



Trocadores de calor: Vedação é uma questão de segurança, economia e proteção ambiental.

O mercado e diretrizes de empresas apontam cada vez mais para investimentos no sentido de reverter situações de contaminação ambiental e perdas de produção por vazamentos. Quando se trata de Trocadores de Calor, a boa vedação, além de assegurar que não haverá perdas de fluidos e conseqüente contaminação ambiental, ainda garante a própria segurança da planta.

Não raro, por Trocadores de Calor, são conduzidos tanto fluidos quimicamente agressivos, quanto fluidos sob pressão elevada. Se você trabalha com esse tipo de equipamento, em especial Trocadores de Calor tipo "Shell and Tube", fique atento para obter a melhor performance possível em termos de vedação. Com uma correta especificação, produtos de qualidade e procedimento adequado de instalação de juntas e gaxetas, a performance de vedação desses equipamentos será, com certeza, de altíssima eficiência.

Para que se entenda como obter a melhor vedação, é importante levar em conta alguns elementos importantes sobre os equipamentos propriamente ditos.

Diferenciando os Trocadores de Calor e sua utilização, há como traçar o paralelo do tipo de gaxeta e junta a ser utilizado

Existem inúmeros tipos de Trocadores de Calor, muitos deles tão incorporados ao nosso dia a dia que sequer

os notamos. 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" (Figura 1). 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.

Quando o diferencial de dilatação térmica entre os tubos e casco é muito elevada, são usadas Juntas de Expansão de Fole Metálico (Figura 2) ou Telescópica (Figura 3). Na vedação das Juntas Telescópicas são empregadas gaxetas que devem obedecer ao critério de seleção de compatibilidade química com fluido e mecânica com limites de pressão e temperatura. Em linhas gerais, no caso de Trocador de Calor aonde a gaxeta promove a vedação de vapor de alta, recomenda-se

