

ALURVS.nl



Digitaal Handboek Gebruik van materialen in de voedingssector

Editie 2023

Inhoud Handboek

Gebruik van materialen in de voedingssector

Hygiëne en techniek in de voedingsmiddelenindustrie

Roestvast Staal in de voedingssector

Waarom roestvast staal in de voedingswarenindustrie?

Corrosiviteit van voedingsmiddelen

Materiaaleisen voor procesapparatuur in de voedingswarenindustrie

Roestvast stalen leidingwerk voor hoogzuivere doeleinden in de zuivel- en voedingsmiddelenindustrie

Roestvast staal t.b.v. drinkwater

Roestvast staal voor de zuivel-, voedings- en genotmiddelenindustrie - kies het juiste materiaal

Corrosie onder invloed van voedingswaren

Wat is Hygienic Design Network?

Elektrolytisch polijsten van roestvast staal

Roestvast staal en het coronavirus

De zuurgraad in relatie tot mogelijke corrosie van metalen

Ruim 1.500 verpakkingen per Nederlander per jaar

De thermische spot

Digitaal Handboek GEBRUIK VAN MATERIALEN IN DE VOEDINGSSECTOR

is een uitgave van: 2Blonds V.O.F

De Laat de Kanterstraat 27a 2313 JS Leiden

tel. (071) 531 45 11 www.alurvs.nl

Zeer veel dank is verschuldigd aan:

Hans van der Steen – Hygienic Design Network (HDN), Ko Buijs – Innomet Consultancy, A.J. Schornagel en Thijs Geijer – Senior Sector Economist ING Research.

Overname van artikelen, grafieken, tabellen en foto's is alleen mogelijk na schriftelijke toestemming van de uitgever. Hoewel het Handboek Gebruik van materialen in de voedingssector zeer zorgvuldig wordt samengesteld, kunnen de betrokkenen bij de samenstelling en uitgave geen aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele onjuistheden of onvolledigheden.

Uitgever: C.M.A. Willenborg

Redactie: Jeroen Opstal (hoofdredacteur)

Vormgeving: Christine van der Ven

Op al onze overeenkomsten en offertes, hoe ook genaamd, zijn van toepassing onze algemene verkoop- en leveringsvoorwaarden, zoals gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel voor Rijnland onder nummer B 897.

Een afschrift van onze voorwaarden wordt u desverzocht kosteloos toegezonden.

LUBRINOX MONTEERT GESMEERD

VOORKOMT KOUDLAS

FDA GOEDGEKEURD

TIJD- & KOSTEN
BESPAREND

SCHOON & DROOG

UIT VOORRAAD
LEVERBAAR

BORGMIDDEL
TOEPASBAAR

LUBRINOX: DE NIEUWE NORM IN RVS MONTAGE, ASSEMBLAGE EN ONDERHOUD

Help vastvreten definitief de wereld uit met Lubrinox: roestvaststalen bouten en moeren voorzien van een high-end smeercoating. Daarmee bespaart u aanzienlijk op de montagetijd, want losse smeermiddelen zijn niet meer nodig. Demontage verloopt al net zo soepel, zodat u bij ieder onderhoud of reparatie het gemak van Lubrinox ervaart.

De coating op Lubrinox houdt uw handen en gereedschap droog. Het geeft niet af en trekt geen vuil aan. Alles blijft zó hygiënisch schoon dat u ervan kunt eten.

Letterlijk, we hebben de FDA-certificaten om het te bewijzen.



FABORY
LUBRINOX

Meer informatie

Hygiëne en techniek in de voedingsmiddelenindustrie

Dit zijn twee totaal verschillende werelden en het is daarom ook niet onlogisch dat er veel zaken onduidelijk zijn voor zowel de afnemer als de leverancier van technische oplossingen in de voedingsmiddelen industrie.

Hans van der Steen

Het woord hygiëne is een ruim begrip en is voor iedere toepassing weer anders. Vaak zijn aannames of eigen interpretaties van dat begrip de oorzaak van afwijkingen op de verwachting. Er zijn dan technische maatregelen genomen die niet aansluiten op die specifieke behoefte of de afnemer begrijpt of herkent de maatregel niet en past het daardoor onjuist toe. Voor beide partijen is een goed communicatie middel noodzakelijk. Het is essentieel dat een afnemer zijn verwachting op gebied van hygiëne goed definieert en een leverancier moet duidelijk de grenzen aangeven voor het beoogde gebruik. Aannames zijn in alle gevallen voor beide partijen gevaarlijk, zeker op gebied van aansprakelijkheid.

De methodiek die HDN heeft ontwikkeld geeft daar een passende oplossing voor. De basis voor de methodiek is de norm EN1672-2 en is opgesteld met medewerking van alle disciplines voor het ontwerpen, bouwen, gebruiken en onderhouden van machines en installaties voor voedselbereiding. De start van de methode is een Hygiëne Risico Analyse (HRA) en het vaststellen van de grenzen en reinigingseisen. Daarmee wordt een ultieme uitgangssituatie gecreëert voor het opzetten van de ontwerp-, technische-, reinigings- en instructiemaatregelen. De combinatie van die vier soorten maatregelen vormen samen de oplossing voor de onaanvaardbare risico's in het beoogde gebruik. Hiermee is de verwachting in kaart gebracht en is er een duidelijk overzicht van de voorwaarden.

Voedselveiligheid is natuurlijk het doel van alle maatregelen die genomen moeten worden. De toegepaste ontwerpen en technieken hebben veel invloed op het bereidingsproces, maar de uiteindelijke voedselveiligheid hangt van meer factoren af en de verantwoordelijkheid daarvoor liggen niet alleen in de toegepaste techniek. Het betreft een gedeelde verantwoordelijkheid tussen gebruiker en leverancier. Voorkomen van her- of kruisbesmetting en reinigbaarheid zijn daarin de zwaarste factoren. Afhankelijk van de manier van reinigen, moeten daarvoor de juiste maatregelen genomen worden om de gewenste reinheid te

behalen en ook geen her- of kruisbesmetting kan veroorzaken.

Met het ontwerp, bouw en gebruik van machines, installaties en de productie omgeving, heeft de uitvoering daarvan invloed op de volgende zaken:

Voorkomen van besmetting = Beheers de omgeving	
Geen negatieve invloed op proces en product = geen <u>organoleptische</u> invloed (geur, kleur of smaak)	
Borgen van de <u>reinigbaarheid</u> = afwasbaar, bereikbaar voor reiniging en zelfdrainend.	

Voor het reduceren of oplossen van mogelijke gevaren wordt daarom vooral gelet op het mogelijk **binnendringen**, het **ophopen** en mogelijke **groei** van de **onaanvaardbare risico's**. De maatregelen die genomen worden, moeten aan die aspecten voldoen om afdoende te zijn voor de betreffende risico's en reinigingseis. Voor een machine of installatie kan je die maatregelen indelen volgens een HDN klasse of voor een productieomgeving kan dat op basis van een bepaalde zone indeling.

Let wel, dit betreft altijd de combinatie van de ontwerp-, technische-, reinigings- en instructiemaatregelen. Met een enkele soort maatregelen is dit niet mogelijk. Er zijn daardoor ontelbare combinaties van maatregelen mogelijk. Er bestaat niet een specifieke combinatie die alles oplost. Dit is afhankelijk van het type risico en het toelaatbare "Rest risico". Het rest risico is het uiteindelijke niveau dat de gebruiker accepteerd of wil betalen. Dit rest risico moet daarom vastgelegd worden in de handleiding inclusief een aanbeveling. Het is daarna aan de gebruiker om dit risico te borgen. Deze constatering kan als CCP de basis vormen voor de HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) audits. Daarom is een goede instructie en rapportage van die rest risico's essentieel.

HACCP (Hazard Analyses of Critical Control Points)

Alle ontwerp en technische maatregelen zijn dus gericht op het voorkomen van binnendringen, (vuil) ophoping en de eventuele groei van de onaanvaardbare risico's. Volgens de actuele Machine Richtlijn en ook GFSI maatstaven (basis voor de HACCP beoordelingsrichtlijn), dienen zowel de afnemer (voedingsmiddelenproducent) als de toeleverancier, aantoonbaar maatregelen te nemen op basis van een risico inventarisatie. Hygiëne risico's vallen daar ook onder. In de norm EN1672-2 wordt dat expliciet omschreven en spreekt men daar van een HRA (Hygiëne Risico Analyse). Dit kan onderdeel of aanvullend zijn van een RI&E.

Reinigingseis

De reinigseis en de manier waarop gereinigd wordt, zijn een hele grote factor voor het bepalen van de ontwerp- en de technische maatregelen. Denk daarbij aan het afwassen in je eigen thuis situatie. Je kunt de vaat afwassen in een spoelbak en dan worden alle onderdelen gedemonteerd en met de hand gewassen en afgedroogd. Daarbij kunnen alle reinigingsfactoren aangepast worden. Die factoren zijn temperatuur, impact (kracht), tijd en chemie. De uitvoerende persoon kiest zijn voorkeur. Het alternatief is het gebruiken van een vaatwasser, waarbij de 4 variabelen al zijn bepaald en er maar weinig invloed is op het reinigingsproces. Temperatuur, impact, tijd en chemie zijn een redelijk vast gegeven. De manier van inruimen is een van de weinige variabelen en heeft veel invloed op de bereikbaarheid en is bepalend voor het resultaat. Tevens zijn niet alle materialen geschikt om op die geautomatiseerde manier te reinigen. Omdat vooraf niet bekend is welke manier van afwassen wordt gekozen door de gebruiker, geeft men vooraf aan of een materiaal geschikt is om in een vaatwasser te wassen. In ons dagelijks gebruik is dit vanzelfsprekend, maar in de industrie gebeurt dit weinig. Vaak is het onduidelijk hoe iets gereinigd wordt en andersom is er ook veel onduidelijkheid over hoe iets gereinigd kan of moet worden. Het ontbreken van deze afstemming is de reden van veel misplaatst gebruik. Gevolg is dat componenten niet goed schoon worden en dit heeft weer direct invloed op de voedselveiligheid. Het achtergebleven vuil in de vorm van bacteriën, allergenen of reinigingsmiddelen kan de nieuwe productiebatch besmetten. Met andere woorden, binnendringen, ophopen of zelfs groeien.



Logische manier van werken

Als ontwerper of bouwer van een machine of installatie is men niet altijd bekend met de risico's van het betreffende productieproces. Toch draagt men de volledige verantwoordelijkheid daarvoor. Dit kan omdat men geen direct contact heeft met de eindgebruiker of vooral omdat die informatie niet bekend is. In die gevallen is het goed om een fictieve situatie vast te leggen die de grenzen voor het beoogd gebruik aangeven, maar ook de voorwaarden voor het schoonmaken ervan. Daarnaast is er een verplichting om te waarschuwen voor eventuele restrisico's. Maak in die gevallen altijd naast de RI&E ook een HRA en leg de risico's vast die als basis dienen voor het ontwerp en de technische maatregelen. Wanneer nog niet bekend is hoe er gereinigd gaat worden, dient men daarnaast ook een goede instructie voor het reinigen en de manier van plaatsen vast te leggen. Denk daarbij aan het voorbeeld m.b.t. het inruimen van de vaatwasser. Een machine of installatie die niet ontworpen is om in-line te reinigen (CIP), kan daar ook niet voor worden gebruikt. Vooral voor die manier van reinigen geldt een goede reinigbaarheid en de meeste maatregelen zijn daar op gericht.

Als leverancier van een technisch en hygiënisch product wordt je geacht hier op de juiste manier invulling aan te geven. Wanneer je de risico's voor de levering niet goed hebt ingedekt met verkoopvoorwaarden, heb je een enorme aansprakelijkheid. Accepteer daarom niet blindelings alle

inkoopvoorwaarden en zorg vooral ook voor een volledig opleverdocument waarin grenzen en beoogd gebruik goed is omschreven en expliciet gewaarschuwd wordt voor eventuele restrisico's.

Werken en leveren binnen de hygiënische industrie is complex. Het grote (taal)verschil tussen technologie en techniek geeft een grote foutkans. Denk daarom vooral logisch na en vraag om duidelijkheid wanneer dat nodig is. Een verkeerde aanname is gevaarlijk. Een te lage inschatting vergroot het risico en een te hoge inschatting verkleint de kans op een opdracht.

Hygienic Design Network

Het HDN platform heeft met diverse werkgroepen een "Best practice" opgesteld en die kan door iedereen toegepast worden. Via de diverse opleidingen die HDN zelf of via instellingen aanbieden geven de uitvoerende functies handvatten voor en de erkenning van het noodzakelijke vakmanschap. Wilt u meer weten over dit onderwerp of over de HDN methodiek, kijk dan op www.hdn4food.com of neem contact met ons op: info@hdn4food.com tel. 030-6053344.

DE START VOOR EEN PERFECTE FINISH.

Wij zijn continu op zoek naar het allerbeste resultaat. Niet alleen voor onszelf, maar vooral voor onze klanten.

Het gepatenteerde **SUBLIMATION-process®** is een unieke straalmethode waarbij rvs-oppervlakken worden gereinigd. Sublimotion zorgt voor de ideale oppervlakte topografie om aanhechting van micro-organisme en productresten maximaal te beperken. Hierdoor kunnen we altijd 100% van onze projecten opleveren volgens de huidige machine en voedselwetgeving (EHEDG gecertificeerd).

RVSFINISH.NL

DIRECT NAAR SUBLIMATION



UW NORM ONZE PERFECTIE

SUBLIMATION



heat treatment



Aalberts Surface Technologies Eindhoven B.V.

specialist in warmte- en oppervlaktebehandeling van metalen

Aalberts Surface Technologies Eindhoven B.V. is voorloper op het gebied van warmte- en oppervlaktebehandelingen. Vanuit onze moderne productielocatie verzorgen wij naast gangbare technologieën ook veel klant specifieke processen. Hierdoor zijn wij dé partner voor bedrijven die actief zijn in veeleisende markten zoals Automotive, Aerospace, Energy, Food & Beverage en Semiconductor.

Stainihard® NC

Stainihard® NC is een proces om het oppervlak van (austenitisch en duplex) roestvast staal te harden.

HD Brazing®

HD Brazing® is een door Aalberts Surface Technologies ontwikkeld procedé op het gebied van vacuümsolderen.

Met onder andere deze unieke processen verbeteren we de materiaaleigenschappen, maken we nieuwe constructies mogelijk en verlengen wij de levensduur van uw producten! Aalbert Surface Technologies Eindhoven B.V. is ISO9001, ISO14001, AS9100 en Nadcap gecertificeerd.

Achtseweg Noord 3 / NL-5651 GG Eindhoven / +31 40 2663000
info.eindhoven-heat@aalberts-st.com / www.aalberts.com/st

Roestvast Staal in de voedingssector

De Rijksoverheid heeft regels opgesteld voor bedrijven die voedingsmiddelen produceren want deze moeten uiteraard veilig zijn. Dit dient ter bescherming van mens en dier. De Rijksoverheid controleert bovendien bedrijven dat zij een voedselveiligheidsplan opstellen en dat zij regels naleven t.a.v. de voedselbereiding. Daarom is de 'Algemene Levensmiddelen Verordening' in het leven geroepen. Deze stelt eisen voor de gehele productieketen van bron tot aan de consument. Deze verordening valt onder de Europese wetgeving die 'General Food Law' wordt genoemd. Op deze wijze kan voorkomen worden dat een vast of vloeibaar voedingsproduct de volksgezondheid ondermijnt. Ook kunnen voedselproducenten aansprakelijk worden gesteld indien zij niet opereren volgens deze wet.

Ko Buijs - Innomet Consultancy BV

Ook wereldwijd worden deze regels verder aangescherpt en dat blijkt uit de zwaardere richtlijnen van de FDA (Food and Drugs Organisation) in Amerika alsmede die van de EHEDG (European Hygienic Equipment Design Group). De EHEDG is een consortium van o.a. apparatenbouwers, voedingsindustrie en onderzoekinstellingen. Deze organisatie heeft als doel om de hygiëne te bevorderen tijdens het verwerken en verpakken van voedingsmiddelen. In dit verband wordt er ook vooral gekeken naar de kwaliteit van de lasverbindingen. Dat speelt het orbitale lassen van leidingsystemen in de kaart omdat dit meestal een goede garantie geeft voor een hygiënische doorlassing. Het zal duidelijk zijn dat voor de gehele productieketen veel apparatuur en leidingen van roestvast staal wordt gebruikt. Dat betekent dat voedselproducten relatief lang contact hebben met het roestvast staal oppervlak. Dat is de reden dat mogelijke interacties tussen voedingsproduct en oppervlak nader belicht worden in dit artikel. De constructeur moet van te voren goed bedenken dat de componenten goed gereinigd kunnen worden. M.a.w. alle apparatuur moeten geschikt zijn voor 'Cleaning In Place' (CIP) en/of 'Washing In Place' (WIP). Om hier de gestelde eisen te kunnen behalen, moet een systeem hygiënisch of aseptisch ontworpen worden.

Hygiënisch ontwerpen is van toepassing als de toename van de concentratie van micro-organismen tijdens de procesvoortgang gering is. Aseptisch ontwerpen is van toepassing als deze toename tijdens de procesvoortgang nihil is. Een ruwe vuistregel is dat er voor de pasteurisatie hygiënisch wordt gewerkt en daarna aseptisch. Al met al betekent dit dat vooral het roestvast staal oppervlak een zeer belangrijke functie vervult om deze eisen en condities in de praktijk te bereiken. Een roestvast staal oppervlak heeft een bepaalde

ruwheid wat ook wel de ruwheidswaarde wordt genoemd. Deze ruwheid wordt uitgedrukt in μm als opvolger van de Ru ($1\text{Ru} = \mu\text{inch} = 1/40 \mu\text{m}$). De ruwheidswaarde of Ra-waarde is gedefinieerd in de normen NEN 3631 en 3632. Ra staat voor 'Roughness Average' en dat is dus de gemiddelde ruwheid. Een sanitair ontwerp staat gelijk aan een hygiënisch ontwerp. Een sanitaire installatie wordt verkregen door het samenbouwen van sanitaire componenten op een sanitaire wijze.

Er zijn drie hoofdgebieden in sanitaire ontwerpen t.w.:

- De Sanitary Standard die vooral is bedoeld voor voeding en zuivel;
- De Highclean Standard die vooral wordt gebruikt in de bereiding van cosmetica.
- De Biofarm Standard, die vooral wordt toegepast in de farmacie en biotechnologie.

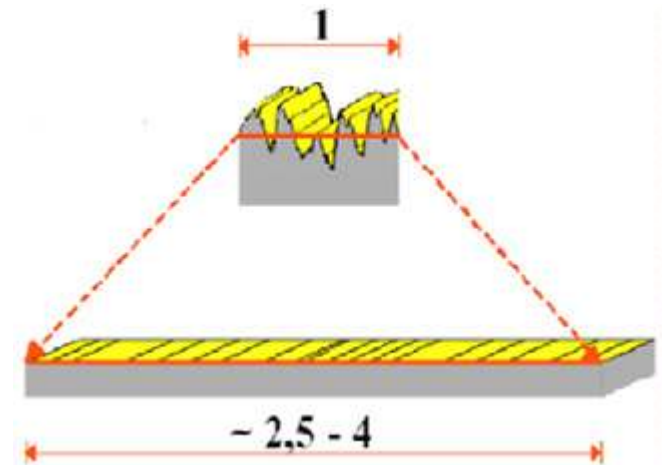
Bij de Sanitary Standard worden zowel AISI304(L) als 316(L) met een $Ra < 1,6 \mu\text{m}$ toegepast. Bij de High Clean Standard wordt alleen AISI316(L) gebruikt met een ruwheid van $Ra < 0,8 \mu\text{m}$. Bij de Biofarm Standard ligt de lat nog hoger en wordt er AISI316(L) gebruikt met een ruwheid van $Ra < 0,4 \mu\text{m}$. Deze ruwheid kan bereikt worden door het inwendig oppervlak elektrolytisch te polijsten. Ook zijn de laatste tijd zeer bemoedigende resultaten bereikt met waterstraaltechnieken.

Om aan hygiënische eisen te kunnen voldoen, moet er op de volgende punten gelet worden:

- Voorkom uithollingen of uitsteeksels;
- Pas sanitaire gecontroleerde doorlassingen toe;
- Maak gebruik van oppervlakken met een gedefinieerde Ra-waarde;
- Vermijd altijd dode hoeken
- Vermijd afgesloten ruimtes;

- Zorg voor een goed afschot;
- Pas zo groot mogelijke radiussen toe;
- Vermijd zoveel mogelijk elastomeren, maar indien nodig moeten deze voldoen aan de regelgeving volgens FDA 177.2600.

Naarmate het oppervlak van roestvast staal ruwer wordt, wordt ook de reinigingstijd langer. Er zijn dan ook agressievere reinigingsmiddelen nodig, die mogelijk ook het materiaal kunnen aantasten. Daarnaast veroorzaken deze middelen meer milieubelasting. Dat verhoogt ook de algemene reinigingskosten. Indien een geslepen oppervlak K320 a.h.w. strak wordt getrokken, dan blijkt het effectieve oppervlak 2,5 tot 4 keer zo groot te zijn geworden (afbeelding 1).



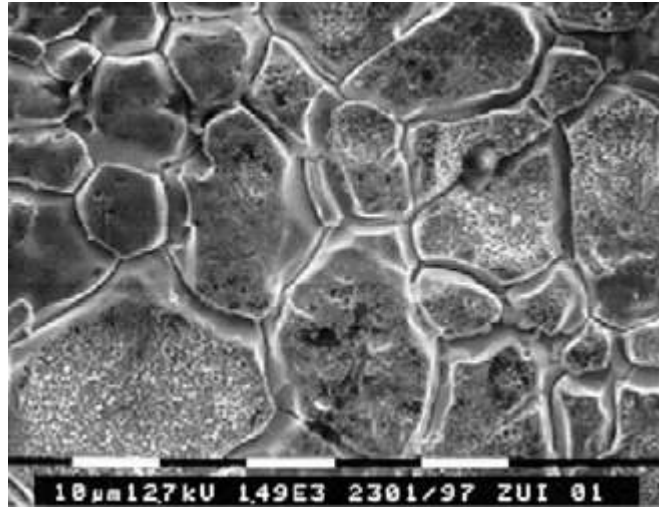
Afbeelding 1: schematische voorstelling van een geslepen oppervlak.

Daarom geeft een geslepen oppervlak een veel grotere kans om micro-organismen te huisvesten dankzij het 'ruwe' pokdalige oppervlak. Het zal duidelijk zijn dat dergelijke oppervlakken veel reinigingstijd vereisen. Ook gebeitste oppervlakken kunnen op de korrelgrenzen preferent zijn aangetast vanwege een (lichte) overbeitsing waardoor bacteriën zich gemakkelijk kunnen nestelen in dergelijke 'kanaaltjes'. Die kanaalvorming is goed te zien op afbeelding 2. M.a.w. zo'n gebeitst oppervlak geeft ook een vergroting van het oppervlak met alle gevolgen van dien.

Dankzij elektrolytisch polijsten verkrijgt men een bijzonder glad oppervlak met een ruwheid van circa $Ra=0,2\mu m$. Dit leidt tot substantieel kortere reinigingstijden. Bovendien verdwijnt er door dit proces meer ijzer uit het oppervlak dan chroom en nikkel. Dat betekent een hoger chroom en nikkelgehalte aan het oppervlak waardoor de corrosiebestendigheid behoorlijk toeneemt.

De voordelen van elektrolytisch polijsten kunnen als volgt samengevat worden:

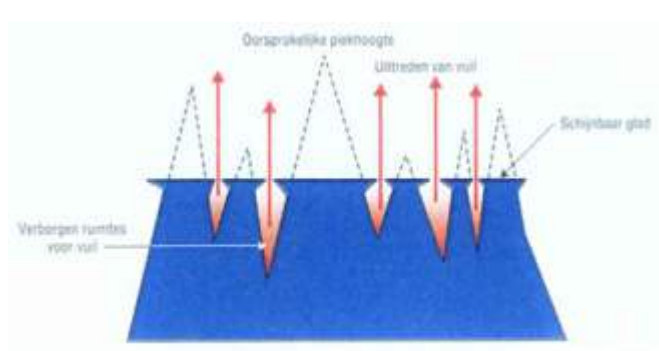
- Minimaal oppervlak en dat betekent kortere reinigingstijden;



Afbeelding 2: Overgebeitst oppervlak waardoor de korrelgrenzen preferent zijn aangetast $V=1500\times$ (foto Dockweiler).

- Metallisch zuiver oppervlak, dus geen contaminaties;
- Micro-ontbraamd;
- Geen noemenswaardige microporositeit;
- Betere bestendige chroomoxidehuid.

Indien een geslepen oppervlak mechanisch wordt gepolijst, zullen de toppen van de scherpe punten verdwijnen. Omdat roestvast staal bijzonder ductiel is, zal ook een gedeelte van deze punten door de mechanische druk a.h.w. omkrullen. Dit wordt schematisch voorgesteld in afbeelding 3. Op deze wijze ontstaan er 'hidden pockets' in het oppervlak waar vuil en micro-organismen zich in kunnen nestelen. Bij een temperatuurstijging zet het materiaal uit waardoor er openingen ontstaan zodat dit vuil kan ontsnappen. Dit is uiteraard een zeer onwenselijke kwestie. Daarnaast kunnen er ook andere substanties naar binnendringen die door mutaties weer andere ongewenste micro-organismen kunnen vormen. Daarom is mechanisch polijsten van vooral geslepen oppervlakken sterk af te raden als dit met voedsel in contact komt. Met een ruwheidsmeter meent men een behoorlijk glad oppervlak te meten maar schijn bedriegt vanwege die 'hidden pockets'.



