importante: A força máxima para esta operação não deve exceder 10% do aperto final.

Observação: As arruelas devem ser temperadas para reduzir o atrito com as porcas durante o aperto. A dureza das arruelas devem estar ente 38 a 45 HRC.

3. Aplicar o torque ou tensionamento de acordo com a sequência do método escolhido.
4. Regular a ferramenta para obtenção do torque correspondente desejado em cada passo do aperto.
5. Sempre apertar as porcas em múltiplos passos:

Importante: Após cada passo, medir em 4 pontos diagonais a distância entre as faces dos flanges de modo a garantir que estejam sempre paralelos.

10. REAPERTO NA PARTIDA

O reaperto na partida do sistema é recomendado para evitar vazamento em operação com juntas problemáticas, especialmente em trocadores de calor que operam com ciclo térmico. O ASME PCC-1-2013 sugere um procedimento para efetuar o retorque na partida quando a temperatura dos flanges ou estojos estiver entre 150°C e 230°C ou dentro de 24hs da partida da unidade quando a temperatura de processo for menor do que 150°C.

O reaperto na partida não é o mesmo que o reaperto a quente ou o reaperto em operação que são descritos no ASME PCC-2 Repair of Pressure Equipment and Piping [47].

11. DISPERSÃO DO APERTO

Ao apertarmos um parafuso isoladamente os demais que estão em sua volta tem o seu aperto reduzido, é a dispersão do aperto (“*bolt scatter*” em inglês). Na Figura 12.15 podemos ver que ao apertar o parafuso B as forças atuantes nos seus vizinhos A e C são reduzidas, sendo necessário reapertá-los.

Para reduzir a dispersão é necessário que o 5º passo do procedimento de instalação seja realizada. Muitos instaladores na pressa de concluir o trabalho param no 4º passo ficando vários parafusos com aperto insuficiente para proporcionar uma vedação satisfatória.

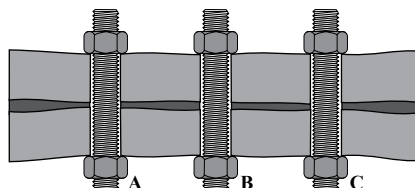


Figura 12.15

12. CAUSAS DE VAZAMENTOS

Uma das formas mais eficientes de determinação das causas de um vazamento é uma cuidadosa análise da junta que estava instalada. A seguir, estão mostrados alguns exemplos de falhas obtidos em aplicações no campo e suas causas.

12.1. APERTO INSUFICIENTE

O aperto insuficiente para esmagar a junta é uma das maiores causas de vazamentos ou falha catastrófica de uma junta. As Figuras 12.16 e 12.17 são típicas de aperto insuficiente. As causas podem ser: torque aplicado sem controle, falta de lubrificação ou o uso de parafusos inadequados.



Figura 12.16



Figura 12.17

O exemplo da Figura 12.18 ilustra um problema frequente, no projeto da tubulação ou equipamento não é previsto espaço suficiente para a entrada da ferramenta para fazer o aperto adequado da junta. Neste caso, ocorrido durante teste hidrostático de uma junta de expansão, não foi possível apertar corretamente os estojos na região da dobradiça causando o “blow-out” do revestimento de Graflex de uma junta tipo 927.



Figura 12.18

12.2. APERTO EXCESSIVO

O aperto excessivo também pode ser uma grande fonte de vazamentos. Os flanges de pequeno diâmetro ou alta pressão podem exercer elevadas forças de esmagamento quando são instalados sem controle. A Figura 12.19 mostra uma junta de Papelão Hidráulico danificada por aperto excessivo.



Figura 12.19

12.3. ATAQUE QUÍMICO

O material da junta deve ser quimicamente compatível com o fluido vedado. A Figura 12.20 mostra uma junta que foi deteriorada pelo ataque químico do fluido.



Figura 12.20

12.4. OXIDAÇÃO DO GRAFITE FLEXÍVEL

O Grafite Flexível (Graflex®) pode sofrer oxidação em alta temperatura quando em contato com qualquer meio que contenha oxigênio, inclusive o ar. A Figura 12.21 mostra uma junta Metalflex que cujo enchimento de Graflex foi totalmente oxidado restando apenas as espiras em aço inoxidável. Para evitar este problema, pode-se usar inibidores de oxidação (Graflex® HT) ou alguma forma de impedir o contato do grafite com o oxigênio.



Figura 12.21

12.5. DESCENTRALIZAÇÃO

Especialmente com juntas não-metálicas é necessário cuidado ao instalar a junta centralizada no flange. A Figura 12.22 mostra um pedaço de uma junta que sofreu falha catastrófica por erro na instalação. Pode ser claramente observado que as ranhuras do flange não estão concêntricas com a junta.

Figura 12.22



12.6. ACABAMENTO INADEQUADO

Conforme mostrado no Capítulo 2, existe um acabamento adequado para cada tipo de junta. A Figura 12.23 mostra uma junta que falhou em uma linha de vapor. Pode ser claramente observado que o flange tinha três ressaltos, e não ranhuras com a rugosidade entre 125 μpol e 250 μpol .



Figura 12.23

A Figura 12.24 mostra o dano causado no revestimento orgânico de um trocador de calor. Neste caso foi usada uma junta dupla camisa metálica (tipo 923), cuja tensão de esmagamento é superior à do revestimento, danificando-o.

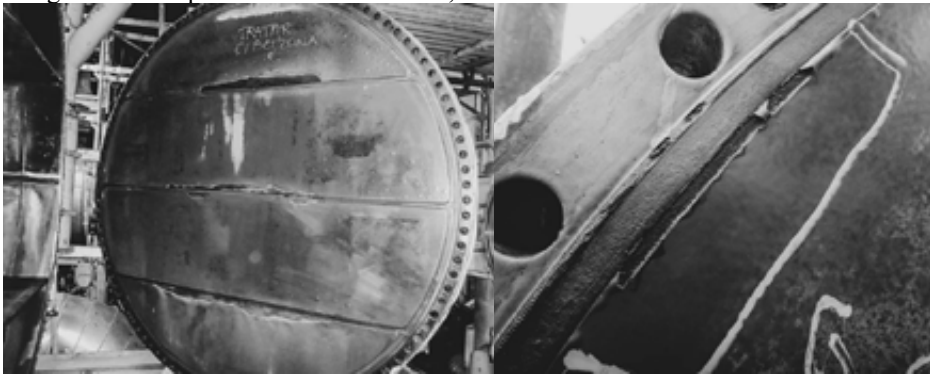


Figura 12.24

12.7. USO DE AGENTES DE FIXAÇÃO

O uso de agentes de fixação pode interferir com o esmagamento correto da junta. A Figura 12.25 mostra juntas de Papelão Hidráulico esmagadas com e sem agentes de fixação.

