

Fabricação de flanges tipo anel a partir de chapa ou barra

1. Introdução

Há três técnicas principais de fabricação de flanges: fundição, corte de material laminado e forjamento.

O método de fabricação por fundição começa com o metal fundido vertido em um molde para tomar a forma desejada, nesse caso, um flange.

Após o resfriamento e o endurecimento do metal líquido, o molde é aberto e a peça fundida é removida, usinada nas dimensões e acabamento superficial necessários.

Flanges produzidos por fundição custam menos e há menos desperdício de material. no entanto, podem acontecer defeitos, devido à estrutura interna menos compacta, com a presença de porosidade, que se forma dentro da estrutura metalúrgica, tornando frágil o flange e mais propenso a falhas.

O processo de fabricação do flange cortado de chapa laminada começa pela planificação da placa de aço, usando rolos para reduzir o material até atingir a espessura pretendida.

Em seguida há o processo de corte, diretamente da chapa ou placa, usando tocha, laser ou jato de água, nas dimensões estabelecidas para o flange: diâmetro interno (exceto para flanges cegos), diâmetro externo, os orifícios dos parafusos ou estojos e o acabamento espiral serrilhado da face. Este processo é usado principalmente para a produção de grandes flanges.

O inconveniente desse processo de fabricação de flange, por corte de chapa de aço, é a interrupção da estrutura dos grãos metalúrgicos do material laminado, tornando-o mais fraco e mais suscetível às falhas, corrosão e ao desgaste.

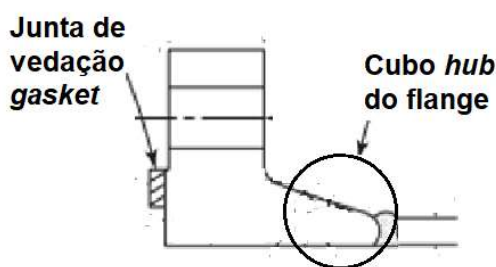
Esses flanges são menos resistentes que os flanges produzidos usando as outras técnicas de fabricação e, por isso, utilizados apenas em serviços não perigosos.

Já os flanges forjados são fabricados aquecendo tarugos, placas ou barras de aço e se comprimindo o material sobre uma matriz, usando martelo elétrico, prensa ou forja, para moldar o flange a partir desse estado semi sólido.

Depois que o flange é forjado, ele é usinado e acabado de acordo com as especificações apropriadas.

Este processo desenvolve uma estrutura contínua de fibras de grãos metalúrgicos, orientados para o formato da peça, gerando um produto de maior resistência.

O flange forjado integral com pescoço ou cubo *hub* é considerado o flange de maior resistência mecânica, pois absorve todos os esforços, internos e externos, da ligação flangeada, sem restrições ao uso.



Esse tipo de flange possibilita uma transição suave das tensões atuantes, do flange para o tubo soldado, distribuindo melhor os esforços.

2. Referências

ASME B 16.5 - Pipe Flanges and Flanged Fittings NPS 1/2 Through NPS 24

ASME B16.47 - Large Diameter Steel Flanges: NPS 26 through NPS 60

ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII Division 1 - Rules for Construction of Pressure Vessels

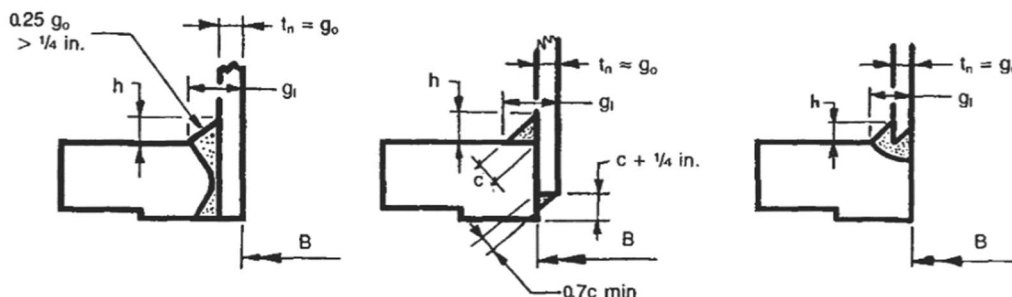
Pressure Vessel Design Manual - Dennis R. Moss

3. Tipos de flanges de anel fabricados de chapa ou barra conforme requisitos do Código ASME Sec VIII Div 1

Conforme estabelecido no Código ASME Sec VIII Div 1, de projeto e construção de vasos de pressão, há os flanges denominados de "flanges de anel *ring-type flanges*", que podem ser fabricados de chapa ou placa e barra.

Os flanges tipo anel *ring-type flange* a seguir analisados destinam-se ao emprego em vasos de pressão e sistemas de tubulação.

O flange de anel *ring-type flange* é um flange de formato semelhante ao flange sobreposto, fabricado a partir de chapa ou barra de aço, normalmente, sem pescoço ou cubo *hub*.



Tipos construtivos de flanges de anel *ring-type flanges* sem pescoço ou cubo *hub* permitidos pelo Código ASME Sec VIII Div 1

Fonte: Pressure Vessel Design Manual - Dennis R. Moss

Os flanges tipo anel sem pescoço ou cubo *hub* podem ser fabricados diretamente por corte de chapa, sob condições específicas, e usinados conforme a geometria requerida.

Já, para os flanges tipo anel com pescoço ou cubo *hub*, a chapa ou barra deve ser, primeiramente, calandrada ou prensada e soldada em formato de anel e, posteriormente, usinada conforme a geometria especificada para o flange.

A análise da possibilidade de flange ser fabricado a partir de chapa de aço é feita, a seguir, atendendo-se aos critérios de Normas e Códigos do ASME.

As normas de padronização de flanges ASME B16.5 e B16.47 admitem flanges de materiais de chapas apenas para flanges cegos.

Na Tabela 1 *List of Material Specifications*, dessas Normas, estão listados os materiais utilizados na fabricação de flanges e conexões flangeadas padronizados, porém com a restrição de que materiais de chapa somente devem ser usados para flanges cegos e flanges de redução, sem cubo *hub*.