Afbeelding 3: Schematische voorstelling mechanisch polijsten op micro-schaal.

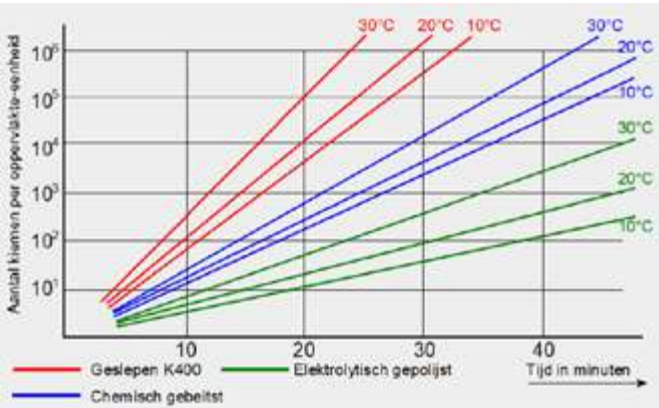


Bij praktijkproeven bleek dat na 20 minuten blootstelling aan roestvast staal, zich allerlei microdeeltjes op het oppervlak konden afzetten. Dit zijn deeltjes met een grootte van 0,1-0,3µm die geteld werden per vierkante centimeter. De hoeveelheid deeltjes die zich af konden zetten is sterk afhankelijk van het soort oppervlak, De resultaten van deze proeven zijn als volgt:

- Mechanisch geslepen oppervlak: circa 20.000 deeltjes/cm²;
- Chemisch gebeitst oppervlak: circa 15.000 deeltjes/cm²;
- Elektrolytische gepolijst oppervlak: 500 á 1000 deeltjes/cm².

Hieruit blijkt wederom het grote voordeel van elektrolytisch polijsten.

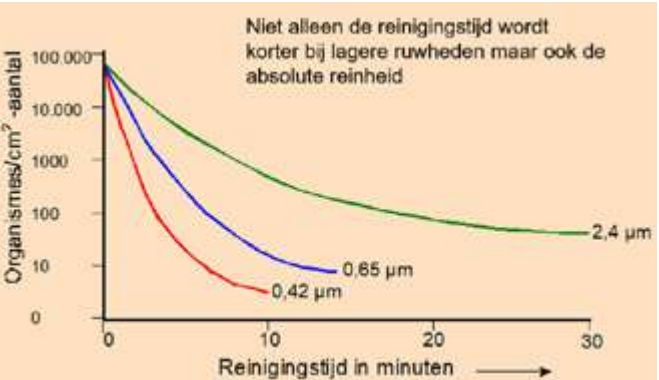
De kiemgroei op roestvast staal is dus afhankelijkheid van de conditie van de oppervlaktegesteldheid en de temperatuur. Dit kan grafisch worden uitgezet zoals te zien is in afbeelding 4. Hier zijn duidelijk de voordelen te zien van elektrolytisch polijsten in vergelijking met beitsen en slijpen. Het geslepen oppervlak komt er dus het slechtste vanaf en dat is op zich goed verklaarbaar. Ook speelt de temperatuur een belangrijke rol.



Afbeelding 4: Kiemgroei op een RVS-oppervlak als functie van de oppervlaktegesteldheid en temperatuur (bron: Packo)

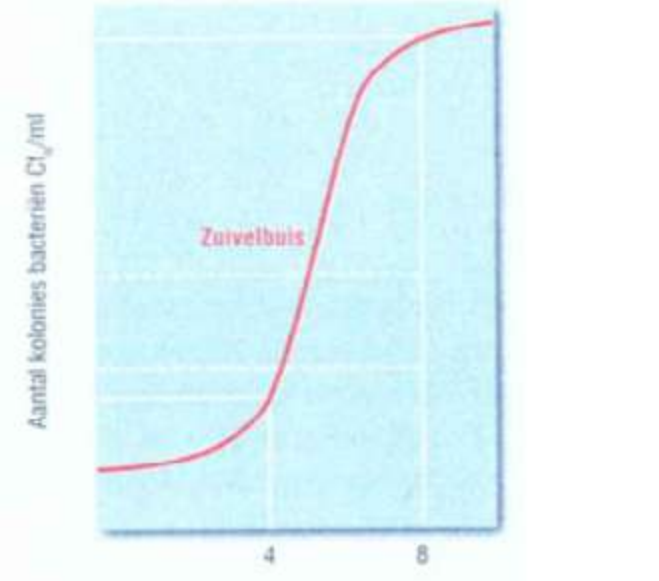
De benodigde reinigingstijd van een bepaald oppervlak is ook grafisch uit te zetten (afbeelding 5). Niet alleen wordt de reinigingstijd korter naarmate het oppervlak gladder wordt, maar ook de uiteindelijke absolute reinheid is beduidend groter. Dit is vooral te zien op de verticale as waar het aantal organismen per oppervlakte-eenheid is uitgezet.

Zodra zich kiemen op het roestvast staal oppervlak gaan nestelen, gaan deze zich vermenigvuldigen waardoor de concentratie snel toeneemt. Na enige tijd neemt die groei weer af omdat deze micro-organismen ook weer af gaan sterven. Grafisch is dat te zien op afbeelding 6. Aan de hand



Afbeelding 5: De reinigingstijd van roestvast staal in afhankelijkheid van de ruwheid (bron: Packo).

van deze curve kan een tijdstip worden bepaald om te gaan reinigen en dat is in dit voorbeeld na 8 uur gebruik. Bij het gebruik van elektrolytisch gepolijst materiaal kan het tijdstip om te gaan reinigen behoorlijk worden verlengd tot wel het dubbele of zelfs nog meer.



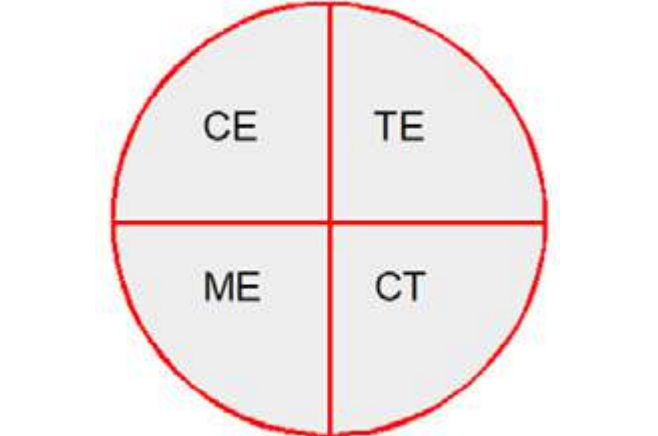
Afbeelding 6: Toename kolonies bacteriën in een tijdsbestek van 10 uur (bron Nizo).

In tabel 1 staan de gemiddelde ruwheden die worden behaald door het roestvast staal te slijpen. Aanvullend elektrolytisch polijsten heeft een substantiële positieve invloed op de oppervlakteruwheid. Het gebruik van glasparels levert geen hoogwaardig oppervlak op. Dit is op zich te verbeteren door een zodanig oppervlak extra elektrolytisch te polijsten. Maar ook dan blijven de uiteindelijke waarden aanzienlijk hoger.

Het automatisch CIP-reinigen van een installatie wordt veelal weergegeven is een zogenaamde Sinner's cirkel (afbeelding 7).

Ra-waarden geslepen en gepolijst roestvast staal		
Korrel-grootte	Voor elektrolytisch polijsten	Na elektrolytisch polijsten
50	0,90 á 1,00	0,55 á 0,65
100	0,80 á 0,90	0,51 á 0,58
150	0,65 á 0,70	0,39 á 0,43
240	0,41 á 0,47	0,25 á 0,28
320	0,30 á 0,44	0,21 á 0,27
400	0,28 á 0,36	0,21 á 0,27
Glasparelen	1,40 á 1,60	0,82 á 0,96

Tabel 1: Vergelijking RA-waarde voor en na het elektrolytisch polijsten van geslepen oppervlakken (bron: Packo)



Afbeelding 7: de Sinner's cirkel.

Deze cirkel is opgebouwd uit de volgende vier segmenten:

- CE = chemische energie hetgeen de impact is van het detergent dat het vuil moet verwijderen;
- TE = thermische energie want er moet een afdoende hoge reinigingstemperatuur heersen;
- ME = mechanische energie want er moet voldoende turbulentie in het systeem zijn;
- CT = cleaning time c.q. de tijd die nodig is om voldoende te kunnen reinigen.

Deze segmenten vullen elkaar aan tot een volledige cirkel is bereikt. Op afbeelding 7 is zo'n segment precies een kwart van deze cirkel. Als zo'n segment kleiner wordt gemaakt, betekent dit dat andere segmenten dit weer moeten compenseren. M.a.w. de cirkel moet gesloten blijven. Iedere fabrikant wil de reinigingstijd zo kort mogelijk hebben en dat houdt dan in dat één of meerdere segmenten weer groter moeten worden zodra de tijd wordt ingekort. Dat betekent bijvoorbeeld meer agressieve detergentia en/of een hogere temperatuur. Het gevolg hiervan is een zwaardere corrosieve belasting voor het roestvast staal. Hier moet dus duidelijk beleid op worden gevoerd.

Of een type roestvast staal wel of niet bestand is tegen een bepaalde chemische belasting hangt voor een groot deel af van het materiaaltype. Daarom wordt in de regel AISI316(L) toegepast bij anorganische zuren en 304(L) bij organische zuren. Wat vaak wordt onderschat is de conditie van de oppervlaktegesteldheid. Des te gladder het oppervlak is, des te hoger de weerstand tegen corrosie is. Zo is het algemeen bekend dat mechanisch gepolijste relingen van een zeewaardig jacht vele jaren mooi blijft. Ditzelfde materiaal in geslepen conditie begint al na enige maanden behoorlijk te corroderen. Dit is een vorm van 'under deposit attack' omdat in de slijpgroeven ophopingen van vuil ontstaan. Het kleine chloorion kan gemakkelijk onder deze vuilafzetting kruipen in vergelijking met het veel grotere zuurstofmolecuul. Onder die vuilafzetting begint dan de corrosie. In afbeelding 8 wordt de invloed getoond van diverse oppervlaktebehandelingen op de potentiaal van roestvast staal. Hoe hoger de potentiaal, hoe hoger de corrosieweerstand is. Wat meteen opvalt, is de superieure corrosieweerstand van elektrolytisch gepolijst roestvast staal AISI316(L). Gestraalde en geslepen oppervlakken leveren juist wat potentiaal in terwijl beitsen deze weer wat verhoogt. Elektrolytisch polijsten van roestvast staal in zwavelzuur/fosforzuur verhoogt de corrosiebestendigheid bijna twee keer t.o.v. onbehandeld materiaal.



Afbeelding 8: De potentiaal van verschillende oppervlakcondities van RVS-316(L).

Zoals eerder is gesteld, zijn doorlassingen van rondnaden altijd een zorg omdat pokdalige ruwe oppervlakken aanleiding geven voor het nestelen van allerlei micro-organismen. Daarom is het gebruik van digitale orbitale lastechnieken met een doorlassensor aan te bevelen. Dit verzekert een reproduceerbare sanitaire doorlassing. Uiteraard valt er over hygiënisch en aseptisch ontwerpen veel mee te delen. Bij het toepassen van optimale oppervlakcondities en op tijd reinigen, zullen productieprocessen op zich goed verlopen. Omdat reinigen een kostbare aangelegenheid is en bovendien milieubelastend, is het streven om de momenten van reinigen steeds verder uit elkaar te doen drijven. Dit zal



elektrolytisch polijsten steeds meer aantrekkelijk maken. Dat geldt ook voor het milieuvriendelijke waterjetstralen omdat daarmee zeer gunstige SRI-waarden worden bereikt. SRI staat voor 'Soil Retention Index' en dat is een maat voor

de hoeveelheid verontreinigingen die op een bepaald oppervlak achterblijven na een reiniging. Dankzij de aantrekkelijke morfologie van het gestraalde oppervlak neigt deze waarde tot het optimale.

Waarom roestvast staal in de voedingswarenindustrie?

Roestvast staal heeft zich sedert zijn ontdekking rond 1912 volledig gevestigd als het materiaal bij uitstek voor gebruik met voedingswaren van allerhande aard. Er bestaat geen twijfel over het gemak waarmee dit materiaal kan worden gereinigd en dat van zichzelf vrijwel geen stoffen afscheidt die ingrediënten en voedingsmiddelen kunnen besmetten [1, 2]. Het metaal heeft zich bewezen als een belangrijk gereedschap ter vermindering van risico's met betrekking tot voedselvergiftiging, voedselbereiding en voedseldistributie.

J. C. Kattenbeid

Apparatuur en leidingwerk

De belangrijkste voordelen van roestvast staal in vergelijking met andere materialen voor voedselverwerkingsapparatuur zijn:

- de mechanische sterkte;
- de gemakkelijke bewerkbaarheid;
- inerte oppervlakken die niet worden angetast tijdens bedrijf;
- makkelijk te reinigen.

Aan het begin van de procesgang moeten apparatuur en leidingwerk in staat zijn om grote hoeveelheden stoffen te verwerken, hetgeen soms om zware constructies vraagt. Voor toepassingen die gepaard gaan met hevige slijtage, zoals bij de verwerking van suikerbieten [3], komen 10-12% Cr-typen in aanmerking, zoals 3Cr12. Zowel de beide ferritische 17% Cr en AISI 430-roestvaststaaltypen alsmede de standaard austenitische 18% Cr-9% Ni en AISI 304-typen zijn goed geschikt voor het transport van droge poedervormige stoffen. Voor de vele systemen voor opslag, transport van water en procesvloeistoffen en tal van andere toepassingen, vormen de austenitische roestvaststaaltypen AISI 304 en 316 de basis.

Ontwerp en fabricage

Net als in de chemische industrie vereisen grootschalige procesinstallaties, en dan met name water- en procesvloeistofsystemen, een goed ontwerp en nauwgezette fabricage om optimale reinigbaarheid en corrosieweerstand te garanderen. Dit houdt in dat spleten, plaatsen waar vloeistof kan achterblijven en 'dode einden' niet aanwezig mogen zijn en dat er laswerk wordt geleverd met gladde oppervlakken en zonder fouten. Veel moderne, grote installaties zoals melk-

verwerkende fabrieken zijn voorzien van speciaalleidingwerk en aftapmogelijkheden voor reinigingsmiddelen, die deel uitmaken van de installatie: de 'Clean in Place (CIP)' techniek. Bij kleine apparaten en leidingen wordt reiniging soms handmatig uitgevoerd en dan moet er bij het ontwerp rekening mee worden gehouden dat zoiets ook inderdaad mogelijk is. Veel standaard oppervlakteafwerkingen voor roestvast staal zijn bruikbaar in aanraking met voedingswaren, hoewel grove oppervlakteafwerkingen moeten worden vermeden. Het schone oppervlak dat wordt verkregen na beitsen, zoals bij warmgewalste oppervlakken die van hun scalelaag zijn ontdaan en daarna zijn koudgewalst, vormt vaak het uitgangspunt voor verdere oppervlakteafwerking. Vaak wordt er dan nog een lichte straalbehandeling gegeven, vooral na warmtebehandeling zoals zachtgloeien. Voor toepassingen die uit hoofde van vloeistofstroming of reinigbaarheid een zeer glad oppervlak vergen, kan een elektrolytische polijstbehandeling worden gespecificeerd.

Reinigbaarheid

Roestvaststaaloppervlakken hebben als voordeel boven die van vele andere materialen, dat ze bestand zijn tegen beschadiging, dat ze makkelijk zijn te bevochtigen en, indien correct afgewerkt, ze geen spleten of poriën bevatten die verontreinigingen kunnen vasthouden. In tegenstelling tot sommige polymere materialen, verbrossen ze niet bij veroudering of als gevolg van blootstelling aan hitte of ultraviolet licht. Ze zijn bestand tegen reinigingsmiddelen. Laboratoriumexperimenten hebben aangetoond dat een schoon roestvaststaal oppervlak een lagere retentie van bacteriën bezit dan polymere materialen [4]. Al naar gelang de aard van de verontreiniging kan een bijpassend reinigingsmiddel worden gekozen. Tabel 1 geeft een opsomming van de belangrijkste chemische reinigingsmiddelen. Het gebruik van de middelen kan uiteenlopen van deppen of spoelen voor kleinere onderdelen, tot handmatig borstelen en sproeien, tot het gebruik van hechtende schuim en gel voor die middelen die gedurende enige tijd op het staaloppervlak moeten kunnen

Soort verontreiniging	Reinigingsmiddelen	Opmerkingen
Vet en olie	Bijtende soda (NaOH, KOH) Silicaten Oppervlakte-actieve stoffen Enzymen	Weinig of geen risico voor corrosie van roestvast staal
Proteïnen	Bijtende soda Bleekmiddelen Sequestranten, bijv. EDTA Enzymen	Geen risico voor corrosie van roestvast staal Natriumhypochloriet kan roestvast staal aantasten Geen risico voor corrosie van roestvast staal
Koolhydraten	Bijtende soda Sequestranten Enzymen	
Mineralen	Zuren	HNO ₃ of H ₃ PO ₄ . Nitraatresten moeten worden afgespoeld. Roestvast staal corrodeert niet bij de heersende temperatuur en behandeltijd.

Tabel 1 Verontreinigingen en geschikte reinigingsmiddelen.

inwerken. Permante CIP-systemen maken geprogrammeerde levering van reinigingsmiddelen en spoelvloeistoffen moge-lijk, afkomstig vanuit een centraal opslagsysteem.

Vermijden van corrosie

Page [4] heeft enkele van de hoofdtypen melk-en voedsel-verwerkende fabrieken onderzocht, die zijn gebouwd met standaardtypen roestvast staal. Uit dit onderzoek kwam het belang naar voren van goed laswerk, aandacht voor oppervlakteafwerking en juiste materiaalselectie ter voorkoming van problemen. Er blijken eigenlijk alleen risico's te bestaan met betrekking tot aantasting van roestvast staal door zowel proceswater als door de voedingswaren indien er chloriden aanwezig zijn. Deze chloriden kunnen natuurlijk van aard zijn, zoals in bloed dat aanwezig is in te verwerken vlees, of in vloeistoffen die worden gebruikt bij het brouwen van bier, of met opzet zijn toegevoegd, zoals in pekeloplossingen voor het inmaken van vlees. Zuren zoals azijnzuur, citroenzuur, maleïnezuur en oxaalzuur, komen eveneens van nature of als toevoeging voor. Hun inwerking kan worden versterkt indien er spleten aanwezig zijn, die worden gevormd door aan het staaloppervlak klevende deeltjes. Vluchtige stoffen als azijnzuur kunnen condensaatcorrosie geven als gevolg van concentratieverhoging door verdampen van water. Om het potentiële corrosierisico voor roestvast staal ten gevolge van oxiderende desinfecterende processen te beperken, moet beheerst gebruik worden gemaakt van middelen waaruit chloor vrijkomt, zoals natriumhypochloriet. Er bestaan alternatieve oxiderende middelen die geen chloor bevatten zoals peroxiden maar ook niet-oxiderende middelen zoals kwarternaire ammoniumverbindingen, amfoteren of biguanides. De keuze van een desinfectiemiddel zal zijn gebaseerd op het reinigend vermogen, prijs, verenigbaarheid met de

ondergrond en het risico van aantasting van de kleur van de voedingswaren. Keuze van een reinigingsmiddel zal afhangen van het vermogen om het vuil aan te pakken en wederom de verenigbaarheid met de ondergrond. Tabel 1 toont de geschiktste reinigingsmiddelen voor uiteenlopende soorten verontreinigingen en hun verenigbaarheid met de ondergrond. Moeilijkheden met hypochlorieten zijn meestal terug te voeren tot onjuiste verdunning. Geconcentreerde oplossingen, die handmatig worden gedoseerd, kunnen gedurende langere tijd op bepaalde plaatsen ingevangen blijven alvorens ze in circulatie komen en verdund raken. Ook als er gehalogeneerde biociden worden gebruikt, kunnen onopgeloste hoeveelheden vaste stof ter plaatse putcorrosie veroorzaken.

Metaaloverdracht

Een dieet dat zeer rijk is aan nikkel kan handeczeem veroorzaken bij diegenen die gevoelig zijn voor dit metaal. De opname van nikkel door voedingswaren die worden verwerkt in roestvaststalen apparatuur en leidingwerk zou een aanzienlijke bijdrage kunnen leveren aan het nikkelgehalte van het dagelijks voedsel. Er is een onderzoek uitgevoerd, waarbij drie voedingsmiddelen zijn geselecteerd die worden geacht tot de meest agressieve te behoren:

- spinazie (rijk aan oxaalzuur);
- rabarber (rijk aan zowel oxaalzuur als citroenzuur);
- zuurkool (bevat melkzuur en natriumchloride).

Deze voedingswaren werden gekookt in roestvaststalen pannen en de nikkelgehalten die werden gemeten na het koken zijn vermeld in tabel 2. De meetresultaten vertoonden geen significante verschillen tussen pannen afkomstig van verschillende fabrikanten noch tussen diverse oppervlak-



tebewerkingen. Er werden verder geen verschillen gevonden tussen voedingsmiddelen die waren gekookt in roestvaststalen pannen en in ongekookte toestand. De nikkelgehalten van de gekookte voedingswaren vielen binnen de grenzen zoals die worden gevonden voor nikkel in ongekookte voedingswaren [5]:

- spinazie: 0,02 - 2,99)µg/g;
- rabarber: 0,01 - 0,22)µg/g;
- kool: 0,01 0,63 µg/g.

	Spinazie	Rabarber	Zuurkool
Ongekookt	0,14 0,09	0,06 0,06	0,07 0,07
Standaard deviatie	±0,016 ±0,11	±0,06 ±0,05	±0,06 ±0,07
Gekookt	0,09 0,13	0,12 0,05	0,18 0,07
Standaard deviatie	±0, 11 ±0,10	±0,09 ±0,04	±0,14 ±0,07

Tabel 2 Nikkelgehalte (in {lg}) van drie voedingswaren voor en na koken.

Een onderzoek, dat werd ingesteld door het NIDI, richtte zich op een zestal voedingswaren met uiteenlopende graden van agressiviteit:

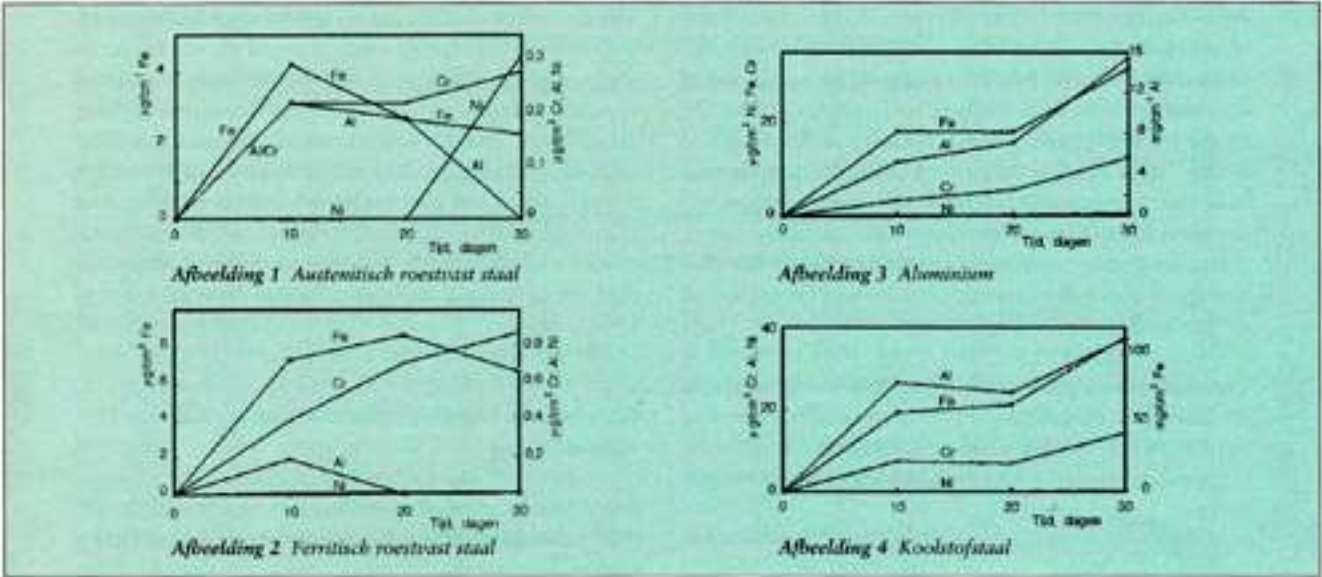
- chocoladesaus
- gekookte groene erwten
- gekruid rundvlees
- groene tomatenchutney
- citroenmarmelade
- rabarbercompote

Deze voedingswaren werden gekookt in austenitisch roestvaststalen pannen, waarna de opname van nikkel werd gemeten (meetgrens 0,1 µg/g). Er werd, op de rabarber na, geen nikkelopname waargenomen. Tien bepalingen aan rabarbermonsters leverden een gemiddelde nikkelopname op van 0,1 µg/g, een getal dat overeenkomt met de meetwaarden uit tabel 2. Het NIDI-onderzoek strekte zich ook uit tot synthetische voedingswaren:

- een citroenzuur/natriumcitraatmengsel (stelt fruit voor en groentesappen);
- een azijnzuur/natriumacetaatmengsel (stelt een typisch zuur inmaakmiddel voor);
- een mengsel van glycine/cysteïne (stelt vleessappen voor).