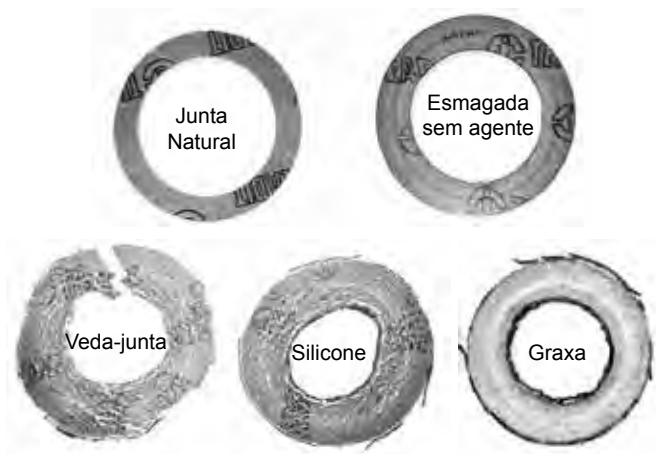


Figura 12.25

A Figura 12.26 mostra o uso de fita crepe para fixar a junta. Como pode ser observado, há uma clara descontinuidade na superfície de vedação da junta.

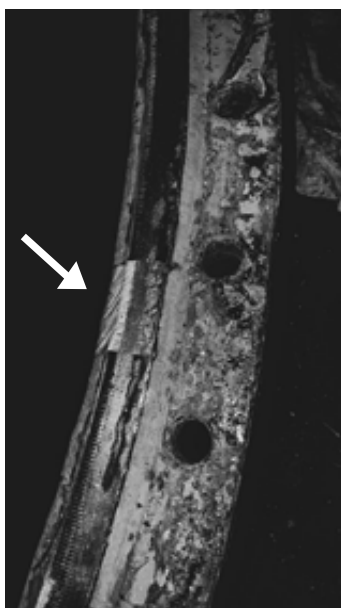


Figura 12.26

12.8. DIMENSIONAMENTO DO FLANGE OU ESTOJOS

A Figura 12.27 ilustra o superdimensionamento do diâmetro dos estojos, que mesmo com um aperto muito baixo, já era superior ao máximo admissível pela junta, danificando-a. A solução foi a troca da junta para Camprofile, que possui aperto máximo mais elevado.



Figura 12.27

A Figura 12.28 mostra uma falha causada dimensionamento inadequado de um dos flanges causando a sua rotação. Na foto à esquerda é possível observar que o flange inferior tem reduzida espessura se comparado com o superior. Na foto à direita mostra que a região próxima ao diâmetro interno não apresenta sinais de esmagamento, que está concentrado no lado externo em razão da rotação do flange.



Figura 12.28

12.9. FLAMBAGEM DE JUNTAS ESPIRAIS

As juntas espirais Metalflex podem flambar com aperto excessivo ou em flanges de altas pressões. Nestes casos recomenda-se o uso de anel interno. A Figura 12.29 mostra o aspecto típico de uma junta flambada.



Figura 12.29

12.10. FALTA DE PARAFUSOS

Um problema bastante frequente é a montagem com menos parafusos que o especificado para o flange. A Figura 12.30 mostra um flange e a respectiva junta após um acidente onde houve o rompimento da junta e incêndio na instalação.



Figura 12.30

12.11. PARAFUSOS DEFEITUOSOS OU COMPRIMENTO INSUFICIENTE

A Figura 12.31 mostra um exemplo de falta de cuidado na instalação, dois parafusos estão com comprimento insuficiente e foram cortados diagonalmente.



Figura 12.31

12.12. MÚLTIPLAS CAUSAS

As diversas causas mostradas anteriormente podem estar combinadas, conforme mostrado na Figura 12.32. Neste caso, de uma linha de vapor, a junta está instalada descentralizada, os parafusos são diferentes, um deles de comprimento insuficiente e instalados sem lubrificação.



Figura 12.32

13. CARGA CONSTANTE

Imediatamente após a instalação de uma junta se inicia o chamado relaxamento da união flangeada, que é caracterizado pela perda de parte da força de aperto aplicada na sua montagem.

Este relaxamento é um fenômeno natural causado por diversos fatores:

- **Relaxamento da junta:** as juntas são projetadas para, escoando, preencher as irregularidades da superfície de vedação. À medida que esta deformação plástica ocorre os flange se aproximam, reduzindo a tensão nos parafusos. O valor desta redução de tensão depende do tipo de material da junta e da temperatura de operação.
- **Relaxamento na rosca:** quando os parafusos e porcas são apertados há um contato entre as suas partes. Analisando microscopicamente, verificamos que o contato entre as superfícies ocorre em alguns pontos. Como estes pontos ficam com elevadas tensões, com o tempo, ocorre um escoamento do material, reduzindo a tensão. Estudos mostram que, quando o sistema estabiliza, há uma redução de 5% a 10% da tensão inicial.
- **Relaxamento por temperatura:** parafusos usados em elevada temperatura tendem a relaxar com o tempo. O valor deste relaxamento depende do material, temperatura e tempo de exposição.
- **Vibração:** sob vibração severa os parafusos tendem a relaxar podendo ocorrer até mesmo a perda total do aperto.
- **Aperto não simultâneo:** normalmente os parafusos são apertados em etapas usando sequência cruzada. Desta forma, quando um parafuso é apertado os seus vizinhos perdem um pouco da tensão. Se o aperto for simultâneo este fenômeno é minimizado.
- **Expansão térmica:** com a mudança da temperatura ambiente para a de operação ocorrem dilatações no conjunto. Como a junta e o flange estão em contato com o fluido e os parafusos estão mais distantes ocorrem gradientes de temperatura e de dilatação. O mesmo acontece quando o sistema é desligado. Estas expansões e contrações térmicas provocam o relaxamento do conjunto.
- **Ciclo térmico:** quando o sistema opera com variações de temperatura, ou é desligado com frequência, o relaxamento provocado pelas dilatações e contrações térmicas é aumentado.

Para compensar a perda de aperto por relaxamento deve-se aumentar a elasticidade do sistema. Pode-se fazer este aumento com a instalação de parafusos de maior comprimento ou pela instalação de conjuntos de molas-prato. Estes métodos estão mostrados na Figura 12.33.