Por outro lado, o Código ASME Sec VIII Div 1, no Apêndice Mandatário 2, apresenta o roteiro de cálculo de dimensionamento de flanges não padronizados, com várias opções de geometrias, inclusive de flanges sem pescoço ou cubo *hub* do tipo de anel *ring-type flanges without hub*, que podem ser fabricados de chapa.

Assim, o Código ASME Sec VIII Div 1 autoriza a utilização de chapa laminada, para a fabricação de flange de anel, com a restrição de que o flange seja do tipo solto *loose-type flange without hub* sem pescoço ou cubo *hub*.

Referência ASME Sec VIII Div 1 Mandatory Appendix 2 Rules for Bolted Flange Connections with Ring Type Gaskets Figure 2-4 Types of Flanges.

4. Construção de flanges de anel tipo solto *loose-type flange* sem pescoço ou cubo *hub*

É possível usar chapa laminada para fabricar flanges tipo anel solto *loose-type flange*, sem cubo *hub*, projetados pelo Código ASME Sec VIII Div 1 Apêndice Mandatário 2, que são próprios apenas para aplicações com produtos não perigosos, de baixas pressão e temperatura e com pouco risco de vazamento.

O “flange de anel de chapa ou placa” é um tipo de flange solto *loose-type flange*, muito semelhante ao flange sobreposto SO-*Slip On*, mas sem cubo *hub*.

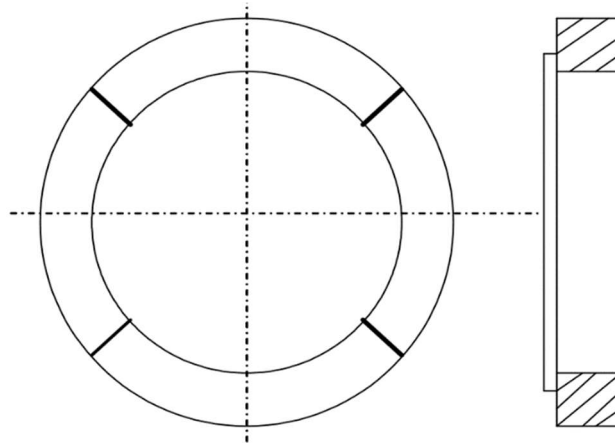
Esses flanges podem ser feitos de forjados ou fabricados usinados a partir de produtos planos, tipo chapas ou placas, e podem ser fornecidos com face plana (FF Flat Face) ou face com ressalto (RF Raised Face).

São admitidos os flanges soltos *loose-type flanges without hub* das Figuras 2-4 (3a), (4a) ou (4b) do Código ASME BPVC Section VIII Division 1 Mandatory Appendix 2, fabricados de chapa ou placa, desde que atendidas todas as seguintes restrições das condições operacionais de serviço:

- a) serviço com fluidos não perigosos como água não contaminada por substâncias tóxicas, ar comprimido ou gases inertes;
- b) pressão de projeto até 20 kgf/cm² (290 psi);
- c) temperatura de projeto até 300°C;
- d) equipamento sem requisito de tenacidade e teste de impacto;
- e) equipamento com sobresspessura de corrosão até 3 mm;
- f) equipamento sem necessidade de tratamento térmico.

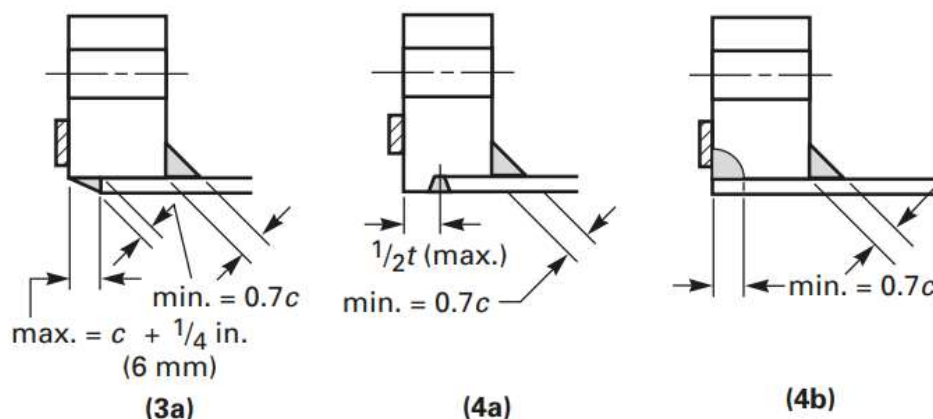
Requisitos para a fabricação de flange de anel, do tipo solto *loose-type flange* sem pescoço ou cubo *hub*:

- 1- As chapas devem ser de aços estruturais para aplicação em Vasos de Pressão, como as especificações para aço Carbono ASME SA515 e SA516 Graus 60 e 70.
- 2- Executar exame por ultrassom nas superfícies da chapa ou placa, conforme a norma ASTM A435 Standard Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Steel Plates e líquido penetrante ou partículas magnéticas, para identificar possíveis descontinuidades presentes no material tais como: segregações, dupla laminação, poros e fissuras ou trincas.
- 3- As soldas internas da chapa devem ser de topo, com penetração total, feita pelos 2 lados da chapa, examinadas com radiografia total (100%RT) e líquido penetrante ou partículas magnéticas, com alívio térmico de tensões após soldagem.



Flange de anel tipo solto *loose-type flange* sem pescoço ou cubo *hub* fabricado de chapa

4- As soldas de fixação do flange ao tubo devem ser como os "sketches" (3a), (4a) ou (4b) da Fig. 2-4, do Código ASME Sec VIII Div 1 Apêndice Mandatário 2, e além dos exames visual e dimensional devem ter exame com líquido penetrante.



