

“Press-fit” systemen en roestvast staal



Euro Inox

Euro Inox is de Europese organisatie voor marktontwikkeling van roestvast staal.

De leden van Euro Inox zijn:

- de Europese producenten van roestvast staal
- de nationale organisaties voor de marktontwikkeling van roestvast staal
- de organisaties van de legeringselementenindustrie

De voornaamste doelstelling van Euro Inox is het promoten van enerzijds de unieke eigenschappen van roestvast staal en anderzijds het gebruik ervan in bestaande toepassingen en nieuwe markten. Om dit doel te bereiken organiseert Euro Inox evenementen en levert zij ondersteuning via zowel gedrukte als elektronische media, om architecten, ontwerpers, voorschrijvers, producenten en eindgebruikers beter vertrouwd te maken met het materiaal. Euro Inox ondersteunt zowel technisch onderzoek als marktonderzoek.

ISBN 978-2-87997-384-5

978-2-87997-371-5 Engelse versie

978-2-87997-385-2 Italiaanse versie

978-2-87997-383-8 Duitse versie

Vaste leden

Acciai Speciali Terni
www.acciaiterni.it

Acerinox
www.acerinox.com

Aperam
www.aperam.com

Outokumpu
www.outokumpu.com

Geassocieerde leden

Acroni
www.acroni.si

British Stainless Steel Association (BSSA)
www.bssa.org.uk

Cedinox
www.cedinox.es

Centro Inox
www.centroinox.it

ConstruirAcier
www.construiracier.fr

Industeel
www.industeel.info

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei
www.edelstahl-rostfrei.de

International Chromium Development Association (ICDA)
www.icdacr.com

International Molybdenum Association (IMOA)
www.imoa.info

Nickel Institute
www.nickelinstitute.org

Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)
www.turkpasder.com

Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)
www.puds.pl

Stowarzyszenie Stal Nierdzewna (SSN)
www.stalenierdzewne.pl

SWISS INOX
www.swissinox.ch

“Press-fit” systemen en roestvast staal
 Eerste editie 2013
 (Reeks Materiaal en Toepassingen, Volume 19)
 © Euro Inox 2013

Uitgever

Euro Inox
 Diamant Building, A. Reyerslaan 80
 1030 Brussel, België
 Tel: +32 2 706 82 67 • Fax: +32 2 706 82 69
 E-mail: info@euro-inox.org

Auteur

Thomas Pauly, Brussel (B)

Woord van dank

De auteur wil de heer Tony Newson uit Rotherham (GB) en Dr. Hubertus Schlerkmann uit Duisburg (D) bedanken voor hun bijdrage en het kritisch doornemen van het concept.

Foto's omslag

Foto's omslag: Geberit, Jona (CH), links
 Nussbaum, Olten (CH), rechts

Auteursrechten

Dit document is onderworpen aan auteursrechten. Euro Inox behoudt alle rechten met betrekking tot vertaling in alle talen, herdruk, hergebruik van illustraties, presentatie en uitzending. Geen enkel gedeelte van deze publicatie mag worden gereproduceerd, in welke vorm of op welke wijze ook opgeslagen in een elektronisch of mechanisch gegevensbestand, bewaard als fotokopie, opname of anderszins, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Euro Inox, die eigenaar is van de auteursrechten. Overtreding kan gerechtelijke stappen tot gevolg hebben, waarbij op grond van het Luxemburgse auteursrecht binnen de Europese Unie een financiële schadevergoeding alsmede een vergoeding van de juridische kosten kan worden geëist.

Inhoudsopgave

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Inleiding | 2 |
| 2 | Het principe | 4 |
| 3 | Vergelijking met alternatieve technieken | 5 |
| 4 | Relevante materiaaleigenschappen | 7 |
| 4.1 | Zelfpassivering | 7 |
| 4.2 | Koudverstevinging | 7 |
| 5 | Toepassingen | 8 |
| 5.1 | Loodgieterswerk | 8 |
| 5.1.1 | Verticale distributie | 9 |
| 5.1.2 | Horizontale distributie | 9 |
| 5.1.3 | Roestvast staalsoorten voor waterleidingen | 10 |
| 5.1.4 | Buis voor contact met drinkwater | 10 |
| 5.1.5 | Waterleidinginstallaties met gemengde materialen | 11 |
| 5.2 | Verwarmingen | 12 |
| 5.3 | Zonnepanelen | 13 |
| 5.4 | Proceswater en koelwater | 14 |
| 5.5 | Brandblusinstallaties | 14 |
| 5.6 | Afvoerkanaalen | 14 |
| 5.7 | Minerale oliën en chemicaliën | 15 |
| 5.8 | Gasvormige brandstoffen | 15 |
| 5.9 | Perslucht | 16 |
| 5.10 | Andere gassen | 16 |
| 5.11 | Elektrische installatie | 16 |
| 6 | Algemene aanbevelingen voor de installatie | 17 |
| 6.1 | Blootstelling aan chloriden | 17 |
| 6.2 | Snijden en buigen | 18 |
| 7 | Samenvatting | 19 |
| 8 | Bibliografie | 20 |

Disclaimer

Euro Inox heeft haar uiterste best gedaan om erop toe te zien dat de informatie in dit document technisch correct is. Toch willen wij de lezer erop wijzen dat het hier geboden materiaal slechts een informatief karakter heeft. Euro Inox en haar leden aanvaarden geen enkele aansprakelijkheid voor verlies, schade of letsel als gevolg van het gebruik van de informatie in deze publicatie.

1 Inleiding

De “press-fit” techniek voldoet aan de voornaamste voorwaarden om geschikt te zijn voor gebruik in leidingsystemen voor drinkwater, proceswater en andere vloeistoffen of gassen: gemakkelijke en snelle installatie, gecombineerd met een betrouwbare lange termijn service. Met het oog op de volksgezondheid moet bij toepassingen voor drinkwater uiterst inert materiaal worden gebruikt, waarbij noch de kleur, noch de smaak van het water wordt veranderd. Bij procesvloeistoffen moet rekening worden gehouden met mogelijk corrosieve invloeden van het product. Bij gasvormige media kan gasdichtheid een kritische factor zijn voor de veiligheid.

Voor een aantal metallische materialen zijn mechanische koppelingssystemen beschikbaar. Maar de uitstekende vervormbaarheid van roestvast staal en zijn bewezen neutraliteit

maken de combinatie van de “press-fit” techniek en het gebruik van roestvast staal tot een “dream team”. Hoewel deze constellatie het meest bekend is om zijn toepassing in huiswaterleidingen, is het potentiële toepassingsgebied veel ruimer en omvat tevens proceswater, olieproducten en gas.

Deze publicatie omvat het volgende:

- de belangrijkste technische eigenschappen van roestvast staal “press-fit”-verbindingen
- de concurrentiepositie ten opzichte van alternatieve oplossingen
- veel voorkomende toepassingsgebieden
- ontwerp- en installatie-aspecten die specifiek op roestvast staal betrekking hebben.



Het roestvast staal “press-fit” systeem combineert een gemakkelijke en snelle installatie met de bewezen neutraliteit van roestvast staal. Foto: Chibro, Montano Lucino, CO (l)

In een oogopslag:

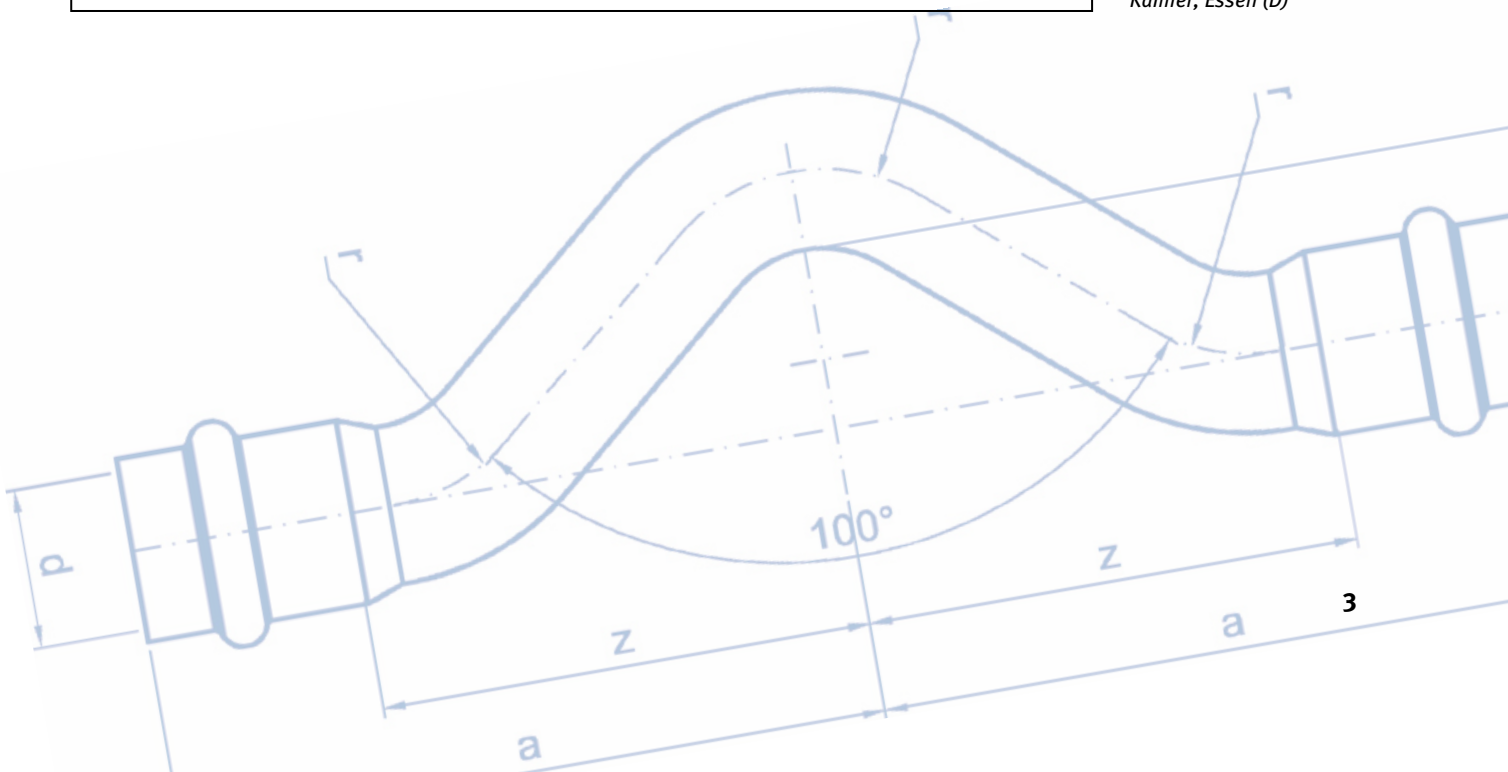
Waarom roestvrij staal?

- Corrosiebestendig tegen elke toegestane Europese drinkwatersamenstelling zonder enige restrictie
- Corrosiebestendig tegen andere vloeistoffen, zoals allerlei soorten proceswater, minerale oliën en gasvormige brandstoffen
- Corrosiebestendig buitenoppervlak voor gebruik in agressieve omgevingen (brouwerijen, melkproductie...)
- Hoge bestendigheid tegen erosie/corrosie
- Visueel aantrekkelijk – geeft een visueel schone indruk
- Lagere thermische uitzetting dan de meeste andere materialen
- Uitzonderlijk duurzaam
- Bewezen hygiënische eigenschappen, direct vanaf het begin
- Geen veroudering; ongevoelig voor UV-straling bij blootstelling aan daglicht
- Ook verkrijgbaar als flexibele composietbuizen met een inwendige bekleding van roestvast staal

Waarom “press-fit”-verbindingen?

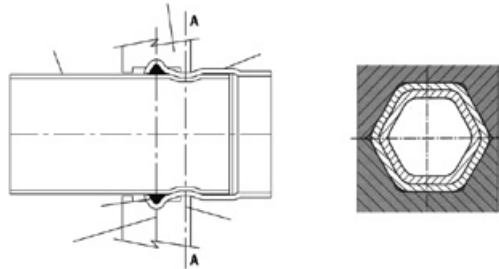
- Buitengewoon snelle verbindingsmethode
- De volledige mechanische stabiliteit wordt direct bereikt
- Geen toevoer van warmte, geen brandgevaar
- Multi-inzetbare techniek: één basistechniek voor de meest verschillende soorten vloeistoffen en gassen

Illustratie: Sanha
Kaimer, Essen (D)



2 Het principe

*De exacte geometrie van het gedeelte van het samengeperste gebied kan per systeem variëren en is tevens afhankelijk van de afmetingen.
Illustratie: Raccorderie Metalliche, Campitello di Marcaria (MN), (I)*



De term “press-fit” heeft betrekking op een verbindingmethode voor buissystemen, waarbij fittingen met behulp van speciale gereedschappen op mechanische wijze op de buis worden geperst. Dit persproces leidt tot een mechanische verbinding tussen de buis en de fitting. Het O-ring-systeem zorgt voor de hydraulische afdichting.

Dankzij zijn goede vervormbaarheid is roestvast staal bij uitstek geschikt voor deze techniek. De geometrie van de fitting en het gedeelte van het samengeperste gebied varieert al naar gelang de fabrikant. De (uitwisselbare) klauwen van de elektrische gereedschappen moeten zijn goedgekeurd door de fabrikant van de fittingen.

Verder wordt een elastomeren “O”-ring in de fitting gebracht. De duurzaamheid van deze afdichtingscomponenten moet in overeenstemming zijn met de levensduur van het roestvast staal. Daarom zijn uitgebreide tests uitgevoerd om vast te stellen welke polymeren daarvoor geschikt zijn. De “O”-ring moet van een materiaal zijn gemaakt dat bestand is tegen het medium waarin het wordt toegepast. Voor water, aardolieproducten of aardgas worden bijvoorbeeld verschillende soorten ringen gebruikt. Om fouten te voorkomen, gebruiken sommige fabrikanten kleurencodes voor de verschillende categorieën afdichtingsringen. Voor elke afzonderlijke toepassing is een geschikt productassortiment verkrijgbaar. Men beschikt inmiddels over meer dan 40 jaar ervaring.

Er is zowel elektrohydraulisch als elektromechanisch (ook accu-aangedreven) persgereedschap verkrijgbaar. Foto: Viega, Attendorn (D)



*Het persgereedschap moet passen bij de geometrie van de fitting.
Foto: Sanha Kaimer, Essen (D)*



3 *Vergelijking met alternatieve technieken*



*Persfitting-verbindingen worden bij omgevingstemperatuur op mechanische wijze tot stand gebracht en brandgevaar is daarbij helemaal uitgesloten.
Foto: Geberit, Jona (CH)*

Professionele installaties van waterleidingen en verwarmingsinstallaties worden vanouds uitgevoerd door solderen van koper. Een van de beperkingen is het gebruik van open vuur, vanwege brandgevaar, vooral bij het renoveren van gebouwen, waar zich in de nabije omgeving van het werkgebied brandbaar materiaal kan bevinden. Een typisch voorbeeld is het reviseren van moderne verwarmingsinstallaties in monumentale gebouwen. Daarbij is het van cruciaal belang dat het juiste soldeersel en de juiste vloeimiddelen worden gebruikt. De verbingsprocedure verloopt tamelijk langzaam en vereist ervaring en vakkundigheid. De verbindingen hebben pas na afkoeling goede mechanische eigenschappen.

Als alternatief zijn ook kunststof buizen verkrijgbaar. De verbingsstukken worden aan elkaar gelijmd, waardoor de complexiteit en het brandgevaar van het soldeerproces wordt vermeden. Het feit dat het uitharden van de lijm tijd kost, vormt een beperking voor professionele gebruikers.

Voordat er druktesten kunnen worden uitgevoerd, moet de uitharding voltooid zijn en dat duurt enkele uren. Dit kan nadelig zijn in een industriële omgeving, waar uitvaltijden een belangrijke kostenpost vormen.

Persfitting-verbindingen voor metalen materialen zijn tijdbesparend en veilig:

- Het proces wordt bij omgevingstemperatuur uitgevoerd. Er is geen brandgevaar, zelfs niet als de buis zich dicht bij (of zelfs in) brandbare materialen bevindt, zoals in historische gebouwen.
- De compressie verloopt snel: het duurt slechts enkele ogenblikken. Afhankelijk van de doorsnede van de buis, duurt het soms niet langer dan 3 seconden. Aannemers melden een reductie van tijd gerelateerde installatiekosten tussen 25 % en 40 %. Onderzoek heeft uitgewezen dat het kostenvoordeel vooral tot uiting komt in systemen met grote diameters.
- De verbingsstukken bereiken direct hun uiteindelijke mechanische stabiliteit.