O uso de parafusos e luvas é de uso bastante restrito pois necessita de muito espaço para que seus efeitos sejam efetivos.

O sistema mais empregado é o de molas-prato, que é conhecido como Carga Constante ou Carga Viva (Live Loading).

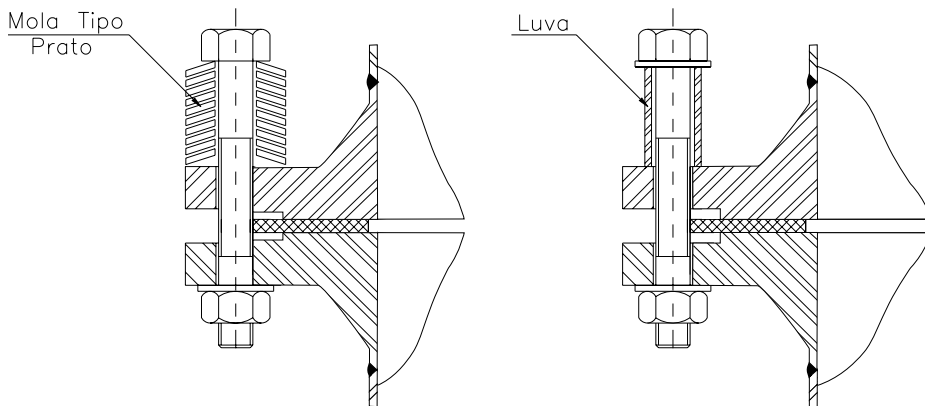


Figura 12.33

13.1. SISTEMA TEADIT LIVE LOADING

Para compensar os efeitos do relaxamento a Teadit desenvolveu o Sistema de Manutenção de Aperto Teadit (LIVE LOADING), que é composto de molas-prato especialmente projetadas para uso em flanges, mostrado na Figura 12.34.

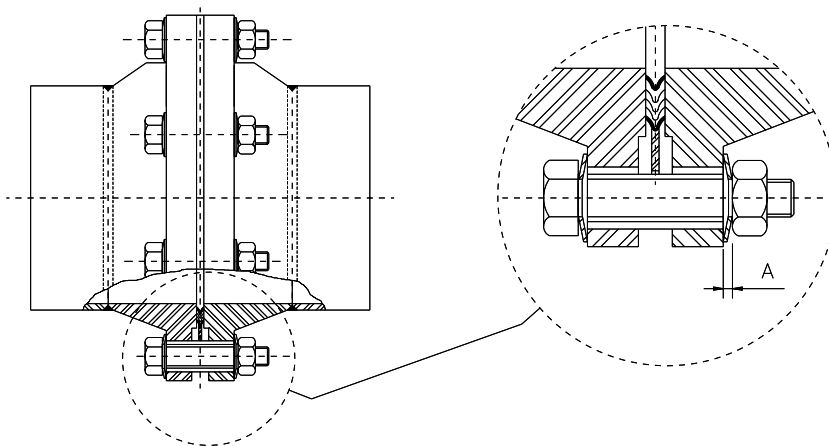


Figura 12.34

Antes de decidir pelo uso do LIVE LOADING é necessário estudar a aplicação e verificar se existe a sua necessidade. Encarecendo o custo da instalação, não deve ser empregado de forma indiscriminada.

O LIVE LOADING não corrige problemas de vedação mas, por outro lado, mantendo o valor da força de aperto, reduz significativamente os problemas de vazamento em situações críticas.

O LIVE LOADING é recomendado nas seguintes situações:

- Fluidos cujo vazamento podem causar sérios danos ao meio ambiente ou risco de vida.
- Linhas com grande flutuação de temperatura ou ciclo térmico.
- Quando a razão entre o comprimento e o diâmetro do parafuso é menor do que três.
- Junta sujeita a vibrações.
- Quando o material da junta ou dos parafusos apresenta relaxamento elevado.
- Quando existe um histórico de vazamentos no flange.

O LIVE LOADING para flanges padrão é disponível em três valores de tensão nos parafusos, conforme mostrado na tabela do Anexo 12.11. Quando o sistema é apertado com o valor de torque tabelado o parafuso fica com 414 MPa (60 000 psi), 310 MPa (45 000 psi) ou 207 MPa (30 000 psi), dependendo do sistema escolhido. O valor da força exercida pelo conjunto parafuso/mola ao atingir o torque também está indicada na tabela do Anexo 12.12.

As molas do sistema LIVE LOADING padrão são fabricadas em aço ASTM A681 tipo H13, acabamento: levemente oleado, indicado para usos com parafusos de aço carbono. A faixa de temperatura de operação é de ambiente a 590° C.

Para aplicações em ambientes corrosivos podem ser fornecidas também em aço inoxidável ASTM A693 tipo 17-P7 para temperaturas de -240° C a 290° C. Também podem ser fabricadas em Inconel 718 (ASTM B637) para temperaturas de - 240° C a 590° C. Estes materiais são disponíveis sob consulta.

A montagem nos flanges deve ser a indicada na Figura 12.27, com uma mola de cada lado do flange. Ao montar observar rigorosamente a posição da mola, a sua superfície mais elevada deve ficar para o lado da porca ou da cabeça do parafuso. Se a montagem não for como mostrado, o valor da força exercida pela mola não será o indicado. Ao atingir o torque recomendado a mola deve estar plana. Importante: os valores de torque são válidos para parafusos novos e bem lubrificados.

Para flanges de equipamentos, tais como trocadores de calor, que trabalham com ciclo térmico, temperaturas elevadas e fluidos muito perigosos, pode ser necessário a instalação de mais de duas molas por parafuso. Neste caso, a Teadit deve ser consultada, para calcular o número de molas, que vai depender das condições específicas de cada caso.

Anexo 12.1**Tabelas de Torque para Instalação de Juntas em Flanges ASME B16-5
Juntas de Papelão Hidráulico⁽¹⁾, Tealon, Teadit[®] 24SH, Juntas Metallflex[®] 913 e 913M****Classe 150 psi**

Diâmetro Nominal		Torque recomendado	
Flange	Parafuso	Kgf.m	Lb.ft
1/2"	1/2"	4	30
3/4"	1/2"	6	40
1"	1/2"	7	50
1 1/4"	1/2"	8	60
1 1/2"	1/2"	8	60
2"	5/8"	17	120
2 1/2"	5/8"	17	120
3"	5/8"	17	120
3 1/2"	5/8"	17	120
4"	5/8"	17	120
5"	3/4"	28	200
6"	3/4"	28	200
8"	3/4"	28	200
10"	7/8"	45	320
12"	7/8"	45	320
14"	1"	70	500
16"	1"	70	500
18"	1 1/8"	100	710
20"	1 1/8"	100	710
24"	1 1/4"	140	1000

1 - Papelões Hidráulicos:

U60NA, U60NA-M, NA1002, NA1040, NA1060, NA1085, NA1100.

