

Het berekenen van pijpen en hulpstukken

Het berekenen van gatversterkingen bij aftakkingen

In de apparatenbouw zullen gaten in cilindrische rompen, bodems en deksels verzwakkingen veroorzaken. Door de gaten, veroorzaakt door tubulures of dergelijke te versterken, kan de verzwakking min of meer worden opgeheven. Daarnaast moeten de tubulures in de romp bestand zijn tegen (soms hoge) krachten en momenten, die ontstaan door de aangesloten leidingen. De tubulures moeten dan worden versterkt. Dit kan onder andere met ruggen, kragen, ringen of andere lasconstructies. De vorm, afmetingen en daarnaast de lasvorm van de versterkingen moeten voldoen aan de voorschriften, die in de diverse codes zijn omschreven.

De pijpleidingconstructeur heeft hier in het algemeen minder mee te maken dan de drukvatenconstructeur. Immers, de fabrikanten brengen T-stukken, schroeffittings, nokken en verloopstukken in de handel met de nodige documenten over materiaal, de resultaten van beproevingen en in vele gevallen de toelaatbare drukken en temperaturen. Waar geen documenten aanwezig zijn gaat het alleen over kleine doorlaten, die men met een overmaat aan wanddikte vervaardigt wegens de toegepaste fabricagetechnieken, zoals gietwerk, perswerk en draaiwerk.

Versterkingen komen pas ter sprake voor aftakkingen in gaten groter dan 50 mm en in rompen met een grotere middellijn dan 300 mm uitwendig. Voor kleinere doorlaten voor aftakkingen komen de bovengenoemde fittings in aanmerking.

Inhoud van de leskern

- 1 Uitvoeringsmogelijkheden van versterkingen
- 2 Spanningsconcentraties rond een gatversterking
- 3 Lasconstructies
- 4 Verzwakking in een pijpwand
- 5 Berekening van de verzwakkingsfactor volgens de Regels
- 6 Aanbrengen van een versterking
- 7 Berekening van de gatverzwakking volgens de Duitse voorschriften
- 8 Versterking rond een gat volgens AD-Merkblatt
- 9 Bepaling van de verzwakkingsfactor volgens AD-Merkblatt
- 10 Bepaling van het meedragend deel van de versterking
- 11 Volgorde van berekening met de grafiek en formules

1 Uitvoeringsmogelijkheden van versterkingen

Op de afbeeldingen 1 tot en met 7 zijn verschillende mogelijkheden gegeven voor het aanbrengen van versterkingen rond een gat, dat wil zeggen een opening c.q. aftakking aan een leiding. De breedte van de versterkingsring of kraag is afhankelijk van de uitwendige middellijn van de pijp, ter plaatse van de verzwakking. Bij de afbeeldingen zijn de maximaal toelaatbare verhoudingen $\frac{d}{D}$ vermeld.

verhouding $\frac{d}{D}$

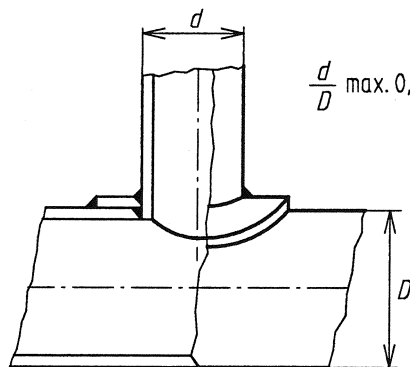
Vraag 1

Waarom is de breedte van de versterkingsring afhankelijk van de middellijn van de pijp?

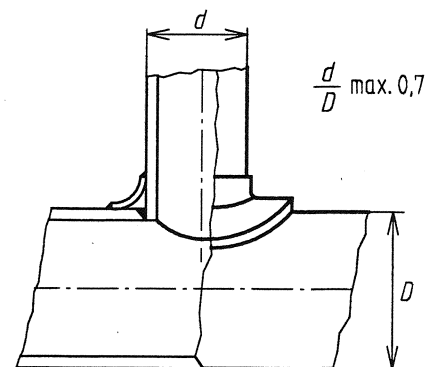
uitvoeringsmogelijkheden

Toelichting op de uitvoeringsmogelijkheden

Afbeelding 1 toont het aanbrengen van een platte ring. Deze ring wordt uit een plaat gesneden en op maat geslepen. Daarna wordt de ring, vooral bij kleine diameters van de pijp, warm in de gewenste ronding gedrukt, zodat de plaat goed aanligt op de leiding. Nadat de aftakking is ingelast, wordt de ring erover geschoven, gehecht en afgelast.