ASME Sec VIII Div1 Mandatory Appendix 2 Figure 2-4 Loose-Type Flanges without hubs

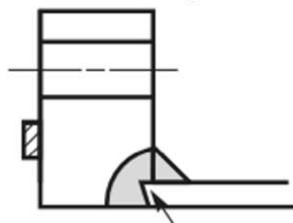
- 5- O raio do adocamento da solda de filete deve ser de pelo menos 3/16 pol. (5 mm).
- 6- O dimensionamento ou verificação do flange de anel tipo solto *loose-type flange* sem cubo *hub* é feito considerando-se um flange *loose-type flange*, conforme Código ASME Sec VIII Div1 Mandatory Appendix 2 parágrafo 2-7 Calculation of flange stresses for loose type flanges without hubs in accordance with Figure 2-4 sketches (3a), (4a) and (4b).

5. Construção de flange de anel tipo opcional *optional-type flanges* sem cubo *hub*

Ainda há, segundo o Código ASME Sec VIII Div 1 Mandatory Appendix 2, Figure 2-4 Types of Flange sketch (11), a opção da construção de flange de anel sem cubo *hub*, tipo opcional *optional-type flange*, também possível de ser fabricado de chapa laminada cortada.

A vantagem desse flange de anel opcional *optional-type flange* é que não há restrições das condições operacionais de serviço, como acontece com os flanges de anel tipo solto *loose-type flange*, desde que seja calculado e montado como um flange integral *integral-type flange*.

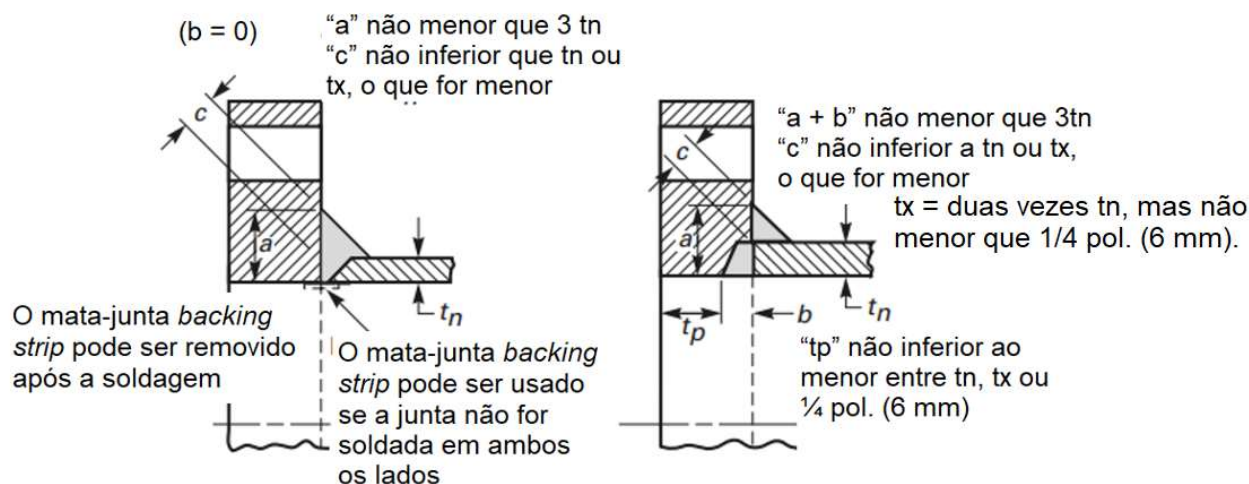
Flange de anel tipo opcional *optional-type flange* conforme Figura 2-4, esboço (11)



Solda de penetração total com mata-junta conforme Fig. UW-13.2 sketches (m) and (n)

Referência: ASME Sec VIII Div 1 Mandatory Appendix 2 Figure 2-4 Types of Flange Sketch (11)

Detalhes das soldas de montagem do flange opcional ao tubo, conforme Código ASME Sec VIII Div 1 Fig. UW-13.2 Attachment of Pressure Parts to Flat Plates to Form a Corner Joint sketches (m) e (n)



Detalhes da geometria de flange do tipo anel *optional-type flange* sem cubo *hub* fabricado por corte de chapa

Nesse tipo de flange de anel *optional-type flange* sem cubo *hub*, na fabricação por corte de chapa laminada, devem ser atendidos os seguintes requisitos.

1- As chapas devem ser de aços estruturais para aplicação em Vasos de Pressão, como as especificações para aço Carbono ASME SA515 e SA516 Graus 60 e 70.

2- Antes da soldagem, executar exame por ultrassom nas superfícies da chapa, conforme a norma ASTM A435 Standard Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Steel Plates, e partículas magnéticas ou líquido penetrante, para identificar possíveis discontinuidades presentes no material tais como segregações, dupla laminação, poros e fissuras ou trincas, que podem provocar falha por *lamellar tearing*.

Nota:

Lamellar tearing é um fenômeno de fissuração ou trincamento que ocorre sob as soldas e é encontrado principalmente em chapas ou placas de aço laminado. O trincamento sempre fica no interior da placa e é paralelo à linha de fusão da solda.

3- As soldas internas da chapa ou placa devem ser de topo, com penetração total, feita pelos 2 lados da chapa, examinadas com radiografia total (100%RT), com alívio térmico de tensões após soldagem, e superficialmente inspecionadas com líquido penetrante ou partículas magnéticas.

4- A solda de montagem do flange de anel no tubo deve ser de penetração total, e quando a soldagem pelo lado interno não for possível utilizar mata-junta *backing strip*.

Após a soldagem, reexaminar o lado interno do flange de anel e a junta soldada com partículas magnéticas ou líquido penetrante.

5- O dimensionamento ou verificação do flange de anel tipo opcional *optional-type flange* é feito considerando-se um flange *integral-type flange*, conforme Código ASME Sec VIII Div1 Mandatory Appendix 2 parágrafo 2-7 Calculation of flange stresses for optional-type flanges without hubs in accordance with Figure 2-4 sketch (11).

6. Construção de flange do tipo anel *ring-type flange* com cubo de solda *hub* tipo integral *integral-type flanges*

Esses flanges de anel tipo integral *integral-type flanges* com cubo de solda *hub* são de resistência mecânica equivalente aos flanges forjados de pescoço para solda *welding neck flanges*.