Anexo 12.2
Tabelas de Torque para Instalação de Juntas em Flanges ASME B16-5
Juntas de Papelão Hidráulico⁽¹⁾, Tealon, Teadit® 24SH, Juntas Metallflex® 913 e 913M

Classe 300 psi

Diâmetro Nominal		Torque recomendado	
Flange	Parafuso	Kgf.m	Lb.ft
1/2"	1/2"	4	30
3/4"	5/8"	6	40
1"	5/8"	10	70
1 1/4"	5/8"	14	100
1 1/2"	3/4"	21	150
2"	5/8"	15	105
2 1/2"	3/4"	20	140
3"	3/4"	24	175
3 1/2"	3/4"	28	200
4"	3/4"	28	200
5"	3/4"	28	200
6"	3/4"	28	200
8"	7/8"	45	320
10"	1"	70	500
12"	1 1/8"	100	710
14"	1 1/8"	85	620
16"	1 1/4"	120	875
18"	1 1/4"	140	1000
20"	1 1/4"	140	1000
24"	1 1/2"	195	1400

1 - Papelões Hidráulicos:

U60NA, U60NA-M, NA1002, NA1040, NA1060, NA1085, NA1100.

Anexo 12.3**Tabelas de Torque para Instalação de Juntas em Flanges ASME B16-5
Juntas Metalflex® 913 e 913M****Classe 400 psi**

Diâmetro Nominal		Torque recomendado	
Flange	Parafuso	Kgf.m	Lb.ft
1/2"		Usar Flange Classe 600	
3/4"			
1"			
1 1/4"			
1 1/2"			
2"			
2 1/2"			
3"			
4"	7/8"	45	320
5"	7/8"	45	320
6"	7/8"	45	320
8"	1"	70	500
10"	1 1/8"	85	620
12"	1 1/4"	120	875
14"	1 1/4"	120	875
16"	1 3/8"	165	1200
18"	1 3/8"	165	1200
20"	1 1/2"	195	1400
24"	1 3/4"	360	2600

Anexo 12.4
Tabelas de Torque para Instalação de Juntas em Flanges ASME B16-5
Juntas Metalflex® 913 e 913M

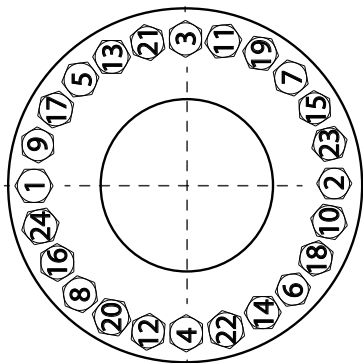
Classe 600 psi

Diâmetro Nominal		Torque recomendado	
Flange	Parafuso	Kgf.m	Lb.ft
1/2"	1/2"	4	30
3/4"	5/8"	8	55
1"	5/8"	12	85
1 1/4"	5/8"	12	85
1 1/2"	3/4"	22	160
2"	5/8"	12	85
2 1/2"	3/4"	17	120
3"	3/4"	25	180
4"	7/8"	41	300
5"	1"	62	450
6"	1"	62	450
8"	1 1/8"	85	620
10"	1 1/4"	120	875
12"	1 1/4"	120	875
14"	1 3/8"	165	1190
16"	1 1/2"	195	1400
18"	1 5/8"	260	1900
20"	1 5/8"	260	1900
24"	1 7/8"	480	3500

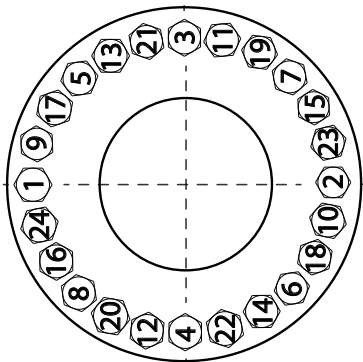
Anexo 12.5

Exemplo de flange de 24 parafusos: Sequência de Aperto Método Clássico com 1 Ferramenta

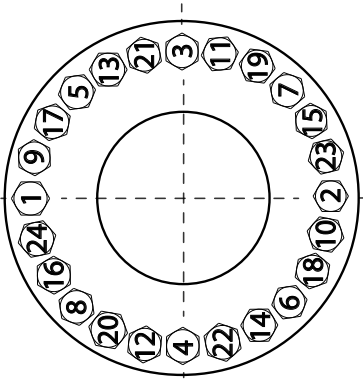
Passo 1: 30%



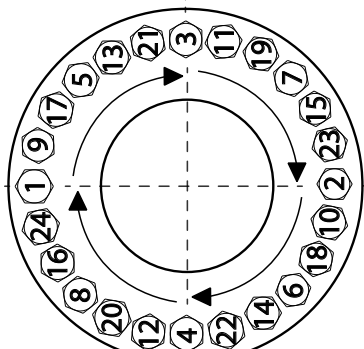
Passo 2: 70%



Passo 3: 100%



Passo 4: 100%

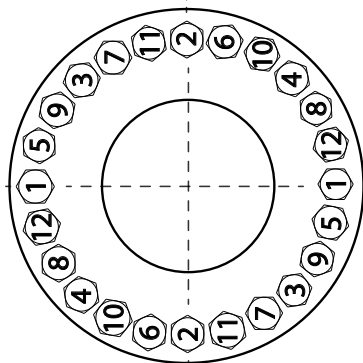


1. Numerar os estojos ou furos dos flanges com “marca tudo” seguindo a sequência da figura
2. Instalar cada um dos parafusos ou estojos com suas respectivas porcas e arruelas, e com a mão aperte as porcas em sequência cruzada. No caso de não se conseguir obter o paralelismo entre as faces dos flanges, pode-se utilizar uma ferramenta manual para o aperto, até que todo redor da junta encoste levemente na face do flange. Todos os estojos devem ultrapassar obrigatoriamente as porcas em pelo menos dois fios de rosca.
Importante: A força máxima para esta operação não deve exceder 10% do aperto final.
3. Primeiro Passo: apertar todos os estojos na sequência da numeração com 30% do torque final. Assegurar que os flanges estão paralelos.
4. Segundo Passo: apertar todos os estojos na sequência da numeração com 70% do torque final. Assegurar que os flanges se mantem paralelos.
5. Terceiro Passo: apertar todos os estojos na sequência da numeração com 100% do torque final. Assegurar que os flanges se mantem paralelos.
6. Quarto Passo: apertar todos os estojos com 100% do torque final em sequência circular conforme mostrado. Assegurar que os flanges estão paralelos.
7. Quinto Passo: Repetir o quarto passo até que as porcas parem de girar.