*Voor het persgereedschap zijn uitwisselbare klauwen verkrijgbaar.
Foto: Eurotubi Europa,
Nova Milanese, MB (I)*



Hoewel er voor metalen materialen meerdere soorten mechanische verbindingen beschikbaar zijn, zoals klemfittingen (evt. met schroefdraad) en insteekfittingen, zijn persfitting-verbindingen bijzonder succesvol gebleken. De afmetingen van dit soort verbindingen variëren van 15 tot 108 mm. De techniek wordt meestal toegepast met behulp van gereedschappen die elektronisch worden bestuurd. Met dit gemechaniseerde proces worden verbindingen geproduceerd die een consistente en reproduceerbare kwaliteit bezitten, waarbij een minimale fysieke inspanning vereist is. Accu-aangedreven machines zijn ook verkrijgbaar, waarbij sommige slechts een gewicht hebben van 2,5 kg. Er zijn weliswaar speciale gereedschappen vereist, maar die kosten zijn snel terugverdiend. Incidentele gebruikers hebben ook de mogelijkheid om machines te huren. Bij de fabrikant is gedetailleerde informatie verkrijgbaar over de beschikbaarheid van geschikt elektrisch gereedschap.

Een enkelvoudig systeem is voor meerdere doelen te gebruiken. Ontwerpers hebben bijvoorbeeld in brouwerijen ontdekt dat het uit kostentechnisch oogpunt voordelig is om slechts één soort installatiesysteem voor twee applicaties te gebruiken: aan de ene kant perslucht in een verpakkingsslijn en aan de andere kant proceswater.

In brouwerijen en andere voedsel- en drankverwerkende bedrijven is de meeste apparatuur van roestvast staal gemaakt. Uit oogpunt van uniformiteit en hygiëne geven ontwerpers, bouwkundige ingenieurs en eigenaars er vaak de voorkeur aan om ook leidingen in roestvast staal uit te voeren. Afhankelijk van het systeem en de diameter, is een druk tot 120 bar en een temperatuur van meer dan 200 °C mogelijk.

4 Relevante materiaaleigenschappen

De synergie-effecten van het materiaal roestvast staal en het press-fit principe zijn het resultaat van een aantal intrinsieke eigenschappen van roestvast staal, n.l. de chemische samenstelling en de mechanische eigenschappen.

4.1 Zelfpassivering

De buitengewoon hoge corrosiebestendigheid van roestvast staal wordt veroorzaakt door de zogenaamde passieve laag. Deze heeft een dikte van slechts enkele moleculen, hecht zich inherent aan het substraat, is volledig transparant en verschilt daarmee wezenlijk van opgebrachte metallische (galvanische) of organische (gelakte) deklagen, die aanzienlijk dikker zijn. De passieve laag voorziet roestvast staal van “zelfherstellende” eigenschappen. Als deze per ongeluk wordt verwijderd, bijvoorbeeld door beschadiging of door een machinale bewerking, wordt er in aanwezigheid van zuurstof een nieuwe laag gevormd. Dit betekent dat de corrosiebestendigheid een intrinsieke eigenschap van roestvast staal is. Deze passieve laag vormt echter wel een uitdaging voor het (hard)solderen. Er bestaat namelijk risico op het optreden van zgn. messcherpe corrosie. Daarom zijn bij het solderen van drinkwaterinstallaties speciale vloeimiddelen, soldeertypen en daarnaast ook vakmanschap vereist. Afhankelijk van nationale regelgevingen kan dit voor drinkwatertoepassingen zijn verboden.

Lassen is een vaak toegepaste verbindings-techniek voor roestvast staal, zoals bij industriële pijpleidingen, maar is om twee redenen niet goed toepasbaar voor waterleidingen in huis. Ten eerste kan de laskwaliteit voor de verhoudingsgewijs kleine leidingdiameters niet worden gegarandeerd bij werkzaamheden op locatie. Ten tweede kan het zijn dat de

oppervlaktebehandeling na het lassen, die nodig is om aanloopkleuren te verwijderen en zelfpassivering mogelijk te maken, praktisch moeilijk uitvoerbaar is. Daarom wordt roestvast staal meestal in combinatie met mechanische verbindingstechnieken gebruikt. Dit voorkomt dat het zelfherstellend vermogen van het materiaal wordt ondermijnd.

4.2 Koudverstevinging

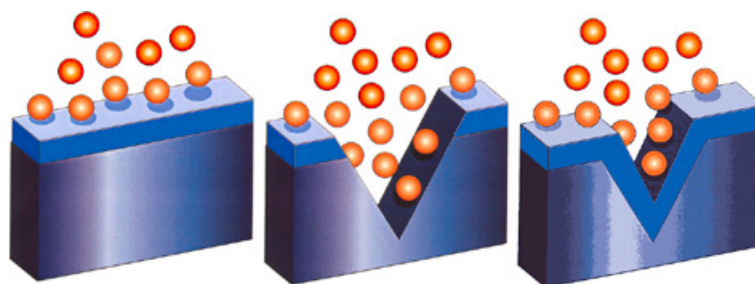
Roestvast staal heeft een hoge mechanische sterkte. Vooral chroom-nikkel (-molybdeen) roestvast staal dat bekend staat als een austenitische soort (zoals het type EN 1.4404 / AISI 316L) heeft een vervormingsgedrag dat wordt gekenmerkt door zijn opmerkelijke koudverstevinging. De mechanische sterkte van het materiaal neemt toe tijdens het koudvervormingsproces. Buigbewerkingen moeten daarom tot een minimum worden beperkt. Hoewel de buis mag worden gebogen met gebruikelijke gereedschappen (zie hoofdstuk 6.2), wordt voor standaardbochten van 45° of 90° meestal de voorkeur gegeven aan het gebruik van kniestukken. Om tijd en moeite te besparen, kunnen voor andere hoeken flexibele fittingen worden gebruikt.

Het vervormingsgedrag van het ferritische (met chroom en molybdeen gelegeerde) type EN 1.4521 / AISI 444 is vergelijkbaar met dat van koolstofstaal; verstevinging is geen factor waarmee rekening hoeft te worden gehouden.



Om tijd te besparen, kunnen kniestukken worden gebruikt in plaats van bochtstukken. Foto: Sanha, Essen (D)

Zowel de hoge corrosiebestendigheid als het inerte karakter van roestvast staal zijn te danken aan de zelfherstellende passieve laag.



5 Toepassingen

Roestvast staal “press-fit” systemen zijn in veel uiteenlopende gevallen te gebruiken, waarbij in vloeibare en gasvormige media of onder vacuüm wordt gewerkt.

5.1 Loodgieterswerk

Roestvast staal is het enige metalen materiaal dat volgens de Europese Drinkwater-richtlijn voor elke drinkwatersamenstelling mag worden gebuikt. Vooral in gebieden met zacht water hebben andere metalen materialen hun beperkingen en kunnen zij gaan corroderen. Deze beperkingen zijn er niet voor roestvast staal.

Roestvast staal is ook uitzonderlijk goed bestand tegen erosie/corrosie, zelfs bij waterstromen met een snelheid van meer dan 30 m/s. Veranderingen van de leidingdoorsnede, plotselinge veranderingen van de stroomrichting en neerwaartse turbulentie van pompen en kleppen, hebben over het algemeen geen noemenswaardige erosie van roestvast staal tot gevolg.

Schotland is een typisch voorbeeld: het water is zacht en heeft een hoog sedimentgehalte. Dit is een van de redenen dat roestvast staal een gewild materiaal is geworden, ook in ziekenhuizen. Roestvast stalen buizen zijn star. Er is een minimaal aantal bevestigingsmiddelen nodig, wat een vlotte installatie mogelijk maakt.

Omdat roestvast staal niet brandbaar is, zijn er minder brandbeveiligingsmaatregelen nodig dan bij het gebruik van organische materialen. Bij brand kan kunststof verbranden, verschroeien, vervormen of smelten. Waar leidingen door wanden of

plafonds lopen, moet voorkomen worden dat rook zich verspreidt naar aangrenzende brandzones. Meestal moeten brandwerende buismanchetten worden aangebracht op plaatsen waar kunststof leidingen door de wand lopen. Bij brand zetten zij uit en dichtten de opening af, die is ontstaan door de verbrande, vervormde of gesmolten kunststof leiding. Deze speciale afdichtmiddelen vormen een aanzienlijke kostenpost. Bij gebruik van metalen materialen zoals roestvast staal zijn deze manchetten niet nodig.