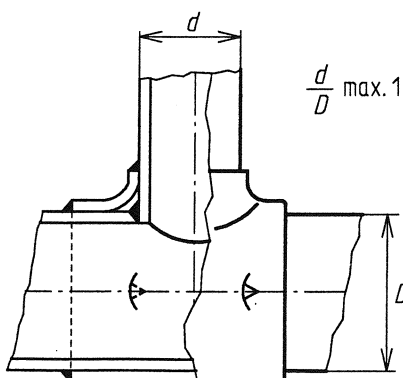


Afbeelding 1

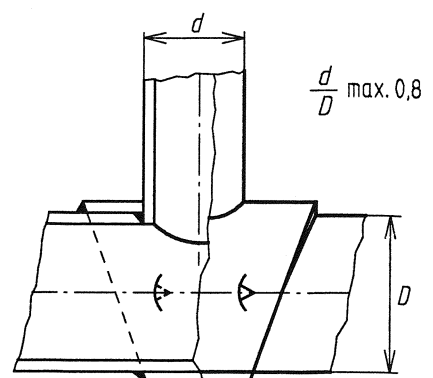


Afbeelding 2

5797-050-001-P



Afbeelding 3



Afbeelding 4

5797-050-002-P

Afbeelding 4 geeft een eenvoudiger oplossing voor een 'welding sleeve', die minder sterk is dan die van afbeelding 3, maar toch nog veruitgaat boven die van afbeelding 1. Wat het aaneenlassen van de twee helften en het overschuiven betreft, geldt hetzelfde als voor afbeelding 3.

doelmatige versterking

Afbeelding 5 geeft een ringversterking op de hoofdleiding. Hier is een meedragende breedte van de pijpwand ontstaan door het aflassen van die ringen op de pijpwand. Daardoor wordt het verzwakte gebied (zie de arcering) veel kleiner, zodat een doelmatige versterking ontstaat. De toepassing is niet algemeen.

De versterking volgens afbeelding 6 verhoogt het weerstandsmoment in de overgang van hoofdleiding naar aftakking. De toepassing is zeer beperkt omdat de bijzondere vorm van deze kraag niet gemakkelijk is te vervaardigen zonder matrijzen, wat al direct bezwaarlijk wordt voor grotere middellijnen.

Vraag 3

Hoeveel lasnaden zijn er bij de versterking volgens afbeelding 3?

T-stuk

De op afbeelding 7 getoonde versterking is een zogenaamd las-T-stuk (welding Tee). Hiermee zijn alle problemen die aan de vorige methoden kleven verdwenen. De vervaardiging geschiedt in een smeedmatrijs en is de laatste jaren zeer geperfectioneerd. Een warmtebehandeling na vervaardiging van de (soms bijzondere) staalsoorten is van belang. Doordat las-T-stukken verregaand genormaliseerd zijn, worden ze zeer veel toegepast.

normalisatie

Vraag 4

Wat is het voordeel van een las-T-stuk?

2 Spanningsconcentraties rond een gatversterking

Teneinde aansluitingen te versterken kunnen verschillende lasconstructies worden toegepast. Al deze lasconstructies zijn slechts toegestaan als (bijvoorbeeld door middel van spanningsonderzoek) hun deugdelijkheid is aangetoond. Spanningsberekeningen zijn nogal gecompliceerd. Wanneer echter ervaring aanwezig is met bepaalde constructies, waardoor hun betrouwbaarheid is bewezen, kunnen ze worden geaccepteerd. Soms wordt een barstproef verlangd. Het zoeken naar spanningsconcentraties door meting met behulp van rekstrookjes komt ook voor.

spanningsconcentraties

Op afbeelding 8 is bovenaan een aftakking te zien met een doorsnede van een platte versterkingsring. U ziet dat het links getekende gedeelte, dat een dunwandige aftakpijp voorstelt, van een grotere versterkingsring is voorzien dan het rechts getekende gedeelte, met de dikwandige aftakpijp.

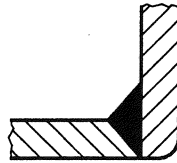
Vaak loont het de moeite om de aansluiting op een andere manier te versterken, namelijk door in plaats van een dubbelingsplaat toe te passen, de aftakpijp over een zekere lengte dikker uit te voeren dan diens normale wanddikte. Aldus ontstaat er een geleidelijke overgang. De arbeidsintensieve bewerkingen van een dubbelingsplaat worden dan vermeden. (Een versterkingsring wordt ook wel dubbelingsplaat

3 Lasconstructies

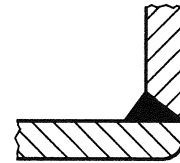
lasvoorbeelden

De afbeeldingen 10 tot en met 14 laten enige methoden zien om een aftakleiding te bevestigen aan een hoofdleiding.

