

3 Berekening van de gatversterking volgens de ASME-code

ASME-code B-31

'pressure design'

Volgens de ASME-code B-31 paragraaf 304.3 is extra versterking vereist indien deze in de aftakking (branch) en de hoofdleiding (header) niet aanwezig is. De voorschriften gelden voor aftakkingen op leidingen, die hiermee een hoek maken tussen 90 en 45 graden ($45^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$).

De regels gelden alleen voor 'pressure design', dat wil zeggen voor inwendige of uitwendige druk en niet voor andere belastingen. Evenwel eist de code, dat uitwendige belastingen (krachten en momenten ten gevolge van thermische expansie, eigen gewicht van leidingen, fittings, afsluiters, bekledingen enzovoort) in rekening dienen te worden gebracht.

De vereiste versterking voor aftakkingen onder *uitwendige* druk is slechts de *helft* van die onder inwendige druk.

De volgende notatie geldt voor de symbolen: zie afbeelding 9.

- β : de hoek tussen de assen van hoofdpijp en aftakking in graden; (header = hoofdpijp; branch = aftakpijp)
- b, h en c : indices, respectievelijk voor branch, header en corrosion allowance;
- D_o : uitwendige middellijn, D_{ob} voor branch, D_{oh} voor header;
- d_1 : gecorrodeerde lengte van het gat in de header, axiaal gemeten.

$$\text{Deze lengte is } [D_{ob} - 2 \times (T_b - c)] \times \frac{1}{\sin \beta}$$

- d_2 : 'half width' van de versterkingszone. Deze is d_1 of $(T_b - c) + (T_h - c) + \frac{d_1}{2}$. De grootste is maatgevend, maar d_1 wordt niet groter genomen dan de maat D_{oh} .
- L_4 : de hoogte van de versterkingszone. Deze is de kleinste van de twee volgende waarden: $2,5 \times (T_h - c)$ of $2,5 \times (T_b - c) + t_r$;
- t_r : de nominale dikte van de vlakke versterkingsring of zadel;
- T : werkelijke wanddikte van de pijp = \bar{T} - tolerantietoeslag (mill tolerance);
- \bar{T} : nominale wanddikte van de pijp;
- t : berekende minimum wanddikte van de pijp (rekenwanddikte).

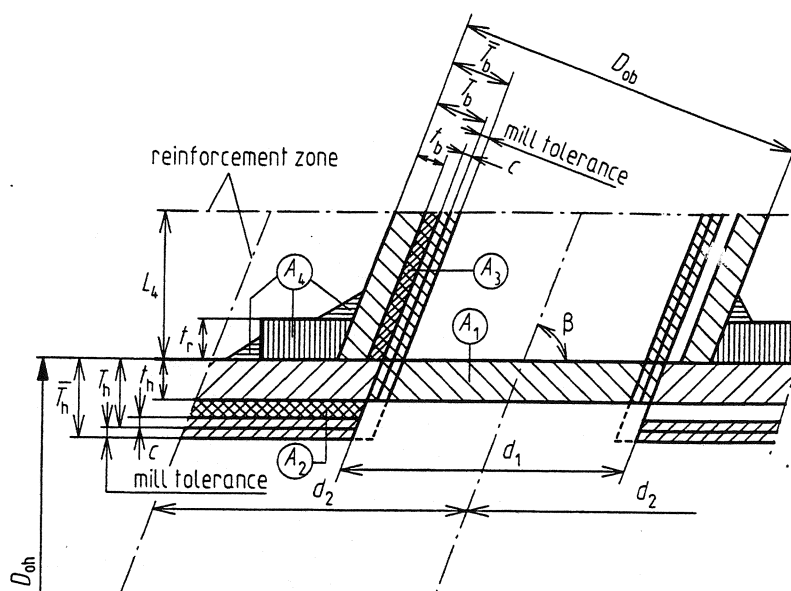
Indien men gelaste pijp toepast moet men bij de berekening het naadpercentage invoeren (de lasfactor E).

Indien de hoofdpijp een gelaste pijp is, maar het gat in de header snijdt niet door de las van die header, dan mag men, *uitsluitend ter berekening van een overmaat aan wanddikte in de hoofdpijp*, de waarde van t_h bepalen alsof de hoofdpijp naadloos is. Indien de las in de hoofdpijp wél wordt doorsneden moet men rekenen met E volgens formule 9 (les 02.0).

$$\text{Dit betekent dat in de formule } t = \frac{P \times D_h}{2 \times (S \times E + P \times Y)}$$

de factor E kleiner dan 1 moet worden genomen. (Voor naadloze pijp geldt immers $E = 1$).

Voor het berekenen van de aanwezige versterking in de *aftakking*



A_2 en A_3 is de overdikte in respectievelijk de header en brach

Afbeelding 9

5797-060-008-P

moet uiteraard het product $S \times E$ in genoemde formule worden toegepast, zoals geldt voor de aftakpijp. Zie afbeelding 9.

