

## Consulta

De: Marco Antonio Barbosa da Silva <[marxplanej@gmail.com](mailto:marxplanej@gmail.com)>

Assunto: Força atuando em ligações flangeadas

Sou Marco Antonio recém formado em engenharia mecânica e com 18 anos na área de caldeiraria e solda tanto em montagem quanto em manutenção, tenho uma curiosidade a respeito de sua publicação neste blog sobre Peq em se tratando de Pressão equivalente gostaria de buscar mais informações a respeito deste tema porem em minha busca não encontro este tópico relacionado a força atuando em flanges teria algum livro ou paper a respeito?

## Resposta

Sobre a fórmula da Peq-Pressão Equivalente, que é utilizada no cálculo de dimensionamento e de verificação de flanges, estou anexando as seguintes fontes bem confiáveis.

### 1ª Referência:

**Código ASME Sec VIII Div 2 Boiler & Pressure Vessel Code**  
**Rules for Construction of Pressure Vessels**  
**Parágrafo 4.16.7 FLANGE DESIGN PROCEDURE**  
**Parágrafo 4.16.12 NOMENCLATURE**

O formulário copiado do próprio Código está a seguir.

*Step 4. Determine the design bolt load for the operating condition.*

$$W_o = 0.785G^2P + 2b\pi GmP \quad \text{for non - self - energized gaskets} \quad (4.16.4)$$

$$W_o = 0.785G^2P \quad \text{for self - energized gaskets} \quad (4.16.5)$$

*Step 5. Determine the design bolt load for the gasket seating condition.*

$$W_g = \left( \frac{A_m + A_b}{2} \right) S_{bg} \quad (4.16.6)$$

The parameter  $A_b$  is the actual total cross sectional area of the bolts that is selected such that  $A_b \geq A_m$ , where:

$$A_m = \max \left[ \left( \frac{W_o + F_A + \frac{4M_E}{G}}{S_{bo}} \right), \left( \frac{W_{gs}}{S_{bg}} \right) \right] \quad (4.16.7)$$

$$W_{gs} = \pi b G (C_{us} y) \quad \text{for non - self - energized gaskets} \quad (4.16.8)$$

$$W_{gs} = 0.0 \quad \text{for self - energized gaskets} \quad (4.16.9)$$

$A_b$  = cross-sectional area of the bolts based on the smaller of the root diameter or the least diameter of the unthreaded portion.

$A_m$  = total minimum required cross-sectional area of the bolts.

$F_A$  = value of the external tensile net-section axial force. Compressive net-section forces are to be neglected and for that case,  $F_A$  should be taken as equal to zero.

$M_E$  = absolute value of the external net-section bending moment.

$W_o$  = design bolt load for the operating condition.

$W_g$  = design bolt load for the gasket seating condition.

$S_{bo}$  = allowable stress from Annex 3-A for the bolt evaluated at the design temperature.

$S_{bg}$  = allowable stress from Annex 3-A for the bolt evaluated at the gasket seating temperature.

$G$  = diameter at the location of the gasket load reaction (see Figure 4.16.8).

Nestas fórmulas a parcela que inclui os esforços externos é:

$$\left( \frac{W_o + F_A + \frac{4ME}{G}}{S_{bo}} \right)$$

Trabalhando na parcela que interessa:

$$W_o + F_A + \frac{4ME}{G}$$

Considerando:

$$W_o = 0,785 G^2 P = \pi/4 G^2 P$$

Tem-se:

$$(\pi/4 G^2 P + F + 4M/G)$$

E se dividindo por  $(1/ \pi/4 G^2)$

$$\frac{\pi/4 G^2 P + F}{\pi/4 G^2} + \frac{4M}{G (\pi/4 G^2)}$$

$$P + \frac{F}{\frac{1}{4} (\pi G^2)} + \frac{4M}{\frac{1}{4} (\pi G^3)}$$

Ou

$$P + \frac{4 F}{\pi G^2} + \frac{16M}{\pi G^3}$$

Que é a expressão que aparece no petroblog, post Forças atuando em ligação flangeada.