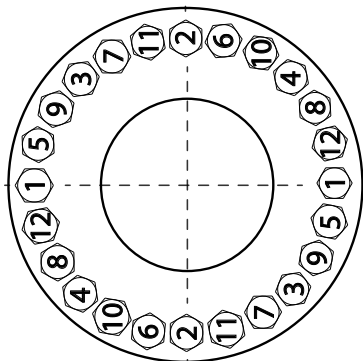
Anexo 12.6

Seqüência de Aperto Método Clássico com 2 Ferramentas

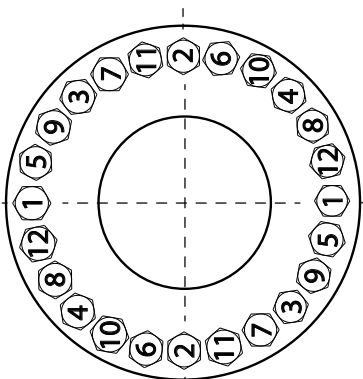
Passo 1: 30%



Passo 2: 70%



Passo 3: 100%



1. Numerar os estojos ou furos dos flanges com “marca tudo” seguindo a seqüência da figura

2. Instalar cada um dos parafusos ou estojos com suas respectivas porcas e arruelas, e com a mão aperte as porcas em seqüência cruzada. No caso de não se conseguir obter o paralelismo entre as faces dos flanges, pode-se utilizar uma ferramenta manual para o aperto, até que todo redor da junta encoste levemente na face do flange. Todos os estojos devem ultrapassar obrigatoriamente as porcas em pelo menos dois fios de rosca.

Importante: A força máxima para esta operação não deve exceder 10% do aperto final.

3. Primeiro Passo: apertar todos os estojos na seqüência da numeração com 30% do torque final. Assegurar que os flanges estão paralelos.

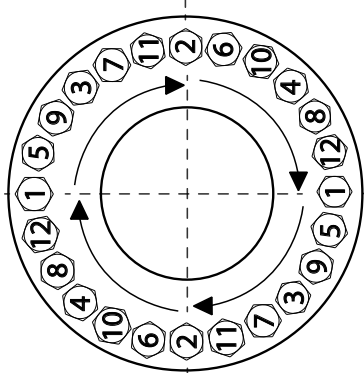
4. Segundo Passo: apertar todos os estojos na seqüência da numeração com 70% do torque final. Assegurar que os flanges se mantem paralelos.

5. Terceiro Passo: apertar todos os estojos na seqüência da numeração com 100% do torque final. Assegurar que os flanges se mantem paralelos.

6. Quarto Passo: apertar todos os estojos com 100% do torque final em seqüência circular conforme mostrado. Assegurar que os flanges estão paralelos.

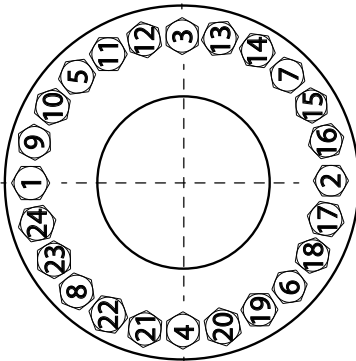
7. Quinto Passo: Repetir o quarto passo até que as porcas parem de girar.

Passo 4: 100%

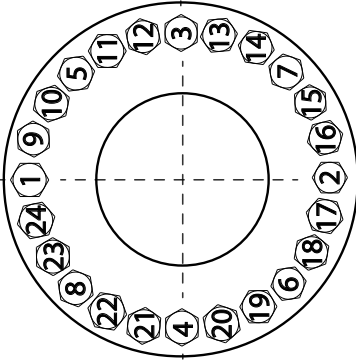


Anexo 12.7
Sequência de Aperto Método Alternativo com 1 Ferramenta
Norma JSA JIS B2551, 2008

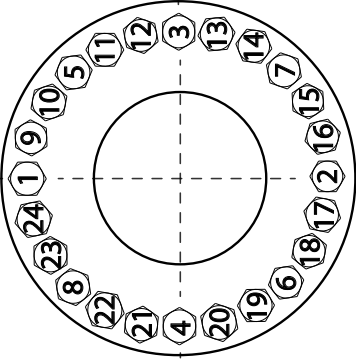
Passo 1: 20 a 30%



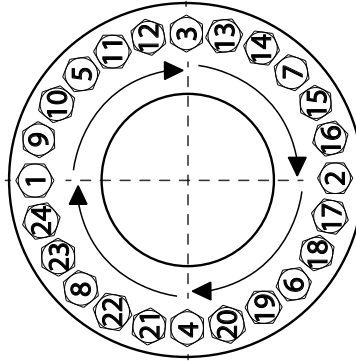
Passo 2: 50 a 70%



Passo 3: 100%



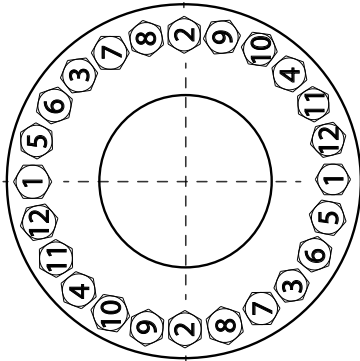
Passo 4: 100%



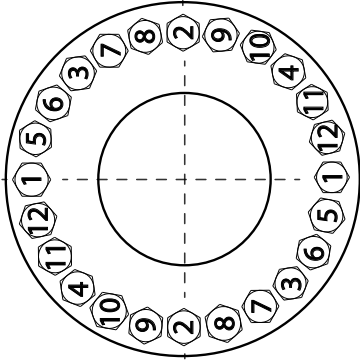
1. Numerar os estojos ou furos dos flanges com “marca tudo” seguindo a sequência da figura
2. Instalar cada um dos parafusos ou estojos com suas respectivas porcas e arruelas, e com a mão aperte as porcas em sequência cruzada. No caso de não se conseguir obter o paralelismo entre as faces dos flanges, pode-se utilizar uma ferramenta manual para o aperto, até que todo redor da junta encoste levemente na face do flange. Todos os estojos devem ultrapassar obrigatoriamente as porcas em pelo menos dois fios de rosca
Importante: A força máxima para esta operação não deve exceder 10% do aperto final.
3. Primeiro Passo: apertar os estojos 1, 2, 3 e 4, com 20% a 30% do torque final. Assegurar que os flanges estão paralelos.
4. Segundo Passo: apertar os estojos 1, 2, 3 e 4 com 50% a 70% do torque final. Assegurar que os flanges estão paralelos.
5. Terceiro Passo: apertar os estojos 1, 2, 3 e 4 com 100% do torque final. Assegurar que os flanges estão paralelos.
6. Quarto Passo: apertar todos os estojos com 100% do torque final em sequência circular conforme mostrado. Assegurar que os flanges estão paralelos.
7. Quinto Passo: Repetir o quarto passo até que as porcas parem de girar.