Hierin is:

- A_1 het benodigde versterkingsoppervlak (dit is immers weggenomen voor het maken van de aftakking).
- A_2 het oppervlak dat correspondeert met de overdikte van de hoofdpijp.
- A_3 het oppervlak dat correspondeert met de overdikte van de aftakpijp.
- A_4 het oppervlak dat geleverd wordt door de versterkingsring (mits op vakkundige manier aangebracht), alsmede van de lassen.

Indien de sterktecijfers voor het materiaal van de vlakke ring en de lassen lager zijn dan de sterktecijfers van branch en header, moet men het doorsnee-oppervlak evenredig verminderen in de berekening. Het omgekeerde is niet toegestaan. Vergelijk met de Regels en het AD-Merkblatt.

De aanwezige versterking ligt binnen het parallellogram waarvan de lengte een afstand d_2 aan weerszijden van de hartlijn van de aftakking bedraagt evenwijdig aan de hartlijn van de header. De basis is de binnenzijde van de gecorrodeerde headerwand.

De hoogte van dit parallellogram strekt zich uit tot en met de maat L_4 .

$$\text{Nu moet gelden: } A_2 + A_3 + A_4 \geq A_1 \quad (61)$$

$$\text{Verder is: } A_1 = t_h \times d_1 \times (2 - \sin \beta) \quad (62)$$

$$\text{En: } A_2 = \frac{(2 \times d_2 - d_1) \times (T_h - t_h - c)}{2} \quad (63)$$

$$\text{Voor } A_3 \text{ geldt: } A_3 = 2 \times L_4 \times \frac{(T_b - t_b - c)}{\sin \beta} \quad (64)$$

Rekenvoorbeeld 2

Op een hoofdleiding van nominaal 30" wordt een haakse aftakking gelast van nominaal 10". Beide pijpen zijn naadloos en vervaardigd van materiaal A-106 Grade B. De aftakking is volgens Schedule 60 en de hoofdleiding volgens 'Extra Strong' vervaardigd.

De tolerantietoeslag is 12,5 %.

De berekeningsdruk is 200 lbs/in^2 (psi).

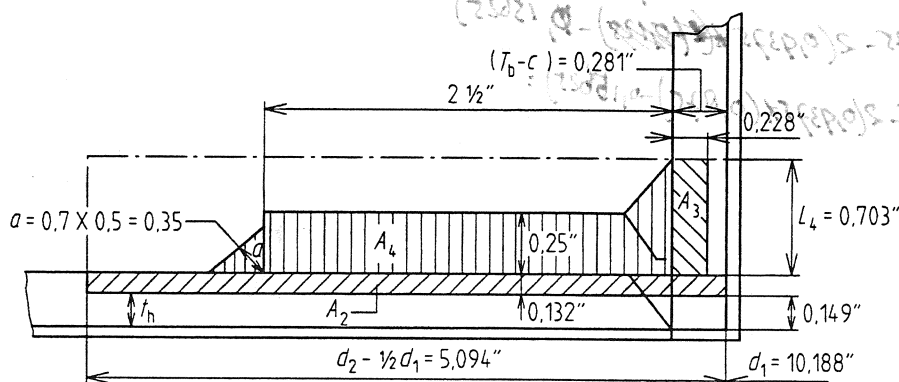
De ontwerptemperatuur bedraagt 300 °F.

De corrosietoets moet op 5/32" worden gesteld.

In verband met uitwendige krachten en momenten moet de versterking 100 % extra bedragen.

Gevraagd

Een gatversterking (branch reinforcement) te dimensioneren (zie afbeelding 10).



Afbeelding 10

5797-060-009-P

Uitwerking

Volgens tabel 7a is voor het gekozen materiaal A-106 Gr B de

maximaal toelaatbare spanning in het materiaal 20000 lbs/in². (psu)

De factor $Y = 0,4$ zodat $PY = 0,4 \times 200 = 80$.

Omdat de pijpen naadloos zijn kan de factor E op 1 worden gesteld.

De wanddikte wordt bepaald met $t = \frac{P \times D}{2 \times (SE + PY)}$.

$$\begin{array}{rcl} t_h & = & \frac{200 \times 30}{2 \times (20000 + 80)} = \frac{6000}{40160} \\ & & = 0,149'' \\ c & = & 5/32'' = 0,156'' \\ & & \hline & \text{totaal} & 0,305'' \end{array}$$

Volgens de tabel 11 is de wanddikte bij 'extra strong' van de hoofdleiding 0,5", zodat een reserve aan materiaal aanwezig is. Deze reserve moet echter worden bepaald.

$$T_b = \bar{T}_b - \Delta d_t = 0,5 - 12,5 \% = 0,5 - 0,063 = 0,438''$$

RESERVE OR OVERMATH

0,5-12,5% - $\frac{5}{32}$ " - 0,305
0,4375 - 0,15625 - 0,305

$T_h - t_h$

De overmaat wanddikte wordt dus $0,438 - 0,305 = 0,132''$.