Peq – pressão equivalente

P – pressão interna

G – diâmetro efetivo da junta

F – força resultante externa

M – momento resultante externo

Cópia parcial do post:

### **Forças atuando em ligação flangeada**

#### **3.9. Pressão equivalente incluindo os esforços externos**

A ação de esforços externos sobre a ligação flangeada pode ser considerada com a noção de pressão equivalente.

$$P_{eq} = \frac{16 M}{\pi G^3} + \frac{4 F}{\pi G^2} + P \quad [\text{Unidades coerentes}]$$

M = momento de flexão externo resultante

G = diâmetro efetivo da junta de vedação ou local da força de reação da junta, conforme a figura a seguir.

F = força externa resultante

P = pressão interna

Peq = pressão equivalente incluindo os esforços externos:

### **2ª Referência:**

É de um conjunto de standards muito utilizado pelos projetista e fabricantes americanos.

PIP standards <https://www.pip.org/>

PIP - Process Industry Practices - é um conjunto de normas preparadas por um consórcio de membros proprietários de indústrias de processamento e utilizadas por projetistas de engenharia, fabricantes e empreiteiros de construção e montagem.

Os membros colaboram para harmonizar os padrões internos de suas empresas e as "melhores práticas" em torno das normas PIP de projeto, aquisição, construção, montagem e manutenção. Segue cópia do que nos interessa.

EDITORIAL REVISION  
May 2009

PIP VECV1001  
Vessel Design Criteria  
ASME Code Section VIII, Divisions 1 and 2

## Equivalent Pressure Formulas for Bending Moment and Axial Tensile Load

When sustained bending moments or axial thrust loadings are applied to the flanged joint during operation in sufficient magnitude to warrant consideration in the flange design, the design pressure,  $P$ , used in the calculation of total hydrostatic end load,  $H$ , in the flange design calculations shall be replaced by the following design pressure:

$$P_{FLG} = P + P_{EQ}$$

The equivalent pressure  $P_{EQ}$  is determined as follows:

$$P_{EQ} = \frac{16M}{\pi G^3} + \frac{4F}{\pi G^2}$$

Where:

$M$  = Sustained bending moment applied across full section at flange during the design condition, in-lb

$F$  = Sustained axial tensile force applied at flange, lb

$G$  = Diameter at location of gasket load reaction, in (See Appendix 2-3 {4.16.6.1 c), and 4.16.12} of the *Code* for full definition.)

*Note:* Experience has shown that axial tensile forces resulting from a properly designed piping system have no significant effect on the flange design and hence are typically not included in the  $P_{EQ}$  determination.

Therefore, the hydrostatic end load,  $H$ , used in the flange calculations is determined as follows:

$$H = 0.785 G^2 P_{FLG}$$

## Dynamic Bending Moment

$$P_{EQ} = \frac{8M}{\pi G^3}$$

Where:

$M$  = Bending moment, as defined above, but including dynamic bending moment (e.g., seismic moment) applied across full section at flange during the design condition, in-lb