Behalve in woningen en kantoorgebouwen worden leidingen ook in industriële omgevingen gebruikt. Vooral bij onderhouds- en renovatiewerkzaamheden, is het “press-fit” systeem dankzij de korte stilstandtijden een succes gebleken.

In de levensmiddelenindustrie, steriele ruimten, farmaceutische fabrieken e.d. worden hoge visuele en hygiënische eisen gesteld. Hetzelfde geldt voor de (vaak blootgestelde) uitwendige oppervlakken van waterdistributiesystemen. In veel gevallen heerst binnen een corrosieve atmosfeer, zodat het buitenoppervlak van het installatiemateriaal ook een hoge corrosiebestendigheid moet hebben. In omgevingen waarin werkbladen en kasten, machines en leidingen, reservoirs en reactors van roestvast staal zijn gemaakt, wordt er vaak de voorkeur aan gegeven hetzelfde materiaal te gebruiken in leidingen voor drinkwater, andere vloeistoffen of gassen.

5.1.1 Verticale distributie

In gebouwen met meerdere verdiepingen vormen de verticale distributieleidingen de ruggengraat van het waterleidingsysteem. De doorsnee van de leidingen neemt toe met het aantal verdiepingen dat van water moet worden voorzien. “Press-fit” fittingen en buizen zijn verkrijgbaar in afmetingen tot 108 mm. Terwijl een waterleidinginstallatie op een verdieping tijdens de levensduur van een gebouw meerdere malen kan worden gemoderniseerd, blijven de verticale leidingen meestal onveranderd. De eisen t.a.v. de duurzaamheid zijn daarom bijzonder hoog. De mogelijkheid om de verticale distributie zo te laten als deze is, draagt wezenlijk bij aan een gunstige kostenbalans van de levenscyclus.

5.1.2 Horizontale distributie

Voor de horizontale distributie binnen een verdieping wordt vaak de voorkeur gegeven aan flexibele buizen boven starre buizen. De reden daarvoor is dat ze makkelijk te buigen en te installeren zijn. In dit verband moet iets opgemerkt worden over mogelijk relevante gezondheidsaspecten van waterleidinginstallaties. Van sommige materialen is bekend dat zij (vooral als ze nieuw zijn) significante hoeveel-



heden metaalionen afgeven. Van andere materialen wordt vermoed dat daaruit organische verbindingen vrijkomen, waarvan het effect op de gezondheid van de mens en met name op het hormoonstelsel nog niet helemaal is doorgrond. Wat zijn inerte eigenschappen betreft, heeft roestvast staal – dat het meest gebruikte materiaal in de voedselverwerkende industrie is – een uitstekende reputatie.

Een flexibele buis bestaat uit een dunne, stevige binnenlaag van roestvast staal en een buitenlaag van een polymeer. Het bewezen inerte karakter van roestvast staal in contact met drinkwater wordt gecombineerd met de flexibiliteit van een kunststof buis. Foto's: Geberit, Jona (CH)

Het gebruik van roestvast staal in contact met de vloeistof aan de ene kant, en buigbaar buismateriaal aan de andere kant, sluiten elkaar op geen enkele wijze uit. Er zijn ook composietbuizen verkrijgbaar. Deze hebben een extreem dunne binnenbuis van roestvast staal, die in contact staat met water en een polymeer buitenlaag, die in de nodige drukweerstand en in een mechanische bescherming voorziet. Dankzij de hoge mate van vervormbaarheid, die kenmerkend is voor austenitisch roestvast staal, is het mogelijk om dit soort composietbuizen te vervaardigen. Het beste van twee verschillende werelden wordt gecombineerd: de hygiënische eigenschappen van roestvast staal aan de ene kant en het installatiegemak van buigbaar installatie-



Roestvast staal buizen voor persfitting-verbindingen zijn doorgaans verkrijgbaar met een diameter van 108 mm, bijv. voor verticale distributie. Foto: Geberit, Jona (CH)

materiaal aan de andere kant. Deze flexibele buizen, die verkrijgbaar zijn in kleinere diameters, kunnen m.b.v. de persfitting-technologie op exact dezelfde wijze als massieve metalen buizen worden samengevoegd.

Flexibele buizen met een inwendige bekleding van roestvast staal zijn verkrijgbaar in lengtes tot 100 meter. Zij kunnen met de hand tot radiussen worden gebogen tot 5 maal hun diameter (5 D), zonder relevante verandering van de binnenradius. Met geschikt gereedschap kan een buigradius van 1,5 D worden bereikt.

5.1.3 Roestvast staalsoorten voor waterleidingen

De keuze van het soort staal hangt af van de samenstelling van de vloeistoffen. Bij drinkwater moet rekening worden gehouden met de waterchemie en eventuele nationale regelgevingen. In de meeste gevallen is molybdeen houdend roestvast staal een goede keuze. Molybdeen verhoogt de intrinsieke corrosieweerstand van roestvast staal aanzienlijk. Dit element komt voor in zowel de (chromium-nikkel-molybdeen gelegeer-

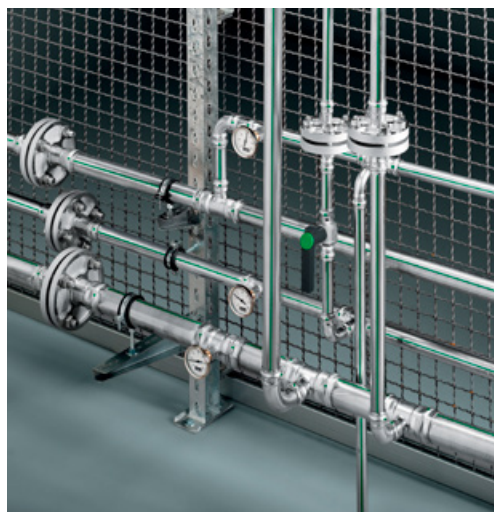
de) austenitische typen EN 1.4401/1.4404 (AISI 316/316L) en het niet zo lang geleden geïntroduceerde (chromium-molybdeen gelegeerde) ferritische type EN 1.4521 (AISI 444). Afhankelijk van de watersamenstelling en nationale regelgevingen, kan het type EN 1.4301 (AISI 304) in sommige EU-landen ook worden gebruikt voor koud water met een chloridegehalte tot 200 mg/l.

De types kunnen gespecificeerd zijn in nationale normen. De intrinsieke corrosieweerstand wordt ook bepaald door de mate waarin het materiaal bestand moet zijn tegen ontsmettingsprocedures, zoals in hotels, ziekenhuizen en andere plaatsen waar legionella kan voorkomen. Thermische desinfectie is gebleken effectief te zijn, omdat men daarmee geheel door potentiële biofilms heen dringt en micro-organismen tot aan het begin van de aanslag verwijdert.

5.1.4 Buis voor contact met drinkwater

Leidingen voor drinkwaterinstallaties worden geproduceerd door een roestvast stalen band te vormen en deze met behulp van een langснаad samen te lassen. De corrosiebestendigheid van het materiaal in de gelaste naad moet ongeveer gelijk zijn aan die van het basismetaal. De toegepaste lastechniek en nabehandeling zorgen ervoor dat het inwendige en uitwendige oppervlak van de buis glad en vrij van aanloopkleuren is (inclusief het gelaste gebied).

Vanwege de hygiënische eisen hebben buizen voor waterleidingssystemen andere karakteristieken dan andere buizen, zoals buizen voor trapleuningen, waarbij vooral de visuele aantrekkelijkheid een belangrijke



Zowel het inwendige als uitwendige oppervlak van gelaste buizen voor drinkwaterinstallaties moet aan bepaalde kwaliteitsvoorwaarden voldoen. Foto: Viega, Attendorn (D)

rol speelt. Austenitisch roestvast staal staat bekend om zijn uitstekende lasbaarheid. Om ervoor te zorgen dat de corrosiebestendigheid in de las en in de door warmte beïnvloede zone behouden blijft, is bij het ferritische type 1.4521 de legering gestabiliseerd met behulp van titaan of niobium.