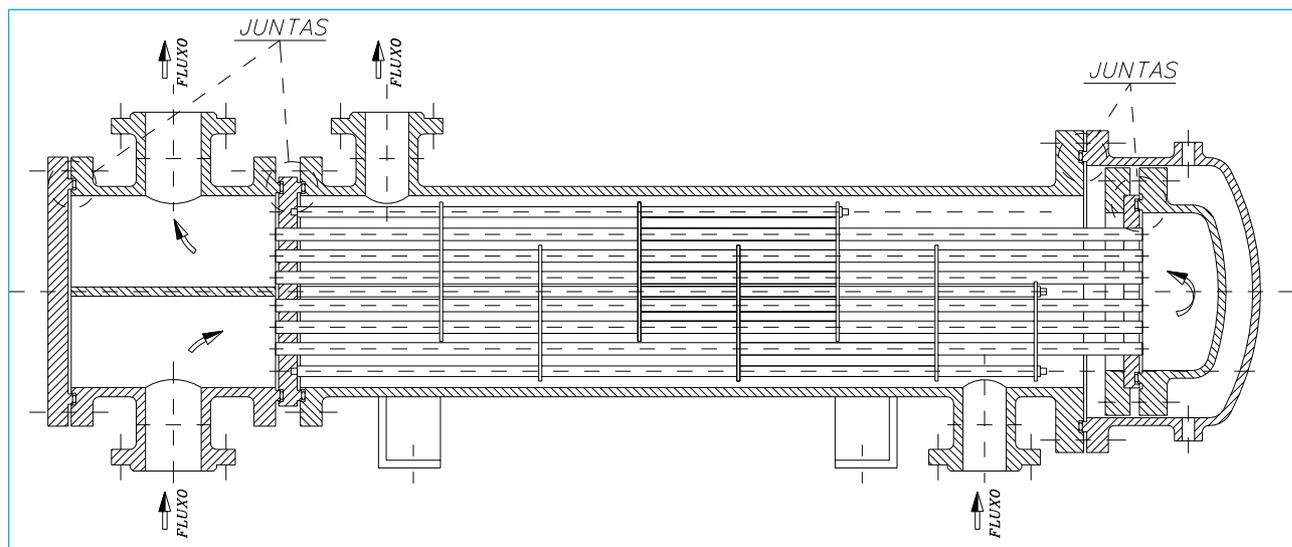


Figura 1

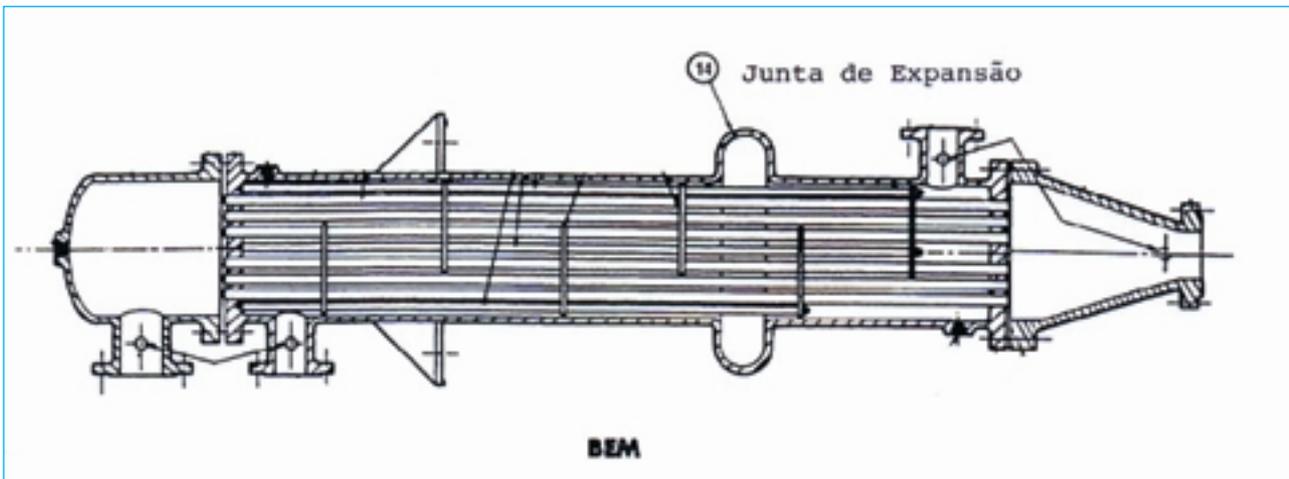


Figura 2

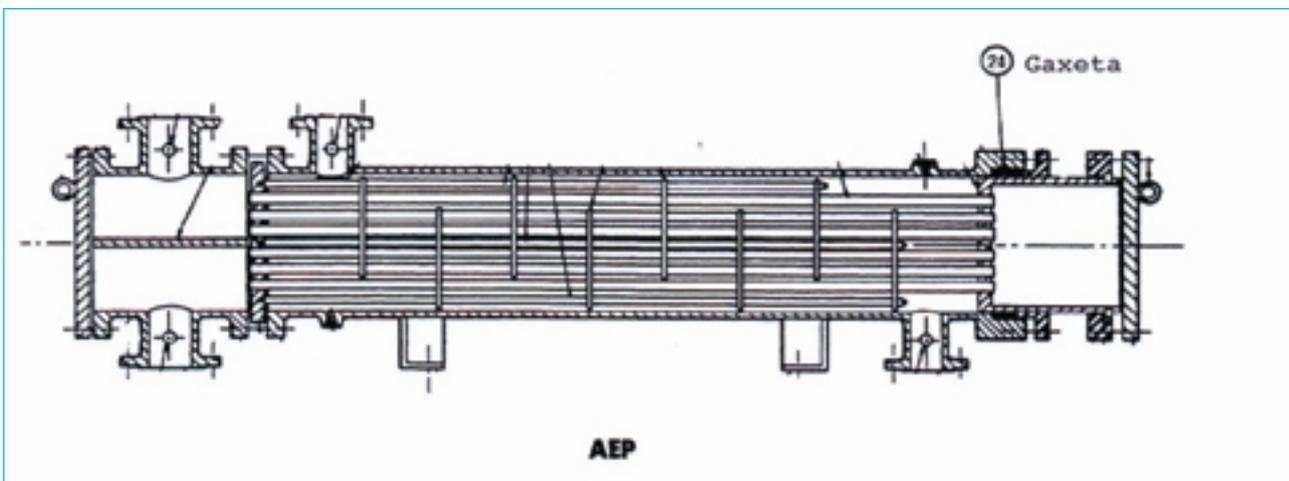


Figura 3

o uso de gaxetas trançadas de pura fibra de carbono, estilo 2002 Teadit. Quando se trata de vedar fluidos quimicamente agressivos que não podem, em hipótese alguma, sofrer contaminação, a opção deve ser por gaxetas trançadas a partir de fibra de puro PTFE expandido, estilo 2006 Teadit. Quando se tratar de fluido quimicamente agressivo, mas com limites de temperatura um pouco mais elevados, que não têm problema de contato com grafite e que exigem uma maior dissipação térmica, a gaxeta indicada é a trançada de filamento EG2G, de PTFE expandido com Grafite, estilo 2007G Teadit. Os limites operacionais e de compatibilidade dessas gaxetas pode ser verificado no http://www.teadit.com.br/html/g_apli_v_sa.html

Considerações da Norma “Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association – TEMA”.

A grande maioria dos Trocadores de Calor tipo “Shell and Tube” são fabricados de acordo com a Norma “Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers

Association – TEMA”.

A Norma TEMA estabelece os critérios para o projeto, construção, teste, instalação e manutenção destes aparelhos. Alguns destes pontos são comentados a seguir:

São definidas 3 classes de trocadores:

- **Classe R:** para uso em aplicações relacionadas ao processamento de Petróleo. Considerado serviço severo.
- **Classe B:** para uso na indústria química em geral.
- **Classe C:** para serviço considerado moderado na indústria em geral.

Cada Classe de aplicação define a Junta correspondente para o Trocador de Calor, além de possuir os critérios de aplicação das mesmas:

- **Classe R:** 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. Frequentemente



empresas no mercado especificam outros tipos de juntas, como Grafite Flexível com inserção metálica e PTFE expandido. Estas juntas estão em desacordo com a Norma TEMA e, em caso de acidentes, podem haver questionamentos sobre a sua aplicação e não cobertura de sinistro.

- **Classe B ou C:** 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.
- **Soldagem:** é necessário que a junta seja uniforme em toda a sua periferia. Sendo permitido que esta continuidade seja obtida através de soldagem, ou outro processo que produza uma ligação homogênea. Este é um dos pontos mais polêmicos. Existem empresas que preferem juntas sem solda, apesar de ser permitido pela TEMA. Porém, esta é uma exigência que não pode ser atendida, uma vez que, a partir de determinada dimensão não existem, disponíveis no mercado, chapas que permitam fabricar as juntas sem solda.
- A norma recomenda sempre que o aparelho for aberto, o fechamento seja com juntas novas (não usadas), independente do tipo ou material. Com frequência há um questionamento sobre a possibilidade de reutilizar juntas: *a norma desaconselha esta prática.*
- **Dureza dos materiais das juntas:** com frequência o mercado solicita juntas 923 com especificação da dureza. A Norma TEMA não menciona necessidade de controle desta característica. Entretanto, como as juntas 923 e 927 possuem um enchimento macio (Graflex), que é o principal agente de deformação e assentamento, a dureza não é crítica como em uma junta de metal sólido, onde é um requisito fundamental. Além deste aspecto, não é possível, por causa do enchimento, medir a dureza da junta acabada. A medição da dureza da chapa metálica, em razão da sua espessura (0.4 mm a 0.5 mm) exige equipamento especial.