Anexo 12.8
Sequência de Aperto Método Alternativo com 2 Ferramentas
Norma JSA JIS B2551, 2008

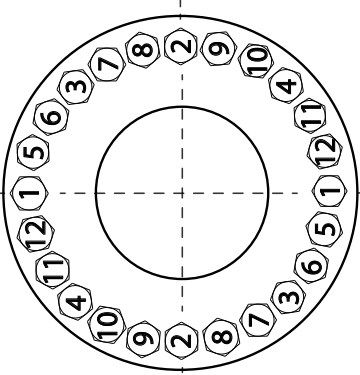
Passo 1: 20 a 30%



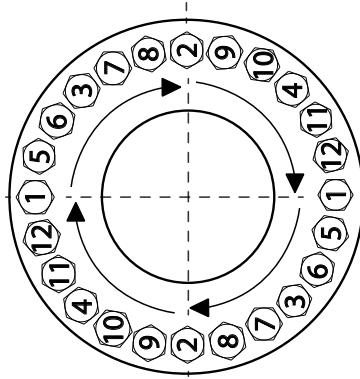
Passo 2: 50 a 70%



Passo 3: 100%



Passo 4: 100%



1. Numerar os estojos ou furos dos flanges com “marca tudo” seguindo a sequência da figura
2. Instalar cada um dos parafusos ou estojos com suas respectivas porcas e arruelas, e com a mão aperte as porcas em sequência cruzada. No caso de não se conseguir obter o paralelismo entre as faces dos flanges, pode-se utilizar uma ferramenta manual para o aperto, até que todo redor da junta encoste levemente na face do flange. Todos os estojos devem ultrapassar obrigatoriamente as porcas em pelo menos dois fios de rosca.
Importante: A força máxima para esta operação não deve exceder 10% do aperto final.
3. Primeiro Passo: apertar os estojos 1 e 2 com 20% a 30% do torque final. Assegurar que os flanges estão paralelos.
4. Segundo Passo: apertar os estojos 1 e 2 com 50% a 70% do torque final. Assegurar que os flanges estão paralelos.
5. Terceiro Passo: apertar os estojos 1 e 2 com 100% do torque final. Assegurar que os flanges estão paralelos.
6. Quarto passo: apertar todos os estojos com 100% do torque final em sequência circular conforme mostrado. Assegurar que os flanges estão paralelos.
7. Quinto Passo: Repetir o quarto passo até que as porcas parem de girar.

Anexo 12.11
Sistema LIVE LOADING para Flanges

Diâmetro parafuso polegadas	Código Teadit	A - mm vide Figura 12.27		Torque N-m	Força N
		Livre	Apertado		
1/2	ACX00008060	6.7	4.1	80	37830
	ACX00008045	3.9	3.6	60	28390
	ACX00008030	3.4	3.0	40	18960
5/8	ACX00010060	5.4	5.1	160	60360
	ACX00010045	4.7	4.4	120	45300
	ACX00010030	4.0	3.6	80	30230
3/4	ACX00012060	6.5	6.2	270	89160
	ACX00012045	5.7	5.4	200	66900
	ACX00012030	4.8	4.4	140	44630
7/8	ACX00014060	7.6	7.2	430	123300
	ACX00014045	6.7	6.3	330	92500
	ACX00014030	5.7	5.2	220	61700
1	ACX00016060	8.7	8.3	660	161700
	ACX00016045	7.7	7.2	500	121300
	ACX00016030	6.5	5.9	330	80900
1 1/8	ACX00018060	9.9	9.4	960	210760
	ACX00018045	8.7	8.2	720	158100
	ACX00018030	7.4	6.8	480	105430
1 1/4	ACX00020060	11.3	10.7	1360	266760
	ACX00020045	10.2	9.6	1020	200100
	ACX00020030	8.4	7.6	680	133430
1 3/8	ACX00022060	12.4	11.8	1840	328900
	ACX00022045	10.9	10.3	1380	246700
	ACX00022030	9.2	8.4	920	164500
1 1/2	ACX00024060	13.5	13.0	2170	397960
	ACX00024045	11.9	11.3	1630	298500
	ACX00024030	10.1	9.2	1080	199030
1 5/8	ACX00026060	14.9	14.2	2980	474760
	ACX00026045	13.1	12.4	2240	356100
	ACX00026030	11.0	10.2	1490	237430
1 3/4	ACX00028060	16.1	15.4	4070	554760
	ACX00028045	14.1	13.4	3050	416100
	ACX00028060	11.9	11.0	2030	277430
1 7/8	ACX00030060	15.6	14.8	5420	508870
	ACX00030045	15.2	14.4	4070	482100
	ACX00030030	12.8	11.8	2710	321430
2	ACX00032060	16.7	15.8	5970	584870
	ACX00032045	16.3	15.4	4470	554100
	ACX00032030	13.7	12.6	2980	371210
2 1/4	ACX00036060	18.8	17.9	8620	751650
	ACX00036045	18.4	17.4	6470	712100
	ACX00036060	15.5	14.3	4310	474760
2 1/2	ACX00040060	21.0	20.0	11930	937430
	ACX00040045	20.5	19.5	8950	88100
	ACX00040030	17.3	16.0	5970	592100
2 3/4	ACX00044060	18.7	17.5	16060	1146430
	ACX00044045	22.7	21.5	11930	1086100
	ACX00036030	19.1	17.7	8030	724100
3	ACX00048060	25.5	24.2	20940	1374430
	ACX00048045	24.8	23.5	15700	1302100
	ACX00048030	20.9	19.3	10470	868100