A fabricação de flange de anel de chapa ou barra tipo integral, com pescoço ou cubo de solda *hub*, não pode ser simplesmente cortando e usinando a chapa laminada, devido ao risco potencial de falhas, que podem ser geradas e propagadas através do corte das linhas ou fibras da laminação.

Os flanges com cubo *hub* são mais sensíveis do que outros flanges ao corte e interrupção do alinhamento dos grãos metalúrgicos gerado pela laminação.

Por outro lado, o ASME Sec VIII Div 1 UG-14 não permite que se fabrique flanges de anel com cubo *hub* a partir de barra laminada, somente é admissível barra forjada.

Nota:

Na fabricação de barras forjadas, os lingotes de aço Carbono, aço-liga ou aço inoxidável passam por aquecimento e grandes compressões, elevando as propriedades mecânicas do material.

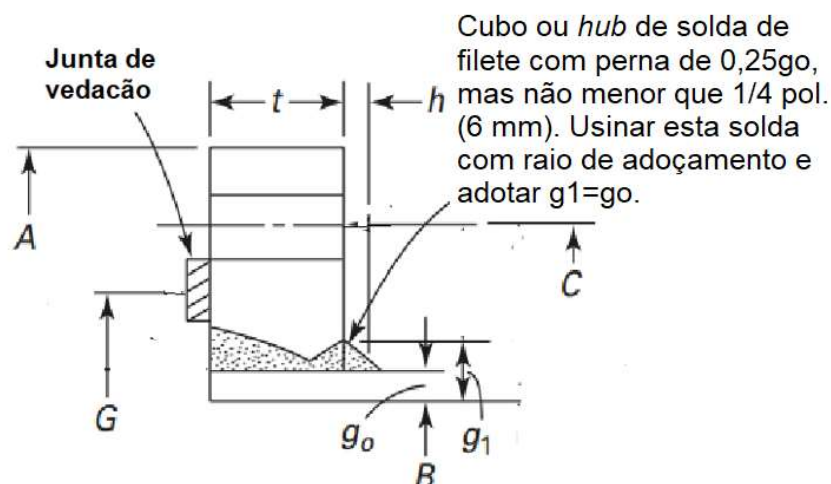
Conforme Código ASME Sec VIII Div 1 UG-6 *Forgings*, só podem ser usadas barras forjadas na fabricação de flanges de anel *ring-type flanges*.



Ilustração de barra forjada de seção quadrada e circular

O Código ASME Sec VIII Div 1 Mandatory Appendix 2, Figure 2-4 Types of Flange Sketch (7) propõe a possibilidade de fabricação de flanges de anel com cubo *hub* de solda, tipo integral, *integral-type flanges*, de chapa ou barra conformada em anel circular fechado.

Flange de anel tipo integral *integral-type flange* conforme Figura 2-4, esboço (7)



Detalhes da geometria de flange do tipo anel *ring-type flange* com cubo de solda *hub*, tipo integral fabricado com anel de chapa ou barra

Referência: ASME Sec VIII Div 1 Mandatory Appendix 2 Figure 2-4 Types of Flange Sketch (7)

As variáveis são as definidas no parágrafo 2-3 *Notation* do Código ASME Sec VIII Div 1 Mandatory Appendix 2.

A = diâmetro externo do flange

B = diâmetro interno do flange.

C = diâmetro do círculo do parafuso

G = diâmetro no local da reação de carga da gaxeta.

g₁ = espessura do cubo na parte de trás do flange

g₀ = espessura do cubo na extremidade menor

g = t_n para flanges do tipo integral de acordo com a Figura 2-4, esboço (7),

h = comprimento do cubo

t = espessura do flange

O dimensionamento ou verificação do flange de anel tipo integral *integral-type flange* é feito considerando-se um flange *integral-type flange*, conforme Código ASME Sec VIII Div1 Mandatory Appendix 2 parágrafo 2-7 Calculation of flange stresses for integral-type flanges in accordance with Figure 2-4 sketch (7).

A fabricação de flanges de anel **ring-type flange com pescoço ou cubo hub** por chapa ou barra de aço, de acordo com o Código ASME Sec VIII Div 1, Mandatory Appendix 2 parágrafo 2-2 *Materials*, só é possível, se o material for previamente conformado, prensado ou calandrado em forma de um anel fechado

6.1. Flange de anel de chapa laminada

No anel formado por chapa de aço, as superfícies originais de laminação da chapa devem ser paralelas ao eixo do flange acabado.

Requisitos para a fabricação de flange de anel, do tipo integral com pescoço ou cubo hub, a partir de chapa:

- a. As chapas devem ser de aços de qualidade estrutural para aplicação em Vasos de Pressão, como as especificações ASME SA515 e SA516 Graus 60 e 70, para aço Carbono, SA387 para aços liga Cr-Mo e SA240 para aços inoxidáveis.
- b. Antes da conformação executar exame por ultrassom nas superfícies da chapa, conforme a norma ASTM A435 Standard Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Steel Plates, e partículas magnéticas ou líquido penetrante, para identificar possíveis discontinuidades presentes no material tais como: segregações, dupla laminação, poros e fissuras ou trincas.
- c. Conformar a chapa por prensagem ou calandragem em forma de um anel fechado.
- d. No anel formado, as superfícies originais de laminação da chapa devem ser paralelas ao eixo do flange acabado. Isto não significa que a superfície original da chapa deva estar presente no flange acabado.
- e. As juntas soldadas de fechamento do anel após conformado, no máximo 2 soldas defasadas de 180°, devem ser juntas de topo, com penetração total, feitas pelos lados interno e externo do anel, evitando penetração excessiva, falta de penetração e rebaixo de solda, facilmente radiografáveis (100%RT), e tratamento térmico de alívio de tensões após soldagem, conforme ASME Sec VIII Div 1.