Materiaal	Tijd	Netto migratie, µg/cm²			
		Fe	Cr	Al	Ni
Austenitisch roestvast staal	30 minuten	2,4	0,12	<0,19	<0,12
	10 dagen	4,2	0,22	0,22	<0,12
	20 dagen	2,7	0,22	0,19	<0,12
	30 dagen	2,3	0,28	<0,19	0,31
Ferritisch roestvast staal	30 minuten	3,0	0,43	<0,19	<0,12
	10 dagen	7,3	0,40	0,19	<0,12
	20 dagen	8,6	0,71	<0,19	<0,12
	30 dagen	6,6	0,87	<0,19	<0,12
Aluminium	30 minuten	4,9	0,93	930	<0,12
	10 dagen	18,2	3,41	5300	<0,12
	20 dagen	17,9	5,58	7160	<0,12
	30 dagen	31,3	12,4	15350	0,22
Koolstofstaal	30 minuten	8430	0,62	2,7	<0,12
	10 dagen	57700	7,44	26,7	<0,12
	20 dagen	62900	6,82	24,0	<0,12
	30 dagen	112000	14,00	36,9	<0,12

Tabel 3 Netto-metaalmigratie in azijnzuuroplossing (3 gew. %).



De mengsels werden beproefd bij pH-waarden van 3, 5 en 7 met en zonder toevoeging van natriumchloride. Hoeveelheden van 1liter werden aan de kook gebracht en sudderden gedurende 1 uur. Slechts het citroenzuur/natriumcitraatmengsel met pH 3 gaf een aantoonbare nikkelopname te zien van 0,1 µ/ml. De nikkelopname van de overige lag onder de meetgrens (0,02 µg/ml). De resultaten zijn tot dusver duidelijk. Het niveau van de nikkelopname door voedingswaren uit austenitisch roestvast staal is of onmeetbaar laag of gering met betrekking tot de normale dagelijkse opname van 0,165 µg/dag door menselijke consumptie [6]. Dermatologen verschillen nog van mening over de precieze betekenis van opgenomen nikkel met betrekking tot contact-dermatitis. Enkele auteurs [6, 7] zijn van mening dat het onwaarschijnlijk is dat orale opname van nikkel in hoeveelheden van minder dan 500 µg/dag van enige betekenis zou zijn. Als wordt aangenomen dat er dagelijks zo'n 100 g van de agres-

siefste voedingswaren worden geconsumeerd, die zijn bereid in austenitisch roestvast stalen pannen of andere apparatuur, dan ligt de dagelijkse opname van nikkel ruim onder deze grenswaarde.

Opname van metaalionen tijdens opslag

Tal van voedingswaren worden nadat ze zijn bereid nog gedurende langere tijd opgeslagen. Over het algemeen komt hiervoor austenitisch roestvast staal in aanmerking. Er is onderzocht [8] of naast dit materiaal ook nog andere materialen in aanmerking komen. Voor dit doel zijn er proeven uitgevoerd met austenitisch roestvast staal ferritisch roestvast staal, aluminium en koolstofstaal in respectievelijk azijnzuur en in plantaardige oliën (diverse soorten olijfolie) bij een temperatuur van het milieu van 40°C en verblijftijden



van 10, 20 en 30 dagen en gedurende 30 minuten bij 100°C. Er is gekeken naar de hoeveelheid metaalionen die in de diverse milieus terechtkwamen. De resultaten voor azijnzuur zijn vermeld in tabel 3, en die voor de olie zijn weergegeven op de afbeeldingen 1 tot en met 4. Uit tabel 3 blijkt dat de de opname van nikkel in alle gevallen laag is en dat aluminium en koolstofstaal onbruikbaar zijn, gezien de grote hoeveelheden metaalionen die in de oplossing terechtkomen. Austenitisch en ferritisch roestvast staal blijven dus over als geschikte materialen voor de bewerking en verwerking van voedingswaren.

Referenties

- J.G. Davis. The Medical Officer, 110(1963), p. 299.
- J.T. Holah, R.H. Thorpe. Journal of Applied Bacteriology, 69(1990), p. 599.
- C. Beckitt. Anti-Corrosion, Feb.(1993), p. 9.
- G.G. Page. Industrial Corrosion 6, 4(1988), p. 11.
- H. Vrochte, M. Schatzke, E. Dringenberg, U. Wolwer-Rieck, H. Buning-Pfaue. Z. für Ernährungswissenschaft, 30(1991), p. 181.
- D. Burrows,J. American Academy of Dermatology, 26(1992), p. 632.
- T. Menne, H.I. Maibach. Systematic contact type dermatitis in dermatotoxology. 4th edition. Hemisphere Publ. Corp., p.453.
- M.J. Guio, M.L. Martin, J.M.

Corrosiviteit van voedingsmiddelen

Voedingsmiddelen zijn, net als andere chemische stoffen, verantwoordelijk in alle procesfazen (inclusief verpakken) voor corrosieve effecten van verscheidene aard op constructiemateriaal. Deze effecten worden bovendien beïnvloed door condities die heersen in het milieu zoals temperatuur, stromingssnelheden en wisselende spanningen die op kunnen treden in delen van de procesapparatuur. De aanwezigheid of afwezigheid van zuurstof is in het algemeen van belang met betrekking tot de mate waarin corrosie zich voordoet.

A.J. Schornagel

De corrosieve effecten die zich voordoen zijn, zoals valt te verwachten wegens de eetbaarheid van voedingsmiddelen die niet bovenmatig zuur of basisch zijn maar wel zwavel kunnen bevatten, niet al te ernstig. Het belang van corrosieve effecten als het gaat om voedingsmiddelen ligt niet zo zeer bij de inwerking van de voedingsmiddelen op het betreffende metaal als wel bij de verontreiniging van de voedingsmiddelen zelf door metaal, dat aanleiding kan geven tot smaakveranderingen, de versnelling van andere onwenselijke veranderingen (bijvoorbeeld de Maillardreactie) en in de mogelijke vorming van giftige metaalzouten. Voor metaalionen gelden in het algemeen drempelwaarden waarboven ze een beginnend smaakeffect hebben bij verschillende vloeibare voedingsmiddelen. Behalve in het geval van de fabricage van vruchtensappen en tafelzuren, is schade door corrosie van procesapparatuur zeldzaam. Niettemin dienen alle voedingsmiddelen en zeker de vloeibare worden gezien als potentieel corrosief en in staat tot metaalopname.

Constructiemetalen

Het geschiktste constructiemetaal dient doorgaans te worden geselecteerd op basis van eerdere ervaringen of proefnemingen. Een exacte analyse van de bestanddelen van voedingsmiddelen is niet altijd mogelijk, omdat ze vaak complex van samenstelling zijn, maar het zijn gewoonlijk de aanwezige organische zuren die de belangrijke corrosie veroorzakers zijn. Voor installaties voor de verwerking van voedingsmiddelen dienen corrosiesnelheden een waarde van 10 - 100 g/m²d niet te boven te gaan. Het is eveneens noodzakelijk om te bedenken dat de installatie regelmatig moet worden gedesinfecteerd met reinigings- en sterilisatieoplossingen. Die moeten of niet-corrosief zijn of ze moeten inhibitoren bevatten. Zoals altijd wordt de materiaalkeuze gedicteerd door de praktijk in relatie met het fabricagegemak en prijs,

die afhangen van de complexiteit van de constructie. Galvanische koppels moeten worden vermeden. Aangezien bacteriën pathogeen kunnen zijn of, net als bepaalde metalen, smaakafwijkingen kunnen veroorzaken, dient het constructiemateriaal voor installaties voor voedingsmiddelen van dien aard te zijn dat het oppervlak makkelijk is schoon te houden en vrij van bacterie afzettingen.

Bij selectie van constructiemateriaal wordt er op veilig gespeeld en wordt in het algemeen gekozen voor roestvast staal en in twijfelgevallen wordt er altijd voor roestvast staal gekozen. De geschiktheid van ander materiaal moet men echter niet over het hoofd zien. Zo kan in bepaalde gevallen worden gekozen voor bijvoorbeeld titanium als alternatief. Het precieze effect van verschillende hoeveelheden sporen metalen moet worden beschouwd in relatie met het specifieke type en verscheidenheid van voedingsmiddel in kwestie. Er kunnen verschillende hoeveelheden inhiberende stoffen aanwezig zijn in uiteenlopende varianten van hetzelfde voedingsmiddel. Zo kunnen bijvoorbeeld verschillende niveaus aan sporenmetalen aanwezig zijn in diverse vruchtensappen die aanleiding geven tot smaakafwijkingen terwijl het niveau aan sporenmetalen die ranzigheid veroorzaken bij spijsoliën afhangt van het feit of de olie ruw is of geraffineerd. De mogelijke giftigheid van deze sporenmetalen wordt van tijd tot tijd onderzocht, waarna er richtlijnen worden opgesteld die van kracht worden.

Vloeibare voedingsmiddelen

Aangezien deze voedingsmiddelen een aanzienlijke mate van verwerking eisen, vormen ze de belangrijkste groep. Binnen deze groep bevinden zich voedingsmiddelen die licht zuur reageren, zoals instant-koffie extracten en vruchtensappen (pH van citroensap is 4 en van zwarte bessen 2,5). De verwerking van deze vruchten omvat malen, persen, concentreren door middel van indampen (temperaturen in de orde van grootte van 40 tot 50°C), pasteurisatie en tenslotte

verpakken en opslag. Gewone metalen, tezamen met aluminium zullen worden aangetast, de mate van hun corrosie gevoeligheid wordt daarbij bepaald door het zuurstofgehalte en de aanwezigheid van waterstof acceptoren. Kokend citroensap en tomatensap laten aluminium corroderen met een snelheid van respectievelijk 1400 en 180 g/m²d. Het gebruik van zwaveldioxide ter bescherming van vruchtensappen tegen schimmels en bacteriën vormt een bijkomend corrosiegevaar. Het belangrijke economische kenmerk van deze sappen, met name van zwarte-bessensap en tomatensap, is hun gehalte aan ascorbinezuur (vitamine C) dat versneld verloren kan gaan onder invloed van warmte en van metaalverontreiniging (in het bijzonder koper). Er zijn echter inhibitoren, van allerlei soort die oxidatie tegen gaan en die zelf gevoelig kunnen zijn voor warmte, aanwezig in fruit, waardoor er verschillende resultaten kunnen ontstaan. Aanwezigheid van metalen beïnvloedt de smaak, kan verkleuring veroorzaken en wolkeffecten geven zoals bij appelsap.

Eerste keus als constructiemetaal voor het verwerken van vruchtensappen is roestvast staal. Daar waar conservatie met zwaveldioxide wordt toegepast, wordt roestvast staal met een hoog molybdeengehalte gebruikt. Er kan echter gebruik worden gemaakt van bepaalde alternatieven zoals staal met daarop moffellak, dat echter in populariteit heft ingeboet als gevolg van afbladderen met alle gevolgen van dien, of bekleding met pyrex glas van onder andere pijpen. Nikkel en Monel hebben bepaalde toepassingen. Zo biedt Monel goede weerstand tegen erosie. Aluminium bezit een

redelijke weerstand tegen corrosie in organische zuren, maar wordt niet gebruikt voor werk bij normale temperatuur, dan zijn bepaalde aluminiumlegeringen beter geschikt dan het ongelegeerde metaal. Melk wordt onderworpen aan een aantal processen, zoals pasteuriseren (meestal de HTST variant: hoge temperatuur/korte tijd waarbij de melk gedurende minstens 15 seconden op een temperatuur van 72°C wordt gehouden), indampen, (temperaturen in de orde van grootte van 40-50°C), homogeniseren, steriliseren en drogen. Verder dient melk als grondstof voor andere zuivelproducten zoals boter, room en kaas volgens processen die in essentie plaatsvinden bij omgevingstemperatuur. Melk is bij benadering neutraal, hoewel er melkzuur aanwezig is. Het melkzuur gehalte neemt toe als gevolg van natuurlijk verzuren of via kunstmatig verzuren dat noodzakelijk is voor de fabricage van kaas en boter. Melkzuur is misschien het enige bestanddeel dat verantwoordelijk is voor mogelijke metaal aantasting. Er kunnen tijdens verwarmen colloïden neerslaan die een beschermende laag vormen. Melk is gevoelig voor smaakbeïnvloeding door aanwezige metalen als koper en ijzer, waardoor de melk gaat smaken naar wonderolie of talk, dat het gevolg is van het ranzig worden van vet of lecithine. Aangezien de smaak van melk ook in sterke wordt beïnvloed door bacteriën, dient er regelmatig te worden gespoeld met reinigings- en desinfectieoplossingen. Roestvast staal wordt in het algemeen voorgeschreven voor vrijwel alle procesfazen.

Spijsvetten en margarine emulsies die daarvan zijn afgeleid zijn bulkproducten. Hierbij zijn hoge (190°C bij ontgeuring)





en middelmatige temperaturen gemoeid, alsmede opslag bij lage temperatuur. Raffinage van ruwe olie wordt uitgevoerd in de aanwezigheid van bijtende soda bij 60°C. Geraffineerde oliën worden niet geacht de gewone metalen aan te tasten, maar spijsoliën, zeker in de ruwe toestand, bevatten uiteenlopende hoeveelheden vetzuren en margarine emulsies bevatten zout, beide stoffen zijn in staat om metalen aan te tasten. Ook hier weer weegt de verontreiniging van het voedingsmiddel door metaal zwaarder dan het corrosieve effect van het voedingsmiddel op het metaal. Koper- en ijzerverontreinigingen fungeren als katalysator bij de oxidatie van oliën, waardoor ze ranzig van smaak worden. Verscheidene oliën echter bevatten verschillende inhibiterende bestanddelen. Roestvast staal is weer het materiaal bij uitstek voor gebruik van de diverse apparaten en installaties en bijbehorend leidingwerk. De bereiding door middel van fermentatie en/of destillatie van alcoholische dranken die een breed scala aan organische stoffen bevatten waaronder zuren, en waarvan het lastig is vast te stellen welk effect ze sorteren, wordt traditioneel uitgevoerd in koperen installaties.

Suikerproducten

Suiker als chemicalie is relatief inert, hoewel het in waterige oplossing tijdens de fabricage licht zuur is. Sporenmetal

en hebben geen schadelijke invloed. Voor suikerfabricage en voor de verwerking van waterige suikeroplossingen in aanverwante industrieën wordt in het algemeen koolstofstaal gebruikt. De verwerking van vruchten tot jam en puree, die gewoonlijk bestaat uit koken in open pannen hangt hier nauw mee samen. De milieufactoren zijn hier de zuurheid van het fruit en de mogelijke aanwezigheid van zwaveloxide afkomstig van opgeslagen vruchtenpulp. Hiervoor wordt vandaag de dag roestvast staal voorgeschreven. Bij de fabricage van suikerwaren, waaronder chocolade, bestaan de hoofdingrediënten uit suiker en glucose, melk (inclusief gecondenseerde melk) en cacaoboter. De belangrijkste bewerkingen zijn koken en mengen. Cacaoboter is net als andere spijsvetten gevoelig voor ranzig worden door oxidatie. Ook hier weer wordt gebruikt gemaakt van roestvast staal.

Verwerking van groenten

Bij de fabricage van tafelzuur en saus zijn azijn (circa 5% oplossing van azijnzuur) en zout bij temperaturen oplopend tot kookpunt de belangrijke corrosieve stoffen. Natriumchloride, in het bijzonder in aanwezigheid van zuurstof en zuren, kan snelle aantasting veroorzaken. Metaalverontreiniging (in het bijzonder ijzer) kan tot verdonkering leiden door reactie met aanwezige tannine, dat of wordt uitgeloozd uit houten

vaten of afkomstig is uit bepaalde kruiden. Bij de fabricage van tafelzuur en saus wordt het gebruik van roestvast staal voorgeschreven.

Vlees- en visproducten

Ondanks aandacht voor hygiëne en reinheid, zijn basismetalen vatbaar voor corrosie door vleessappen en kan er verslechtering van vlees en vis optreden wegens daarmee gepaard gaande metaalcontaminatie. Roestvast staal is het voorgeschreven metaal, hoewel er soms van koolstofstaal gebruik wordt gemaakt in de cornedbeef industrie, bij het voorkoken van het vlees.

Andere voedingsmiddelen

Veel voedingsmiddelen komen voor als vaste stof of poeder en ze bieden geen corrosieproblemen. Apparatuur kan in principe worden vervaardigd van koolstofstaal, zij het dat er licht geroest oppervlakken kunnen ontstaan na schoonmaken of bij infrequent gebruik. Om dit soort problemen te voorkomen wordt daarom toch gebruik gemaakt van roestvast staal. In bepaalde voedingsmiddelen worden glutaminezuur en invertsuiker (mengsel van gelijke delen glucose en fructose) verwerkt en die vereisen het gebruik van materiaal dat bestand is tegen zoutzuur. Verder dienen essentiële oliën voor het op smaak brengen van bepaalde voedingsmiddelen te worden bereid en opgeslagen in roestvast stalen apparatuur en opslagvaten.



Materiaaleisen voor procesapparatuur in de voedingswarenindustrie

Bij het verwerken van voedingswaren worden tal van processen gevolgd die tezamen met de verwerkte voedingswaren elk hun eigen eisen stellen aan apparatuur en het materiaal waarvan deze apparatuur is vervaardigd. In vogelvlucht volgt hier een overzicht van een aantal veelvoorkomende processen alsmede van de eigenschappen van een aantal voedingsmiddelen. Het geheel wordt afgerond met het noemen van een roestvast-staaltype dat speciaal is ontwikkeld voor transportbanden voor de voedingswarenverwerkende industrie.

A.J. Schornagel

Verwerkingsprocessen

Raffinage en malen

Suiker wordt gewonnen uit plantaardige bron (suikerriet of suikerbieten) via diverse processen die bekend staan onder de naam raffinage. Malen is het proces waarbij graan wordt omgezet in meel met behulp van mechanische middelen. Het graan wordt gereinigd en er wordt een geringe hoeveelheid water toegevoegd om te voorkomen dat het buitenste deel van de korrel wordt verpulverd. Het bevochtigde graan wordt grof gemalen tussen twee stalen walsen met een gegolfd oppervlak die met hoge snelheid roteren, waarbij de ene walsrol sneller ronddraait dan de ander. Hierdoor ontstaat een afschuivende werking die de korrel in stukjes breekt.

Het product wordt gezeefd om kaf en zemelen te verwijderen waarna de brokjes worden gescheiden op grootte, waarbij de grotere brokjes nogmaals grof worden gemalen en die met middelmatige grootte nog eens worden gemalen tussen gladde walsrollen. Het resulterende meel wordt gezeefd om grote deeltjes te verwijderen. Moderne maalderijen maken gebruik van tal van innovaties op het gebied van afmeten, wegen, transporteren, mengen, toevoeren van energie, hygiëne enzovoort. Een nieuwe ontwikkeling is de productie van vrij stromend meel dat wordt gemaakt door het doen samenklonteren van meeldeeltjes tot bolletjes door toevoeging van vocht en sproeidrogen.

Inblikken

Veel soorten verse voedingswaren, zoals fruit, groente, vlees en vis, worden voorbereid door middel van warmte behandeling en opsluiten in luchtdichte blikken om ze gedurende lange tijd te kunnen opslaan. Deze

blikken kunnen van metaal zijn, gewoonlijk vertind of nietvertind staal, welke laatste dan meestal is voorzien van een kunststof bekleding, van aluminium of van glas van een speciale sterkte. De ruwe voedingswaren worden in blikken verpakt, die worden afgesloten, waarna het geheel wordt verhit teneinde de voedingswaren te koken en zowel blik als inhoud te steriliseren. De gangbare handelwijze voor zo'n warmtebehandeling bestaat uit het plaatsen van de blikken in een stoom-drukvat en ze gedurende een tijd, die afhankelijk is van de afmetingen van de blikken en de aard van de inhoud, te verhitten op 121°C. Zure voedingswaren ($\text{pH} < 4,5$) vereisen minder tijd dan voedingswaren met een pH tussen 4,5 en 7,0. De giftige stof die wordt geproduceerd door het micro-organisme *clostridium botulinum* is vooral giftig voor mensen en de behandeling moet daarom intensief genoeg zijn om dit organisme te vernietigen. Het groeit niet bij een pH lager dan 4,5 maar het floreert bij pH-waarden tussen 4,5 en 7. De meeste voedingswaren, zoals bonen, erwten en maïs, bezitten een pH die hoger is dan 4,5 zodat die een intensere warmtebehandeling vergen dan tomaten, fruit, bessen en inmaakproducten, die een pH vertonen die varieert van 2,3 tot 4,5. Verhitten kan nadelig zijn voor de geur en smaak van voedsel en er kunnen tijdens het opgeslagen zijn in blik andere chemische veranderingen plaatsvinden. Kortdurende hoge-temperatuurbehandelingen veroorzaken in het algemeen minder teruggang dan langdurige processen bij verhoogde temperaturen. Om te zorgen voor voldoende doordringen van de warmte tijdens een kortdurende behandeling, wordt er vaak gebruikgemaakt van bewegende verhitters. Beweging verhoogt de snelheid waarmee warmte wordt uitgewisseld van blik naar product door het voortdurende veranderen van het oppervlak van de voedingswaren die in aanraking komen met de wand van het blik. De bewegende verhitter bestaat uit een voorverhitter, kookpan en koeler. De blikken worden in afzonderlijke compartimenten geplaatst en rondgedraaid door een rondgaande band op een spiraalvormige baan. De baan geleidt de compartimenten continu van ingang tot uitgang.



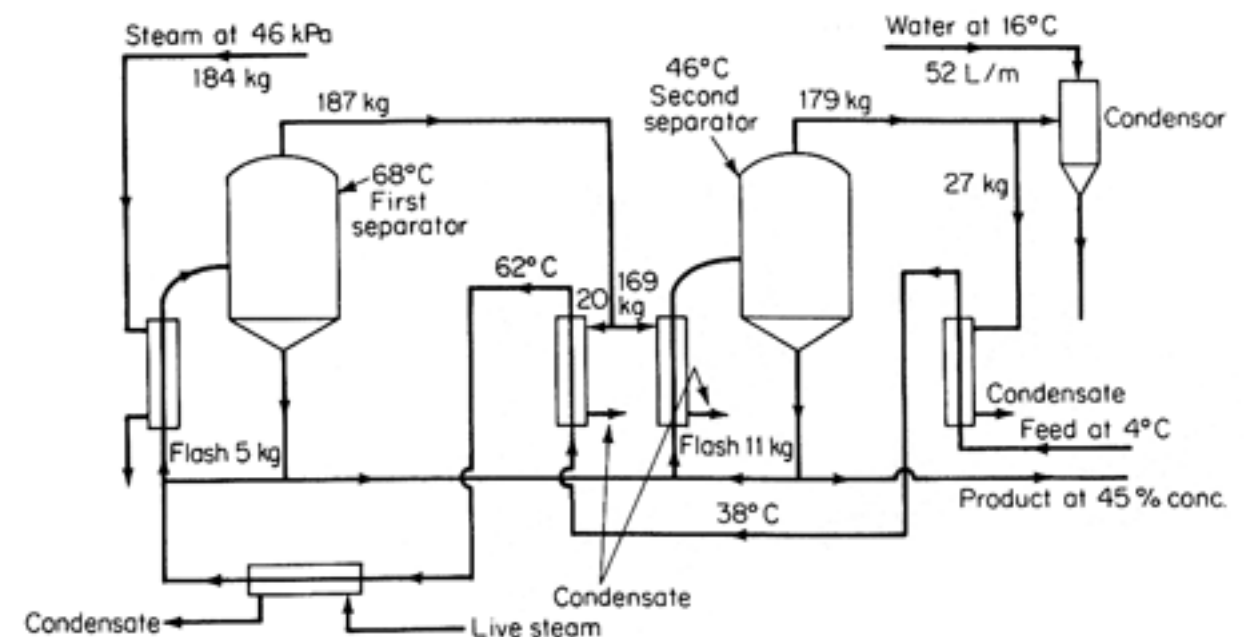
Andere verhitters van dit soort maken gebruik van een open neergaande beweging van blikken die in rekken zijn geplaatst.

Concentreren

Voedingswaren die van nature een hoog percentage water bevatten, kunnen gedeeltelijk worden gedroogd bij wijze van conservering. Melk wordt vaak ingedampt van een vaste-stofgehalte van 8,6% tot een gehalte van 45%. Sinaasappelsap en andere vruchtensappen worden eveneens eerst geconcentreerd alvorens ze op de markt worden gebracht. De gangbare praktijk is om het volume terug te brengen tot eenderde van de oorspronkelijke waarde. Er zijn drie methoden voor het concentreren van voedingswaren: verdampen met verdamper, reversibele osmose en vriesconcentreren. Afbeelding 1 toont een dubbel-effect verdamper die wordt gebruikt voor melk. De drie processen zijn alle even bruikbaar en de keuze hangt af van de aard van de voedingswaren, hoewel indampen veruit de meest economische en gangbare methode is. Omgekeerde osmose wordt gebruikt voor scheiden en voor concentreren, zoals bij het scheiden van lactose van wei. Andere producten die op deze wijze worden geconcentreerd zijn eiwit en vruchtensappen.