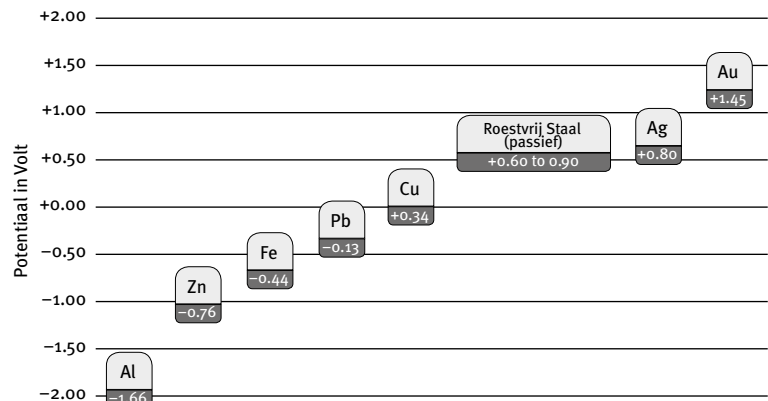
5.1.5 Waterleidinginstallaties met gemengde materialen

Nieuwe installaties zijn niet altijd op zichzelf staande oplossingen. Vaak moeten ze worden aangesloten aan bestaande systemen, die meestal van metaal zijn. In dit geval moet worden onderzocht hoe het is gesteld met de galvanische verenigbaarheid.

Metallische materialen kunnen worden ingedeeld naar hun elektrochemische potentiaal, die een indicatie geeft van de mate waarin zij geneigd zijn te oxideren. Zink staat bijvoorbeeld laag op deze schaal en zal snel oxideren. Roestvast staal staat aanzienlijk hoger op deze schaal en is in vele omgevingen bestand tegen oxidatie.

Als twee metalen materialen met significant verschillende elektrochemische potentialen via elektrische geleiding met elkaar in contact komen en er een elektrolyt aanwezig is, stromen elektronen van het minst edele naar het meest edele materiaal. Dat is het principe van de batterij. Dit betekent echter dat het minder edele metaal wordt verbruikt.

Het effect van galvanische corrosie kan ook worden gebruikt voor bescherming tegen corrosie. In het geval van gegalvaniseerd staal wordt een laag van een minder edel materiaal – zink – aangebracht. In eerste instantie



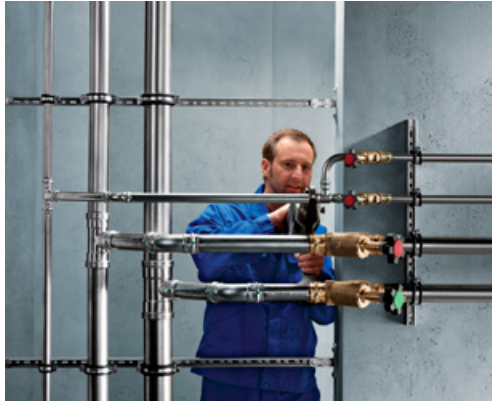
Figuur 1: Normaal potentialen van roestvaste en andere soorten metalen of metaallegeringen vergeleken met een waterstofelektrode

is het minder edele metaal onderhevig aan corrosie, zodat zink wordt geofferd en het staal gespaard blijft. In de loop van de tijd echter, zal de beschermende zinklaag steeds dunner worden en ten slotte verdwijnen. Daarom moet deze ofwel dik genoeg zijn om de geplande levensduur te kunnen halen, of onderhouden en vernieuwd worden. Maar op die plaatsen waar de metalen deklaag is verdwenen, bijv. door snijbewerkingen of beschadiging, wordt de bescherming tegen corrosie verminderd.

In warmwaterboilers worden geëmailleerde stalen reservoirs meestal beschermd door een magnesiumelektrode. Magnesium bevindt zich ook aan de lage zijde van bovengenoemde schaal. Het wordt verbruikt om het staal te kunnen beschermen. Opofferingsanodes moeten bewaakt en van tijd tot tijd vervangen worden.

Wat zijn elektrochemische potentiaal betreft, ligt roestvast staal tamelijk hoog in de edelheidreeks. Dit betekent dat het niet snel corrodeert. Daarom is het niet nodig een beschermende laag aan te brengen. Wanneer het materiaal echter in contact

Installaties met gemengde materialen, bijv. met geschutbrons of andere koperhoudende legeringen, kunnen probleemloos worden uitgevoerd. Foto: Viega, Attendorn (D)



komt met andere, minder edele metallische materialen, zal het minder edele metaal gaan corroderen. Het roestvast staal blijft vanzelfsprekend intact. Methoden voor de evaluatie van het risico en eenvoudige preventieve maatregelen zijn beschreven in de publicatie van Euro Inox *Roestvast staal in contact met andere metalen*¹.

In waterleidingsystemen die zijn opgebouwd uit diverse metalen, moet een niet-geleidende component tussen de verschillende delen van het systeem worden geplaatst om elektrische isolatie te waarborgen. Zelfs als de vloeistof een elektrolyt is, betekent dat niet dat aan het tweede vereiste voor galvanische corrosie, namelijk het elektrisch geleidend contact tussen de metalen, is voldaan en zal er daarom geen galvanische corrosie optreden².

Als het totale oppervlak van het minder edele gedeelte veel groter is dan van de edele gedeel-

ten, neemt het risico op galvanische corrosie af en kan deze verwaarloosbaar klein worden.

Jarenlange praktijkervaring laat zien dat galvanische corrosie in gemixte drinkwaterinstallaties geen probleem vormt als deze grondbeginselen in acht worden genomen. Wanneer het andere metaal koper is, hoeft men niet beducht te zijn voor risico's, omdat koper en roestvast staal vergelijkbare elektrochemische potentialen hebben.

Geschutbrons – een koperlegering – wordt ook nog wel eens voor de fittingen gebruikt en blijkt zeer goed te voldoen. Bij het samenvoegen van roestvast en gegalvaniseerd staal wordt bijvoorbeeld aanbevolen adapters te gebruiken. Deze moet worden vervaardigd van een koperlegering en de lengte moet minstens gelijk zijn aan de diameter van de component.

Het is niet waarschijnlijk dat er in verwarmingssystemen galvanische reacties optreden, omdat door de hoge temperatuur de meeste zuurstof uit het water verdwijnt en het water zich daarna in een gesloten systeem bevindt.

5.2 Verwarmingen

Bij het reviseren van moderne verwarmingsinstallaties in monumentale gebouwen biedt het gebruik van roestvast stalen buissystemen zeer veel voordelen. In

¹ De stromingsrichting is aan de ene kant alleen van belang voor combinaties van gegalvaniseerd of ongelegeerd staal en aan de andere kant voor koper of koperlegeringen. Cementering van koperionen op het staaloppervlak kan ter plaatse tot koper geïnduceerde putcorrosie leiden. Op combinaties van roestvast staal en verzinkt staal is deze “stromingsregel” niet van toepassing.

² Wanneer isolatie wordt aangebracht tussen twee delen van een metalen waterleidingsstelsel, moeten beide delen worden geaard om elektrische schokken bij aanraking te voorkomen. Als aarding van het afgeknotte gedeelte niet mogelijk is, kan het gebruik van messing in plaats van uit polymeer vervaardigde fittingen tussen het koolstofstaal en het roestvast staal gedeelte van het systeem worden overwogen. De galvanische verenigbaarheid van messing in contact met roestvast staal is goed en in contact met vuurverzinkt koolstofstaal acceptabel. Terwijl de elektrische geleidbaarheid hoog genoeg is om potentiaalverschillen tussen koolstof en roestvast staal op te heffen, wordt het risico op galvanische reacties aanzienlijk gereduceerd door de geleidelijke overgang in elektrochemische potentiaal.



Bij het reviseren van verwarmingsinstallaties in monumentale gebouwen zijn de voordelen van een koud proces overduidelijk: er is geen enkel risico op brandgevaar. Foto: Geberit, Jona (CH)

gebouwen die bestemd zijn voor gebruik door toekomstige generaties is duurzaamheid een belangrijk criterium bij de keuze van materialen. In tegenstelling tot waterleidingen, heeft de installatie van een verwarmingssysteem meestal betrekking op alle ruimtes van een gebouw. Het voordeel van een “koude” verbindingsmethode, waarbij geen risico is op brandgevaar, is overduidelijk als het gaat om gebouwen met houten constructies, vloeren of wandbekleding.