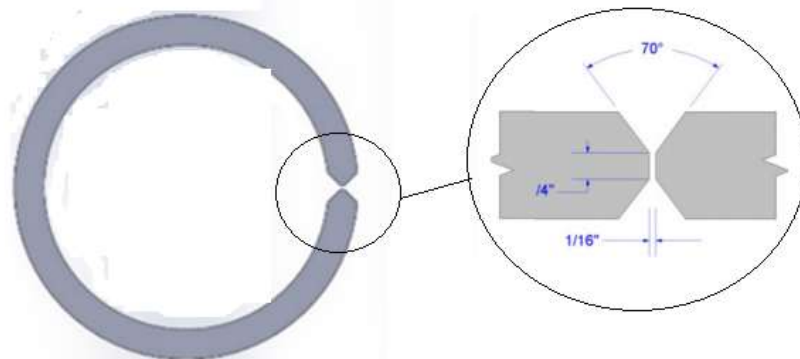


Ilustração da chapa e barra conformada em forma de flange de anel

f. Após a conformação em anel soldado, executar o exame com partícula magnética ou líquido penetrante nas superfícies interna e externa.

g. A solda de montagem do flange de anel ao tubo deve ser de penetração total,

totalmente radiografada (100%RT) e examinada com partículas magnéticas ou líquido penetrante, inclusive o pescoço ou cubo *hub* de solda.

h. As soldas de filete ou de ângulo devem ter adoçamento suave, com raio de adoçamento sendo o menor valor entre $0,25t_n$ e 3 mm (t_n = espessura do tubo cilíndrico).

i. A espessura a ser usada para determinar os requisitos de execução de tratamento térmico pós-soldagem e deve ser o menor valor entre:

$$t \text{ or } \frac{(A - B)}{2}$$

A = diâmetro externo do flange.

B = diâmetro interno do flange.

t = espessura do flange.

j. Parafusos, estojos, porcas e arruelas devem ter um diâmetro nominal não inferior a 1/2 pol. (13 mm) e serem de ligas de aço. Devem ser tomadas precauções para evitar sobrecarregar os parafusos e estojos no aperto de montagem.

6.2. Flange de anel de barra forjada

Conforme ASME VIII Div 1. UG-14 *Rods and Bars* apenas barras forjadas podem ser usadas na fabricação de peças de pressão, como anéis de flange, anéis de reforço, reforço de aberturas, estais e peças semelhantes.

Requisitos para a fabricação de flange de anel, do tipo integral com pescoço ou cubo *hub* a partir de barra forjada:

a. As barras devem ser de qualidade estrutural para acessórios de Vasos de Pressão, especificações ASME SA105 para barras forjadas de aço Carbono e ASME SA182 para barras forjadas de aço liga Cr-Mo e aço inoxidável.

b. Cada barra, antes da conformação, deve ser 100% examinada por ultrassom de acordo com a norma ASTM A388 Standard Practice for Ultrasonic Examination of Steel Forgings, e partículas magnéticas ou líquido penetrante.

c. As barras podem ser conformadas e usinadas a partir de barra de seção quadrada não superior a 5,50 pol. (140 mm), desde que o comprimento axial da peça seja aproximadamente paralelo às linhas de fluxo de metal.

d. As barras podem ser conformadas e usinadas a partir de barra de seção quadrada superior a 5,50 pol. (140 mm), mas não superior a 8,00 pol. (205 mm), desde que o comprimento axial da peça seja aproximadamente paralelo às linhas de fluxo de metal e a espessura mínima requerida do flange é calculada com 50% da tensão admissível.

e. Conformar a barra por prensagem ou calandragem em forma de um anel fechado.

f. As juntas soldadas de fechamento do anel após conformado, no máximo 2 soldas defasadas de 180°, devem ser juntas de topo, com penetração total, feitas pelos lados interno e externo do anel, evitando penetração excessiva, falta de penetração e rebaixo de solda, facilmente radiografáveis (100%RT), e tratamento térmico de alívio de tensões após soldagem, conforme ASME Sec VIII Div 1.

g. Após a conformação em anel soldado, executar o exame com partícula magnética ou líquido penetrante nas superfícies interna e externa.

h. A solda de montagem do flange de anel ao tubo deve ser de penetração total, totalmente radiografada (100%RT) e examinada com partículas magnéticas ou líquido penetrante, inclusive o pescoço ou cubo *hub* de solda.

i. A solda de filete ou de ângulo do cubo deve ter adoçamento suave, com raio sendo o menor valor entre $0,25t_n$ e 3 mm (t_n = espessura do tubo cilíndrico).

j. A espessura a ser usada para determinar os requisitos de execução de tratamento térmico pós-soldagem e deve ser o menor valor entre:

$$t \text{ or } \frac{(A - B)}{2}$$

A = diâmetro externo do flange.

B = diâmetro interno do flange.

t = espessura do flange.

k. Parafusos, estojos, porcas e arruelas devem ter um diâmetro nominal não inferior a 1/2 pol. (13 mm) e serem de ligas de aço. Devem ser tomadas precauções para evitar sobrecarregar os parafusos e estojos no aperto de montagem.

7. Tolerâncias e Ensaios Não Destrutivos de controle de qualidade da fabricação

Além das tolerâncias na fabricação de flanges, conforme Norma ASME B16.5, o controle dimensional de planicidade, nivelamento e perpendicularismo das superfícies da chapa, após a soldagem, deve ser muito rigoroso, para assegurar a estanqueidade da ligação flangeada.

Blind, Lap Joint, Slip-On, Socket, Threaded Flange Dimension Tolerances, ASME B16.5	
Flange Dimension	Tolerance
Outside Diameter	<ul style="list-style-type: none"> When O.D. is 24" or less: $\pm 1/16"$ (1.6mm) When O.D. is over 24": $\pm 1/8"$ (3.2mm)
Inside Diameter	<ul style="list-style-type: none"> Threaded: within limits of boring gauge Lap Joint, Slip-on, Socket <ul style="list-style-type: none"> 10" and smaller: $\pm 1/32"$ (0.8mm), 0" 12" and larger: $-1/16"$ (1.6mm), 0"
Diameter of contact face	<ul style="list-style-type: none"> 1/16" raised face: $\pm 1/32"$ (0.8mm) 1/4" Raised Face, Tongue & Groove (male & female): $\pm 1/64"$ (0.4mm)
Diameter of bore	<ul style="list-style-type: none"> Threaded (S): within limits of boring gauge Lap Joint (F), Slip-on (E), Socket (E) <ul style="list-style-type: none"> 10" and smaller: $\pm 1/32"$ (0.8mm), 0" 12" and larger: $-1/16"$ (1.6mm), 0"
Drilling	<ul style="list-style-type: none"> Bolt circle: $\pm 1/16"$ (1.6mm) Bolt hole spacing: $\pm 1/32"$ (0.8mm) Eccentricity of bolt circle with respect to facing <ul style="list-style-type: none"> 2 1/2" and smaller $\pm 1/32"$ (0.8mm) max. 3" and larger $\pm 1/16"$ (1.6mm) max.
Thickness	<ul style="list-style-type: none"> 18" and smaller: $\pm 1/8"$ (3.2mm), -0" 20" and larger: $\pm 3/16"$ (4.8mm), -0"