Invriezen

Het conserveren van verse voedingswaren door middel van invriezen is mogelijk gemaakt doordat men zich heeft gerealiseerd dat voedsel zeer snel kan worden ingevroren en op een voldoende lage temperatuur kan worden gehouden om hevige ijskristalvorming tegen te gaan en waarbij de kwaliteit niet al te sterk achteruitgaat en micro-organismen zich niet vermenigvuldigen. Gewoon langzaam invriezen geeft grote ijskristallen in de cellen van de voedingswaren die de cellen openbreken en de structuur vernielen waardoor er ongewenste enzymreacties kunnen verlopen, zelfs bij deze lage temperatuur (-18°C). Het op non-actief stellen van enzymen door middel van warmtebehandeling alvorens in te vriezen helpt deze ongewenste veranderingen tegen te gaan. Als de hoeveelheid water in een voedingsmiddel kan worden verlaagd alvorens in te vriezen, dan zal dit de kwaliteit van het eindproduct ten goede komen. Een voorbeeld hiervan is geconcentreerd ingevroren sinaasappelsap. De reductie van het watergehalte voor het invriezen verlaagt eveneens de volumetoe-namen van vloeistoffen tijdens het invriezen. Voedingswaren kunnen in onverpakte en verpakte toestand worden ingevroren. Onverpakt voedsel bevriest sneller, wat wenselijk is, maar uitdroging kan een probleem vormen. Het



Afbeelding 1 Stromingsdiagram van een dubbel-effect verdamper.

feitelijke invriezen kan worden bewerkstelligd met hetzij stationaire hetzij circulerende lucht, via direct contact met een metaaloppervlak dat wordt gekoeld door een koelmiddel, of door onderdompeling in een vloeibaar koelmiddel zoals vloeibare stikstof. Laatst genoemd proces is het snelst van alle ter beschikking staande processen. Invriezen doodt de in de voedingswaren aanwezige microorganismen niet, maar stelt ze op non-actief. Bij ontdooien worden ze echter weer actief en het voedsel bederft dan sneller dan vers, niet ingevroren voedsel. Voedingsstoffen in de voedingswaren worden door invriezen niet vernietigd.

Drogen

Het mensdom heeft al sedert mensenheugenis voedsel bewaard door het te drogen. Graankorrels worden op natuurlijke wijze gedroogd en vergen weinig bijkomende moeite. Drogen in de zon levert meer geconserveerd fruit dan enige andere methode. Andere producten die worden gedroogd zijn de diverse pasta's, melk, koffie en thee, sommige groenten, vlees en eieren. Gedroogde voedingswaren zijn makkelijk te vervoeren en op te slaan omdat ze slechts eentiende van het volume innemen van dat van vers voedsel. Groei van microben wordt beperkt vanwege de aanwezige hoeveelheid vrij water die niet toereikend is voor groei. Schimmels groeien als het watergehalte 12% of meer bedraagt, hoewel er enkele schimmels zijn die al groeien bij 5% vocht. De meeste bacteriën vereisen ten minste 30% vocht. Granen worden gedroogd tot een

vochtgehalte van 12% en fruit tot 16 à 25%. Melk en melkproducten (magere melk, wei en caseïne) worden gewoonlijk gedroogd tot een zeer laag watergehalte. De magere, droge melk zoals die in de handel wordt gebracht, bevat minder dan 5% vocht. De voedingswaarde van gedroogd voedsel verandert gewoonlijk niet, maar het vitaminegehalte is in het algemeen lager. Het drogen in de zon wordt al sinds generaties toegepast om fruit te drogen, maar veel klimaten zijn ongeschikt. Het is de goedkoopste beschikbare droogmethode, maar verontreiniging van het product door stof, insecten, vogels en knaagdieren vormt een belangrijk probleem. Als fruit wordt gedroogd verliest het zijn heldere kleur en wordt donkerbruin, tenzij het voor het drogen is behandeld met SO₂. Omdat consumenten de voorkeur geven aan 'vochtig' gedroogd fruit, wordt er glycol gebruikt om het te 'herhydrateren' en aldus het in de zon of op andere wijze gedroogde fruit zachter te maken zonder vocht toe te voegen. Vriesdrogen maakt gebruik van vacuüm-omstandigheden bij het tripel punt van water, zodat watermoleculen overgaan van de vaste in de gasvormige fase zonder eerst vloeibare fase te doorlopen. De gebruikelijke temperatuur en druk die hierbij worden gehanteerd bedragen 0°C en 530 Pa. Deze methode wordt toegepast bij voedingswaren die niet met succes kunnen worden gedroogd met andere methoden, zoals bijvoorbeeld vlees. De vereiste droogtijd ligt tussen 12 en 24 uur en de kosten zijn vaak viermaal zo hoog als die van andere droogmethoden. Geur, kleur, smaak en voedingswaarde blijven echter in hogere mate bewaard dan mogelijk is met conventionele droging.

Pasteurisatie en sterilisatie

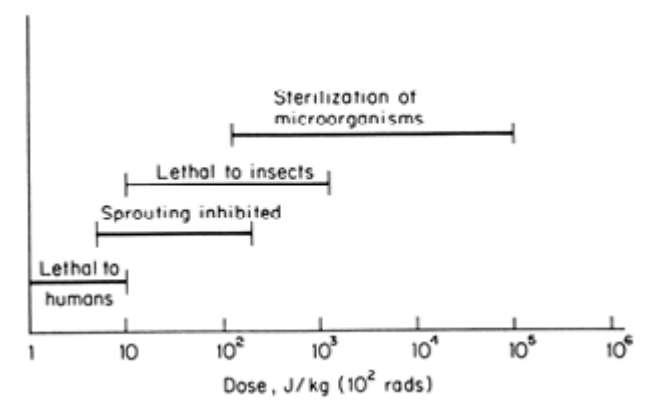
Warmtebehandeling die intensief genoeg is om microor- ganismen volledig buiten werking te stellen, verandert de smaak van voedsel. In veel gevallen vormt deze kookmaak geen bezwaar en is het acceptabel voor de consument zowel in aanzien als smaak. De meeste mensen echter hebben bezwaar tegen de smaak van gekookte melk. Om deze bezwaren te overwinnen wordt melk voor menselij- ke consumptie gedeeltelijk gesteriliseerd. Het proces, dat bekend staat onder de naam pasteuriseren, wordt vrijwel overal toegepast voor het veilig maken van melk. De meest voorkomende methode van pasteuriseren is de korte tijd-, hoge-temperatuurmethode, waarbij de melk gedurende ten minste 16 seconden wordt blootgesteld aan een tempe- raatuur van 73°C, gevolgd door snelle afkoeling. Het doel van pasteuriseren is het doden van ziekteverwekkende micro-organismen en het deactiveren van enzymen ter verbetering van de houdbaarheid. Omdat met deze me- thode niet alle aanwezige bacteriën worden gedood, moet het product gekoeld worden bewaard tot het moment van gebruik. Sterilisatie van melk, dat wil zeggen het proces dat intensief genoeg is om alle micro-organismen, de ziekte verwekkende en niet-ziekteverwekkende, te doden of tenminste op non-actief te stellen, bestaat uit een inten- sievere warmtebehandeling. Het gesteriliseerde product moet vervolgens in een steriel vat worden geplaatst onder aseptische condities, dat vervolgens wordt afgesloten. Aldus behandelde melk kan gedurende verscheidene maanden worden opgeslagen bij kamertemperatuur. Jammer genoeg klagen veel mensen dat de melk niet smaakt als gepasteuri- seerde melk. Er is druk onderzoek gaande om methoden te ontwikkelen voor een sterilisatieproces dat de smaak on- gemoeid laat. De firma DASI heeft patent genomen op hun Free Falling Film (FFF) systeem, dat naar zij zegt de smaak wegneemt van aangebrande melk, die kenmerkend is voor bij ultrahoge temperatuur gesteriliseerde melk. De melk wordt voorverwarmd tot 65°C, vervolgens overgebracht naar een vat waarin stoom op een temperatuur van 138° tot 150°C wordt gehouden onder druk. De melk stroomt door smalle spleten onderin horizontale aanvoerpijpen en vormt aldus een dunne film. De doorvoer door het vat ver- loopt zeer snel (1/3 tot 1/4 seconde) en de gesteriliseerde melk wordt verzameld in de luchtgekoelde conusvormige bodem van het vat. Er bestaan ook andere systemen voor het steriliseren van melk. Bij het systeem van Alfa-Laval wordt melk verhit door het door een kunststof huls te laten stromen, die op haar beurt door heet water be- weegt. De huls zelf wordt gesneden en dichtgeseald, zodat er steriele pakketten ontstaan. Bij het No-Bac proces van Cherry-Burrel wordt er rechtstreeks stoom in de stromen- de melk geïnjecteerd.

Fermentatie

Hoewel de meeste voedselbewerkings- en conserverings- methoden gericht zijn op de vernietiging van micro-organis- men, is het toch van belang om in gedachten te houden dat niet al deze organismen schadelijk zijn. Het mensdom heeft millennia lang gebruikgemaakt van verscheidene micro-orga- nismen en giststoffen bij de bereiding van brood, kaas, wijn, terwijl de feitelijke actieve substanties onbekend waren. Het is belangrijk om onderscheid te maken tussen de begrippen fermentatie en bederf. Fermentatie is het uiteenvallen van koolstofhydraten, terwijl bederf gepaard gaat met inwerking van micro-organismen op proteïne. Bij fermentatie wordt gewoonlijk kooldioxide gevormd maar geen rottingslucht, terwijl bederf zwavelhoudende proteïneproducten en waterstofsulfide oplevert. Fermentatie wordt gebruikt bij de bereiding van azijn, wijn, bier en andere alcoholica.

Bestraling

Het effect van bestraling, met name gammastralen, op diver- se levensvormen hangt af van de complexiteit van de leven- de organismen. Doses van verscheidene joules per kilogram (een paar honderd rad) zijn dodelijk voor de mens. Om de meeste insecten te doden zijn doses nodig tot honderd joules per kilogram (104 rad). Voor sommige micro-organis- men zijn doses nodig van wel 104 J/kg (106 rad). Algemeen geldt dat hoe complexer het organisme, des te gevoeliger is het voor straling. Afbeelding 2 toont de stralingsgevoeligheid van verscheidene organismen. Er is aangetoond dat straling heel bruikbaar is voor het conserveren van voedsel, en dan vooral voedsel dat veel proteïne bevat zoals vlees, zonder dat dit gepaard gaat met verlies van smaak of denaturering van proteïnen en zonder achterlating van enige resterende radioactiviteit in het voedsel. Met lage doses straling is er minder verlies aan vitaminen dan bij inblikken, invriezen of drogen. Overal ter wereld is bestraling aanvaard als een



Afbeelding 2 Stralingsgevoeligheid van verschillende organismen.



veilige en acceptabele methode voor het conserveren van allerlei voedingswaren, uiteenlopend van vlees tot vers fruit en groenten tot droge voedingswaren zoals meel en spe- cerijen. Er wordt geschat dat tot eenderde van de wereld- voedselvoorraad jaarlijks verloren gaat door aantasting van micro-organismen en insecten.

Verpakking

Het doel van het verpakken van voedingswaren is het mogelijk maken van transport en opslag vanaf de plaats van productie en om te voorkomen dat er tijdens opslag achter- uitgang optreedt door inwerking van insecten, schimmels, gist, micro-organismen en enzymen. Bij tal van voedingswa- ren wordt eerst het vat gevuld alvorens het wordt bewerkt. Voorbeelden hiervan zijn de starre metalen blikken, glazen potten en kunststof zakken. Deze houders worden afgeslo- ten, zodat er geen verontreiniging van buitenaf bij kan kom- en en bederf kan veroorzaken. De komst van voedsel dat is gesteriliseerd voordat het in een houder werd geplaatst, maakte de ontwikkeling van aseptische verpakking nood- zakelijk. Voordelen hiervan zijn langere opslagtijden en de mogelijkheid om bederfelijke voedingswaren op te kunnen slaan zonder koeling. De verpakking, die meestal bestaat

uit rechthoekige kartonnen dozen, wordt gesteriliseerd met waterstofperoxide en warmte. Soms wordt er tevens bestraald met ultraviolet licht. Voor deze verpakkingen zijn speciale apparaten nodig voor het vormen en vullen, die ook steriel moeten worden gehouden.

Eigenschappen van voedingswaren

Procesapparatuur voor de verwerking van voedingswaren is hetzelfde als die voor ander processen. Vloeistoffen, vaste stof en combinaties daarvan moeten worden verwerkt zonder dat het product hiervan nadelige gevolgen onder- vindt of dat de procesapparatuur hierdoor wordt bescha- digd. Hygiënische voorwaarden vormen een noodzakelijke bijkomstigheid die uitstijgt boven de normale werking van een installatie. Chemische en biologische eigenschappen spelen een dominantere rol dan mechanische eigenschappen bij het ontwerp van apparatuur voor de voedingsmiddele- nindustrie. Daar komen nog de gebruikelijke moeilijkheden bij die samenhangen met corrosievaste materialen. Voorts moeten de aard en giftigheid van de corrosieproducten in ogenschouw worden genomen. Tevens moet een goed uiter- lijk worden gehandhaafd. De pH van de vloeibare producten is de belangrijkste factor bij de materiaalkeuze. Producten

die azijn en zout bevatten, behoren tot de meest corrosieve stoffen. De zuurste stoffen die doorgaans worden verwerkt, zijn bosbessensap, citroensap, zoete inmaak en bosbessen-saus. Alle bezitten een pH waarde <3. Algemeen gesproken ligt de pHwaarde van het merendeel van de voedingsmidde-len beneden 8 en slechts enkele vertonen een basisch karak-ter. Krabvlees heeft een pH 6,8 en sommige kipgerechten hebben een pH 6,5. Tijd, temperatuur, pH, grofheid van het product, stromingssnelheid en oppervlaktegesteldheid zijn allemaal van invloed op de snelheid waarmee de apparatuur wordt aangetast door het materiaal dat het bevat.

Materiaal voor procesapparatuur

Roestvast staal wordt op grote schaal toegepast. Voor zure voedingsmiddelen wordt gewoonlijk AISI 316 gebruikt. Daarnaast komen ook aluminium, glas en met glas beklede materialen en kunststoffen voor. Het gebruik van koper, vertind koper en zink komt nagenoeg niet meer voor. Door diverse toezichthoudende instanties worden regels uitge-vaardigd ter verzekering van optimale hygiënische omstan-digheden, bijvoorbeeld:

- Materiaal moet in het algemeen roestvast staal zijn van het type 18%Cr-8%Ni met een koolstofgehalte van niet meer dan 0,12% of een net zo corrosievast materiaal; - De wand-dikte van het metaal moet voldoende zijn voor de diverse toepassingen;

- Oppervlakken van apparaten die zijn gebouwd van plaat-staal, moeten een No. 4 afwerking hebben (waarbij
- de afwerking wordt ingedeeld van No. 1 tot No. 8 met 8 als hoogste polijsttoestand; tijdens gebruik reduceren
- de afwerkingen hoger dan 4 spontaan tot een waarde 4) of equivalent;

Rechte hoeken moeten worden vermeden. Er worden dik-wijls minimum afrondingsstralen voorgeschreven:

- zo moet een opslagtank inwendige hoeken hebben van 6,4 mm in geval van permanente bevestigingen;
- Er mag geen schroefdraad in aanraking komen met voe-dingsstoffen;
- Oppervlakken moeten onder afschot liggen ter bevorde-ring van drainage;
- Een ontwerp moet voorzien in de mogelijkheid om onderdelen te kunnen verwisselen;
- Halogenen veroorzaken putcorrosie van roestvast staal, met name chloor dat is opgelost in kleine waterdrup-peltjes op het staaloppervlak. Blootstelling aan chloor, broom of jodium in geval van ontsmetting moet worden beperkt tot 20 à 30 minuten, waarbij de temperatuur

beneden 30°C moet blijven. Een betere oplossing is het gebruik van glas of met glas of met kunststof beklede apparatuur voor dit doel.

Transportbandmateriaal

De eigenschappen die worden geëist van materiaal voor transportbanden in de voedingswarenverwerkende industrie zijn hoog. Er wordt een hoge treksterkte gevraagd (850-950 MPa) voor een goede slijtvastheid, een hoge 0,2%-rekgrens (750-850 MPa) om trekbelastingen te kunnen weerstaan (voor een zo lang mogelijke bandlengte), goede vervorm-baarheid (snijden en vervormen van 3 mm dikke plaat) en dit alles gecombineerd met voldoende weerstand tegen unifor-me corrosie en interkristallijne corrosie. Men komt dan al gauw uit bij het type AISI 430.]

De staaltypen die worden gebruikt zijn:

- Zachtgegloeid en koudbewerkt AISI 430. Dit type wordt gebruikt op het uiterste van zijn mechanische kunnen en er doen zich vaak problemen voor met de vervormbaar-heid;
- Koudbewerkt AISI 201 (een staaltype waarbij een deel van het nikkel is vervangen door mangaan) en AISI 304. Deze typen voldoen naar tevredenheid, maar ze zijn rela-tief duur. Er is dan ook onderzoek verricht om te komen tot de ontwikkeling van een materiaal dat tegemoetkomt aan voornoemde eisen, maar toch goedkoper is dan austenitisch roestvast staal.

De voornaamste methoden die kunnen worden toegepast ter verhoging van de sterkte van ferritisch roestvast staal zijn koudbewerken en het doen ontstaan van een fer-rietmartensietstructuur. In geval van AISI 430 levert 40% koudvervormen een rekgrens van 800 MPa en een trek-sterkte van 850 MPa. Deze waarden komen overeen met de minimum niveaus die worden gesteld voor transport-bandtoepassingen. Toevoeging van 1% nikkel is onvoldoende om de mechanische eigenschappen te verbeteren. Verder is koudbewerkt AISI 430 moeilijk verder te bewerken. Als er echter 1,5% nikkel wordt toegevoegd aan AISI 430, dan kan er een tweefasestructuur worden verkregen door middel van continu zachtgloeien, waardoor er een ferrietausteniet-structuur ontstaat. Daarna moet er worden afgeschrikt om een ferriet-martensietstructuur te krijgen, die wat betreft een treksterkte van 920 MPa wel voldoet, maar met een rekgrens van 610 MPa ruim onder het vereiste niveau blijft. Het moet echter mogelijk zijn om de mechanische sterkte van een ferritisch-martensitisch roestvast-staaltype met een laag nikkelgehalte (1,4% Ni) te verhogen door middel van

deformatieharding. De tweefasestructuur wordt vrekre-gen door het uitbalanceren van de concentraties alfa en gammastabiliserende elementen en door het kiezen van de juiste afschriktemperatuur. De mechanische eigenschappen die worden verkregen hangen af van het koolstofgehalte, de proportie martensiet en de hoeveelheid koude vervorming. De weerstand tegen interkristallijne corrosie wordt in es-sentie bepaald door het koolstofgehalte en de volumefractie martensiet volgens de betrekking van Miyakusu [1]:

$$C(\%) \leq 0,0028 M(\%) - 0,013$$

waar M de volumefractie martensiet voorstelt en C het koolstofgehalte in gewichtsprocent. J.C. Charenton en S. Baltenneck [2] geven een beschrijving van de ontwikkeling van een dergelijk roestvast staal. Na de combinatie van samenstelling en thermomechanische behandelingen te hebben geoptimaliseerd, kwamen zij tot een geschikte kan-didaat die onder de typeaanduiding UGINOX F17N op de markt wordt gebracht. Het bevat 0,014% C, 50% martensiet en het heeft 50% deformatieharding ondergaan, zodat het beschikt over een rekgrens van 1080 MPa en in voldoende mate bestand is tegen zowel uniforme corrosie als tegen interkristallijne corrosie.

Referenties

1. K. Miyakusu en medewerkers. (Ferrite + Martensite) Dual Phase Stainless Steel NSS 431 DP-1. Nisshin Steel Technical Report 60(1989) pagina 115 e.v.
2. J.C. Charenton, S. Baltenneck. Duplex Martensitic- Ferritic Stain-less Steel with 17% Chromium and High Yield strength for Conveyor Systems in the Food Processing Indus-try. Applications of Stainless Steel '92.

Roestvast stalen leidingwerk voor hoogzuivere doeleinden in de zuivel- en voedingsmiddelenindustrie

Voor leidingwerk wordt over het algemeen gebruikgemaakt van pijpen of buizen. Over het gebruik van de benamingen pijp en buis bestaat nogal wat verwarring. Het verschil zit in het feit dat voor buizen nauwere toleranties gelden met betrekking tot afmetingen van de diameter, wanddikte en ovaalheid dan het geval is bij pijpen. Een buis is dus een scherper gedefinieerd onderdeel dan een pijp. Dit onderscheid is met name van belang bij het automatisch lassen van hoogwaardig leidingwerk.

A.J. Schornagel

Austenitisch roestvast staal

Austenitisch roestvast staal is het materiaal dat als eerste in aanmerking komt voor de vervaardiging van apparaten en leidingsystemen in takken van industrie waar een hoge graad van zuiverheid wordt geëist, zoals de zuivel- en voedingsmiddelenindustrie. Met name het type 316L of equivalenten is het staal bij uitstek. Het type 316 is niet speciaal ontworpen voor deze toepassingen, maar werd vooral gebruikt vanwege zijn prijs, bewerkbaarheid, lasbaarheid en weerstand tegen corrosie. Verder is het vanwege zijn relatief harde oppervlak heel goed reinigbaar. De goede bewerkbaarheid van 316 maakt dat het vrij gemakkelijk kan worden gegoten, gesmeed, gewalst en vervormd. De taaiheid is uitstekend, hetgeen de bewerkbaarheid alleen maar bevordert. Het is goed lasbaar en derhalve is voorwarmen of gloeien na het lassen niet nodig. De austenitische roestvast-staaltypen vertonen versteviging als gevolg van mechanische bewerking hetgeen van invloed is op de vervormbaarheid en verspaanbaarheid. Deze staalsoort kan uitsluitend worden gehard door middel van legeren en/of koudvervormen en vereist verder geen warmtebehandeling, behalve in die gevallen dat een spanningsarm- of zachtgloeibehandeling wordt geëist.

Passiveren

Roestvast staal ontleent zijn corrosieweerstand aan een dunne oppervlaktelaag, die grotendeels bestaat uit een zeer dunne, onzichtbare chroomoxidelaag die het staaloppervlak volledig bedekt en chemisch inert is in talrijke milieus. Behalve chroomoxide bevat de laag ook ijzer-, nikkel- en in geval van 316 en overeenkomstige typen, molybdenumoxide, verder carbonaten, silicaten, sulfiden en nog zo het een en ander. De passieve laag heeft een dynamisch karakter, dat wil zeggen dat het van de actieve in de passieve toestand kan geraken en vice versa, al naar gelang

het milieu. Algemeen mag worden aangenomen dat het bestand is tegen oxiderende milieus maar het laat afweten in reducerende milieus. Het moet dus worden afgeschermd van zulke sterk reducerende stoffen als halogenen. Het passiveren vindt plaats na oppervlaktebehandeling, dat wil zeggen na mechanisch en/of elektrochemisch polijsten, en geschiedt doorgaans in situ en vervolgens nog verscheidene malen tijdens de levenscyclus van het leidingsysteem. Deze laatstgenoemde passiveringsbehandelingen zijn noodzakelijk om het systeem te reinigen en om vliegroest (metaaloxiden en andere corrosieproducten die zich op het oppervlak hebben afgezet) te verwijderen. Er wordt gebruikgemaakt van twee passiveringsprocessen:

- Een chemische oplossing die bestaat uit een mengsel van anorganische zuren. Dit zijn over het algemeen oplossingen van salpeterzuur of fosforzuur in water bij uiteenlopende concentraties. Er worden kleine hoeveelheden activatoren gebruikt, zoals natriumdichromaat. De temperatuur van de oplossingen bedraagt doorgaans 70° tot 89°C.
- Oplossingen van organische chelaten. Dit proces vindt steeds meer toepassing bij het in situ passiveren van leidingwerk in de farmaceutische industrie, vanwege hun gematigde zuurgraad, veiligheid, gebruiksgemak, geringe giftigheid en over het algemeen snelle biologische afbreekbaarheid waardoor het makkelijker kan worden geloozd na gebruik. De gebruikte organische zuren zijn citroenzuur, diammoniumcitraat en dubbelbasisch ammoniumcitraat. Ten opzichte van de gebruikelijke anorganische oplossingen is nauwkeurige controle van de werking van het proces van essentieel belang.