Recomendação de Tipos de Juntas

A recomendação é seguir a Norma TEMA especificando, de acordo com cada segmento industrial e fluido, a junta mais adequada:

- **Papelão Hidráulico:** para uso geral, exceto nos cabeçotes flutuantes.
- **Tipos 923 (Figura 2) e, de preferência 927 (Figura**

3): para indústria química, petroquímica e demais indicações da norma TEMA.

- **Tipo 942 Camprofile (Figura 4):** para altas pressões.

- Não recomendamos o uso de juntas de grafite flexível ou PTFE expandido. Estes materiais são muito sensíveis ao excesso de aperto. Os flanges dos Trocadores de Calor são tipo lingüeta e ranhura ou macho-e-fêmea, possuindo área de vedação muito reduzida, exercem uma pressão de esmagamento muito elevada, extrudando o material da junta.

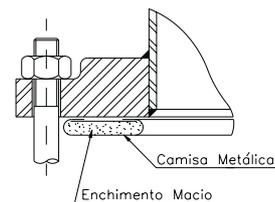


Figura 2

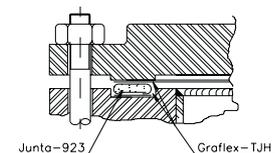


Figura 3

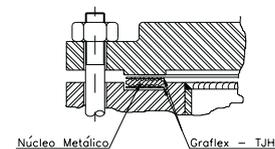
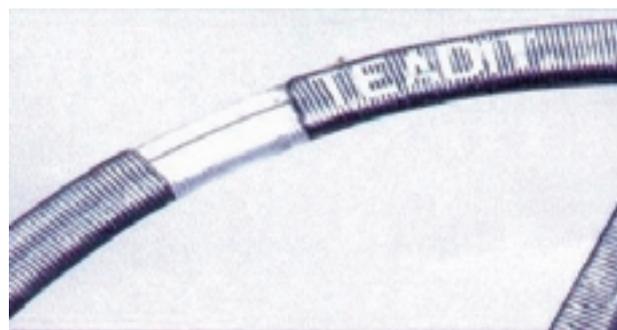


Figura 4

- Sempre que houver ciclo térmico é recomendável o uso do Sistema Teadit SMART (Carga Constante) ou a consulta específica da aplicação a um engenheiro de produto.

Juntas tipo 923 e 927 Dupla Camisa

A Teadit Brasil desenvolveu, baseada em tecnologia europeia, um novo conceito de juntas para Trocador de Calor. Embora este produto esteja no mercado há muitos anos, houve, por um período alguma resistência de usuários em optar por ele, pelo receio natural de alterar especificações em uma aplicação de risco. Entretanto, com a evolução dos conceitos, os comprovados resultados de performance desse tipo de material e uma rigidez no controle de emissões, esse tipo de resistência passou a dar lugar à opção segura de utilização de juntas dupla camisa tipo 923 e 927, seguindo ao orientação normativa TEMA.



Detalhe de Junta de Trocador de Calor tipo 927 da Fig 3



Com o advento dos Postos de Serviço Teadit, e o grande impacto provocado no mercado devido às excelentes performances obtidas nos Trocadores de Calor que passaram a operar com juntas dupla camisa, verificou-se uma tendência de empresas não qualificadas para o fornecimento desse tipo de produto, no sentido de manter as antigas especificações. A razão desta reação é que o Sistema Teadit, ao contrário dos concorrentes, permite a fabricação no campo, sem redução de nível de qualidade.

Esse nível de qualidade é que vai, em conjunto com as variáveis, Procedimento de Instalação e Cálculo de Torque, assegurar a eficiência da vedação. Para assegurar essa qualidade, são utilizadas matérias primas rigorosamente controladas, tecnologia de fabricação e atendimento às tolerâncias normativas de fabricação:

As tolerâncias devem obedecer às recomendações mostradas na Tabela 1 e Figura 5.