Afbeelding 10 toont een ingelaste aftakpijp die verder niet wordt versterkt. Op afbeelding 11 ziet u een opgelaste aansluiting (eveneens onversterkt).

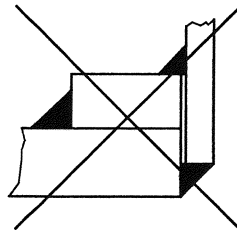


Afbeelding 10

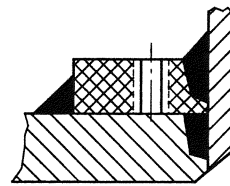


Afbeelding 11

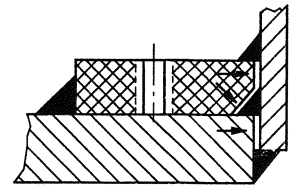
5797-050-007-P



Afbeelding 12



Afbeelding 13



Afbeelding 14 5797-050-008-P

af te keuren

Afbeelding 12 toont een platte versterkingsring met een luchtspleet tussen de wand van de aftakking en de binnenranden van de platte ring en het gat in de hoofdleiding. Deze constructie is om twee redenen af te keuren:

1. Wegens onvoldoende sterkte. De spanningsoverdracht van de ring en de wand van de hoofdleiding moet door twee lassen gaan, wat door de nauwe doortocht hoge spanningen in het materiaal tot gevolg heeft.
- b. Een deel van de laatst te leggen rondgaande las zal poreus zijn, omdat de hete gassen in het laatste deel niet meer kunnen ontsnappen en door de uitzetting van het hete staal samendrukken en dan het smeltbad infiltreren.

‘tell-tale hole’

Afbeelding 13 geeft een goede doorgelaste verbinding waarbij de vlakke ring is voorzien van een ventilatiegat, een zogenaamde ‘tell-tale hole’. De functie van dat gat is het laten ontsnappen van de lasdampen; tevens doet het gat dienst om de lasverbinding af te kunnen persen op dichtheid. Daartoe voorziet men het gat van gasdraad, meestal 3/8", waarop men een nippel kan aansluiten voor de luchtslang.

Afbeelding 14 toont, evenals afbeelding 12, luchtspleten bij de pijltjes. Indien de bedrijfstemperatuur niet te hoog is kan, wat de sterkte aangaat, deze constructie worden geaccepteerd. Afbeelding 14 is evenwel minder aan te bevelen dan de gekozen oplossing van afbeelding 13.

Samenvatting

Bestudering van de berekening voor de gatverzwakking volgens de Nederlandse en de Duitse code leert dat van dezelfde grondslag is uitgegaan.

Na de bepaling van het doorsnede-oppervlak van zowel de hoofdleiding als de aftakking, die kan worden berekend of via een grafiek worden opgezocht, moet worden vastgesteld of het nog aanwezige oppervlak voldoende versterking geeft aan de opening in de cilinder. Indien dit niet het geval is moet een extra versterking worden aangebracht. Ook hier is het zaak om bij de berekening goed de verschillende symbolen uit elkaar te houden.

Let met name op de toeslagen.

Oefenstof

Uitwerkingen niet ter correctie inzenden

1. Waarom moeten gaten in cilindrische rompen of leidingen vaak worden versterkt?
2. Waar zullen in een hoofdleiding scheuren c.q. kraakjes ontstaan, indien deze onder een te hoge belasting komt te staan?

3. Verklaar de formule:
$$\frac{d_i}{\sqrt{(D_i + s'_A) \times s'_A}}$$

4. Bij de Nederlandse code moet bij de verschillende versterkingen een versterkingsrendement in rekening worden gebracht. Wat is hiervan de bedoeling?