Materiaaleisen

De zuivel-, voedings- en genotmiddelenindustrie legt de nadruk op materiaalkwaliteit en oppervlaktegesteldheid. De achterliggende gedachte hierbij is dat er moet worden beschikt over een inwendig oppervlak dat vrij is van aangroei



van micro-organismen provocerende defecten en/of kerven, en dat makkelijk kan worden gereinigd en gesteriliseerd. Dit stelt dus tevens de nodige eisen aan lasverbindingen die zich in het systeem bevinden. Een leidingsysteem vervoert ten minste de volgende stoffen:

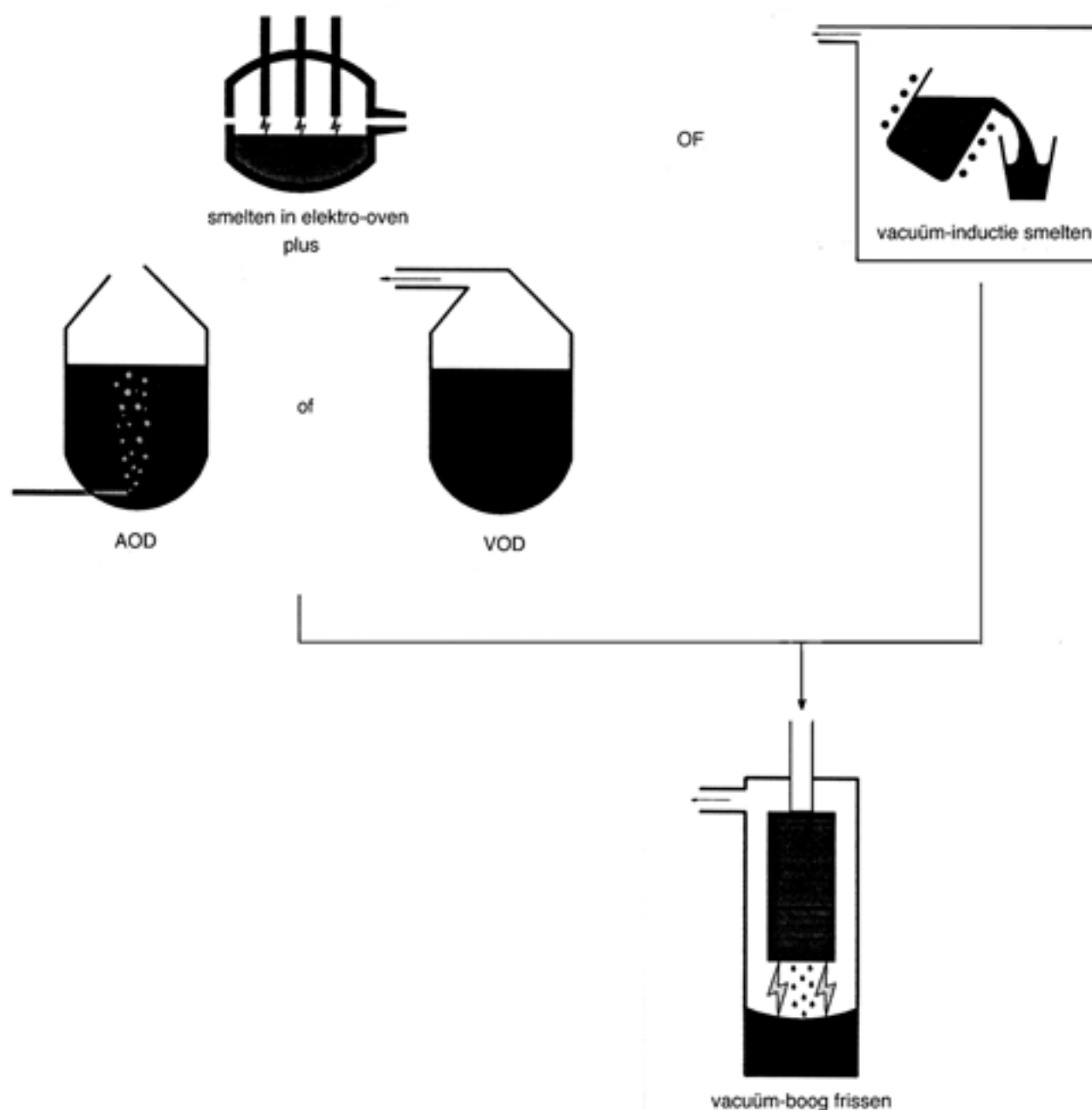
- Water; hiervoor worden doorgaans elektrolytisch gepolijste (0,03-0,08 mm) of mechanisch gepolijste buizen (grit 180-240) gebruikt;
- Schone stoom; hiervoor worden mechanisch gepolijste buizen (grit 180) gebruikt;
- Andere hoogzuivere producten of processtoffen; hiervoor wordt gewoonlijk gebruikgemaakt van elektrolytisch gepolijste (0,03- 0,08 mm) buizen.

Het leidingsysteem omvat buizen, pijpen, fittingen, afsluiters en diverse andere onderdelen. De buizen worden doorgaans onderworpen aan een visuele inspectie met behulp van een boroscoop of videosonde. De vereiste omvang van de inspectie wordt van tevoren met de afnemer afgesproken, kan 10, 20 of 100% bedragen en hangt af van de eisen van de afnemer, voorgeschiedenis van het materiaal, fabricagemethode van de buizen en van de oppervlakteafwerking. De kwaliteit van buizen en fittingen hangt af van twee factoren:

- Kwaliteit van het buisoppervlak, dat wil zeggen het aantal anomalieën zoals putjes, poreuze insluitels en dergelijke;
- Het soort oppervlakteafwerking, dat wil zeggen is de buis bij zijn fabricage al gebeitst en gepassiveerd, is de buis mechanisch of elektrolytisch gepolijst.

Niet alle oppervlakte-onvolkomenheden zijn aanleiding tot afkeuring. Het is praktisch en financieel vaak niet mogelijk om een inwendig oppervlak te hebben dat volledig vrij is van anomalieën. Het is daarom handig om bekend te zijn met de volgende terminologie:

- Anomalie; dit is een plaatselijk gebied op het oppervlak dat afwijkt van het omringende oppervlak, daardoor buiten de specificatie valt en wordt geclassificeerd als abnormaal;
- Indicatie; dit is een toestand of anomalie van een plaatselijk gebied dat met behulp van een inspectieprocedure wordt geïdentificeerd. Deze toestand wordt niet geclassificeerd als acceptabel of als onacceptabel, dat wil zeggen er is geen beslissing genomen over de acceptatie volgens de vereiste specificatie;
- Een afkeur; als er een anomalie en/of indicatie is gevonden en gelokaliseerd en door de verantwoordelijke instanties als onacceptabel is bestempeld aan de hand



Afbeelding Smelten, frissen en gieten van hoogzuiver roestvast staal.

van de acceptatiecriteria, dan wordt geclassificeerd als afkeur. Zowel over de bekwaamheid van het inspecterende personeel als over de te volgen inspectieprocedures en methoden/ technieken mag geen enkele twijfel bestaan. Dat wil zeggen dat voor de inspectie de bekwaamheid moet zijn vastgesteld en er duidelijkheid moet heersen over de acceptatiecriteria.

Verder moet er duidelijkheid zijn over de specificaties van de afnemer. Als er wordt verwezen naar verscheidene specificaties, moet vaststaan welke prioriteit heeft boven de andere.

Fouttypen

Bij de mogelijke fouttypen kan onderscheid worden gemaakt in mechanische fouten, die het gevolg zijn van het gebruikte afwerkingsproces of het behandelen van de buizen. Hierbij valt te denken aan krassen en deuken. Verder kan het buismateriaal bron zijn van fouten, zoals putjes en insluitsels. Een variant van laatstgenoemde fout zijn langgerekte strengen, die kunnen bestaan uit oxiden. Deze strengen kunnen aanleiding geven tot lekken in kleine lasfittingen, vooral als ze zich bevinden in de laszone van deze onderdelen. Hun aanwezigheid is vaak het gevolg van



de manier waarop het staal is bereid. Op de afbeelding is schematisch het smelt-, fris- en gietproces weergegeven dat over het algemeen wordt toegepast bij de bereiding van hoogzuiver roestvast staal. Bij het conventionele primaire smeltproces worden gelegeerd schroot samen met nikkel in een elektro-oven voorgesmolten. Het vloeibare metaal wordt vervolgens onder toevoeging van ferrochroom overgebracht naar een argon-zuurstof ontkolingsinstallatie waar het tot het gewenste koolstofgehalte wordt gefrist. In de VS wordt gewoonlijk gebruikgemaakt van het zojuist beschreven AOD- (Argon-Oxygen Decarburization) proces, terwijl in Europa en Japan doorgaans gebruik wordt gemaakt van het vacuümzuurstof ontkolingsproces (VOD of Vacuüm-Oxygen Decarburization). Een alternatief proces,

dat een hogere graad van zuiverheid oplevert, is het vacuüm inductie smelt- en gietproces (VIM of Vacuum Induction Melting), waarbij grondstoffen worden gebruikt van eerste kwaliteit. Het primaire gietproces is van invloed op het al dan niet opgenomen worden in het gietblok van insluitsels die zich in het vloeibare metaal bevinden. Als het vloeibare metaal via een keramische toevoertrechter rechtstreeks in de vorm wordt gegoten, dan worden insluitsels in het vloeibare metaal meegevoerd tot in het gietblok. Een alternatief dat de voorkeur verdient is het gebruik van een gietpan. Daarbij wordt het vloeibare metaal uitgegoten via een kamer met daarin keerschotten. Insluitsels krijgen daarbij de gelegenheid om boven te komen drijven, waarna ze worden afgevoerd.

Roestvast staal t.b.v. drinkwater

Sinds diverse jaren wordt er nationaal en internationaal gesproken over de rol die roestvast staal zou kunnen gaan spelen indien dit materiaal de taak van koper over zou kunnen nemen t.b.v. de drinkwatersector. Daarbij wordt vooral gewezen op de specifieke voordelen van roestvast staal hoewel men ook (meestal onterecht) snel stuit op de beperkingen t.a.v. het verwerken ervan. Daarom volgt onderstaand een opsomming van feiten die de laatste maanden zijn verzameld op verzoek van de Staalfederatie.

Ko Buijs – Innomet Consultancy BV

Het metaal koper



Afbeelding 1: koperen waterleidingbuis (foto ODS b.v.)

Het metaal koper, dat in de volksmond ook wel roodkoper wordt genoemd, is een half edelmetaal dat sinds jaar en dag o.a. wordt gebruikt als materiaal om drinkwater in huizen en gebouwen te transporteren naar de tappunten. Koper is een zacht en plastisch goed vervormbaar metaal dankzij het kubisch vlak gecenterd atoomrooster. Bovendien bezit koper een goede corrosiebestendigheid.

Toch komt dit materiaal ook steeds meer onder vuur te liggen omdat er koperionen in het drinkwater komen die de volksgezondheid kunnen ondermijnen. In de jaren negentig is er door de Europese Commissie reeds een grondig onderzoek ingesteld om de emissiewaarden van diverse metalen en kunststoffen te bepalen in ons drinkwater. Inderdaad is toen gebleken dat koper er niet zo goed vanaf kwam en roestvast staal bijzonder goed. Men heeft toen getracht om in Europees verband roestvast staal geïmplementeerd

te krijgen maar politiek gezien bleek dat toen niet haalbaar. Er waren teveel landen die geen afstand wilden nemen van hun nationale regelgeving waardoor het gehele plan a.h.w. in de benen zakte. Toch blijkt dat deze berusting maar van tijdelijke aard is omdat op dit moment het thema 'koper' weer bijzonder actueel aan het worden is. Daarom volgen hier wat feiten.

Koper en de volksgezondheid (bron Lenntech b.v.)

Koper kan in verschillende soorten voedsel, drinkwater en zelfs in de lucht aangetroffen worden. Daarom nemen mensen dagelijks ongewenst aanzienlijke hoeveelheden koper op via het voedsel, drinken en ademen. De absorptie van een zekere hoeveelheid koper is nodig, omdat koper een sporenelement is dat essentieel is voor de menselijke gezondheid. Hoewel mensen redelijk grote concentraties koper zonder problemen binnen kunnen krijgen, kan teveel koper aanzienlijke gezondheidsproblemen veroorzaken. Mensen die in huizen wonen met koperen waterleidingen, worden blootgesteld aan hogere concentraties koper omdat koper door verwerking van de leidingen in het drinkwater terecht komt. Ook komen mensen soms via hun werk in aanraking met koper. In een dergelijke werkomgeving kan de besmetting met koper leiden tot een griepachtige aandoening, die bekend staat als koperkoorts. Lange termijn blootstelling aan koper kan irritatie veroorzaken aan de neus, mond en ogen en het veroorzaakt hoofdpijn, buikpijn, duizeligheid, overgeven en diarree. Ongewenste hoge opnames van koper kunnen schade aan de lever en nieren veroorzaken en zelfs de dood tot gevolg hebben. Het is nog niet duidelijk of koper kankerverwekkend is. Er zijn wel een aantal wetenschappelijke artikelen die erop wijzen dat er een verband is tussen een langdurige blootstelling aan koper en een afname in intelligentie bij adolescenten. Chronische kopervergiftiging resulteert in levercirrose, hersenbeschadiging, geboortefwijkingen en koperneerslag in het hoornvlies. De van de WHO (World Health Organization) en de EU voorgegeven



drinkwaternorm voor koper ligt bij een maximale waarde van 2 mg/l. Deze maximale concentratie heeft men ook in het Nederlandse Waterleidingbesluit overgenomen.

Milieueffecten van koper

Wanneer koper in de bodem terecht komt, hecht het sterk aan organische materie en mineralen. Als een gevolg hiervan verplaatst het zich niet over grote afstanden nadat het vrijgemaakt is en komt het zelden in het grondwater terecht. In oppervlaktewater kan koper wel grote afstanden afleggen, zowel gesuspendeerd aan slibdeeltjes of als vrije ionen. Koper breekt niet af in het milieu en daarom kan het accumuleren in planten en dieren wanneer het in de grond gevonden wordt. Op koperrijke bodems kunnen slechts een klein aantal planten overleven. Daarom is de plantendiversiteit in de buurt van koperfabrieken doorgaans klein. Vanwege de effecten van koper op planten vormt koper een ernstige bedreiging voor de landbouw. Koper kan de procedures die in de landbouw gebruikt worden sterk beïnvloeden. Hoe groot deze invloed is, hangt af van de zuurgraad van de bodem en de aanwezigheid van organische materie. Koper kan de activiteit van de bodem verstoren, omdat het een negatieve invloed heeft op de activiteit van micro-orga-

nismen en wormen. De ontbinding van organische materie kan daardoor vertraagd worden.



Afbeelding 2: de plicht van de mens om het milieu leefbaar te houden.

RIVM

Hieronder volgt een samenvatting uit het RIVM rapport 734301012 met als titel 'Koperemissies door drinkwaterleidingen' uit 1996. In 1993 werd 57% van de koperbelasting

in rioolwaterzuiveringen veroorzaakt door corrosie van koperen drinkwaterleidingen. Deze koperflux bleek toen wel dalende te zijn. Van deze koperbelasting wordt gemiddeld 77% door de rioolwaterzuiveringen (RWZI's) verwijderd wat in het RWZI-slib terecht komt. Dit slib is daardoor niet bruikbaar voor bemesting van landbouwgronden. Het restant komt in het oppervlaktewater waardoor een forse reductie van de koperemissie nodig is om overal de toegestane grenswaarde te halen. Conditionering van drinkwater is een van de manieren om koperafgifte te reduceren. Dit is echter onvoldoende om overschrijding van de grenswaarde te voorkomen.

Tijdsduur	Influent	Effluent	Slib
1 jaar	166.000	38.000	128.000
1 jaar	146.000	31.000	115.000

Tabel 1: Hoeveelheid koper in kg in influent, effluent en slib (bron CBS)

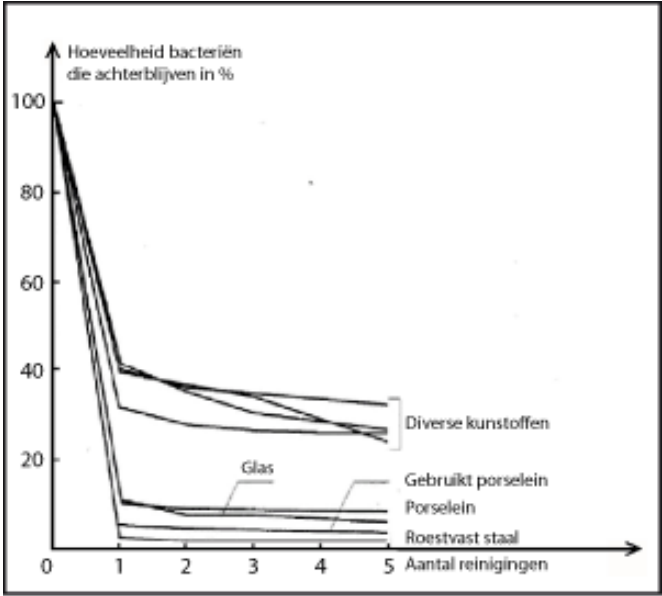
In tabel 1 ziet men een CBS overzicht van de hoeveelheid koper in kilogrammen die per jaar gemeten zijn bij de rioolwaterzuiveringen (RWZI's). Onder een influent verstaat men het ongezuiverde water en een effluent is het water dat de RWZI verlaat. In het eerste meetjaar is dus 166 ton koper bij de RWZ terechtgekomen en daarvan is 94 ton afkomstig van koperemissie c.q. corrosie veroorzaakt door koperen waterleidingen. Daarnaast is er 23 ton afkomstig vanuit het huishoudelijk afvalwater, 1 ton door het verkeer en de herkomst van de resterende 48 ton is onbekend maar men denkt dat dit aangevoerd is vanuit het buitenland door de grote rivieren.

Leidingwater mag geen risico opleveren voor de volksgezondheid. Dat is een ruim begrip dat in de Waterleidingwet en in het Waterleidingbesluit nader wordt uitgewerkt. Daarin staan ook specifieke eisen voor drink- en warm tapwater. Deze normen zijn vastgesteld door het ministerie van VROM in overleg met de waterleidingbedrijven en mede op basis van adviezen van bijvoorbeeld de Wereldgezondheidsorganisatie en de Gezondheidsraad. Bacteriën hebben de neiging zich vast te hechten aan een oppervlak en daarvoor hebben zij hiervoor een 'huisje' nodig om zich te kunnen nestelen. Nu blijkt dat een koperoppervlak hier een betere mogelijkheid voor biedt dan roestvast staal. Men zou echter verwachten dat dit juist andersom zou zijn omdat koper enigszins biocidaal is. Roestvast staal heeft echter een gladde harde oxidehuid en die biedt minder 'huisvesting' aan deze micro-organismen. Koper geeft daarentegen een groeibevorderend effect vanwege de topografie van het oppervlak.

Kunststoffen

Omdat koper schadelijk kan zijn, wordt er ook steeds vaker naar kunststoffen gekeken en inmiddels is er ook regelmatig gebruik gemaakt van dergelijke materialen (afbeelding 3). Ook deze optie is onder vuur komen te liggen en dat blijkt uit een rapport van Aqualife-Benelux b.v. waar onderstaand een samenvatting van weergegeven is. Er worden steeds meer plastic waterleidingen aangelegd en uit die buizen blijken verdachte stoffen te lekken. Volgens wetenschappers kunnen uit kunststof waterleidingen diverse verdachte chemicaliën emitteren in het drinkwater. Dit blijkt uit verschillende onderzoeken die recent in Europese laboratoria zijn uitgevoerd. De gevonden concentraties in de buizen, die tegenwoordig op grote schaal in woningen worden geïnstalleerd, zijn hoog genoeg om een bedreiging te vormen voor de volksgezondheid. Eén van de gevonden stoffen, t.w.4-tert-butylfenol, staat op de Europese lijst van chemicaliën die ontregelend negatief effect hebben op de hormoonhuishouding. De andere aangetroffen stoffen in het drinkwater zijn nooit onderzocht, maar behoren tot dezelfde groep verdachte fenolen. De kunststof buizen, waaraan de verdachte stoffen worden toegevoegd om deze meer slijtvast te maken, worden steeds vaker gebruikt in Nederland. Naar schatting is tien tot twintig procent van de Nederlandse huizen voorzien van kunststof leidingen. In een artikel uitgegeven door het Communicatieplatform Legionella genaamd 'Biofilmvorming en groei legionellabacteriën in leidinginstallaties' blijkt dat in een experimentele warmtapinstallatie (37°C) met een huishoudelijk tappatroon zich legionellabacteriën vermeerderen in biofilms die in leidingen van roestvast staal, koper en kunststof (PE-xa) aanwezig zijn. De biofilmvorming op PE-xa was sterker dan op roestvast staal en koper. Dit feit pleit dus niet voor kunststof als waterleidingmateriaal.

Op grafiek 1 (zie volgende pagina) kan men de reinigingseffecten zien van verschillende materialen die voor drinkwater worden gebruikt. Vooral verschillende soorten kunststoffen komen hier er behoorlijk slecht van af. Porselein en glas doen het beduidend beter; maar roestvast staal wint overtuigend. Volgens ingewijden wordt het gebruik van kunststoffen voor deze toepassing er dan ook niet gemakkelijker op omdat zij ook nog eens sneller 'vergaan' dan roestvast staal. Aan kunststoffen worden daarom additieve stoffen toegevoegd die moeilijk oplossen in water maar wel in polymeren. Deze stoffen moeten dan zoveel mogelijk voorkomen dat kunststoffen degenereren (brosser worden). Dit additief kan dissociëren (uit elkaar vallen) waardoor er minuscule kleine deeltjes in het drinkwater komen. Dat is dus een kwalijke zaak. De vraag is daarom ook of dergelijke additieven in kunststoffen in de toekomst nog wel gebruikt



Grafiek 1: het aantal bacteriën dat achterblijft na het reinigen van waterleidingen. Roestvast staal komt daar het beste uit tevoorschijn (bron: V. Boneschi en A. Quazzo).

mogen worden. Het kan zelfs ook zo zijn dat bepaalde kunststofsoorten binnen niet al te lange tijd van overheidswege verboden zullen worden.



Afbeelding 3: kunststof leidingen met messing fittingen.

Conclusie

Aan de hand van de feiten die hierboven zijn beschreven, lijkt het meer dan logisch dat het niet lang meer zal duren dat roestvast staal zelfs koper gaat verdringen. Eigenlijk wordt dit een herhaling van zetten want wie had ooit vroeger verwacht dat koper het metaal lood zou gaan verdringen? Sterker nog, lood is uiteindelijk van overheidswege verboden en dat zou in de nabije toekomst ook kunnen gaan gebeuren met koper. De vraag is echter welk type roestvast staal is geschikt en hoe het verwerkt dient te worden.

Geschikte typen roestvast staal

De DVGW (Deutsche Verein Gas und Wasserwerke) in Duitsland heeft alleen molybdeenhoudende roestvast staal kwaliteiten toegelaten voor binnenhuistoepassingen en dat is opgenomen in het blad GW541 dat uitgebracht is in 2003. Daar worden de volgende Werkstofnummers genoemd: 1.4401, 1.4571, 1.4404, 1.4435 en 1.4436. De meest voorkomende kwaliteiten in Nederland zijn 1.4401 en 1.4404 wat equivalenten zijn van respectievelijk AISI316 en 316L. Werkstofnummer 1.4571 is een 316 legering die gestabiliseerd is met titaan en de andere twee kwaliteiten hebben een verhoogd molybdeengehalte wat leidt tot een betere weerstand tegen putcorrosie. Praktisch gezien blijken de kwaliteiten 1.4401 en 1.4404 prima te voldoen. Ook maakt het niet uit welke van de twee worden toegepast omdat beiden met de benodigde verwerkingscondities niet gevoelig zijn voor interkristallijne corrosie. In tabel 2 ziet men de chemisch samenstelling van de diverse typen die genoemd zijn. De toegestane verontreinigingen zijn daarin niet meegenomen.

Het verwerken van roestvast staal versus koper

Koper is een metaal dat zich gemakkelijk laat bewerken en verwerken. Het is immers een relatief zacht en ductiel materiaal dat bovendien eenvoudig met zachtsoldeertechnieken

RVS-type	C max. %	Cr %	Ni %	Mo %	Ti %	Mn %
1.4401	0,07	16,5 - 18,5	10,5 - 13,5	2,0 - 2,5	–	2,0
1.4404	0,03	16,5 - 18,5	11,0 - 14,0	2,0 - 2,5	–	2,0
1.4571	0,08	16,0 - 18,5	10,5 - 13,5	2,0 - 2,5	5xC<=0,8	2,0
1.4435	0,03	17,0 - 18,5	12,5 - 15,0	2,5 - 3,0	–	2,0
1.4436	0,07	16,5 - 18,5	12,0 - 14,0	2,5 - 3,0	–	2,0

Tabel 2: chemische samenstelling van verschillende roestvast staal typen die molybdeen bevatten.



aan hulpstukken en appendages verbonden kan worden. Dit ligt bij roestvast staal allemaal wat minder eenvoudig omdat het verantwoord solderen van roestvast staal alleen voorbehouden is aan gespecialiseerde bedrijven. Daarom zijn er speciale knelfittingen ontwikkeld die m.b.v. een tang perfecte verbindingen maakt in enkele seconden (afbeelding 4).

Het verwerken gebeurt met een speciale tang die met een druk op de knop een perfecte verbinding maakt binnen enkele seconden (afbeelding 5).



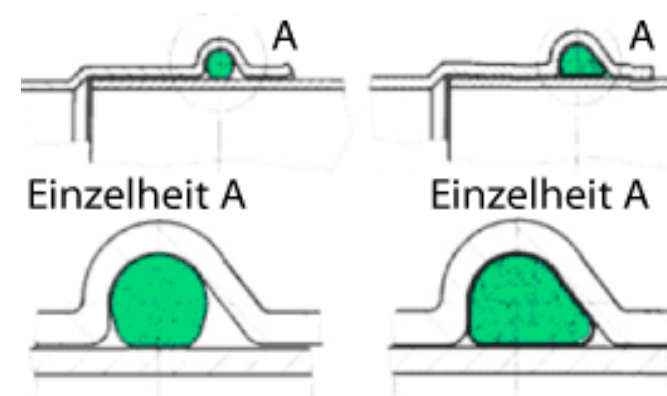
Afbeelding 4: speciale knelfittingen van roestvast staal.