Tabela 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)	+0.6, -0.0	
Fechamento (S)	Igual ou maior que 3	
Largura das Divisões (C)	+0.0, -0.8	
Posicionamento das Divisões (F)	± 0.8	

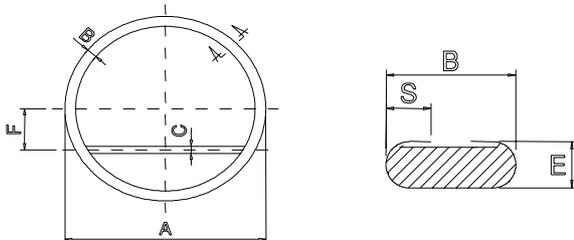


Figura 5

A solda das divisões deve ser de tal forma que não se projete além da superfície da junta, conforme Figura 6.

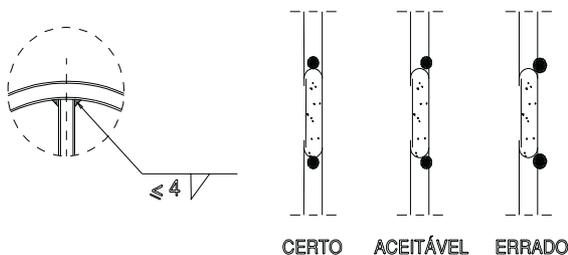


Figura 6

Fique atento e inspecione dimensionalmente as juntas, não esquecendo que elas promoverão a vedação que garante que sua operação não será interrompida.

Juntas tipo 940 e 941 Camprofile

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), acima.

Uma das características das juntas para trocadores de calor é serem fabricadas sob encomenda. Como estes aparelhos 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).

Uma das alternativas para pressões de trabalho elevadas é o uso das juntas metálicas planas. Essas juntas apresentam diversos problemas para a sua fabricação e instalação porque é muito sensível a quaisquer danos nos flanges, em especial riscos ou falhas radiais. Fabricadas com um metal ou liga macio 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 Camprofile. 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®)



e do PTFE Expandido (Quimflex®), foram desenvolvidas as juntas Camprofile, Teadit Tipo 942. Constituídas de um núcleo metálico serrilhado *coberto com fina película* de Graflex® ou Quimflex, ® conforme mostrado na Figura 10.1

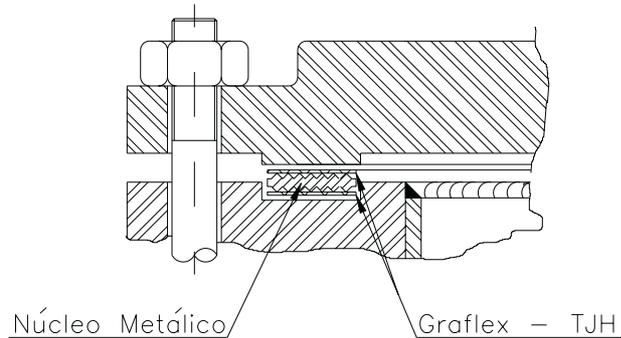


Figura 10.1

A vantagem de trabalhar com esse tipo de junta na vedação de Trocadores de Calor é que elas atendem à aplicações e condições operacionais muito rígidas, com pressão de trabalho máxima de até 250 bar, temperatura máxima de até 650° C, ampla faixa de aplicação de fluidos, sendo ainda menos sensível às irregularidades nos flanges resultando em total garantia de vedação.

Como isso ocorre: o perfil metálico serrilhado permite atingir elevadas pressões de esmagamento com baixos apertos nos parafusos. A fina camada de Graflex® ou Quimflex® preenche as irregularidades e evita que o serrilhado marque a superfície dos flanges. O efeito de labirinto também é acentuado pelo Graflex® ou Quimflex®, criando uma vedação que alia a resistência de uma junta metálica com a selabilidade do Graflex® ou do Quimflex®.