Tolerâncias na fabricação de flanges, conforme Norma ASME B16.5

Os ENDS-Ensaios Não Destrutivos a serem aplicados devem ter execução e aceitação conforme o Código ASME e tabela a seguir.

Sigla	Descrição	Execução	Aceitação
RT	Exame radiográfico a- Total ou "full X-ray" b- Parcial ou "spot X-ray"	ASME Sec V	a- ASME VIII Div 1 UW-51 b- ASME VIII Div 1 UW-52
UT	Exame por ultra-som(1)	ASME Sec V	ASME VIII Div 1 App. 12
PM	Exame por partículas magnéticas	ASME Sec V	ASME VIII Div 1 App. 6
LP	Exame por líquido penetrante(2)	ASME Sec V	ASME VIII Div 1 App. 8
VI	Exame visual	ASME Sec V	Isento de defeitos
ME	Medição de espessura	PF	Critério próprio
EE	Exame de Estanqueidade	PF	Critério próprio
MD	Medição de dureza	PF	Critério próprio

Notas:

(1) Não aplicável para espessuras menores que 13 mm

(2) Teor máximo de Cloretos 10 ppm na solução

(3) PF: conforme procedimento próprio do fabricante

ANEXOS

1. Extratos do Código ASME Sec VIII Div 1

UG-6 Forgings

(b) Forged rod or bar may only be used within the limitations of UG-14.

UG-14 Rods and Bars

(a) Rods and Bars Used for Pressure Parts. Rod and bar may be used in pressure vessel construction for pressure parts such as flange rings [see 2-2(d)], stiffening rings, frames for reinforced openings, stays and stay-bolts, and similar parts. Rod and bar materials shall conform to the requirements for bars or bolting in the applicable part of Subsection C.

(b) Parts Machined From Rod and Bar. Pressure parts such as hollow cylindrically shaped parts, heads, caps, flanges, elbows, return bends, tees, and header tees may be machined directly from rod or bar as provided in (1) through (4) below.

(1) Examination by the magnetic particle or liquid penetrant method in accordance with the requirements of Mandatory Appendix 6 or Mandatory Appendix 8 respectively, shall be as follows:

(-a) for flanges: the back of the flange and the outer surface of the hub

(-b) for heads, caps, elbows, return bends, tees, and header tees: all surfaces

(-c) for hollow, cylindrically shaped parts: no surface examination needed

(2) Parts may be machined from rod or bar having a hot-worked diameter not greater than 5.50 in. (140 mm), provided that the axial length of the part is approximately parallel to the metal flow lines of the stock.

(3) Parts may be machined from rod or bar having a hot-worked diameter greater than 5.50 in. (140 mm), but not greater than 8.00 in. (205 mm), provided the axial length of the part is approximately parallel to the metal flow lines of the stock, and the minimum required thickness of the component is calculated following the rules of this Division using 50% of the specified allowable stress.

Mandatory Appendix 2 Rules For Bolted Flange Connections With Ring Type Gaskets

2-2 Materials

(d) **Flanges with hubs** that are machined from plate, bar stock, or billet shall not be machined from plate or bar material [except as permitted in UG-14(b)] unless the material has been formed into a ring and the following additional conditions are met:

(1) In a ring formed from plate, the original plate surfaces are parallel to the axis of the finished flange. (This is not intended to imply that the original plate surface should be present in the finished flange.)

(2) The joints in the ring are welded butt joints that conform to the requirements of this Division.

2-4 Circular Flange Types

(a) Loose Type Flanges

This type covers those designs in which the flange has no direct connection to the nozzle neck, vessel, or pipe wall, and designs where the method of attachment is not considered to give the mechanical strength equivalent of integral attachment.

See Figure 2-4, sketches (1), (1a), (2), (2a), (3), (3a), (4), (4a), (4b), and (4c).