Other Terms = Same as above

### 3ª Referência:

Livro Técnico

Título: PRESSURE VESSEL DESIGN MANUAL

Autor: DENNIS R. MOSS

CHAPTER 2 - General Design - PROCEDURE 2-7 - DESIGN OF FLANGES

Page 58

Note

10. Design flanges to withstand both pressure and external loads, use "equivalent" pressure  $P_e$  as follows:

$$P_e = \frac{16M}{\pi G^3} + \frac{4F}{\pi G^2} + P$$


where  $M$  = bending moment, in.-lb

$F$  = radial load, lb

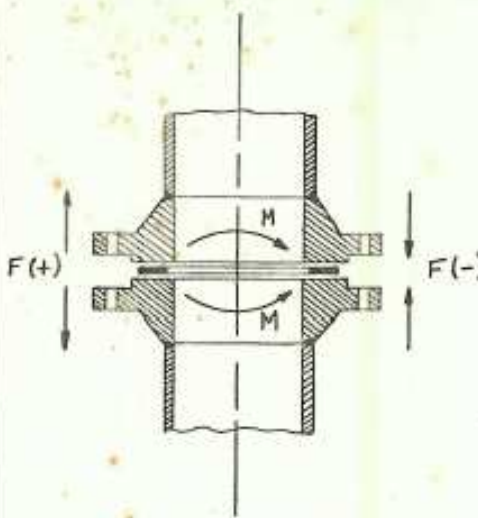
#### 4ª Referência:

Antigo Manual de Projeto de Vasos de Pressão

Autor: Petrobras/CENPES

	BASES E PRÁTICAS DE ENGENHARIA	CENPES - SUPEN
	CARGAS EM LIGAÇÕES FLANGEADAS	BPE-
	LOADS IN A FLANGED JOINTS	FOLHA 1 DE 2 REV -
		DATA 10/05/84



(M) - MOMENTO APLICADO SOBRE A LIGAÇÃO FLANGEADA.

(F) - FORÇA AXIAL APLICADA SOBRE A LIGAÇÃO FLANGEADA.

A PRESSÃO EQUIVALENTE ( $P_{EQ}$ ) PARA DIMENSIONAMENTO DA LIGAÇÃO FLANGEADA É OBTIDA POR:

$$P_{EQ} = P_I + \frac{16M}{\pi G^3} + \frac{4F}{\pi G^2}$$

$P_I$  - PRESSÃO INTERNA  
 $G$  - DIÂMETRO DO CÍRCULO DE REAÇÃO DA JUNTA

OBSERVAÇÕES:

Q - PARA O CASO DE LIGAÇÕES FLANGEADAS QUE FIQUEM SUJEITAS A ESFORÇOS DE COMPRESSÃO DO TIPO F(-) DEVE-SE CONSIDERAR:

Q.1 - O VALOR DA FORÇA (F(-)) DEVERÁ SER IGNORADO NO CÁLCULO DA ( $P_{EQ}$ ) POIS TENDE A DIMINUIR OS ESFORÇOS NOS PARAFUSOS.

$$P_{EQ} = P_I + \frac{16M}{\pi G^3}$$

a.2 - O VALOR DA FORÇA (F(-)) SERÁ CONSIDERADO PARA VERIFICAÇÃO DA LARGURA MÍNIMA DA JUNTA ( $N_{MÍN}$ ), CONFORME:

$$N_{MÍN} = \frac{(\Delta_b \cdot S_a) + |F(-)|}{(2 \cdot \pi \cdot G \cdot y)}$$

$\Delta_b$  - ÁREA REAL DE PARAFUSOS EXISTENTES.

$S_a$  - TENSÃO ADMISSÍVEL DO MATERIAL DOS PARAFUSOS À TEMPERATURA AMBIENTE.

$y$  - TENSÃO DE ASSENTAMENTO DA JUNTA.

b - PARA O CASO DE LIGAÇÕES FUNGEADAS QUE FIQUEM SUBMETIDAS A ESFORÇOS DE TRACÇÃO DO TIPO F(+), DEVE-SE CONSIDERAR:

b.1 - O VALOR DA FORÇA (F(+)) SERÁ CONSIDERADO PARA O CÁLCULO DA (P<sub>EQ</sub>).

b.2 - O VALOR DA FORÇA (F(+)) DEVERÁ SER IGUAL PARA A VERIFICAÇÃO DA LARGURA MÍNIMA DA JUNTA ( $N_{MÍN}$ ), POIS TENDE A DIMINUIR OS ESFORÇOS SOBRE A JUNTA.

$$N_{MÍN} = \frac{(\Delta_b \cdot S_a)}{(2 \cdot \pi \cdot G \cdot y)}$$