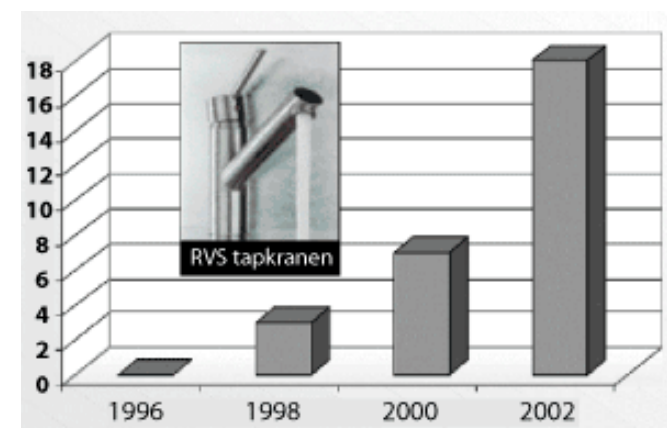
Afbeelding 5: speciale tang om fittingen en buizen aan elkaar te verbinden.

Een van de voordelen is dat men beduidend sneller kan werken dan in het geval van het solderen van koper; mede omdat men niet hoeft te wachten tot de verbinding is afgekoeld. Bovendien is de kans op lekkage door onvolledig solderen dankzij deze verbindingsmethode vervallen. M.a.w. deze verbindingsmethode is technisch gezien een verbetering omdat menselijk falen hierdoor geëlimineerd wordt. Op

afbeelding 6 ziet men hoe deze afdichting na het klemmen eruit ziet. Indien men deze tang niet kan gebruiken, zal men toch uit dienen te wijken naar het hardsolderen. Roestvast staal delen zijn hiermee goed aan elkaar te verbinden maar ook aan koper of messing. Op deze wijze kan men koperen buizen en messing fittingen rechtstreeks aansluiten op roestvast staal. Men dient echter wel rekening te houden dat er een kans is op galvanische corrosie bij het gebruik van bepaalde typen zilver solder. Roestvast staal heeft namelijk veelal een gunstiger elektrochemische potentiaal dan het soldeer waardoor galvanische corrosie zou kunnen ontstaan. Toch blijkt dit in de praktijk zeer mee te vallen indien men de instructies van leveranciers goed opvolgt. Ook zal een juiste soldeerflux gebruikt moeten worden die de passieve oxidehuid plaatselijk doet verdwijnen waardoor er een optimale bevochtiging van het soldeersel ontstaat teneinde een afdoende soldeerverbinding te realiseren.



Afbeelding 6: voor en het gebruik van de speciale tang.



Grafiek 2: het aantal fabrikanten in Italië die roestvast stalen kranen produceren (bron: V. Boneschi en A. Quazzo).

Hoewel roestvast staal goed buigbaar is, blijkt het toch enigszins moeilijker te gaan dan het buigen van koper. Ook kan men last krijgen van koudversterking waardoor er vrij snel butsen kunnen ontstaan. Een oplossing hiervoor is zachtgegloeid roestvast staal buismateriaal hetgeen bereikt wordt door het materiaal een bepaalde tijd te gloeien op 1065°C gevolgd door afschrikken. Dit gloeien wordt overigens op bestelling verzorgd door de buisfabrikant.

Huidige situatie

In Nederland is het gebruik van roestvast staal in dit marktsegment nog aan de magere kant terwijl in landen zoals Zwitserland, Italië, Duitsland en Denemarken het al volop wordt toegepast. In grafiek 2 ziet men de enorme toename in slechts een paar jaar tijd van het aantal fabrikanten in Italië die roestvast stalen kranen produceren. Steeds meer komt de roep op om roestvast staal vanuit overheidswege dwingend voor te schrijven. Ook blijkt dat de macht van de gewoonte regeert en lijkt het een hele stap om van koper over te stappen op roestvast staal. Indien men naar het prijsaspect kijkt dan is het een ieder bekend hoezeer koper een kostbaar metaal is geworden. De koperdieven zijn daar getuigen van. Ook roestvast staal is geen goedkoop materiaal maar indien men alles bij elkaar neemt, zal de uiteindelijke kostprijs niet veel van elkaar verschillen. Zeker niet wanneer men de financiële gevolgen van allerlei aandoeningen en andere nadelige gevolgen door het gebruik van koper mee laat wegen.

Slot

De vooroordelen dat roestvast staal als drinkwaterleidingmateriaal een moeilijke en dure optie zou zijn, zal door het analyseren van alle feiten en kengetallen behoorlijk weerlegd worden. Het is een kwestie van tijd en bewustwording dat dit materiaal definitief geïmplementeerd wordt in de markt. Vooral de feiten die de volksgezondheid betreffen zal het gebruik van roestvast staal verder krachtig stimuleren. Ook moet men er niet van opkijken dat roestvast staal uiteindelijk dwingend vanuit overheidswege wordt voorgeschreven. Daarnaast zullen installateurs gaan ervaren dat de hoge koperprijs en de tijdsvoordelen die men behaalt met het verwerken van roestvast staal mede reden is om veel meer in de richting van roestvast staal te gaan denken.

Roestvast staal voor de zuivel-, voedings- en genotmiddelen-industrie - kies het juiste materiaal

Voor de zuivel-, voedings- en genotmiddelen-industrie geldt dat de apparaten die hier worden toegepast schoon moeten zijn en eenvoudig goed schoongemaakt moeten kunnen worden. En daarbij, maar ook bij het gebruik mogen de materialen niet door corrosie worden aangetast. Immers, iedere verontreiniging veroorzaakt door schoonmaakmiddelen, achtergebleven product of corrosieproduct kan verontreiniging van het uiteindelijke te maken product betekenen, en dat is niet toelaatbaar. Nog sterker is het gevaar van verontreiniging bij de farmaceutische industrie. Dus is het gebruik van goed materiaal, dat tijdens de verwerking zijn corrosie-vastheid en ruwheid behoudt of eenvoudig glad gemaakt kan worden, van groot belang.

Van garnalenkookketel tot poederdroogtoren, van stoomschiller en reactor tot warmtewisselaar, overall vinden we componenten als pijp, plaat, buis, alsook flensen, fittingen, bouten en moeren. En al die componenten worden gemaakt, bewerkt en verwerkt met verspanende bewerkingen (draaien, frezen, zagen), door walsen, zetten, knippen en door thermische bewerkingen (snijden) en verbonden door middel van walsen, lassen, lijmen of solderen. Stuk voor stuk bewerkingen die ieder hun eigen invloed hebben of kunnen hebben op de eigenschappen van het materiaal van die componenten of op de mechanische eigenschappen of de corrosie-eigenschappen, en daarmee ook op de reinigingseigenschappen van de constructie als geheel. Voor welk materiaal er ook wordt gekozen door het ontwerp-bureau, de uiteindelijke gebruiker of de producent van het apparaat zelf kunnen de eigenschappen van het materiaal of de component geheel of lokaal drastisch veranderen door bovengenoemde, maar ook door andere ver- en bewerking-methoden.

Voorbeelden

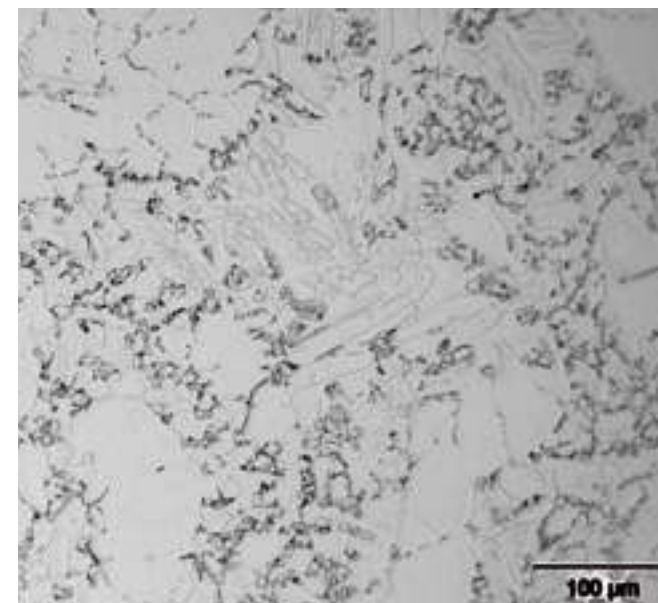
Koud buigen verhoogt de sterkte van een metaal ter plaatse van het gebogen deel en doet de rek daar afnemen. We kennen dit bijvoorbeeld van roestvaststalen verenstaal: wordt dat een beetje te ver gebogen, dan breekt het zonder noemenswaardige vervorming. Het verenstaal is met een treksterkte van soms wel 1200 N/mm² heel sterk, maar de rek is met soms minder dan 1% zeer laag. Kouddeformatie kan lokaal ook optreden in een zone direct onder het door verspaning bewerkte oppervlak als daarbij onjuist of versleten gereedschap is gebruikt. Deze kouddeformatie uit zich dan bijvoorbeeld ook in een toename van de hardheid van het oppervlak. Dit kan voor bijvoorbeeld de olie- en gaswinningsindustrie uit corrosieoogpunt ontoelaatbaar zijn. Niet voor

niets kennen we de NACE-eis van maximaal 248 Hardheid Vickers. Dus, door de bewerkingen worden niet alleen de sterkte- en breukeigenschappen (over het algemeen negatief) beïnvloed, maar ook de corrosie-eigenschappen. Lassen kan het materiaal zo beïnvloeden, dat de corrosieweerstand van de zone direct naast de las vermindert. Dit kan verschillende oorzaken hebben. Zo kan er afhankelijk van het type materiaalharding optreden in de door de laswarmte warmtebeïnvloede zone direct naast de las, met als gevolg een grotere gevoeligheid voor bepaalde vormen van corrosie.

Maar ook kan de corrosieweerstand afnemen door de vorming van chroomcarbiden in niet-laagkoolstofhoudend austenitisch roestvast staal als type 304 of 316, lasbederf in titaan gestabiliseerd austenitisch roestvast staal als type 316Ti of 1.4571, of de vorming van intermetallische fasen zoals sigmafase in duplex of superduplex roestvast staal. Lassen en andere warmtebehandelingen van roestvast staal met onvoldoende afscherming van zuurstof door een inert gas, veroorzaakt de vorming van een min of meer donker gekleurde oxidehuid. Deze verkleuring (ook wel aanloopkleuren genoemd) die ook kan ontstaan door onoordeelkundig slijpen, wordt voornamelijk veroorzaakt door een chroomoxidefilm. Doordat er daarbij chroom vanuit het basismateriaal diffundeert naar het oppervlak, vindt er een chroomverarming aan het oppervlak plaats. Deze chroomverarmde zone aan het oppervlak resulteert in een verminderde corrosieweerstand en bovendien is de gevormde oxidehuid min of meer poreus, zodat deze het onderliggende oppervlak (armer aan chroom) minder goed beschermt. Het slijpen of elektrolytisch polijsten van het oppervlak van roestvast staal resulteert niet altijd in een verbetering van de corrosievastheid of de ruwheid van het oppervlak. Zo kunnen bijvoorbeeld titaancarbonitriden in 316Ti of 1.4571 polijstresultaten sterk beperken. Het gevolg van al deze effecten is dat de waarde van het uitgangsmateriaal is



afgenomen tijdens het verwerkings- en bewerkingsproces, terwijl het juist de bedoeling is waarde toe te voegen. Bij het selecteren van een bewerking of methode van verwerking van materiaal moet dus ook kennis beschikbaar zijn – of worden ingewonnen – van de mogelijke degradatie van het materiaal door die gekozen productieprocessen en verwerkingsmethodieken. Dit om te voorkomen dat de effecten daarvan niet pas duidelijk worden bij de toepassing van het gereede product onder bedrijfsomstandigheden.



Leveranciers

Dit alles, evenals de opslag in het magazijn, de handeling en de keuze van de hijs- en klemgereedschappen heeft de apparatenbouwer echter zelf nog grotendeels in de hand. Anders ligt dit bij het geleverde uitgangsmateriaal. Dit wordt feitelijk gekocht op basis van 'betrouwbare leverancier voor de laagste prijs of kortste levertijd', 'eerdere goede ervaring betreffende prijs, levertijd of kwaliteit' of op basis van het mogelijk gepresenteerde materiaalcertificaat. Maar is die leverancier wel betrouwbaar of is de leverancier slechts een doorgeefluik die her en der op de overspannen markt koopt wat hij krijgen kan, onder druk staand van de vraag en om zijn klanten ten dienste te staan. Een loffelijk streven! En wordt het certificaat eerder of tegelijk geleverd met het materiaal en als dat certificaat aangeeft dat het materiaal niet goed zou zijn, is er dan nog tijd om nieuw materiaal te krijgen? De vraag is dan ook of er ooit echt controles worden uitgevoerd op het ingekochte of geleverde materiaal. Anders dan de meeste ingekomen goederenkeuringen, waarbij gelet wordt op hoeveelheid, gewicht, afmetingen en/of markeringen en stempels en dat alles in relatie tot de bestelbon en de afleverbon en/of het meegeleverde certificaat, zou, gelet op diverse ervaringen gedurende de afgelopen jaren, een beoordeling van het werkelijk ingekomen materiaal moeten gebeuren aan de hand

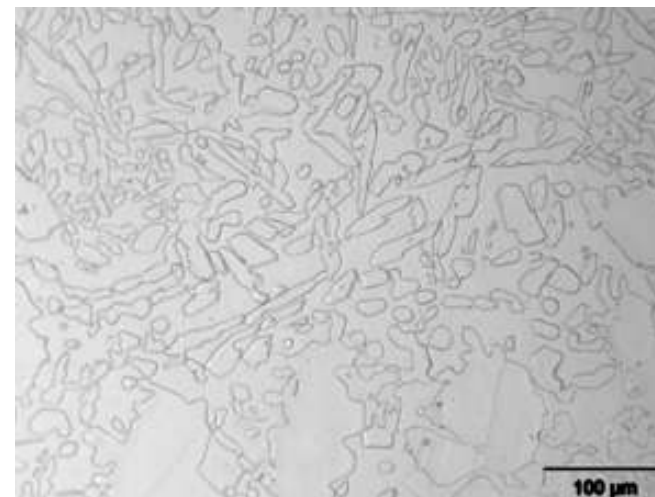


van testen. Immers, natuurlijk lijken materialen met een materiaalcertificaat goed als de vermelde materiaaleigenschappen voldoen aan de in de (bestel)specificatie aan het materiaal gestelde eisen. Hoe anders kan de werkelijkheid zijn, en hoe ernstig de gevolgen. Certificaten gelden vaak voor een hele partij producten uit een en dezelfde charge/heat materiaal. Maar dan moeten wel alle delen uit die partij dezelfde behandeling hebben ondergaan. Die behandelingen gelden alle productiestappen vanaf de smelt, via de warm- of koudvorming en alle hiervoor, hierna of hier tussendoor uitgevoerde warmtebehandelingen. Regelmatig blijken er verschillen in de behandelingen, met name door de uitgevoerde warmtebehandelingen, zoals het oplosgloeien bij duplex- of super duplex roestvast staal. Verschillen in afkoelsnelheid na het oplosgloeien op 1050 tot 1150°C kunnen resulteren in grote verschillen in structuur. Indien er te langzaam wordt afgekoeld kunnen vooral in het gebied van 900 tot 650°C intermetallische fasen zoals sigmafase ontstaan, die het materiaal en broosser maken, maar bovendien gevoeliger voor corrosie (zie afbeeldingen 1 en 2). Ook de gelijkmatigheid van de structuur kan zo worden beïnvloed. De sterkte wordt weliswaar in mindere mate beïnvloed. Meestal komen discrepanties tussen werkelijkheid en certificaat, ook die van een volkomen ander materiaaltype dan het bestelde, slechts toevallig aan het licht. Maar als dit gebeurt, dreigt er een groot probleem voor de partij

die het materiaal heeft besteld en verwerkt. De leverancier of de materiaalfabrikant wast veelal zijn/haar handen in onschuld en verplicht zich slechts tot vergoeding van de kosten van het materiaal of van nieuwe materiaalleveranties ten bedrage van de kosten van de ‘foute’ levering. Hoe schril is het contrast met de kosten waarmee de besteller en verwerker te maken krijgt: die heeft te maken met:

- de kosten van het uitnemen van ‘verkeerde’ delen;
- de vele daarmee gepaard gaande kosten van andere ermee verbonden delen;
- de be- en verwerkingskosten;
- extra of hernieuwde inspectiekosten;
- uitvoerige fit for purpose beschouwingen;
- vertragingen;
- productieverlies,
- een boeteregeling als gevolg van te late levering (want waar haal je tegenwoordig snel nieuw materiaal vandaan);
- en als klap op de vuurpijl kan de reputatie op het spel komen te staan.

Dit alles door een intrinsiek foute leverantie met een ‘goed’ certificaat door en van bijvoorbeeld een ISO 9000-gecertificeerde, door keuringsinstanties goedgekeurde of door de uiteindelijke afnemer voorgeschreven leverancier of materiaalfabrikant.



Controles

En dit alles kan gebeuren, gelet op diverse vastgestelde problemen met zowel roestvast staal als met ‘gewoon’ staal voor toepassing in bijvoorbeeld zeer hoge hijskranen en zware bouten. Of andere materialen, door de vraag uit de markt in combinatie met de nieuwe producenten en leveranciers op de wereldmarkt en de toenemende onkunde op het gebied van de metalen in toenemende mate. En wanneer dit gebeurt, dan is de vraag wat kan men daaraan doen? Het enige wat men kan, en volgens een goed ingevoerd kwaliteitssysteem ook zou moeten doen, is het nemen van steekproeven. Controleer het ingekochte materiaal op enkele aspecten. Zo kan middels de röntgenfluorescentietechniek eenvoudig, niet-destructief en snel materiaal of onderdelen worden gecontroleerd op juiste samenstelling of verwisseling. Dit wordt ook wel

positieve materiaalanalyse genoemd. Zo kunnen bijvoorbeeld Ni-houdende austenitische roestvaststalen worden onderscheiden van de veel goedkopere Mn-houdende austenitische roestvaststalen. Maar natuurlijk kunnen ook hardheidsmetingen worden uitgevoerd aan de oppervlakken van het materiaal of de onderdelen. Hiermee wordt de hardheid gemeten en uit de resultaten kan een indruk worden verkregen over de sterkte en de taaiheid, maar ook over de juist uitgevoerde warmtebehandeling of de corrosiebestendigheid. Natuurlijk kan ook de chemische samenstelling nauwkeurig worden bepaald ter controle van het certificaat, of de microstructuur van een materiaal ter bepaling van de juistheid van zowel het materiaal als de warmtebehandeling (die ook op het certificaat vermeld zou moeten staan). Dit alles kan op een niet-destructieve manier. Echter, is sterkte of kerftaaiheid van groot belang, dan kan men besluiten tot destructief onderzoek aan een stukje van het geleverde materiaal. Bij een bestelling zou, gelet op bovenstaande, dan ook opgenomen moeten worden dat indien materiaal geleverd wordt dat niet aan de eisen voor dat materiaal voldoet, of niet de eigenschappen heeft die op het certificaat worden vermeld, dit geretourneerd kan worden en binnen een nader te stellen termijn tegen dezelfde kosten vervangen moet worden door de leverancier. Ook zouden de kosten van het onderzoek aan het afgekeurde materiaal zonder strijd moeten kunnen worden verhaald op de leverancier.

Net zoals materialen hun beperkingen hebben, heeft ook de materiaalselecterende en -verwerkende industriebeperkingen. Aanbevolen wordt dan ook om bij de keuze van de uit te voeren steekproef een specialist te raadplegen.

Corrosie onder invloed van voedingswaren

Voedingswaren zijn, net als alle andere chemische stoffen in alle fasen van bewerking, inclusief verpakking, verantwoordelijk voor corrosieve invloeden van uiteenlopende aard op de constructie-materialen. Deze invloeden worden op hun beurt weer beïnvloed door de procesomstandigheden, zoals bijvoorbeeld de heersende temperatuur, stromingssnelheid, zeker in geval van erosie onder invloed van hoge stromingssnelheden, en door wisselende spanningen die in een onderdeel van de procesapparatuur kunnen optreden; dit effect wordt aangeduid als spanningscorrosie. Het al of niet aanwezig zijn van zuurstof is in het algemeen van grote invloed op het corrosiegedrag van metalen en legeringen. Op de corrosieve inwerking van enkele voedingswaren zal in dit artikel wat dieper worden ingegaan.

A.J. Schornagel

Corrosie

De corrosieve inwerking van voedingswaren is niet al te groot, omdat voedingswaren in het algemeen veel minder zuur of basisch zijn - ze kunnen overigens wel zwavel bevatten - dan het geval is bij andersoortige stoffen die reactieve bestanddelen kunnen bevatten die zeer corrosief kunnen zijn. Het belang van corrosie bij voedingswaren is niet zo zeer gelegen in de inwerking van de voedingswaren op het gebruikte constructiemateriaal, maar veel meer op eventuele verontreiniging van de voedingswaren door metalen als gevolg van corrosieprocessen, hetgeen aanleiding kan geven tot smaakafwijkingen, versnelling van ongewenste veranderingen in samenstelling en in de vorming van giftige metalli-

sche zouten. Metaalionen hebben in het algemeen drempelwaarden waarboven smaakeffecten zich kenbaar maken in uiteenlopende voedingswaren. Behalve in het geval van de fabricage van vruchtensap en tafelzuur, is bedrijfsstilstand als gevolg van corrosieschade zeldzaam. Niettemin moeten alle voedingswaren, in het bijzonder vloeibare voedingswaren, worden beschouwd als mogelijk corrosief en in staat tot opname van metaal, hetgeen zeer onwenselijk kan zijn.

Keuze van constructiemateriaal

Het geschiktste constructiemateriaal dient te worden gekozen op grond van voorgaande ervaring of proefnemingen. Een preciese analyse van de bestanddelen van voedingswaren is niet altijd mogelijk, aangezien ze vaak een complexe samenstelling bezitten, maar het zijn doorgaans de organische zuren die de belangrijke corrosieve stoffen uitmaken. In fabrieken voor de verwerking van voedingswaren komen in het algemeen nauwelijks corrosiesnelheden voor van meer dan 10-100 g/m²/d. Men zij er echter op bedacht dat de fabriek regelmatig moet worden gedesinfecteerd door middel van reiniging met steriliserende oplossingen. Die dienen hetzij van het niet-corrosieve soort te zijn of moeten corrosie-inhibitoren bevatten. Zoals altijd wordt de keuze van

een bepaald constructiemateriaal gedicteerd door het fabricagegemak en de prijs, die afhangen van de complexiteit van de constructie. Galvanische koppels dienen te worden vermeden. Aangezien sommige bacteriën ziekteverwekkers kunnen zijn en andere smaakafwijkingen kunnen veroorzaken, dient het te kiezen constructiemateriaal een makkelijk reinigbaar oppervlak te hebben, zodat het vrij kan worden gehouden van bacterie-afzettingen. Er wordt in de voedingswarenindustrie op safe gespeeld en de keuze valt dan ook stevast op roestvast staal, ook als wordt getwijfeld tussen de mogelijkheid van een laagwaardiger materiaal en duurder roestvast staal. De geschiktheid van andere materialen mag echter niet over het hoofd worden gezien. Zo vormt vandaag de dag titanium, hoewel het duurder is dan roestvast staal, een mogelijk alternatief.

Vruchtensappen

Vloeibare voedings- en genotmiddelen vergen een aanzienlijke mate van bewerking waarvoor de nodige procesapparatuur nodig is. Binnen deze groep bevinden zich een aantal voedingswaren die licht zuur reageren. Voorbeelden hiervan zijn instant-koffie-extracten en vruchtensappen; citroensap heeft een pH 4 en zwarte-bessensap heeft een pH 2,5. De verwerking van deze vruchten omvat malen, persen, indampen, bij temperaturen variërend van 40° tot 50°C, pasteuriseren, opslaan en verpakken. Gangbare metalen inclusief aluminium worden hierdoor aangetast, waarbij de mate van aantasting afhangt van de hoeveelheid aanwezige zuurstof en of er waterstofacceptoren aanwezig zijn. Toegevoegd zwaveldioxide als bescherming van vruchtensappen tegen schimmels en bacteriën vormt een bijkomend corrosierisico. Een belangrijk commercieel aspect van deze sappen, met name bij zwarte-bessensap en tomatensap, is hun ascorbinezuur(vitamine C-)gehalte, dat als gevolg van oxidatie sterk achteruit kan gaan. Deze oxidatie wordt bevorderd door zowel warmte als door metaalverontreiniging, met name door koper. Austenitisch roestvast staal is bestand tegen ascorbinezuur. Sommige vruchten bevatten van nature al stoffen met een corrosie-inhibiterende werking.

Als we aardappelen even tot de vruchten rekenen, dan bleek men enkele decennia geleden al het corrosiewerende effect te hebben onderkend van aardappelschillen die aan ketelwater werden toegevoegd ter verlaging van de corrosiviteit van het ketelwater. De aanwezigheid van metalen kan ook verkleuring veroorzaken, de smaak aantasten en het kan vertroebeling geven zoals in appelsap. Voor de verwerking van vruchtensap komt als eerste roestvast staal in aanmerking. Als er conservering met zwaveldioxide plaatsvindt, worden er roestvast-staaltypen met een hoog molybdeniumgehalte gebruikt.