In verwarmingsinstallaties is de thermische uitzetting van de gebruikte materialen een

belangrijk criterium bij het ontwerp. In het geval van roestvast staal is deze ongeveer 10 tot 20 keer zo laag als die van kunststof. Waarden van de thermische uitzetting van veel gebruikte polymeren voor verwarmingen en waterleidingen liggen tussen $0,08 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ en $0,18 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. De coëfficiënt van de thermische uitzetting duidt op het aantal millimeter per meter dat de buis uitzet wanneer de temperatuur één graad Celsius wordt verhoogd. Een 10 meter lange kunststof buis zet bijvoorbeeld 40 tot 90 mm uit bij een temperatuursverhoging van 50 °C. In het geval van het austenitische roestvast staaltypen EN 1.4404 (AISI 316L) met een thermische uitzetting van $0,0165 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, is uitzetting 8,25 mm. Een gelijkwaardige buis van het ferritische type EN 1.4521 (AISI 444) en met een thermische uitzettingscoëfficiënt van $0,0108 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ zet 5,4 mm uit.

Voor roestvast staal kan meestal worden volstaan met axiale compensatoren, die als ruimtebesparend alternatief voor expansiebochten kunnen worden gebruikt. Dit kan als extra voordeel hebben dat de geluidsoverlast wordt verminderd. In andere gevallen kan het aantal compensatoren gereduceerd of de afmetingen van de expansiebochten verkleind worden.



Bij warmwater zonnepanelen moet zowel rekening worden gehouden met corrosiebestendigheid in buitenomgevingen als met drukweerstand in geval van oververhitting. Foto's: Filtube, Barcelona (S)

Roestvast staal persfitting-systemen worden ook met succes gebruikt voor brandblusinstallaties op schepen en zijn bestendig tegen de chloriderijke atmosfeer op zee. Foto: Geberit, Jona (CH)



5.3 Zonnepanelen

Omdat verbindingstukken van zonnepanelen meestal worden blootgesteld aan buitenomgevingen, zijn materialen met een natuurlijke weerstand tegen corrosie, zoals roestvast staal, een goede keus. Het primaire watercircuit bevat meestal een mengsel van water en glycol. De temperatuur varieert van $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $+220\text{ }^{\circ}\text{C}$, waarbij een veiligheidsmarge wordt aangehouden vanwege mogelijke oververhitting.

5.4 Proceswater en koelwater

Met de persfitting-techniek aangelegde roestvast stalen leidingen worden niet alleen gebruikt voor drinkwater. Zij worden ook ingezet voor proceswater, koelwater,

minerale oliën en oliehoudende vloeistoffen. Het type EN 1.4404 (AISI 316L) is een algemeen toegepast materiaal. Om duidelijkheid te krijgen over geschikte “O”-ringen voor de betreffende vloeistof, moet de constructeur worden geraadpleegd.

Koelwater kan maximaal 50 % glycol bevatten. Gedeïoniseerd water heeft de neiging om ionen aan te trekken van materialen waarmee het in contact komt en daardoor metalen op te lossen. In zacht water zijn de oorspronkelijk aanwezige calcium- en magnesiumionen vervangen door natriumionen. Roestvast staal wordt met succes toegepast in gedeïoniseerd, zacht of op andere wijze geconditioneerd water.



Roestvast staal wordt ook gebruikt voor verkeerstunnels, waar uitlaatgassen en strooizout een bijzonder corrosieve werking op de omgeving hebben. Foto's: Nussbaum, Olten (CH)

5.5 Brandblusinstallaties

Voor brandblusinstallaties worden veelal roestvast staal persfitting-systemen gebruikt. Ze worden met succes toegepast in gevallen waarbij de ruimte beperkt is, de installatie snel moet worden uitgevoerd en corrosiebestendigheid tegen zeelucht moet worden gegarandeerd. Een typisch voorbeeld daarvan zijn cruiseschepen.

5.6 Afvoerkanalen

Sommige producenten leveren interfaces met vloerafvoersystemen, zodat het gehele leidingwerk uit roestvast staal bestaat.

5.7 Minerale oliën en chemicaliën

Roestvast staal constructies worden met succes toegepast voor dieselbrandstof, brandstofverwarming, motoroliën en smeermiddelen. Bij de fabrikant kan deskundig advies worden ingewonnen omtrent het geschikte roestvast staal type en het type “O”-ringen die zijn getest en goedgekeurd voor elke afzonderlijke toepassing. Andere geteste en goedgekeurde media zijn o.a. ureumoplossingen, ethanol, methanol, glyceroltriacetaat, natronloog en aceton.

5.8 Gasvormige brandstoffen

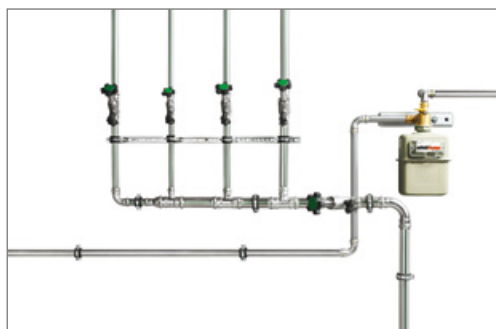
Roestvast staal wordt met succes voor zowel aardgas als vloeibaar gas gebruikt (propanaan,



Roestvast staal persfitting-systemen zijn ook geschikt voor veel uiteenlopende chemische producten. Foto: Raccorderie Metalliche, Campitello di Marcaria, MN (I)

butaan, methaan). Veel Europese landen geven er de voorkeur aan om aardgas als warmtebron via pijpleidingen aan te voeren. De meeste gasleidingen zijn van metaal. Verwacht wordt dat het gebruik van gas zal toenemen vanwege zijn milieu-eigenschappen: het bevat praktisch geen zwavel en geeft geen aanleiding tot het vormen van deeltjes. Naast het ingeburgerde gebruik voor het verwarmen van en koken in woningen, zijn er ook modellen waarbij gas voor vaatwassers en trommeldrogers wordt gebruikt.

In plattelandsgebieden, zoals in boerderijen, waar men geen aansluiting heeft op het gasnet, wordt meestal vloeibaar gas gebruikt. Gasleidingen die door agrarische gebouwen lopen, worden vaak blootgesteld aan corrosieve omgevingen, denk bijvoorbeeld aan stallen. In dat geval is het gebruik van roestvast staal een ideale oplossing. Bescherming tegen externe corrosie is alleen nodig in een chloorhoudende omgeving.



Roestvast staal “press-fit” systemen zijn tevens geschikt voor gassen. Foto: Viega, Attendorf (D)

Roestvast staal heeft ook de vereiste hoge thermische stabiliteit voor gastransportinstallaties: in geval van brand moet het materiaal minimaal 30 min een temperatuur van 650 °C kunnen weerstaan om lekkage van aardgas, dat een ontstekingstemperatuur in de lucht van ongeveer 640 °C heeft, te voorkomen.

5.9 Perslucht

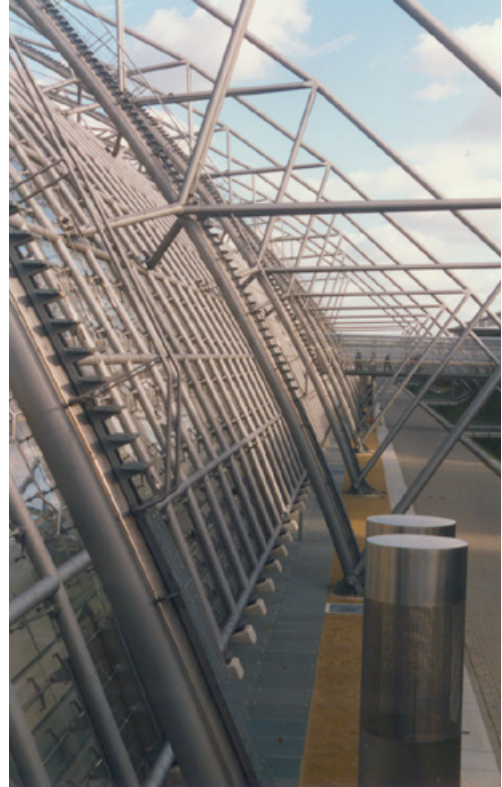
Het feit dat roestvast staal persfitting-systemen voor perslucht gebruikt worden, geeft aan dat het materiaal over uitstekende mechanische en gasdichte eigenschappen beschikt. Men moet daarbij bedenken dat perslucht meestal fijn verdeelde oliedeeltjes bevat, die op de leidingwand en de fittingen zullen neerslaan. Omdat niet alle polymeren bestand zijn tegen olie, moet men bij het selecteren van geschikte “O”-ringen nauwkeurig acht geven op de adviezen van de fabrikant.