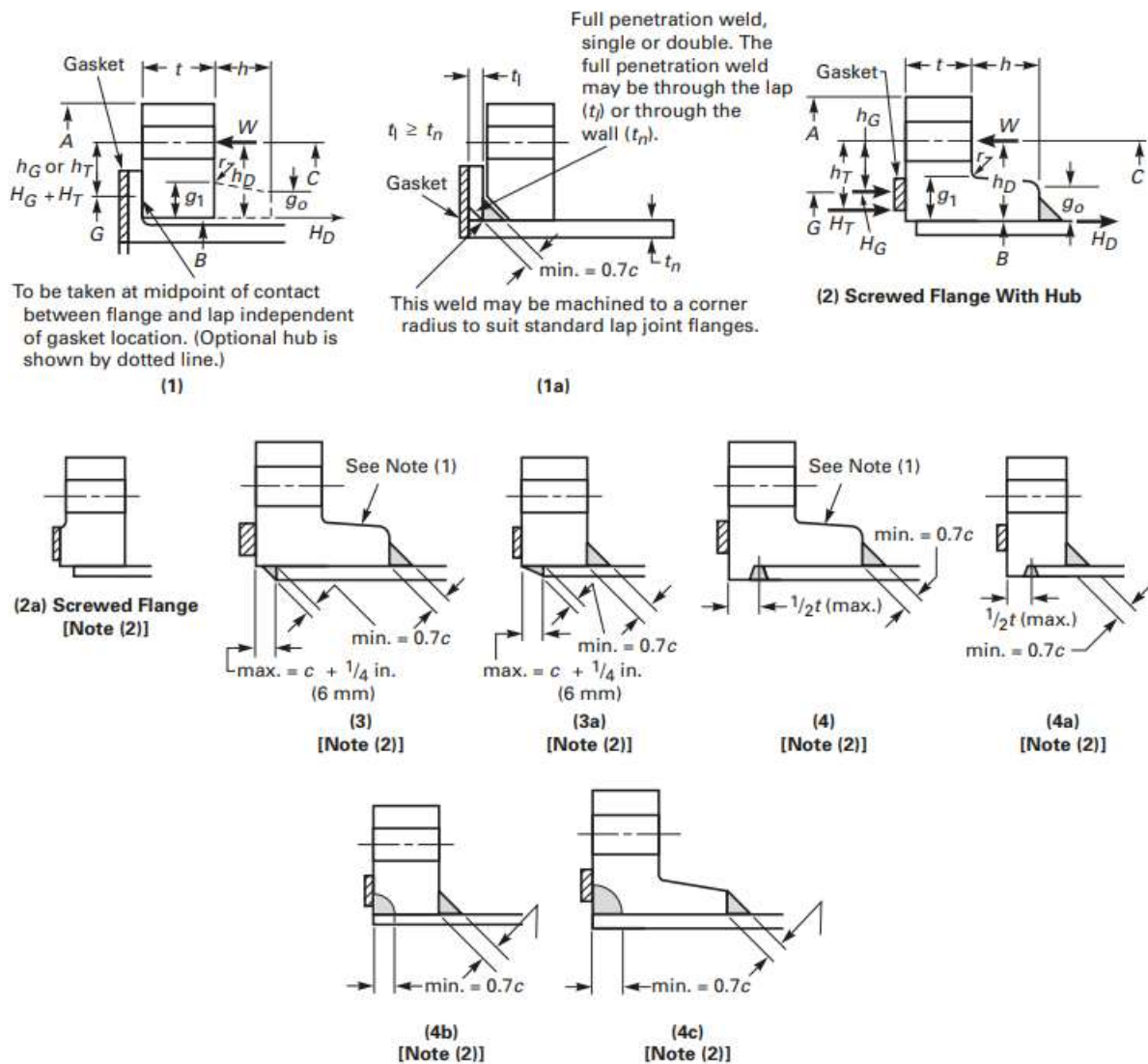


Figure 2-4 Types of Flange Loose-Type Flange

(b) Integral Type Flanges

This type covers designs where the flange is cast or forged integrally with the nozzle neck, vessel or pipe wall, butt welded thereto, or attached by other forms of welding of such a nature that the flange and nozzle neck, vessel or pipe wall is considered to be the equivalent of an integral structure. In welded construction, the nozzle neck, vessel, or pipe wall is considered to act as a hub.

See Figure 2-4, sketches (5), (6), (6a), (6b), and (7) for typical integral type flanges.

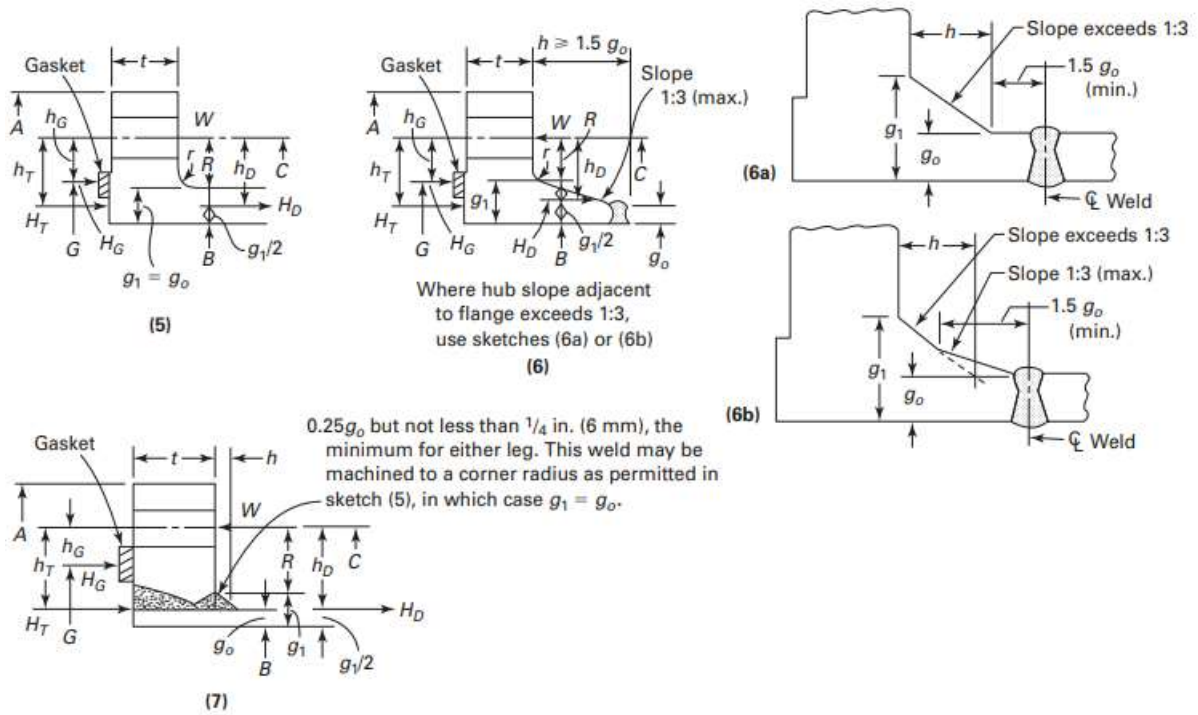


Figure 2-4 Types of Flange Integral-Type Flange

(c) Optional Type Flanges

This type covers designs where the attachment of the flange to the nozzle neck, vessel, or pipe wall is such that the assembly is considered to act as a unit, which shall be calculated as an integral flange, except that for simplicity the designer may calculate the construction as a loose type flange, provided none of the following values is exceeded:

$$g_o = 5/8 \text{ in. (16 mm)}$$

$$B/g_o = 300$$

$$P = 300 \text{ psi (2 MPa)}$$

$$\text{operating temperature} = 700^\circ\text{F (370}^\circ\text{C)}$$

See Figure 2-4, sketches (8), (8a), (9), (9a), (10), (10a), and (11) for typical optional type flanges.