Melk

Melk kan worden onderworpen aan verscheidene bewerkingen zoals pasteurisatie bij een temperatuur van 71,1°-72,2°C gedurende 15 s, verdamping bij temperaturen liggend tussen 40° en 50°C, homogenisatie en sterilisatie. Daarnaast kan melk worden verwerkt tot andere zuivelproducten zoals boter, room en kaas door middel van bewerkingen die bij normale temperaturen plaatsvinden. Melk reageert nagenoeg neutraal, hoewel het melkzuur bevat. Een sterk verdund mengsel van melk en water (circa 10% melk) geeft in geval van AISI 304 geen gelijkmatige corrosieve aantasting van betekenis. Er kan wel putcorrosie optreden alsmede spanningscorrosie. Bij AISI 316 kan dit mengsel een gelijkmatige corrosie van maximaal 500 micron per jaar veroorzaken, maar geen putcorrosie of spanningscorrosie. Het melkzuurgehalte wordt verhoogd door middel van kunstmatig verzuren, dat nodig is voor de bereiding van kaas en boter. Melkzuur veroorzaakt bij AISI 304 bij een temperatuur van 100°C ernstige gelijkmatige corrosie (meer dan 1270 micron per jaar), en bij hoge temperatuur (300°C) putcorrosie, spleetcorrosie en interkristallijne corrosie. AISI 316 vertoont bij toenemende melkzuurconcentraties en toenemende temperatuur een verloop van de gelijkmatige corrosie van minder dan 50 micron per jaar tot minder dan 500 micron per jaar, met kans op spleetcorrosie en interkristallijne corrosie bij een temperatuur van meer dan 100°C. AISI 316 wordt net als AISI 304 bij temperaturen van 300°C en daaromtrent aangetast door putcorrosie en spanningscorrosie. Bij verhitten kunnen er beschermende lagen worden gevormd door neergeslagen colloïden. De smaak van melk kan sterk worden beïnvloed door bijvoorbeeld ijzerionen, waardoor het naar wonderolie gaat smaken. Maar ook bacteriën kunnen de smaak van melk beïnvloeden. Daarom moeten zuivelinstallaties zeer regelmatig worden gereinigd en gesteriliseerd met de daarvoor geëigende oplossingen. Roestvast staal wordt voor alle fasen van het zuivelproces aanbevolen. Nikkel is geschikt voor gebruik met koude melk en melk die wordt verwarmd, maar blijkt ongeschikt te zijn voor melk die afkoelt. Kunststoffen worden wel gebruikt als bekleding van melkopslagvaten en voor leidingwerk bij temperaturen tot zeg 50°C. Er bestaan echter reserves zoals in het geval van PVC, waarbij bepaalde zachtmakers een slechte smaak kunnen veroorzaken en sommige PVC-typen worden glasachtig.

Oliën en vetten

Eetbare oliën en de daarvan afgeleide margarine-emulsies zijn voedingswaren die in grote hoeveelheden worden verwerkt. Dit gaat gepaard met bewerking bij hoge tempe-





ratuur, zoals het reukloos maken bij 190°C, en bewerking bij middelmatige temperatuur en opslag bij lage temperatuur. De raffinage van ruwe oliën wordt uitgevoerd in aanwezigheid van bijtende soda bij 60°C. Van geraffineerde oliën zou worden verwacht dat ze niet corrosief zijn, maar eetbare oliën bevatten uiteenlopende hoeveelheden vetzuren en margarine-emulsies bevatten zout; beide zijn in staat om metalen aan te tasten. Ook hier is weer de invloed van de metaalverontreiniging op de voedingsstof belangrijker dan de corrosieve inwerking van de voedingsstof op het metaal. Ook nu is roestvast staal weer het voorgeschreven metaal. Plantaardige en dierlijke vetten veroorzaken geen corrosie van austenitisch roestvast staal. Dierlijke vetzuren en vetzuren van cacaobonen zijn niet corrosief voor AISI 316, maar ze kunnen bij toenemende temperatuur gelijkmatige corrosie veroorzaken van AISI 304, lopend van maximaal 500 micron per jaar vanaf kamertemperatuur tot circa 150°C en boven deze laatste temperatuur bedraagt de corrosiesnelheid meer dan 1270 micron per jaar en er kan dan ook putcorrosie en spanningscorrosie optreden.

Suikerproducten

Suiker is als chemische stof betrekkelijk inert, terwijl het

in opgeloste vorm bij kooktemperatuur zuur kan reageren (pH 3,5 tot 5). Sporen van metalen geven geen nadelige effecten. Voor het verwerken van suiker alsmede van suiker oplossingen in aanverwante industrieën kan worden volstaan met koolstofstaal. De verwerking van vruchten tot jam en puree, die in essentie bestaat uit koken in open pannen, is hiermee nauw verwant. De milieu-invloeden zijn hier de natuurlijke zuurheid van het fruit en de mogelijke aanwezigheid van zwaveldioxide, afkomstig van opgeslagen fruitpulp. Traditioneel werd hier koper toegepast, verder gietijzer, hetzij blank hetzij vertind of zelfs verzilverd. Vandaag de dag wordt ook hier nog uitsluitend roestvast staal toegepast. Hiervoor kan zowel AISI 304 als 316 worden gebruikt; tussen beide typen is in dit milieu geen verschil te bespeuren. Bij een concentratie van zo'n 40% suiker en bij een temperatuur van 75°C vertonen zowel AISI 304 als 316 een gelijkmatige corrosie die kan liggen tussen 500 en 1270 micron per jaar. Bij de fabricage van snoepwaren, inclusief chocolade, bestaan de hoofdingrediënten uit suiker en glucose, melk, inclusief gecondenseerde melk, en cacao boter en de hoofdbewerkingen zijn koken en mengen. Cacao boter is net als andere eetbare vetten gevoelig voor ranzig worden als gevolg van oxidatie. Ook hier wordt weer roestvast staal toegepast.

Groenten

Bij de fabricage van tafelzuur en saus zijn azijn, een oplossing van ongeveer 5% azijnzuur, en zout bij temperaturen tot het kookpunt de belangrijkste corrosieve stoffen. Natriumchloride, in het bijzonder in aanwezigheid van zuurstof en zuren, veroorzaakt snelle aantasting. Metaalverontreiniging, in het bijzonder ijzer, veroorzaakt donkerverkleuring door reactie met aanwezige tannine. Austenitisch roestvast staal, zowel AISI 304 als 316, is volledig bestand tegen tanninezuur in alle concentraties. Bij de fabricage van tafelzuur en saus wordt het gebruik van roestvast staal aanbevolen. Er wordt echter beweerd dat het aroma van piccalillysaus beter tot zijn recht komt in aanwezigheid van ijzer. Deze mening vindt haar weerklank in het feit dat voor de opslag gebruik wordt gemaakt van gietijzeren procesvaten.

Vlees- en visproducten

Ondanks alle aandacht voor hygiëne en reinheid kan er corrosie optreden van basismetalen door vleessappen, zodat vlees en vis nadelig worden beïnvloed door metaalverontreiniging.

Voor de fabricage van soepen en pasta's wordt het gebruik

van roestvast staal aanbevolen. In de cornedbeef-industrie en voor het voorkoken van vlees wordt gebruikgemaakt van koolstofstaal.

Overige voedingswaren

Veel voedingswaren verkeren in droge toestand of in poeder vorm en bieden doorgaans geen corrosieproblemen van betekenis, hoewel apparatuur van koolstofstaal die voortdurend in gebruik is, lichtgeroeste oppervlakken kan ontwikkelen. Dit metaal is dan ook ongewenst als het zijn weg vindt tot in de eindproducten. Reinigen van charges droge voedingswaren vormt dan een oplossing van dit probleem als om wat voor reden dan ook roestvast staal niet wordt gebruikt. Er dient melding te worden gemaakt van glutaminezuur en invertsuiker die worden toegepast in voedingswaren en die het gebruik vereisen van materiaal dat is bestand tegen het gebruik van zoutzuur bij de bereiding en van de aroma-oliën die bij voorkeur dienen te worden opgeslagen en bereid in roestvast stalen vaten en apparatuur. Austenitisch roestvast staal van het type AISI 304 en 316 en equivalenten typen zijn niet bestand tegen verdund glutaminezuur, maar wel tegen glutaminezuur in een concentratie van 100%.

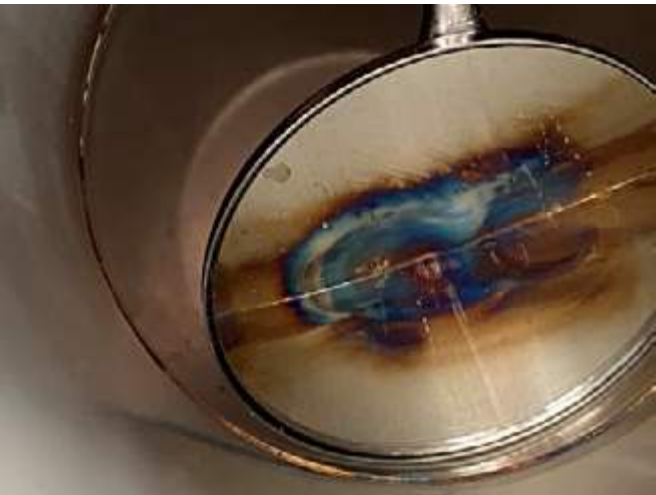
Wat is Hygienic Design Network?

HDN is een organisatie die als doelstelling heeft om techniek beter te verbinden aan voedselveiligheid en reinigbaarheid. De stichting zet zich in voor erkenning van het vakmanschap dat daarbij van toepassing is en gewaardeerde herkenning daarvan bij de afnemers. Een hygiënische las en de certificering van dat vakmanschap is daar een heel goed voorbeeld van.

Hans van der Steen

Waarom het certificaat Hygienic Welder

Samen met diverse lasbedrijven maar vooral ook het NIL, heeft HDN een certificaat ontwikkeld om het vakmanschap van een hygiënisch lasser te onderscheiden. In de praktijk blijkt maar de helft van de gecertificeerde lassers (EN9606), in staat te zijn om een hygiënische las te leggen. We leggen u uit wat dit certificaat inhoudt. Iedere discipline binnen het ontwerpen, bouwen, onderhouden en gebruiken, spreekt zijn eigen taal. Vaak is dit in niet gestandaardiseerde begrippen en symbolen. Omdat die niet op elkaar afgestemd zijn, is het maken van een fout onvermijdelijk. Natuurlijk gaat er veel goed, maar dat heeft dan meer te maken met de lage risico's van de betreffende toepassing of het niet herkennen van een fout door de opdrachtgever.



Afbeelding 1: Iemand met 30+ jaar las ervaring en alle TIG certificaten is geen garantie voor een goede hygiënische las.

Op basis van veel interviews met de diverse specialisten zijn lesprogramma's opgezet en op elkaar afgestemd. Een hygiënische las is een onlosmakelijke verbinding van componenten en heeft een directe invloed op de volgende aspecten:



(afbeelding 2: Die specifieke vaardigheid is aantoonbaar via het NIL/ HDN certificaat "Hygienic Welder")

- Voorkomen corrosie
- Voorkomen bacteriegroei
- Reinigbaarheid
- Voorkomen barrières in zelfdrainendheid

Voorkomen van corrosie

Met lassen veranderen de metallurgische eigenschappen in het lasgebied en dit kan een enorme invloed hebben op het herstellen van de oxidehuid in die omgeving. Corrosie is vervuiling en daarom een onaanvaardbaar risico binnen de voedingsmiddelen industrie. Maar als je investeert in RVS, wil je natuurlijk ook geen corrosie. Dus je voldoet dan niet aan de verwachting van de klant. Beide kunnen gevolgen hebben voor u en uw bedrijf. Een hygiënische las dient ter voorkoming van corrosie. De mogelijke corrosie in het lasgebied is het gevolg van verbranding of te zware doorlassing.

De chroomoxidehuid (bescherming tegen corrosie) is het gevolg van een verbinding tussen zuurstof en Chroom (min. 11%). Voor het herstellen van de oxidehuid moet een verbinding tussen die twee mogelijk zijn. Wanneer door ver-



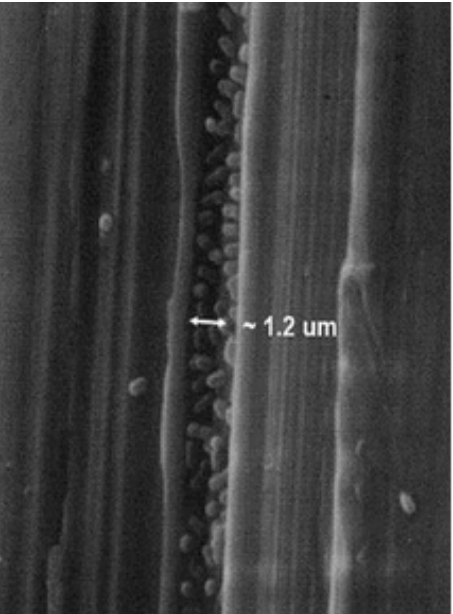
branding of vervuiling geen zuurstof bij de Chroomdeeltjes kan, zal het Chroom een verbinding aangaan met Carbon. Er ontstaan dan onwenselijke Chroomcarbiden. Doordat in het lasgebied de samenstelling van het RVS veranderd kan er tevens Ferriet of Martensiet ontstaan. Uiteindelijk zal de ontstane corrosie zich uiten in putjes of gaten. Lekkages zijn natuurlijk funest, maar een putje is ook een plek waar vuil ophoopt en bacteriën kunnen groeien. Mogelijk corrosie als gevolg van een las:

- Putcorrosie (doorbreken oxidehuid)
- Interkristallijne corrosie – (Chroomcarbiden zorgen voor een verarmde structuur)
- Spanningscorrosie – (Scheuren in materiaal en oxidehuid)
- Vliegroeist – (mineraalhechting door ontstaan magnetisme)

Een hygiënische las is erop gericht om deze corrosie soorten te voorkomen.

Voorkomen bacteriegroei

Een bacterie heeft heel weinig ruimte nodig om te gedijen. In de juiste omstandigheden verdubbelt het aantal gemiddeld iedere 20 min. Een kleine ruimte als gevolg van een kras, verbranding of onvolledige doorlassing is daar uitermate geschikt voor. Deze zogenaamde capillaire ruimtes zijn een broeiplaats en zijn te klein om tijdens een reiniging schoon gespoeld te worden. De bacterie kan dus iedere productiebatch besmetten en wordt langzaam resistent.



De juiste behandeling van het materiaal tijdens bijvoorbeeld het zagen en afbramen is noodzakelijk om zonder krassen te beginnen. Maar vooral de las moet volledig doorgelast worden. Er mag wat holling zijn en ook een bepaalde bolling. Wanneer de las te dik is, kan er in de schaduwzijde achter de las ook een luwte ontstaan waar een bacterie kan groeien zonder weggespoeld te worden.

Reinigbaarheid

Hygiëne en reinigbaarheid zijn onlosmakelijk aan elkaar verbonden. Een hygiënisch proces moet iedere keer weer schoon opgestart kunnen worden. In de voedingsmiddelen industrie worden leidingsystemen en machines dagelijks of tussen twee batches gereinigd. Vaak gebeurt dit geautomatiseerd zonder de installatie te demonteren. Cleaning in Place of meestal CIP genoemd.





Vergelijk dit met het afwassen in een vaatwasser. Niet alle materialen zijn vaatwasser geschikt en het vraagt ook om de juiste plaatsing van de vaat. Wanneer je dode ruimtes creëert, zal niet alles schoon worden. Dit geldt ook voor een CIPO gereinigd systeem. Het reinigen gebeurt met een zuur en/of met een alkalisch middel. De pH waarde varieert daarbij tussen pH 2 en 12. Dit zijn best hoge waardes ondanks de lage concentratie die toegepast wordt. Deze pH waarden hebben invloed op de Oxidehuid en daarom is een volwaardig herstellende oxidehuid gewenst om het lasgebied te beschermen tegen corrosie. Maar de las kan nog meer invloed hebben op de reinigbaarheid. Wanneer de twee te lassen delen niet goed zijn uitgelijnd of wanneer je twee verschillende binnendiameters aan elkaar last, krijg je door de uitlijnigheid ook een schaduwzijde. Achter die schaduwzijde wordt het ook niet schoon. Dit geldt ook voor andere imperfecties of afwijkingen in de las. Vandaar dat de acceptatiecriteria van de las ook gericht zijn deze aspecten.

Voorkomen van barrières in zelfdrainendheid

Een hygiënische systeem dat geautomatiseerd gereinigd wordt kan niet handmatig gedroogd worden. Het is dus zaak dat dit systeem volledig leeg kan lopen. Dit noemen we zelfdrainendheid of zelfledigheid. Vaak zijn die systemen onder afschot gelegd om dit proces te forceren. Er mag geen water, reinigingsmiddel of desinfectiemiddel na het reinigen achter blijven in het systeem. Dit is besmetting voor de volgende productiebatch en een broeiplaats voor bacteriën. Een las is een permanente verbinding en het op de juiste manier plaatsen is essentieel. Het gelaste component en de las zelf mogen geen barrière vormen in de gewenste zelfdrainendheid. Veel componenten zijn ontworpen om goed te kunnen reinigen inclusief de zelfdrainbaarheid. Wanneer die niet juist geplaatst worden, is dat component een risico geworden.

Functieprofiel Hygienic welder

Zoals hierboven weergegeven is het hygiënisch lassen een specialisme en daarom hebben met belanghebbenden uit de hele keten een functieprofiel opgesteld voor die vakmensen uit die disciplines. Hierbij hebben we gelet op het gewenste lasresultaat, dus de lasvaardigheid en ook de vereiste lasregistratie. Maar daarnaast ook naar het gewenste kennisniveau gekeken, waarbij de invloeden op corrosiebestendigheid, reinigbaarheid en voedselveiligheid centraal staan. Om aan het functieprofiel van de Hygienic welder te voldoen, is de opleiding meer dan alleen een vaardigheidstraining. Het doel van deze theorie is de bewustwording van het hygiënische deel van dit vak en kennis van roestvaststaal. Doel is dat de werkzaamheden van de Hygienic welder geen negatieve invloed heeft op voedselveiligheid en corrosiebestendigheid.

Wilt u meer weten over de Hygienic welder, neem dan contact op met HDN: info@hdn4food.com

Elektrolytisch polijsten van roestvast staal

De farmaceutische industrie, de voedingsmiddelenindustrie en de verwerkers van poeders, detergenten, lijmen, rubber en latex hebben dagelijks te kampen met problemen van reiniging, aankleven in trechters, filters, leidingen, afvulapparaten en reservoirs. Elektrolytisch polijsten van roestvast staal kan hier de oplossing brengen. Door de farmaceutische bedrijven wordt het elektrolytisch polijsten al een aantal jaren voorgeschreven als laatste oppervlaktebehandeling voor de proces installaties. Het is trouwens de enige oppervlaktebehandeling die een volledig hygiënisch oppervlak tot resultaat heeft. Dit is niet het enige voordeel: het reinigen van elektrolytisch gepolijst roestvast staal verloopt veel vlotter, dus goedkoper. Wie het bij constructies voor de farmaceutische industrie nog houdt bij louter manueel polijsten speelt met vuur.

Samen met diverse lasbedrijven maar vooral ook het NIL, Door het risico op bacteriologische besmetting, de druk van het Iso-certificaat, de reinigingscyclus die automatisch en snel moet verlopen, het vermijden van productiekosten en - verliezen, vindt het elektrolytisch polijsten ook steeds meer ingang in de voedingsmiddelenindustrie. De farmaceutische en voedingsmiddelenindustrie zijn reeds voldoende vertrouwd met het procédé, maar iedere sector die met reinigen te maken heeft kan er zijn voordeel uithalen. Enige voorwaarde: de te behandelen voorwerpen moeten in roestvast staal geconstrueerd zijn.

Werkingsprincipe en kenmerken van het proces

Het elektrolytisch polijsten is een galvanisch proces dat hoofdzakelijk van toepassing is voor austenitisch roestvast staal. De te behandelen onderdelen doorlopen een bepaald circuit van chemische baden. De belangrijkste stappen zijn het ontvetten, het beitsen en het elektrolytisch polijsten zelf. Deze hoofdbehandelingen worden gescheiden door spoelbaden. In tegenstelling tot de algemeen bekende galvanische processen wordt geen laag op het werkstuk aangebracht. De te behandelen stukken worden anodisch opgehangen in de behandelingsbaden. Onder invloed van elektrische stroom en badchemicaliën gaan de beschadigde en verontreinigde oppervlaktelagen in oplossing. Het oplossen van het materiaal gebeurt op microschaal en werkt in op de plaatsen met de grootste ruwheid. De macrostructuur blijft volledig behouden; het oppervlak is gladder geworden.

De verontreinigingen en austeniet beschadigingen worden tot een dusdanige diepte weggenomen dat het metaal weer in zijn oorspronkelijke, ongerepte en reine toestand aanwe-



Warmtewisselaar behandeld voor weerstand tegen aankleven en hoge reinigbaarheid.

zig is. Het geëlektropolijste oppervlak is metallisch zuiver en vertoont zelfs een lichte verrijking aan chroom. Tijdens het elektropolijsten wordt aan het metaaloppervlak zuurstof ontwikkeld. Deze situatie bewerkstelligt een homogene, passieve chroomoxidehuid die tot tienmaal dikker is dan oorspronkelijk. Derhalve heeft een geëlektropolijst opper-



vlak een sterk verbeterde corrosiebestendigheid ten opzichte van anders behandelde oppervlakken. Deze procedure die terzelfdertijd een kwalitatieve en esthetische meerwaarde voor het product realiseert, wordt meestal als zelfstandige en enige oppervlaktebehandeling voor roestvast staal toegepast. Het is ook perfect mogelijk het elektrolytisch polijsten in combinatie met andere oppervlakte behandelingen toe te passen. Het is duidelijk dat bij een installatie voor elektrolytisch polijsten een grondige waterzuivering voorzien is. Deze waterzuivering maakt een belangrijk deel uit van de investerings- en werkingskosten.



Reactoren voor de polymeerchemie, inwendig elektrolytisch gepolijst voor hoge weerstand tegen aankleven.

Specifieke eigenschappen

De voordelen van het proces zijn meervoudig en hangen af van de toepassing.

- Door het veredelen van het oppervlak (hoger Cr en Ni %) ontstaat een veel hogere corrosiebestendigheid.
- Het is een bekend gegeven dat in de omgeving van de lassen het chroomgehalte lager wordt dan 12%, zodat je hier in feite geen roestvast staal meer hebt.
- Door het elektrolytisch behandelen wordt de materiaalstructuur volledig hersteld en de lasverkleuring weggevoerd.
- Ook spanningsconcentraties, dikwijls oorzaak van spanningscorrosie, worden weggenomen.
- Deze behandeling zorgt voor een harder en meer ontspannen materiaaloppervlak, zodat ook de weerstand tegen erosie lichtjes verbetert.
- Verder stellen we een verminderde wrijvingsweerstand en ruwheid vast, alsook een verhoogde oppervlaktezuiverheid.
- Onderzoek onder de elektronenmicroscopie toont aan dat na elektrolytisch polijsten de zuivere austenietstructuur aan de oppervlakte komt. De metaalkorrels sluiten perfect op elkaar aan. Dit is een verklaring voor de verhoogde weerstand tegen putcorrosie en de hoge weerstand tegen aankleven.



Balustrade in zeeomgeving voor blijvend nieuw uitzicht (eliminatie en voorkomen van roest- en bruinvorming).

- In de kernenergie en de biotechnologie wordt een verminderde besmettingsgraad vastgesteld.
- Een ander voordeel is de perfecte reproduceerbaarheid van het proces door de zeer geringe materiaalafname (15 à 40 µm).
- Het proces kan ook worden toegepast voor het herwaarderen van reeds gebruikte apparaten.
- Meer subjectief zijn de verhoogde esthetische waarde en de verhoogde marktwaarde van de behandelde producten.

- Ook aan te stippen valt dat het een economisch en rationeel proces betreft dat met korte levertijden werkt.

Enige aandachtspunten

Om het procédé te kunnen toepassen moet men wel over de geschikte staalsoort beschikken. Meest aangewezen zijn de austenieten AISI 304, 304L, 316, 316L. Gestabiliseerde staalsoorten geven minder resultaat of geven aanleiding tot storingen in het oppervlak. Ook moeten de reinigings-, lasen constructieprocedures op het elektrolytisch polijsten afgesteld zijn. Dit gebeurt het best in overleg tussen constructeur en oppervlaktebehandelaar.