Defina o material da Junta Camprofile para Trocador de Calor

O material 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 expansão diferencial. Na cobertura de vedação o mais usual é utilizar Grafite Flexível Graflex®. Em situações onde o Graflex não é recomendado o núcleo é coberto por uma película de PTFE Expandido Quimflex®.

Os limites de operação para os materiais de cobertura tanto em termos de temperatura quanto de pressão, estão relacionados 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: 250 bar; faixa de temperatura (EC): -40 a 500

Tabela 10.1
Limites de Pressão e Temperatura

Material	Temperatura °C		Pressão de operação bar max
	min	max	
Graflex®	-240	650	250
Quimflex®	-240	270	100

Para atmosferas oxidantes o limite de temperatura para o Graflex é de 450° C.

Como calcular o torque das juntas

Os valores de “m” e “y” para cálculo pela Norma ASME são mostrados na Tabela 10.2 e os valores para cálculo pela Norma DIN estão na Tabela 10.3.

Tabela 10.2. Constantes Para Cálculo ASME

Material	m	y
Alumínio	3.25	5500
Cobre	3.50	6500
Latão	3.50	6500
Aço Carbono	3.75	7600
Monel	3.75	9000
Aços Inoxidáveis	4.25	10100

Tabela 10.3 Constantes Para Cálculo DIN

Material	Fator da junta m	Pressão de esmagamento - MPa - Instalação		Pressão de esmagamento - operação MPa					
		Mín.	Máx.	100	200	300	400	500	600
		$\frac{v_u}{20}$	$\frac{v_o}{140}$						
Alumínio	1.1	20	140	120	93				
Cobre	1.1	20	300	270	195	150			
Níquel	1.1	20	510	500	490	480			
AISI 1006/1008	1.1	20	500	500	495	315	240		
AISI 304/316	1.1	20	500	500	450	420			
AISI 321	1.1	20	500	500	450	420	390	350	
AISI 309	1.1	20	600	570	530	500	460	400	240



Para maior segurança, recomendamos que o cálculo seja realizado de acordo com as recomendações da Norma ASME, Divisão II, Seção VIII, Apêndice II. Em seguida, deve ser verificado o valor da pressão de esmagamento, que deve ficar na faixa recomendada na Tabela 10.3.

Calcular o torque a ser aplicado na junta é um fator de suma importância. Se o torque aplicado for menor que o mínimo recomendado pelo cálculo, não haverá sequer o esmagamento mínimo inicial na junta, o que resultará em vazamento tão logo o circuito entre em operação, pela própria força de separação que estará atuando sobre o aparelho devido a pressão operacional. Se, ao contrário, o torque aplicado for excessivo, ou seja, superior ao máximo recomendado pelo cálculo de torque para a aplicação e juntas específicas, poderá ocorrer a destruição total ou parcial da junta na instalação o que, novamente, resultará em vazamentos, já que a junta destruída não promoverá a vedação.

Para que você tenha como calcular corretamente o torque, exemplificamos abaixo um cálculo para uma simulada aplicação, aonde determinamos o estudo para troca de uma junta maciça tipo 940 de aço inoxidável 304 por uma junta Camprofile com o mesmo aço e cobertura de Graflex:

Dados do Trocador de Calor:

- pressão de projeto: 160 bar
- temperatura de projeto: 280° C

Dados da junta:

- tipo: Camprofile Teadit 942
- materiais: Inox 304 e Graflex
- diâmetro interno: $d_i = 488$ mm
- diâmetro externo: $d_e = 520$ mm

Estojos:

- material: ASTM A 193 B7
- diâmetro: $d_p = 2$ pol
- quantidade: $n_p = 16$

Tensão admissível nos parafusos:

- na instalação : $F_p = 172$ MPa
- na operação : $F_p = 162$ MPa
- área na raiz da rosca: $A = 1\,787$ mm²