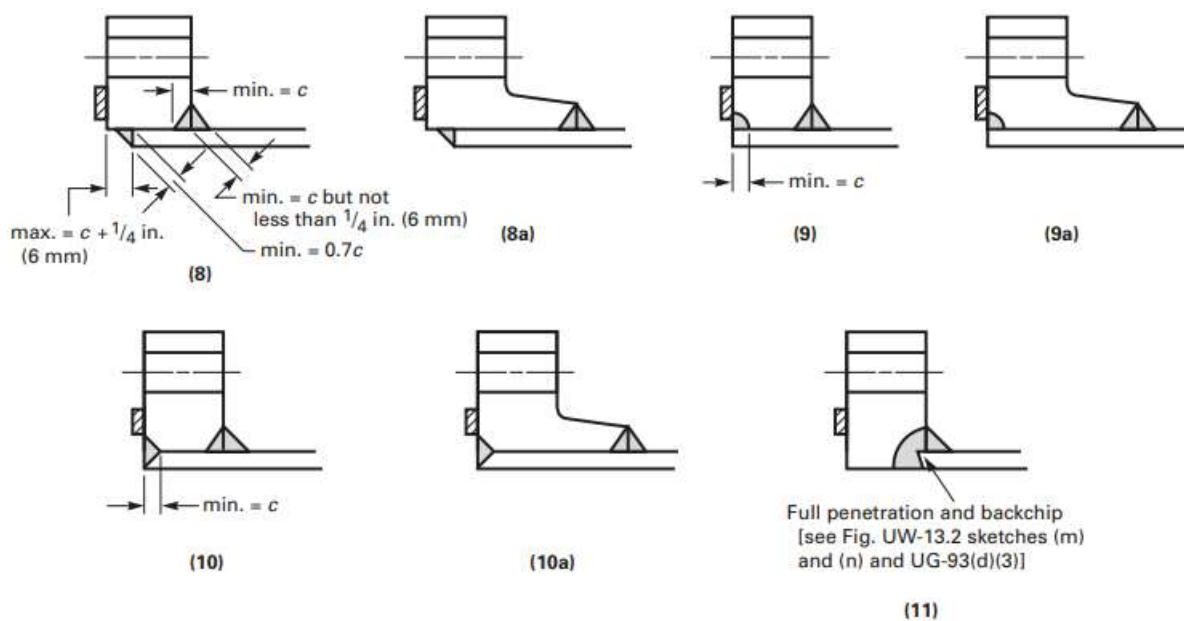


Figure 2-4 Types of Flange Optional-Type Flange

2-7 Calculation of Flange Stresses

The stresses in the flange shall be determined for both the operating conditions and gasket seating condition, whichever controls, in accordance with the following equations:

(a) for **integral type flanges** [Figure 2-4, sketches (5), (6), (6a), (6b), and (7)],
for **optional type flanges** calculated as integral type [Figure 2-4, sketches (8), (8a), (9), (9a), (10), (10a), and (11)], and
for **loose type flanges** with a hub which is considered [Figure 2-4, sketches (1), (1a), (2), (2a), (3), (3a), (4), (4a), (4b), and (4c)].

Longitudinal hub stress

$$S_H = \frac{f M_o}{L g_1^2 B}$$

Radial flange stress

$$S_R = \frac{(1.33te + 1) M_o}{L t^2 B}$$

Tangential flange stress

$$S_T = \frac{Y M_o}{t^2 B} - Z S_R$$

(b) for **loose type flanges without hubs** and **loose type flanges with hubs which the designer chooses to calculate without** considering the hub [Figure 2-4, sketches (1), (1a), (2), (2a), (3), (3a), (4), (4a), (4b), and (4c)] and **optional type flanges** calculated as loose type [Figure 2-4, sketches (8), (8a), (9), (9a), (10), (10a), and (11)]:

$$S_T = \frac{Y M_o}{t^2 B}$$
$$S_R = 0$$
$$S_H = 0$$

2. Extrato da Norma Petrobras N-253 Projeto de Vaso de Pressão

8.4.5.2 Para diâmetros nominais de 14" e acima é aceitável a utilização dos flanges do tipo anel ("ring type"), de aço forjado sem costura, ou fabricados a partir da barra forjada ou de chapa, conforme Figuras 2-4 (7) ou (11) do ASME BPVC Section VIII Division 1 ou conforme Figura 4.16.1 (a) do ASME BPVC Section VIII Division 2, que especificam solda com penetração total entre o flange e o pescoço do bocal ou da boca de visita.

NOTA 1 São admitidas também as Figuras 2-4 (8), [8 (a)], (9), [9 (a)], (10) ou [10 (a)] do ASME BPVC Section VIII Division 1 e a Figura 4.16.5 do ASME BPVC Section VIII Division 2, desde que atendidas todas as seguintes condições:

- pressão de projeto até 2 000 kPa (290 psi), inclusive;
- flange sem requisitos de teste de impacto;
- bocal com sobresspessura de corrosão até 3 mm (quando a solda estiver em contato com o fluido);
- equipamento sem necessidade de tratamento térmico.

NOTA 2 Os flanges fabricados a partir de barra ou de chapa, de qualquer classe de pressão, devem ser obtidos pela usinagem de anéis calandrados ou prensados, tendo, no máximo, 2 soldas de topo totalmente radiografadas. Esses flanges devem ter tratamento térmico como exigido pelo ASME BPVC Section VIII e as superfícies da chapa original devem ficar paralelas ao eixo do flange acabado. Flanges recortados de chapa só podem ser admitidos para partes internas do vaso, não submetidas à pressão.