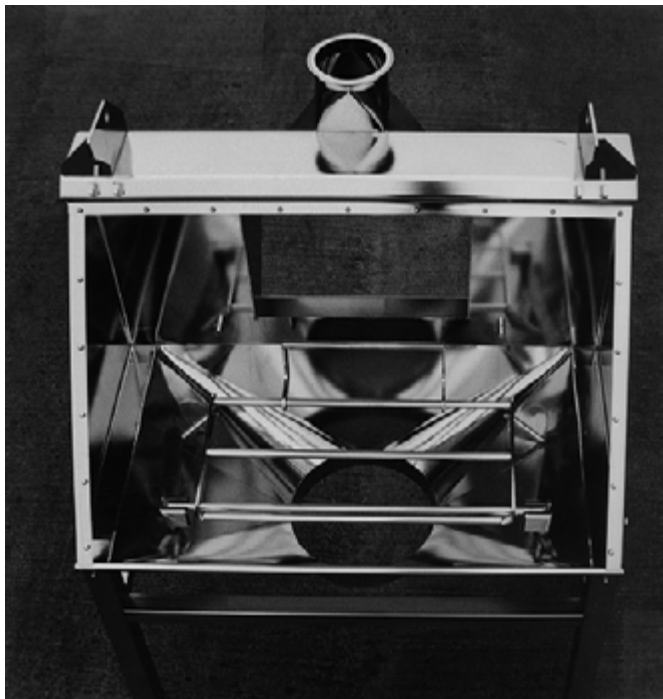
Voorbeelden van toepassingen

- Zuivergassystemen - Onder andere voor micro-elektronica en chip-productie. Clean room - Beperken van vrije stof- en metaaldeeltjes. Stofvrije reinigbaarheid. Gladde en schilfervrije oppervlakken.
- Farmacie en biotechniek - Realisatie van deeltjes- en vezelvrije oppervlakken. Hoge bestendigheid tegen putcorrosie (voorkomen dat metaaldeeltjes in geneesmiddelen terechtkomen). Pyrogeenvaste roestvaststaaloppervlakken zijn slechts te realiseren via hoogwaardige elektro-



- polijstkwaliteit- oppervlak vrij van microspleten.
- Kerntechnologie - Elektrolytisch gepolijste oppervlakken nemen 10 keer minder radioactiviteit op dan niet-behandelde oppervlakken en zijn ook veel gemakkelijker te decontamineren.
- Pulp- en papierindustrie - Vermijden van neerslagvorming en aankleven bij onder andere het indikken van sulfaatafvalloog. Vermijden van aankleven en afscheuren aan de inlaat van papiermachines.
- Vacuümtoepassingen - Elektrolytisch behandelde oppervlakken vertonen bij hoogvacuüm een veel geringere desorptie en uitgassing. De pomptijden kunnen tot factor tien verkort worden en dit bij een veel betere en stabielere vacuümkwaliteit.
- De procesindustrie - Het elektrolytisch polijsten geeft een andere dimensie aan de zuiverheid van leidingen, koppelstukken, spuitmonden, staalnamepunten.
- Warmtewisselaars (buis of plaat) - Vertonen door elektropolijsten weinig tot geen aankleving, wat ten goede komt aan het warmte-uitwisselend rendement. Ook de putcorrosieweerstand in pek en zeemilieu stijgt sterk door elektropolijsten. Onderhouds- en reinigingskosten komen soms helemaal te vervallen na elektropolijsten.
- Voedingsmiddelenindustrie - In de voedingsmiddelenindustrie heeft het elektropolijsten reeds lang zijn nut bewezen op het vlak van hygiëne, reinigbaarheid en het voorkomen van bacteriegroei. Afvultrechters, glijbanen en doseersystemen bij productie van chips, frieten en kroketten, worden elektrolytisch gepolijst. Dit zorgt voor een efficiënte reinigbaarheid van oppervlakken tegen vetten en zetmelen. Het elektrolytisch ontbramen van geslepen messen voor de voedingsmiddelenindustrie voorkomt dat metaaldeeltjes in de voedingsmiddelen terechtkomen. Filters, mengers en roerwerken zijn na elektropolijsten veel gemakkelijker te reinigen. In bepaalde toepassingen komt zelfs geen aanlading meer voor. Een zeer belangrijk voordeel is dat bij een elektrolytisch gepolijst oppervlak, de smaak en kleurstabiliteit van de voedingsproducten sterk toeneemt. Voorbeelden zijn: babyvoeding, mayonaise, aroma's en smaakstoffen, tomatenpuree, yoghurt, eiprodukten.
- De bouw - Jachtbouwers maken al jaren gebruik van dit procédé om hun relingen, uitlaten, stoelen, roeren enzovoort op een economische manier bestendig te maken tegen zee milieu. Terzelfdertijd bekomen ze een esthetisch glanzend product.
- Roestvaststaal buitenverlichting, hekwerk en balustrades - Deze worden elektrolytisch gepolijst om te voorkomen dat het oppervlak na blootbestelling aan de buitenom-

geving, de typische bruine roestspatjes gaat vertonen. In de architectuur blijkt dat elektropolijsten van roestvast staal onmisbaar is. Het elektrolytisch polijsten van austenitisch roestvast staal kan quasi onbeperkt toegepast worden. Voor elektrolytisch polijsten kunnen in aanmerking komen kleine onderdelen als rondsels tot chemieproductietanks van 50.000 liter. Belangrijk is dat de opdrachtgever reeds in de ontwerpfase afsprekt met de elektropolijster om tot een optimaal resultaat te komen.



Poederbunkers, zakkenstorten, inwendig behandeld voor goede doorstroming van granulaten, bulkgoederen en poeders.

Conclusie

Voor alle industrieën en toepassingen die met aankeef- en reinigingsproblemen te maken hebben kan het elektrolytisch polijsten een oplossing bieden. In veel gevallen zijn de investeringskosten binnen een jaar terugverdiend. Soms zijn de investeringskosten lager dan één onderhoudsbeurt. Voor toepassingen die met hygiëne te maken hebben wordt het elektrolytisch polijsten een noodzaak. In zeer veel toepassingen waar corrosieproblemen optreden kan elektrolytisch polijsten een oplossing brengen. Dit kan zowel in situaties van oppervlakkige roestvlekjes als bij gevallen van zware putcorrosie. Het elektrolytisch polijsten realiseert een superhygiënisch en uiterst corrosievast oppervlak dat met geen enkele andere oppervlaktebehandeling te verkrijgen is.

Roestvast staal en het coronavirus

Op de website van Wikipedia kunnen we lezen dat een virus een organische structuur betreft die zeer klein en besmettelijk is. Een virus kan zich alleen voortplanten in levende cellen van organismen. Virussen kunnen alle levensvormen besmetten, zowel mensen als dieren maar ook zelfs planten en micro-organismen. Een virus bestaat uit erfelijk materiaal verpakt in een eiwitmantel. De grootte van een virusdeeltje varieert tussen de 20 en 300 nanometer waardoor een virus niet met een gewone microscoop is te zien, maar wel met een elektronenmicroscoop. Dat geldt dus ook voor het Coronavirus. Een nanometer is overigens 10^{-9} meter.

Ko Buijs – Innomet Consultancy BV

Zoals hierboven is gesteld, heeft het coronavirus levende cellen nodig om zich voort te planten. Komt echter een dergelijk virus in contact met een materiaal, dan zal dit virus dit uiteindelijk niet overleven. Toch ziet het coronavirus wel kans om een bepaalde tijd in leven te blijven op verschillende materialen. In onderstaande tabel zijn wat voorbeelden hiervan te zien. Deze gegevens zijn tot stand gekomen dankzij een onderzoek van 'National Institute of Allergy and Infectious Disease' dat door de Amerikaanse overheid gefinancierd is.

Medium of materiaal	Tijd van overleven
vochtige lucht	Tot 3 uur
Op koper	Tot 4 uur
Op karton	Tot 24 uur
Op plastic	2 tot 3 dagen
Op roestvast staal	2 tot 3 dagen

Tabel: overlevingstijd coronavirus op verschillende materialen.

Hieruit blijkt dat roestvast staal en plastic er bepaald niet best vanaf komen. De reden bij roestvast staal is de perfect afgesloten chroomoxidehuid die geen interactie heeft met aanwezige micro-organismen. Koper daarentegen, heeft een sterke biocidale werking zodat schadelijke levende cellen veel eerder gedood zullen worden dan bij roestvast staal. Een goed voorbeeld zijn de vele antifouling coatings die koper bevatten. Dit koper zal de aangroei van allerlei levend organisme frustreren en zelfs beletten. Hierdoor zal het buitenoppervlak van een scheepswand nagenoeg vrij blijven van zeepokken, wier, algen, schelpdieren e.d. Met vocht zal er zelfs een dunne giftige film ontstaan van koper-oxychloride.

ride. Deze toxische techniek is al eeuwen lang op schepen toegepast. Dat het slecht voor het milieu is, heeft verder geen betoog. Daarom zijn er tegenwoordig meer milieuvriendelijke anti-fouling op de markt gebracht. Als dit virus op koper komt samen met filmpje vocht, dan zullen er positief elektrische geladen koperionen ontstaan. Deze ionen reageren onmiddellijk met deeltjes die negatief geladen zijn. Dat betreffen vooral bacteriën die per definitie over een negatief geladen celwand beschikken. De verbindingen die dan ontstaan, verlagen de doordringbaarheid van de cellen waardoor er weinig voedingsstoffen door micro-organismen opgenomen kunnen worden. Er vindt dan geen celgroei of celdeling meer plaats waardoor ze na korte tijd afsterven. Het gehele mechanisme wordt nog verder versneld zodra er ook nog zilverionen aanwezig zijn. Dat is de reden dat in ziekenhuizen gebruik wordt gemaakt van koper- en zilverelektroden. Dit is vooral bedoeld om het drinkwater efficiënt te ontdoen van mogelijke legionella bacteriën. Zie desgewenst dit blog Dit dodingsmechanisme vindt dus helaas niet plaats op plastic en roestvast staal en de vraag is of daar wat aan te doen is. Plastic kan men in dit geval beter vervangen door karton voor zover dat uitvoerbaar is en roestvast staal door koper. Dat laatste is gemakkelijker gezegd dan gedaan en daarom volgt onderstaand een alternatief.

Jaren geleden werd ik op de hoogte gesteld van deurkruiken van roestvast staal die voorzien waren van een zilver nanolaagje dat als een biocide werkt. Zo lang dit laagje aanwezig is, zal dit een goede uitwerking hebben waardoor bacteriën relatief snel zullen afsterven. Een deurkruk komt namelijk in contact met vele verschillende handen die ook mogelijk besmet kunnen zijn. Dat geldt ook voor trapleuningen en bordessen van roestvast staal. Vanuit de praktijk kwam er toen behoefte aan een materiaal dat door en door biocidaal was. Daarom kwamen wij op de gedachte een legering te kiezen waar een bepaalde hoeveelheid koper in aanwezig was. We kozen daarom voor een legering met enig koper waardoor het roestvast staal uiterlijk behoorlijk



op peil bleef. Wel werd de kleur wat warmer wat voor vele decoratieve toepassingen juist aantrekkelijk bleek te zijn. Er zijn toen testmonsters opgestuurd naar een onafhankelijk en erkend laboratorium die deze koperhoudende legering heeft vergeleken met roestvast staal, voorzien van een zilver nanolaagje. Deze twee opties bleken even goed te functioneren met het oog op het doden van bacteriën. Het grote voordeel van de koperhoudende legering is dat de biocidale werking door en door is. M.a.w. komt er slijtage, dan zal

de werking er niet minder om worden. De verwachting is echter wel dat virussen zich niet zo snel onschadelijk zullen laten maken als bacteriën. Dat geldt trouwens ook voor het zilveren nanolaagje. Tenslotte is het van belang te melden dat laag koperhoudende roestvast staalsoorten niet over voldoende koper beschikken om bovenstaande werking te realiseren. Een voorbeeld hiervan is roestvast staal type EN 1.4539 (904L) met 1- 2 % koper. Daar is dus een hoger kopergehalte voor nodig.

De zuurgraad in relatie tot mogelijke corrosie van metalen

De zuurgraad van een waterige oplossing wordt veelal aangeduid met de term pH. Waar die eenheid van afgeleid is, weet men niet precies maar het lijkt aannemelijk dat dit komt van de Latijnse uitdrukking “potentia Hydrogenium”.

Deze waarde wordt gedefinieerd als de negatieve logaritme van de concentratie waterstof (H^+) ionen. Bij een pH-waarde van 3 bevat het water 10-3 mol/liter waterstofionen. Bij neutraal water is de pH-waarde c.q. de zuurgraad 7 en een lagere waarde betekent dat het milieu zuur van aard is. Omdat de schaal logaritmisch is, kan gesteld worden dat een oplossing met een zuurgraad van pH 6 ($10^{-6} H^+$) tien keer zo zuur als neutraal water. Zodra een zuur in water komt, komen er positieve waterstofionen (H^+) vrij. Des te meer van deze ionen aanwezig zijn des te zuurder de oplossing wordt en dat betekent een steeds lagere pH. Wanneer echter een base in water komt dan ontstaan er OH^- ionen waardoor het water juist minder zuur wordt. Zoutzuur (HCl) opgelost in water geeft onmiddellijk positieve waterstofionen (H^+) en negatieve (Cl^-) chloorionen. Basen lossen ook op in water en splitsen zich in het negatieve hydroxide

(OH^-) en positieve (Na^+) natriumionen. De zuurgraad van een waterige oplossing is op verschillende manieren te meten. Een zeer bekende methode is de kleurverandering die m.b.v. lakmoespapier kan worden waargenomen. Hiermee kan men zien of een oplossing zuur of basisch is want in een zure oplossing wordt de stof rood en in een basische oplossing wordt dit blauw.

Daarnaast zijn er ook pH-elektroden op de markt die nauwkeurig de zuurgraad kunnen meten. Een hogere waarde van deze zuurgraad d.w.z. een pH-waarde van 7 tot 14 betekent dat men met een basisch milieu van doen heeft. De zuurgraad van een oplossing heeft invloed op de uiteindelijke corrosiegevoeligheid van een metaal. Een hoge pH doet het risico van lokale corrosie afnemen zodat zelfs bij een pH boven de 12 dit risico praktisch te verwaarlozen is.



Een pH-waarde van 6-9 geeft voor de meeste materialen in het algemeen weinig problemen. Voor koolstofstaal is een waarde van 8-9 ideaal en bij afwezigheid van zuurstof treedt normaal gesproken geen corrosie op. Bij aluminium mag het milieu niet te basisch zijn. Vaak wordt dit over het hoofd gezien wat in de praktijk problemen kan geven bij reinigings- en desinfectieprocedures omdat de middelen die hierbij worden gebruikt vaak basisch van aard zijn. Vanaf een pH-waarde van ongeveer 4-5 kan de kathodische deelreactie $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$ meespelen. Bij sterke zuren is deze reactie de motor achter de corrosieprocessen. Indien men een stalen spijker in 10% salpeterzuur legt dan ziet men hoe snel deze oplost onder ontwikkeling van waterstofgas. Een interessant praktijkgeval is de corrosiviteit van tomaten. Tomaten zijn namelijk behoorlijk zuur en hebben een pH van 4,5. Bedrijven die tomaten verwerken tot bijvoorbeeld tomatenketchup ervaren dan ook een relatief hoge corrosieve belasting van hun apparatuur. De reden is dat de invloed van de kathodische deelreactie zich hier laat gelden zoals hierboven beschreven.

Dat houdt dan gelijk weer in dat de anodische deelreactie wordt gestimuleerd. De anodische reactie is de oxidatie van metaalatomen tot metaalionen die daarbij in oplossing gaan waardoor er elektronen worden geproduceerd die in het metaal achterblijven (bijvoorbeeld $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$). De ontstane elektronen worden benut voor de kathodische reactie. Het resultaat is echter aantasting van het metaal en dat moet normaal gesproken voorkomen worden. Bij sterke reducerende zuren zoals zout- en zwavelzuur wordt de zuurgraad zo laag dat zelfs roestvast staal daar niet tegen bestand is. De beschermende oxidehuid kan dan zelfs dissociëren waardoor het materiaal versneld in oplossing gaat. Het materiaal is namelijk door de ontstane reductie zijn passieve huid kwijtgeraakt. Men zal dan andere metalen of legeringen moeten toepassen om dit probleem op te lossen. Dat betekent veelal kiezen voor hoogwaardige nikkellegeringen die daar speciaal voor ontwikkeld zijn.

Ruim 1.500 verpakkingen per Nederlander per jaar

Uit berekeningen van het ING Economisch Bureau blijkt dat Nederlanders per persoon ruim 1.500 stuks plastic voedselverpakkingen per jaar gebruiken. Gemiddeld zijn dat er zo'n vier per dag. Plastic draagt bij aan de houdbaarheid, voedselveiligheid en het gebruiksgemak van producten en is mede daardoor het meest gebruikte verpakkingsmateriaal voor voedingsmiddelen. De voedingssector heeft dan ook een groot aandeel in het totale plastic gebruik. Van de in totaal ruim 500 miljoen kilo plastic verpakkingsmateriaal die in Nederland jaarlijks op de markt komt, is ruim 40% bestemd voor voedingsmiddelen en dranken.



Thijs Geijer – Senior Sector Economist ING Research

Vijf verpakkingen per jaar minder kan groei tot stilstand brengen

De sleutel voor verandering ligt deels in de handen van de consument. Als consumenten jaarlijks vijf plastic verpakkingen minder zouden gebruiken, kan dit de groei van het aantal plastic verpakkingen stuiten. Voor een daadwerkelijke krimp van het totaal is op zijn minst een daling van meer dan vijf stuks per Nederlander nodig. Om dat te bereiken zullen consumenten een stukje gemak moeten opgeven.

Voedingssector beschikt over oplossingen, maar die zijn niet volmaakt

Voedingsproducenten en retailers kunnen op meerdere manieren toewerken naar minder plastic en betere plastic verpakkingen. Een vaak toegepaste manier is om steeds lichtere verpakkingen te gebruiken. Zo is het gewicht van sommige flessen in vijftig jaar tijd met de helft gedaald. Verder liggen er mogelijkheden in het gebruik van gerecycled plastic in plaats van nieuw plastic, in de overstap naar bio-based plastic en de toepassing van herbruikbare verpakkingen. Daarnaast kunnen aanpassingen aan het ontwerp en het gebruikte soort plastic recycling bevorderen. Stuk voor stuk helpen deze manieren om de milieudruk van plastic te verkleinen en de afhankelijkheid van olie en gas te verminderen.

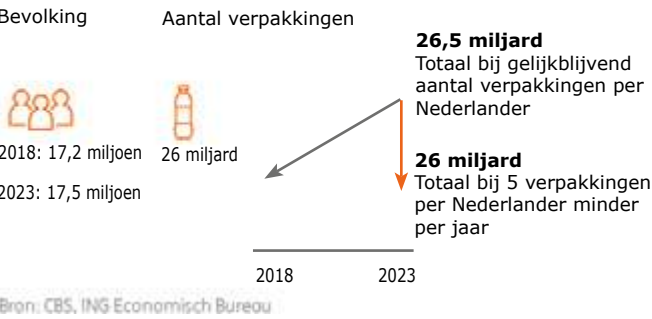
Consument ziet andere materialen als duurzamer

Een ruime meerderheid van de respondenten in de ING Vraag van Vandaag (64%) geeft aan plastic als minst duurzame verpakkingsmateriaal te zien. Aan de andere kant worden glas en karton als meest duurzaam gezien mede

Aantal plastic voedselverpakkingen groeit

Als er niets verandert blijft het totale aantal plastic verpakkingen in Nederland stijgen. Bevolkingsgroei zorgt namelijk voor een toename van circa 100 miljoen stuks per jaar tot aan 2023. Daarnaast neemt het gebruik per persoon toe doordat er meer voorbewerkte verse producten, kleine verpakkingen voor eenpersoonshuishoudens en gemakproducten voor onderweg worden gekocht.

De bevolking groeit, en alleen minder verpakkingen per persoon kan de opwaartse trend in het plasticgebruik stuiten



vanwege de langere traditie van gescheiden inzameling en het feit dat een groter deel uiteindelijk wordt gerecycled.

Meerderheid consumenten ziet plastic als minst en glas en karton als meest duurzame verpakkingsmateriaal
Aantal respondenten op de vraag: welke voedselverpakking is in uw ogen het minst en het meest duurzaam?



Bron: ING Vraag van Vandaag, 2 en 3 september 2019, gemiddeld 29.089 respondenten

Ander materiaal lost problemen niet altijd op

Als het gebruik van plastic problemen met zich meebrengt, waarom kiezen voedingsfabrikanten dan niet vaker voor blik, karton of glas voor hun verpakkingen? Hoewel andere materialen soms een uitkomst kunnen bieden, lost een overstap vaak niet alle problemen op. Zo is voor een vergelijkbare verpakking van glas of blik ten opzichte van plastic doorgaans meer materiaal en energie nodig. Dat komt onder andere de CO2 uitstoot niet ten goede.

Lees hier de volledige publicatie.



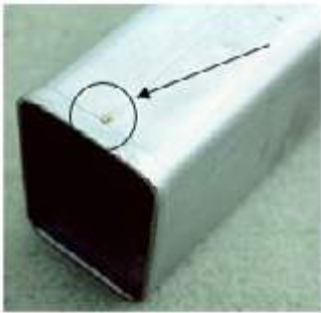
De thermische spot

Er was een vervelend corrosieprobleem ontstaan bij een Nederlands bedrijf dat apparatuur maakt voor de verwerking van vleeswaren. Een klant van hen in Canada had een grote partij hamcassettes afgekeurd. Deze cassettes waren vervaardigd van het roestvast staaltype AISI304. In deze cassettes werden hammen gevormd. Omwille van de hygiëne werden deze producten zeer regelmatig gereinigd en gedesinfecteerd met allerlei chemische middelen. De gebruikte middelen hiervoor konden in principe geen schade aan het betreffende roestvast staal bewerkstelligen. Dit bleek dan ook wel het geval te zijn geweest, echter op één plekje na, dat na een relatief kortstondig gebruik een behoorlijke roestvorming vertoonde.

Ko Buijs – Innomet Consultancy BV

Uiteraard was dit niet acceptabel voor de klant en men stuurde vele honderden cassettes terug hetgeen een enorme financiële strop dreigde te worden voor dit bedrijf. De vraag was aan mij was dus hoe deze plaatselijke corrosie was ontstaan en wat men eraan kon doen om dergelijke roestvorming in de toekomst te voorkomen. Ook vroeg men zich af of deze cassettes nog te redden waren met een bepaalde behandeling.

De cassettes waren opgebouwd vanuit roestvast staal plaatmateriaal. Aan de uiteinden werden de cassettes versterkt met een dunne strip zodat er T-vormige lassen ontstonden op de langsnaadlas en de dwarslas, die rondom tussen de cassette en de strip was gelegd. Precies op de kruising was de corrosie ontstaan, zoals op onderstaande afbeelding is te zien. De vraag was dus wat de oorzaak zou kunnen zijn van deze lokale corrosie.



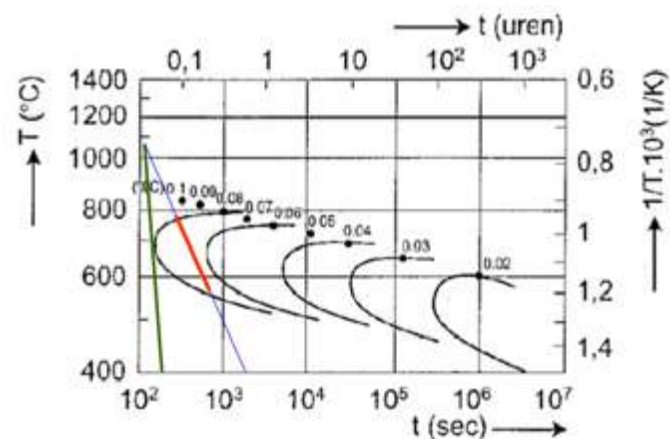
Roestvorming c.q. thermische spot op de kruislas (foto Innomet Consultancy b.v.)

Het was voor mij al heel snel duidelijk dat het roestplekje een zogenaamde thermische spot betrof, nadat ik het op-

gevraagde materiaalcertificaat had ingezien. Roestvast staal met een relatief hoog koolstofgehalte, zoals AISI304 en 316, scheiden chroomcarbiden uit als het materiaal te lang in het sensitieve gebied blijft.

In het TTT-diagram (tijd, transformatie en temperatuurdiagram) ziet men een neusvorm die ontstaat aan de onderkant door een te lage diffusiesnelheid van atomen en aan de bovenkant door een voldoende oplossend vermogen van chroomcarbiden in de matrix. Dat betekent dat juist in het tussengebied chroomcarbiden zullen ontstaan. Chroomcarbiden onttrekken chroom aan de matrix zodat zelfs lokaal het ‘vrije’ chroomgehalte onder de 12% kan komen waardoor het materiaal plaatselijk zijn passiviteit verliest en gaat roesten. Bij dunne plaat heeft men normaal gesproken bij AISI304 en 316 geen last van deze ongewenste uitscheidingen omdat de afkoeling dusdanig snel gaat, dat men niet door deze ‘neus’ gaat. In het geval van de hamcassette was de eerst gelegde las nog niet afgekoeld waardoor de kruislas te lang heet was gebleven met alle gevolgen van dien. Het relatief slechte warmtegeleidingsvermogen van austenitisch roestvast staal doet dan ook nog een behoorlijke ‘duit in de zak’. Op de onderstaande afbeelding zijn deze TTT-curves te zien. Dit worden ook wel de sensitiveringscurves genoemd. De schuin opgestelde lijnen stellen de afkoeling voor. Gedurende de tijd dat deze lijn de ‘neus’ van de curve doorloopt, zullen er chroomcarbiden in de matrix ontstaan. Dat wordt verder duidelijk gemaakt door het korte rode lijntje. Bij AISI304L en 316L is de ‘neus’ dermate naar rechts opgeschoven dat er normaal gesproken geen chroomcarbiden meer kunnen ontstaan. (zie afbeelding volgende pagina)

Dit probleem kan voorkomen worden door gefaseerd te lassen met voldoende afkoeling tussen de twee lasbewegingen. Op deze wijze is er geen tijd om die gevreesde chroomcar-



TTT-curven van austenitisch roestvast staal met verschillende koolstofgehalten.

biden te laten ontstaan. Ook kan men dit probleem vermijden door het gebruik van een laag koolstofhoudend roestvast staal zoals AISI 304L of 316L. Dan is er in principe geen voldoende koolstof in het materiaal aanwezig om chroomcarbiden te vormen. Het betreffende bedrijf heeft voor het laatste gekozen met een goed resultaat. Het was overigens niet nodig om de bestaande cassettes te verschromten want deze waren m.b.v. oplossend gloeien en afschrikken ook weer afdoende corrosiebestendig te maken. Men weet nu wat men in de toekomst moet doen om thermische spots te voorkomen. Dus voortaan gewoon een laag houdend type roestvast staal toepassen.