1 Cálculo da força de aperto de acordo com o Código ASME

1.1. Esmagamento mínimo, W_{m2} :

- y : 10100 psi - esmagamento mínimo, tabela ASME
- $N = 16$ mm
- $b_0 = N / 2 = 16 / 2 = 8$ mm = 0.315 pol
- $b = 0.5 b_0^{0.5} = 0.5 \times 0.315^{0.5} = 0.281$ pol - largura efetiva da junta
- $G = d_e - 2b = 19.213 - 2 \times 0.281 = 18.651$ pol
- $W_{m2} = B b G y = B \times 0.281 \times 18.651 \times 10100 = 166\,295$ lb
- $W_{m2} = 740\,013$ N

1.2. Condições operacionais, W_{m1} :

- $p = 160$ bar = 2352 psi
- $m = 4.25$ - fator da junta, tabela ASME
- $W_{m1} = ((B G^2 p) / 4) + 2 b B G m p$
- $W_{m1} = ((B \times 18.651^2 \times 2352) / 4) + (2 \times 0.281 \times B \times 18.651 \times 4.25 \times 2352)$
- $W_{m1} = 642\,586 + 329\,166 = 971\,752$ lb
- $W_{m1} = 4\,324\,296$ N

1.3. Força de vedação, W_m :

Considerando os cálculos 5.2.1 e 5.2.2, a força de vedação mínima de acordo com o Código ASME é o maior valor de W_{m1} e W_{m2} , portanto, $W_m = 4\,324\,296$ N. O valor da força por parafuso é:

- $F_{pmin} = 4\,324\,296 / n_p = 270\,268$ N

1.4. Força máxima nos parafusos, F_{pmax} :

- $A_e = 1\,787$ mm² - área resistiva dos parafusos
- $F_a = 172$ MPa - tensão admissível nos parafusos
- $F_{pmax} = A_e F_a$
- $= 1\,787 \times 172 = 307\,364$ N

Verificação da tensão admissível na temperatura de operação:

- $F_b = 162$ MPa
- $F_b > W_{m1} / (A_e n_p) = 4\,324\,296 / (1787 \times 16) = 151$ MPa

Considerando-se que a tensão admissível na temperatura de operação é de 162 MPa o valor encontrado está abaixo deste limite.

1.6. Considerando os itens 5.2.3 e 5.2.4, a força total exercida pelos parafusos para assegurar uma vedação adequada, ao mesmo tempo que a tensão nos parafusos não ultrapasse a máxima admissível, deve estar entre 270 268 N e 307 364 N.



1.7. Torque mínimo, T_{\min} :

- $k = 0.2$ - fator de rosca e atrito
- $T_{\min} = k d_p F_{p\min}$
- $T_{\min} = 0.2 \times (50.8 / 1000) \times 270\,268 = 2\,745 \text{ N}\cdot\text{m}$

1.8. Torque máximo, T_{\max} :

- $T_{\max} = k d_p F_{p\max}$
- $T_{\max} = 0.2 \times (50.8 / 1000) \times 307\,364 = 3\,123 \text{ N}\cdot\text{m}$

2. Cálculo da força de aperto de acordo com a Norma DIN 2505:

2.1. Força de esmagamento mínima:

- $F_{e\min} = \pi b_D b_D \sigma_{VU}$
- $d_D = (488 + 520) / 2 = 504$ - diâmetro médio
- $F_{VU} = 20 \text{ MPa}$ - tabela DIN 2505
- $b_D = (520 - 488) / 2 = 16 \text{ mm}$
- $F_{E\min} = B \times 488 \times 16 \times 20 = 490\,591 \text{ N}$

2.2. Força de vedação mínima:

- $F_{V\min} = F_{O\min} + F_i$
- $F_{O\min} = B d_D b_D n p S_D$
- $n = 1.1$ - fator da junta tabela DIN 2505
- $S_D = 1.2$ - coeficiente de segurança - DIN 2505, valor mínimo
- $p = 160 \text{ bar} = 16 \text{ MPa}$
- $F_{O\min} = \pi \times 504 \times 16 \times 1.1 \times 16 \times 1.2 = 535\,050 \text{ N}$
- $F_i = p (\pi/4) d_D^2 = 16 \times (\pi/4) \times 504^2 = 3\,192\,059 \text{ N}$
- $F_{V\min} = 535\,050 + 3\,192\,059 = 3\,727\,109 \text{ N}$