De wanddikte van de aftakking (branch) wordt:

$$t_b = \frac{200 \times 10,75}{2(20000 + 80)} = 0,054''$$

Volgens de tabel is bij Schedule 60 de wanddikte $0,5''$.

De overmaat wanddikte in de aftakking wordt

$$T_b - c - t_b = 0,438 - 0,156 - 0,054 = 0,228''$$

De inwendige maat d_1 van de aftakking wordt:

$$d_1 = [D_{ob} - 2 \times (T_b - c)] \times \frac{1}{\sin \beta} = [10,75 - 2 \times (0,438 - 0,156)] \times \frac{1}{\sin 90^\circ} = 10,188''$$

$$[10,75 - 2 \times (0,438 - 0,156)] \times \frac{1}{\sin 90^\circ} = 10,188''$$

De maat d_2 wordt de grootste van:

$$d_1 \text{ of } (T_b - c) + (T_h - c) + \frac{d_1}{2} =$$

Er volgt: $d_2 = 10,188''$.

Verder moet kloppen dat $d_2 \leq D_{oh}$; $10,188$ is inderdaad kleiner, dus O.K.

Het weggenomen oppervlak uit de hoofdpijp is:

$$A_1 = t_h \cdot d_1 \cdot (2 - \sin \beta) = 0,149 \times 10,188 \times (2 - \sin 90^\circ) = 1,522''^2$$

Het dragende oppervlak in de hoofdpijp is:

$$A_2 = (2 \times d_2 - d_1) \times (T_h - t_h - c) = (2 \times 10,188 - 10,188) \times (0,438 - 0,149 - 0,156) = 1,343''^2$$

De maat L_4 is de kleinste waarde uit: $2,5 \cdot (T_h - c)$ of $2,5 \cdot (T_b - c) + t_r$.

Hierin is $t_r = 0$ (we hebben immers nog geen versterkingsring).

We krijgen dus: $L_4 = 2,5 \cdot (0,438 - 0,156) = 0,703''$.

Het dragende oppervlak in de aftakpijp is:

$$A_3 = 2 \times L_4 \times \frac{(T_b - t_b - c)}{\sin \beta} = 2 \times 0,703 \times \frac{(0,438 - 0,054 - 0,156)}{1} = 0,32''^2$$

Er moet gelden: $A_2 + A_3 \geq A_1$, dus $1,343 + 0,32 \geq 1,522''^2$. Dit klopt.

Indien geen rekening hoefde te worden gehouden met uitwendige

krachten en momenten zou de constructie sterk genoeg zijn. We

moeten echter zorgen voor $A_1 = 2 \times 1,522 = 3,044''^2$. Er moeten dus

maatregelen worden genomen. Gekozen wordt voor een

versterkingsring uit materiaal dat bij de ontwerptemperatuur een

maximaal toelaatbare spanning heeft van 16700 psi. De dikte wordt

$0,25''$. Tevens mag voor de lassen een dragend oppervlak worden

gerekend van $0,35''^2$.

De versterkingsring moet nu nog leveren:

$$A_1 - A_2 - A_3 - 0,35 = 3,044 - 1,343 - 0,32 - 0,35 = 1,031''^2$$

$$\text{De nodige breedte van de ring wordt: } \frac{1}{2} \times \frac{20000}{16700} \times \frac{1,031}{0,25} = 2,47''$$

De ring krijgt dus de afmetingen: breedte \times dikte = $2,5'' \times 0,25''$, ofwel:

$\varnothing 15,75 \times \varnothing 10,75 \times 0,25''$.

$$\frac{1}{2} \times \frac{b_1}{\varphi} \times \frac{A_{tot}}{d}$$

Opmerking

Merk op, dat het aanbrengen van de ring in dit geval niet tot gevolg heeft dat L_4 groter mag worden genomen.

Vraag 7

Waarom worden de factor $\frac{1}{2}$ en de factor 20000/16700 in de formule gebruikt?

Samenvatting

Het toepassen van gestandaardiseerde hulpstukken in pijpleidingen geeft de constructeur de mogelijkheid snel een berekening + een begroting te maken van een pijpleidingsysteem. Deze hogedrukfittingen kunnen aan de hand van tabellen voor de betreffende druk en temperatuur uit de handel worden betrokken. Tevens moet de constructeur bekend zijn met de verschillende buitenlandse codes voor de berekening van pijpleidingen, aftakkingen en hulpstukken. Hij zal hierbij constateren, dat de grondslag voor de berekening in de verschillende codes gelijk is. De uitvoering ervan kan echter verschillen!

(0,35)