5.10 Andere gassen

De bovengenoemde roestvast staal systemen kunnen ook worden goedgekeurd voor andere gassoorten, zoals acetyleen, argon, stikstof, waterstof, koolmonoxide en kooldioxide. Zij worden ook gebruikt voor gasmengsels zoals formeergas (80 % Ar / 20 % CO₂) of carbogeen (CO₂ + O₂).

5.11 Elektrische installatie

Roestvast stalen pijpleidingen worden ook gebruikt voor het beschermen van kabels. Deze kwalitatief hoogwaardige optie is vooral van toepassing als de kabels aan hoge veiligheidseisen moeten voldoen, bijv. in metrostations, of als er speciale eisen worden gesteld aan het visuele uiterlijk.



Kabelbescherming is een andere toepassing van persfitting-verbindingssystemen.



6 Algemene aanbevelingen voor de installatie

Informatie over optimaal ontwerp en installatie is te vinden in de technische handboeken van de fabrikant. Deze kan per toepassing verschillen. De volgende raadgevingen moeten echter bij elk gebruik van roestvast stalen leidingsystemen in acht worden genomen.

6.1 Blootstelling aan chloriden

Als de systemen correct geïnstalleerd en bediend worden en de instructies van de fabrikant in acht worden genomen, is het roestvast staal dat in aanmerking komt voor waterleidingen bestand tegen chloridegehaltes van de Drinkwaterrichtlijn (tot 250 mg/l). Dit geldt ook voor algemene ontsmettingsprocedures, waarbij waterstofperoxide (H_2O_2) of chloordioxide (ClO_2) wordt gebruikt. Om de groei van de legionella pneumophila-bacterie te voorkomen, worden drinkwatersystemen gewoonlijk 1 à 2 uur met een oplossing van 50 mg/l chloor ontsmet.

Er moet echter voor worden gezorgd dat het uitwendige oppervlak niet aan ongecontroleerde bronnen van chloriden wordt blootgesteld. Men moet bijvoorbeeld zorgvuldig overwegen welk soort isolatietape op



roestvast staal kan worden gebruikt. Waar bij wijze van uitzondering verbindingen met schroefdraad worden gebruikt, is chloridevrije hennepvezel een goede keuze.

Isolatiematerialen en beugels die in direct contact staan met roestvast staal, mogen geen chloriden vrijkomen. Foto's: Filtube, Barcelona (S)

Uit materialen voor thermische isolatie kunnen ook chloriden vrijkomen. De meeste fabrikanten beschouwen een maximaal gehalte van 0,05 % aan oplosbare chloride-ionen in isolatiemateriaal als een veilige waarde. Het gebruik van vilt moet worden vermeden, omdat het vocht absorbeert. Schuimproducten met gesloten cellen verdienen de voorkeur. Trilling- en geluiddempende polymer-inzetstukken voor beugels mogen ook geen chloriden bevatten.



Als de roestvast stalen leidingen worden blootgesteld aan chloridehoudende omgevingen, kan extra bescherming tegen uitwendige corrosie vereist zijn. Sommige industriële omgevingen hebben een hoog chloridegehalte, bijv. verfwinkels, vuurverzinkingsinstallaties, etc.

Waterleidingsystemen in ziekenhuizen moeten bestand zijn tegen de gebruikelijke ontsmettingsprocedures. Foto's: Nussbaum, Olten (CH)

Bleekwater heeft een zeer agressieve werking op metallisch materiaal. Spatten of aerosolen van chloride bevattende reinigingsmiddelen mogen niet in contact met roestvast staal komen. Als het materiaal daar onbedoeld toch aan blootgesteld is geweest, moet met ruime hoeveelheden kraanwater worden gespoeld, zodat de contacttijd zo kort mogelijk wordt gehouden.

6.2 Snijden en buigen

Roestvast stalen buizen mogen uitsluitend met buissnijders, metalen zagen met fijne tanden (32 tanden per duim) of elektrische zagen worden afgekort. Vanwege de neiging tot versterking moet onder lage druk en met een middelmatige snelheid worden gezaagd. Het toepassen van een hogere druk en een hogere snelheid zal versterking in de hand werken en kan het zaagproces onnodig bemoeilijken. Deze speciale gereedschappen moeten alleen voor roestvast staal worden gebruikt. Zij mogen niet voor koolstofstaal zijn gebruikt, omdat roestvast staal in dat geval door koolstofstaal deeltjes zou worden besmet en zou gaan roesten. Dat zou tot beschadiging van de passieve laag van roestvast staal leiden. Haakse slijpers en snijbranders zijn niet geschikt.

Voor bochten van 45° en 90° ligt het gebruik van de daarbij passende fittingen het meest voor de hand. In situaties waarbij andere hoeken zijn vereist, moet de buis op maat worden gebogen. In zo'n geval kan men voor roestvast staal een buigdoorn gebruiken. Vanwege de hogere mechanische sterkte van roestvast staal in vergelijking met koper, moet de buigmachine echter voldoende vermogen bezitten om in ieder geval de volgende grotere maat koper te kunnen buigen. Voor diameters groter dan 28 mm wordt geadviseerd een ratelaar of hydraulische machine te gebruiken. De buigradius moet ten minste 3,5 maal zo groot zijn als de diameter van de buis. Het materiaal mag niet worden verwarmd, omdat een warmtebehandeling de mechanische sterkte en corrosiebestendigheid negatief zou kunnen beïnvloeden.

Er is geschikt snij- en buiggereedschap verkrijgbaar voor het snijden en vervormen van roestvast stalen waterleidingen. Foto's: Ridge Tool Europa, Heverlee (B)



7 Samenvatting

Roestvast staal in combinatie met persfitting-systemen is een technisch beproefde, snelle en economische oplossing voor het aanleggen van leidingen. Mogelijke toepassingen zijn o.a. waterleidingen, verwarming en industriële toepassingen voor het transporteren van vloeistoffen, stoom, gas en vacuüm. Enkele belangrijke voordelen zijn: snelle installatie, veelzijdige toepasbaarheid en duurzaamheid. Omdat deze mechanische verbindingstechniek wordt toegepast bij omgevingstemperatuur, is er geen risico op brand. Van roestvast staal constructies, die zijn aangelegd met behulp van persfitting-systemen, is zowel het inwendige als uitwendige oppervlak zeer corrosiebestendig en is het uiterlijk visueel aantrekkelijk.