Antwoorden op de vragen in de leskern

1. Bij een kleine diameter van de pijp zal een hoge (dikke) versterkingsring geen nut hebben omdat slechts een *gedeelte* van deze ring wordt benut om de krachten op te vangen. Evenzo zal bij een grote middellijn van de leiding een dunne versterkingsplaat de krachten niet geheel kunnen opnemen.
2. De versterkingsplaat moet de krachten die rond de aftakking ontstaan goed kunnen opnemen. Dit gebeurt niet geheel als de plaat onvoldoende aanligt op het daaronderliggend pijpmateriaal.
3. Er zijn drie rondnaden en twee langsnaden te lassen.
4. Voor de constructeur is het een voordeel dat deze T-stukken in standaardmaten, voor de verschillende druktrappen, zijn te verkrijgen. Lastig rekenwerk kan nu achterwege blijven.
5. De scheuren ontstaan door hoge spanningen in het materiaal, die optreden door:
 - de inwendige druk;
 - lasspanningen;
 - onvolkomenheden in het laswerk.
 Bij deze onvolkomenheden ontstaan extra piekspanningen, die een klein kraakje introduceren. Vooral bij hoge temperaturen en het in en uit bedrijf gaan van de leiding zal het kraakje uitgroeien tot een scheur.
6. Het is een deugdelijke constructie omdat de pijpwand goed is verbonden met de hoofdleiding en de versterkingsring. De krachten kunnen nu over een groot oppervlak worden opgenomen.
7. Een verzwakking ontstaat door in de pijpwand een opening aan te brengen. Deze verzwakking kan door de wand van de pijp en van de aftakking al of niet geheel worden opgevangen.
8. Allereerst de tolerantietoeslag; verder met de corrosietoeslag, die de gebruiker moet opgeven. Eventueel een vervaardigingstoeslag.
9. A_p is het oppervlak van de hoofdleiding waar de druk op werkt en A is het deel van de hoofdleiding + de aftakking in doorsnede, rond in opening in de wand, hetgeen bijdraagt aan versterking.
10. Bij grote aftakkingen in leidingen, zogenaamde Y-stukken. Het geeft een goede versterking.

11. Oppervlak A_0 is het doorsnede-oppervlak rond de opening in de hoofdleiding en de aftakking. Beide van hetzelfde materiaal, dat wil zeggen met gelijke rekgrenzen.
Oppervlak A_1 is het doorsnede-oppervlak rond de opening in de hoofdleiding en de aftakking, maar nu heeft de aftakking een kleinere rekgrens dan de hoofdleiding.
 A_2 is het doorsnede-oppervlak van een versterkingsplaat.
12. Indien de verhoudingen wanddikte/middellijn of middellijn aftakking/middellijn hoofdleiding niet juist zijn gelden de formules niet.
13. De lasnaad (rond- of langslas) zou worden onderbroken door de tubulure, waardoor een opeenhoping van laswerk ontstaat en de spanningen rond deze tubulure, en derhalve in de lasnaad, te hoog zouden kunnen oplopen.
14. s_S is de wanddikte van de aftakking inclusief toeslagen.
 s_A is de benodigde wanddikte van de cilinder inclusief toeslagen.
 s_A kan bestaan uit: $s_e + h$.
(s_e = de aanwezige wanddikte van de pijp, h = hoogte (dikte) van de versterkingsring).
15. In de platte versterkingsring wordt een gaatje van circa 6 mm geboord (hetwelk later kan worden afgeplugd). Men doet dit om tijdens het lassen de ontstane gassen tussen leiding en plaat te laten ontwijken, omdat anders een slechte las ontstaat.
Tijdens afpersen zal bij eventuele lekkage via dit gaatje water naar buiten komen (of andere persvloeistof).
16. Indien gelaste pijp aan bepaalde voorwaarden voldoet (goed lasprocédé, röntgen- of ultrasoon onderzoek, mechanisch onderzoek van de las enzovoort) kan net als bij de naadloze pijp met $\nu = 1$ worden gerekend.

Uitwerking van de oefenstof

1. Een opening in een leiding of romp geeft, in het algemeen, een zodanige verzwakking, dat de dan ontstane spanningen, veroorzaakt door de inwendige druk, dermate groot kunnen zijn dat deformatie rond de opening te verwachten is. Door nu extra versterking aan te brengen kunnen de optredende spanningen in het materiaal tot onder de rekgrens bij werkt temperatuur worden gebracht.
2. In omtreksrichting van de leiding zullen de hoogste spanningen optreden, derhalve zullen eventuele scheuren of kraakjes aan de rand van de opening in de langsrichting ontstaan. De kraakjes lopen dan wel in rondgaande richting.
3. Met deze formule wordt de verhouding weergegeven van de inwendige middellijn van de aftakking ten opzichte van de wortel uit de *gemiddelde* middellijn van de hoofdleiding, vermenigvuldigd met de wanddikte van de hoofdleiding. Alles na eerst de eventuele toeslagen in mindering te hebben gebracht.
4. Door bij versterkingen niet het volledige oppervlak in rekening te brengen wordt een extra zekerheid ingebouwd.