FATORES DE CONVERSÃO

Multiplicar	Por	Para Obter
galão	3.785	litros
grau C	$1.8^{\circ} \text{C} + 32$	grau F
hp	745.7	watts
jarda	0.9144	metros
kgf / cm ²	14.223	lbf/pol. ²
kgf-m	9.807	newton-metro (N-m)
kgf-m	7.238	lbf-ft
kg/m ³	6.243×10^{-2}	lb/ft ³
libra	0.454	kg
megapascal (MPa)	145	lbf/pol. ²
megapascal (MPa)	10	bar
milha	1.609	km
newton	0.225	lbf
newton	0.102	kgf
pé	0.305	metro
pé quadrado	0.09290	m ²
pé cúbico	0.028	m ³
polegadas	25.4	milímetros
polegada cúbica	1.639×10^{-5}	metro cúbico
polegada quadrada	645.16	milímetros quadrados

REFERÊNCIAS

- [1] Technical Report no. 32-926 - Basic Criteria and Definitions for Zero Fluid Leakage, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, National Aeronautics and Space Administration, Pasadena, California, USA.
- [2] Clean Air Act, Environmental Protection Agency (www.epa.gov/air/caa), Washington, DC, USA .
- [3] Consent Decree, United States of America x Dow Chemical Company, Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA .
- [4] VDI 2440 Guideline, Emission control - Mineral oil refineries, Commission on Air Pollution Prevention of VDI and DIN, Verein Deutscher Ingenieure, Germany.
- [5] Boiler and Pressure Vessel Code - Section VIII - Division 1 -Rules for Construction of Pressure Vessels – Mandatory Appendix 2 - Rules for Bolted Flange Connections with Ring Type Joints, American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA.
- [6] Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Assembly - PCC-1-2013, American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA.
- [7] Procedure for Determination of “y” Stress and “m” Factor for Calculation of Gasket Bolting, Teadit Research and Development Laboratory, April 2005.
- [8] ASME Boiler and Pressure Vessel Code - Section II - Materials - American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA
- [9] Evaluation of Pipe Flange Gaskets Relaxation, R. H. G Araujo, J. L. C. Lowenberg, Proceedings of the ASME 2010 Pressure Vessel & Piping Division Conference, PVP 2011, July 18-22, Bellevue, WA, USA.

[10] An Experimental Investigation of the Factors that Contribute to the Creep-Relaxation of Compressed non-Asbestos Gaskets, J. C. Veiga, C. F. Cipolatti, A. M. F. Sousa, D. Reeves. Proceedings of the ASME 2007 Pressure Vessel & Piping Division Conference, PVP 2007, July 22-26, San Antonio, TX, USA.

[11] Spiral Wound Versus Flexible Graphite Faced Serrated Metal Pipe Flange Gaskets in Thermal Cycling and Pressure Comparative Testing, J. C. Veiga, C. F. Cipolatti, D. Reeves. Proceedings of the ASME 2010 Pressure Vessel & Piping Division Conference, PVP 2011, July 18-22, Bellevue, WA, USA.

[12] FSA-G-604-07 Oxidation Test Standard for Flexible Graphite Materials - Fluid Sealing Association - FSA - 994 Old Eagle School Road #1019, Wayne, PA 19087, USA

[13] Norma ASTM F36 - 99 (2009) Standard Test Method for Compressibility and Recovery of Gasket Materials - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[14] ASTM F37 - 06 Standard Test Methods for Sealability of Gasket Materials - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[15] ASTM F38 - 00(2006) Standard Test Methods for Creep Relaxation of a Gasket Material - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[16] Norma ASTM F146 - 12 Standard Test Methods for Fluid Resistance of Gasket Materials - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[17] ASTM F152 - 95(2009) Standard Test Methods for Tension Testing of Nonmetallic Gasket Materials - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[18] ASTM F495 - 99a(2011) Standard Test Method for Weight Loss of Gasket Materials Upon Exposure to Elevated Temperatures - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[19] DIN 3535 - (2011) Gaskets for gas supply - Part 6: Gasket materials based on fibres, graphite or polytetrafluoroethylene (PTFE) for gas valves, gas appliances and gas mains - Deutsches Institut Fur Normung E.V. (German National Standard), Germany

[20] DIN 52913 (2002) - Testing of static gaskets for flange connections - Compression creep testing of gaskets made from sheets - Deutsches Institut Fur Normung E.V. (German National Standard), Germany

[21] Determination of Critical Temperature of Non-Asbestos Fiber Sheet Gaskets, J. C. Veiga, C. F. Cicolatti, A. M. F. Sousa, PVP-Vol 478, Analysis of Bolted Joints, Pressure Vessel & Piping Division Conference, PVP 2004, July 25-29, San Diego, CA, USA

[22] (FSA-NMG-204-02) Standard Test Method for Performance of Non-Asbestos Gaskets in High Pressure, Saturated Steam - Fluid Sealing Association - FSA - 994 Old Eagle School Road #1019, Wayne, PA 19087, USA

[23] SUPERHEATED STEAM TEST RIG FOR COMPRESSED NON-ASBESTOS GASKETS EVALUATION, J. C. Veiga, C. F. Cicolatti, A. M. F. Sousa, Proceedings of the ASME 2009 Pressure Vessels and Piping Division Conference July 26-30, 2009, Prague, Czech Republic

[24] TEMA - Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association, Ninth Edition, Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc. , 25 North Broadway, Tarrytown, NY 10591, USA

[25] ASME B16.21 Nonmetallic Flat Gaskets for Pipe Flanges - American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA

[26] DIN EN 1514-1 Flanges and their joints - Dimensions of gaskets for PN-designated flanges - Part 1: Non-metallic flat gaskets with or without inserts. Deutsches Institut Fur Normung E.V. (DIN adopted European Standard), Germany

[27] PVP2010-25407 - Compressed Non-Asbestos Gaskets Shelf Life Prediction, Proceedings of the ASME 2010 Pressure Vessel and Piping Division Conference PVP2010 July 18-22, 2010, Bellevue, Washington, US

[28] The Influence of Winding Density in the Sealing Behavior of Spiral Wound Gaskets Proceedings of the ASME 2011 Pressure Vessels & Piping Division Conference PVP2011 July 17-21, 2011, Baltimore, Maryland, USA

[29] Failure of Spiral Wound Graphite Filled Gaskets– The Health and Safety Executive of Great Britain, March 2008

[30] FSA-MG-501-02 – Standard Test Method for Spiral Wound Gaskets, Fluid Sealing Association - FSA - 994 Old Eagle School Road #1019, Wayne, PA 19087, USA

[31] ASME B16.20 - Metallic Gaskets for Pipe Flanges: Ring-Joint, Spiral-Wound, and Jacketed - American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA.