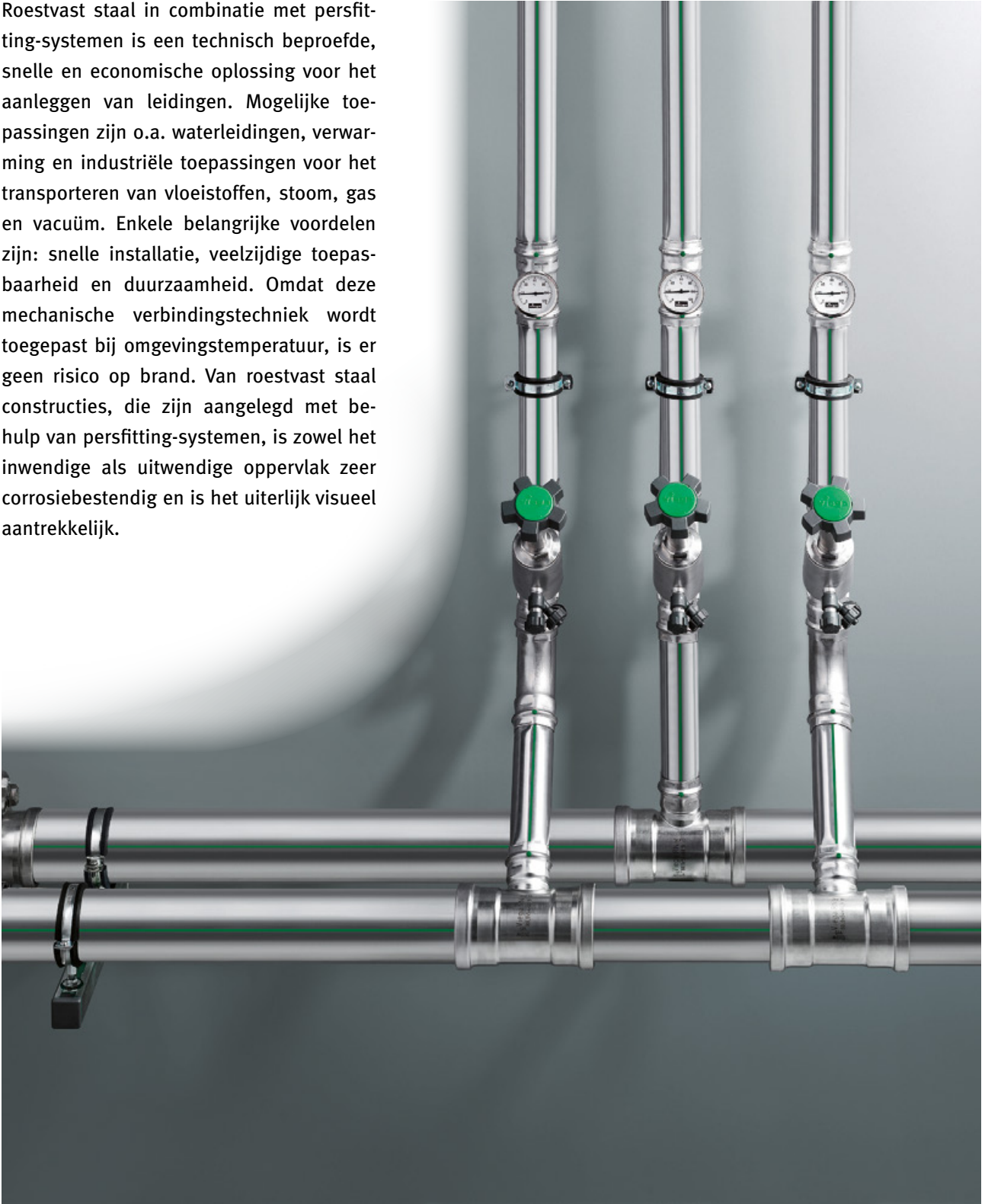


Foto: Viega, Attendorn (D)

8 Bibliografie

AGHTM. (2003). Guide pour l'utilisation des aciers inoxydables dans les réseaux d'eaux. Partie 1. Les installations intérieures de distribution d'eaux destinées à la consommation humaine. TSM , 98 (7-8).

Bright future for stainless steel plumbing. *Association of plumbing and heating contractors bulletin* 20 (566), pag. 12-13.

British Stainless Steel Association. (2003). *The suitability and use of stainless steel for plumbing applications.*

Richtlijn 98/83/EG van de Raad van 3 november 1998 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water.

DVGW. (2004). *Arbeitsblatt W 551: Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen.*

NEN EN 12502, Bescherming van metalen tegen corrosie – Richtlijn voor de beoordeling van corrosiewaarschijnlijkheid in water en opslagsystemen.

NEN EN 806, Eisen voor drinkwaterinstallaties in gebouwen.

Eurotubi Pressfitting System, Technical Guide, January 2009.

Gepresst und nicht geschweißt. Veltins setzt auf montagefreundliches Edelstahlrohrsystem. (2009). *DEI – Die Ernährungsindustrie (12).*

Helzel, M. *Renovation work at Neuschwanstein Castle.* Euro Inox.

Isecke, B. et al. (2009). *Roestvast staal in contact met andere metalen.* Luxemburg: Euro Inox.

Life Cycle Costing, CD. (2000). Luxemburg: Euro Inox.

Moderne Medienversorgung für die Technik von morgen. (2007). *IKZ-Haustechnik (14).*

Nickel Development Institute. (1997). *Stainless steel plumbing – An introduction.* NiDI Technical Series 11019.

Raccorderie Metalliche. *Technical handbook – March 2008.*

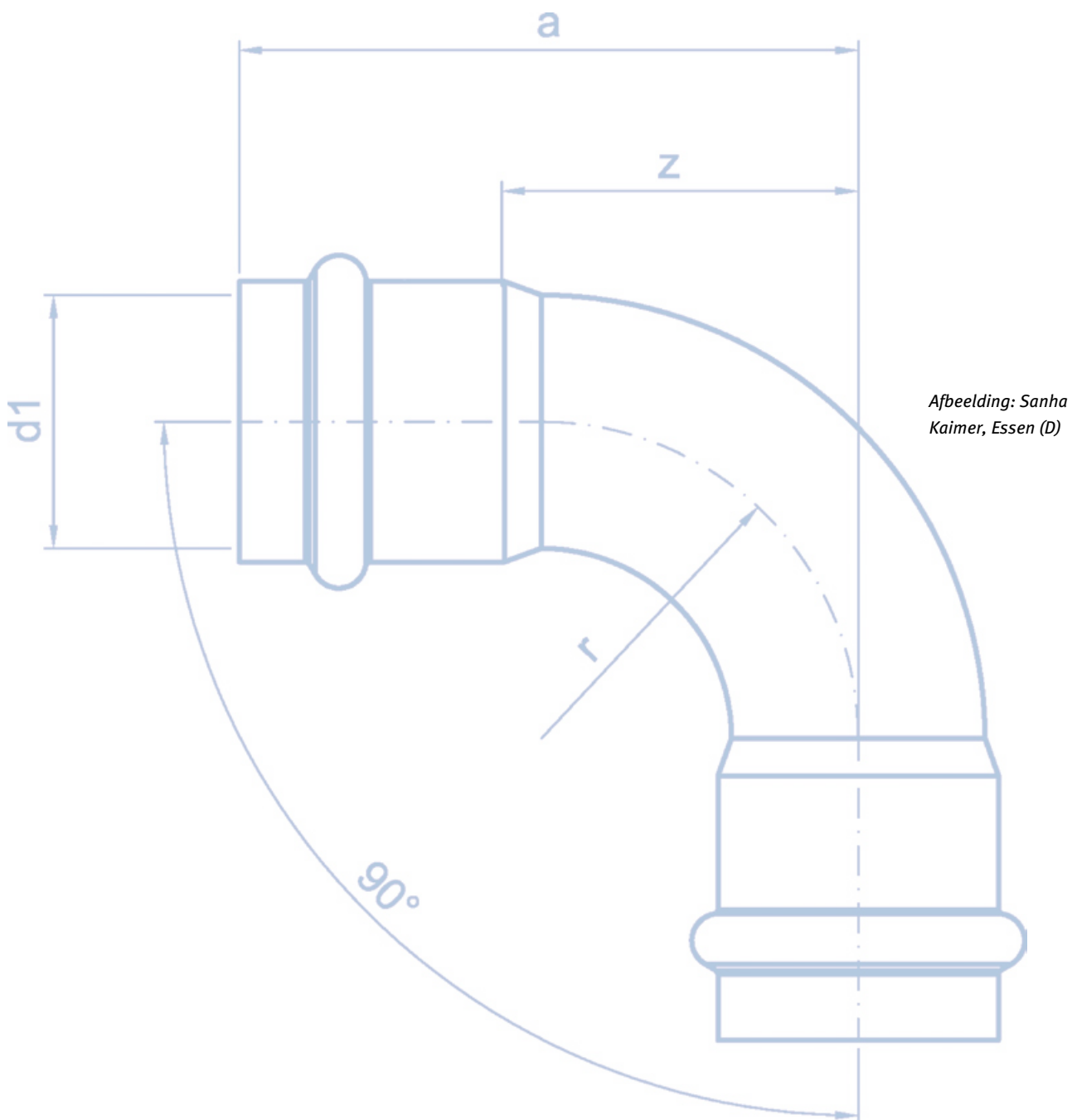
Schlerkman, H., Verzinkter Stahl und nichtrostende Stähle in Kontakt mit Trinkwasser – Einsatzbereiche und Korrosionseigenschaften von verzinktem Stahl; werkstoffgerechte Fertigung und Verarbeitung von Bauteilen aus nichtrostendem Stahl, lezing in het kader van het symposium 8. *Korrosionum: Werkstoffe für die Trinkwasserinstallation – Korrosion und Korrosionsschutz*, GfKorr, Stuttgart, 23rd April 2012.

Technische eigenschappen van roestvast stalen vlakke producten, meertalige online database. (2007). Luxemburg: Euro Inox.

Technical information fil-press. Barcelona: Filtube (2002).

The Steel Construction Institute. (2002). *Operational Guidelines and Code of Practice for Stainless Steel in Drinking Water Supply.* Ascot: British Stainless Steel Association.

Viega, ed. (2008). *Application technology*, volume 1: Metallic pipe installation systems.



ISBN 978-2-87997-384-5