2.3. Força de esmagamento máxima:

2.3.1. Na instalação:

- $F_{E\max} = \pi d_D b_D \sigma_{VO}$
- $\sigma_{VO} = 500 \text{ MPa}$ - tabela DIN 2505
- $F_{E\max} = \pi \times 504 \times 16 \times 500 = 12\,666\,901 \text{ N}$

2.3.2. Na operação:

- $F_{O\max} = F_{O\max} + F_i$
- $F_{O\max} = \pi d_D b_D \sigma_{BO}$
- $\sigma_{BO} = 414 \text{ MPa}$ - interpolado na tabela DIN 2505 para 280°C
- $F_{O\max} = \pi \times 504 \times 16 \times 414 = 10\,488\,195 \text{ N}$
- $F_{O\max} = 10\,488\,195 + 3\,192\,059 = 13\,680\,254 \text{ N}$

2.4. Força máxima dos parafusos, $F_{pt\max}$:

- $A_e = 1\,787 \text{ mm}^2$ - área resistiva dos parafusos
- $F_p = 172 \text{ MPa}$ - tensão admissível nos parafusos
- $F_{pt\max} = n_p A_e F_p = 16 \times 1\,787 \times 172 = 4\,917\,824 \text{ N}$

2.5. Considerando os itens 5.3.1 a 5.3.4, a força total exercida pelos parafusos para assegurar uma vedação adequada, ao mesmo tempo que a tensão nos parafusos não ultrapasse a máxima admissível, deve estar entre $3\,727\,109 \text{ N}$ e $4\,917\,824 \text{ N}$.

2.6. Torque mínimo:

- $T_{\min} = k d_p 3\,727\,109 / n_p$
- $T_{\min} = 0.2 \times (50.8 / 1000) \times 3\,727\,109 / 16 = 2\,367 \text{ N}\cdot\text{m}$

2.7. Torque máximo:

- $T_{\max} = k d_p F_{p\max} / n_p$
- $T_{\max} = 0.2 \times (50.8 / 1000) \times 4\,917\,824 / 16 = 3\,122 \text{ N}\cdot\text{m}$

Para definir o valor entre o torque máximo e mínimo, utiliza-se, normalmente, o critério, para operações mais severas, de aplicar, inicialmente, 70% do valor do torque máximo recomendado. Isso porque será necessário, no reaperto, dispor de torque para ajuste. Se for aplicado o torque máximo inicialmente, não haverá torque disponível para o reaperto depois do lançamento da unidade. Com o torque definido, a junta é instalada no Trocador de Calor com segurança. Sua performance estará assegurada.

É recomendável registrar junto à documentação do equipamento qual é o torque recomendado para o mesmo e fazer com que os preparadores de parada, supervisores e mecânicos de manutenção tenham conhecimento desse procedimento. A Teadit disponibiliza no mercado o Software que faz esse tipo de cálculo, exigindo apenas que você defina as seguintes informações: material da junta, diâmetro interno e externo da junta, número, diâmetro e material de parafusos ou prisioneiros, pressão e temperatura de operação. A imagem, abaixo, mostra a tela do programa, cuja utilização é recomendada, inclusive pelo banco de dados do ASME de softwares disponíveis no mercado mundial para cálculo de torque no endereço http://www.mecheng.asme.org/database/MECH_ENG/5768.html

Com torque adequado, gaxeta e junta de qualidade, aparelho em perfeitas condições, procedimento correto de instalação de vedação, haverá tempo para você contabilizar os ganhos financeiros e ambientais decorrentes do sucesso da vedação dos Trocadores de Calor.