[32] DIN EN 1514-2 (2005) Flanges and their joints - Gaskets for PN-designated flanges - Part 2: Spiral wound gaskets for use with steel flanges Deutsches Institut Fur Normung E.V. (DIN adopted European Standard), Germany

[33] Heat Exchanger Gaskets Radial Shear Testing, J. C. Veiga, N. Kavanagh, D. Reeves, 2008 ASME Pressure Proceedings of the ASME PVP Pressure Vessel and Piping Conference, 2008 Vessel and Piping Conference, Chicago, Illinois, USA

[34] The Suitability of Various Gaskets Types for Heat Exchanger Service, Brown, W., Proceedings of the ASME PVP 2002 Pressure Vessel and Piping Conference, Vancouver, BC, Canada.

[35] Double-jacketed gaskets for heat exchangers sealability behavior in flanges with and without nubbin, J. C. Veiga, N. Kavanagh, Proceedings of PVP2005 2005 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference July 17-21, 2005, Denver, Colorado USA

[36] The Influence of the Gasket Finish on the Sealability of double-jacketed gaskets used in heat exchangers - J. C. Veiga, N. Kavanagh, PVP Vol. 405, 2000 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference July 2000, Seattle, WA, USA

[37] Failure of Heat Exchanger Gaskets due to Differential Radial Expansion of the Mating Flanges, W. Brown, D. Reeves, 2001 ASME Pressure and Piping Conference, Atlanta, Georgia, USA.

[38] API Spec 6A - Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment, Twentieth Edition (ISO 10423:2009 Modification), Includes Errata (Jan. and Nov. 2011), Addenda 1(Nov 2011), 2 (Nov 2012), 3 (March 2013) - American Petroleum Institute, 220 L Street, Washington, DC, USA

[39] API Spec 17D - Equipment, Second Edition; ISO 13628-4 (Identical), Design and operation of subsea production systems-Part 4: Subsea wellhead and tree equipment - American Petroleum Institute, 220 L Street, Washington, DC, USA

[40] Norsok Standard L-005 - Compact flanged connections - Standards Norway, Strandveien 18, Norway

[41] PVP2010-25966 - Spiral Wound versus Flexible Graphite Faced Serrated Metal Pipe Flange Gaskets in Thermal Cycling and Pressure Comparative Testing - Proceedings of the ASME 2010 Pressure Vessel and Piping Division Conference July 18-22, 2010, Bellevue, Washington, USA

[42] ASTM A193 / A193M - 12b Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting for High Temperature or High Pressure Service and Other Special Purpose Applications - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[43] ASTM A194 / A194M - 12a Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

- [44] ASME B46.1 – 2009 – Surface Texture, surface Roughness, Waviness and Lay - American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA
- [45] JSA JIS B2251, 2008 - Bolt Tightening Procedure for Pressure Boundary Flanged Joint Assembly, High Pressure Institute of Japan
- [46] ASME B16.5 – 2013 - Pipe Flanges and Flanged Fittings: NPS 1/2 through NPS 24 Metric/Inch Standard - American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA
- [47] ASME PCC-2- Repair of Pressure Equipment and Piping - American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA
- [48] ASME B16.47 – 2011 - Large Diameter Steel Flanges: NPS 26 through NPS 60 Metric/Inch Standard - American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA
- [49] PVP2014-28434 Determination of ASME PCC-1-2010 Appendix O Gasket Parameters - Proceedings of the ASME 2014 Pressure Vessel and Piping Division Conference July 20-24, 2010, Anaheim, California, USA
- [50] EN 13555 – 2014 - Flanges and their joints - Gasket parameters and test procedures relevant to the design rules for gasketed circular flange connections - European Committee for Standardization (CEN), Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels, Belgium
- [51] EN 1591 - Flanges and their joints - Design rules for gasketed circular flange connections - European Committee for Standardization (CEN), Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels, Belgium
- [52] S 3381:1989 Specification for spiral wound gaskets for steel flanges to BS 1560 - British Standards Institution – UK
- [53] MSS SP-6-2017. Standard Finishes for Contact Faces of Pipe Flanges and Connecting-End Flanges of Valves and Fittings
- Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry, Inc. 127 Park Street, Vienna, Virginia, 22180-4602, USA
- [54] Code of Federal Regulations Title 21 – Part 177 – Section 177.2600 - Food and Drug Administration (FDA) – Washington, DC, USA
- [55] NSF/ANSI 61-2012 Drinking Water System Components – Health Effects – NSF International, 789 North Dixboro Road, Ann Arbor , MI, 48113-0140, USA
- [56] PVP 2018-84077 - The Influence of Elevated Temperature in Creep Relaxation of Various PTFE Gaskets Production Methods, A. Silva, F. Werner, L. Xavier, 2018 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference July 2018, Prague, Czech Republic.

[57] ASTM F607—3(2014) Standard Test Method for Adhesion of Gasket Materials to Metal Surfaces, ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[58] LEITFADEN zur Montage von Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen, Verband der Chemischen Industrie e. V. Mainzer Landstraße 55, 60329 Frankfurt a. M, Alemanha

[59] PVP 2017-65371 – Spiral Wound Gaskets Performance Testing, S. Hamilton, J. Baulch, J. Veiga, 2017 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference July 2017, Waikoloa Village, Hawaii, USA.

[60] PVP 2018 - 84907 - ASME B16.20 Jacketed Gaskets. Performance Testing - S. Hamilton, J. Veiga, C. Girão, J. Baulch, July 2018, Praga, Rep. Tcheca.

[61] ASTM F436 - Standard Specification for Hardened Steel Washers ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, W. Conshohocken, PA. 19428-2959, USA.

[62] United States Environmental Protection Agency (EPA) - Air Emission Measurement Center (EMC) - Method 21 - Volatile Organic Compound Leaks, Washington, DC, USA.

[63] Spiral Winding Technology for PTFE Gaskets - A. Valle, A. Garcia, C. Girão, J. Veiga - 2019 ASME Pressure Vessels and Piping Conference July 2019, San Antonio, TX, USA

[64] Spiral-wound ptfе gasket and methods of manufacture - A. Valle, J. Almeida, J. Veiga - Patent WO2017/049054A1 - US Patent Office - Washington, DC, USA

[65] ISO 27509:2012 - Petroleum and natural gas industries - Compact flanged connections with IX seal ring - International Standard Organization

[66] US Patent 9,890,859 - Double-rail Serrated Metal Gasket - J. Veiga, L. Romano - US Patent Office - Washington, DC, USA