

Hygiënisch en aseptisch ontwerpen van roestvast staal apparatuur

Vanaf 1 januari 2005 is binnen de EU de nieuwe 'General Food Law' van kracht. Daardoor zijn steeds meer voedingsproducenten aansprakelijk voor mogelijke negatieve gevolgen. Daarnaast komen er wereldwijd steeds strengere regels ten aanzien van voedselveiligheid en de traceerbaarheid van ingrediënten. Goede voorbeelden zijn de aangescherpte regels van het Amerikaanse FDA (Food & Drugs Association) en de richtlijnen die de Ehedg (European Hygienic Equipment Design Group) heeft opgesteld. Het is daarom van groot belang dat producenten zich nog meer verdiepen in de vraag of hun apparatuur en leidingsystemen voldoen aan de nieuwste maatstaven.



Afbeelding 1: Microscopische opname van een gebeitst roestvast staal AISI 316L oppervlak. Duidelijk is de 'kanaalvorming' te zien op de korrelgrenzen. V = 1500x. (Foto: Dockweiler Nederland)

De European Hygienic Equipment Design Group (Ehedg) is opgericht op initiatief van een aantal grote Europese voedselproducenten omdat de bestaande Europese machinerichtlijnen onvoldoende zekerheid gaven over de hygiëne van procesapparatuur. Bijgestaan door apparatenfabrikanten en onderzoeksinstituten stelt de Ehedg internationale richtlijnen op voor het ontwerp en gebruik van hygiënische en aseptische procesapparatuur. Zo heeft het ook een richtlijn opgesteld voor het lassen van roestvast staal, genaamd 'Roestvast staal lassen om aan hygiëne-eisen te voldoen'.

Dit Ehedg-document is in eerste instantie bedoeld voor ingenieurs die betrokken zijn bij het installeren of onderhouden van procesinstallaties. Bovendien is het document ook nuttig tijdens onderhandelingen met installateurs om duidelijk aan te geven aan welke norm de lasverbindingen moeten voldoen en hoe de vereiste kwaliteit moet worden bereikt. Er wordt daarom uitvoerig ingegaan op de basiselementen van hygiënisch ontworpen procesinstallaties vooral met betrekking tot de lasverbindingen. Veelvoorkomende lasfouten worden behandeld in relatie tot de hygiënerisico's en er wordt omschreven wat een hygiënisch goede lasverbinding inhoudt. Ook blijkt in dit document dat TIG-lassen de juiste methode is om een aanvaardbare laskwaliteit te bereiken bij dunwandige roestvast stalen leidingen en vaten. De meeste aandacht gaat dan uit naar leidingen omdat dergelijke lassen over het algemeen geen nabewerking kunnen ondergaan aan de productzijde. Een effectieve methode om het aantal lasfouten te verminderen, is het automatiseren van het lasproces. Uit de praktijk blijkt dat automatisch orbitaal lassen zeer hygiënische lasverbindingen oplevert zodra de machine eenmaal juist is ingesteld. Dit is vooral te garanderen in combinatie met een automatische doorlassensor.

Roestvast staal

Tot voor kort werd voor frames en randapparatuur nog regelmatig gecoat koolstofstaal gebruikt. Dit is bij de meeste bedrijven nu steeds meer verleden tijd. Deze installatiedelen zijn dan ook vervangen door roestvast staal. Met andere woorden, ook de delen die niet in contact komen met voedsel of ingrediënten worden steeds vaker van roestvast staal vervaardigd. In de praktijk blijkt hoe relevant het is dat apparaten en systemen demonteerbaar zijn en dat deze bovendien geschikt zijn voor CIP (Cleaning in Place) en WIP (Wash in Place). Om afdoende te kunnen reinigen, dienen de systemen daarom hygiënisch of aseptisch te worden ontworpen.

Hygiënisch versus aseptisch

De termen hygiënisch en aseptisch zijn als volgt gedefinieerd:

- hygiënisch is van toepassing als de toename van de concentratie van microorganismen tijdens de procesvoortgang gering is;
- aseptisch is van toepassing als de toename van de concentratie van microorganismen tijdens de procesvoortgang nihil is.

De conditie van de binnenkant van bijvoorbeeld buizen is in feite veel belangrijker dan de buitenkant, met andere woorden 'What you see is not always what you get'. Een algemene regel is dan ook dat vóór de pasteur hygiënisch wordt gewerkt

en na de pasteur aseptisch. Een roestvast staal oppervlak heeft een bepaalde ruwheid wat de ruwheidswaarde wordt genoemd. Deze wordt uitgedrukt in μm als opvolger van 'ru'. $1 \text{ Ru} = \mu\text{inch} = 1/40 \mu\text{m}$. De ruwheidswaarde of Ra-waarde is gedefinieerd in NEN 3631 en 3632. Ra staat voor Ruwheid Average of wel gemiddelde ruwheid. Een sanitair ontwerp is 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 te weten de Sanitary standard (vooral voeding en zuivel), de Highclean standard (vooral cosmetica) en de Biopharm standard (vooral biotechnologie en farmacie). Bij de sanitary standard gelden hoofdzakelijk AISI 316(L) en 304(L) met een $Ra < 1,6$ en bij de highclean standard wordt alleen nog AISI 316(L) met een $Ra < 0,8$ gebruikt. Bij de biopharm standard komt het er nog veel meer op aan en daarom gebruiken ze daar AISI 316(L) met een $Ra < 0,4$. Deze oppervlaktekwaliteit wordt vooral bereikt door elektrolytisch polijsten. Om aan algemene hygiënische eisen te voldoen, volgen hier enkele aanbevelingen.

1. Voorkom uithollingen of uitsteeksels.
2. Pas sanitaire gecontroleerde doorlassingen toe.
3. Pas oppervlakken toe met een gedefinieerde Ra waarde.
4. Vermijd altijd dode hoeken.
5. Vermijd afgesloten ruimtes.
6. Zorg voor een goed afschot.



Afbeelding 2: Elektrolytisch gepolijst roestvast staal 316L oppervlak dat geen kanaalvorming meer toont op de korrelgrenzen. $V = 1500x$. (Foto: Dockweiler Nederland)

7. Pas zo groot mogelijke radiussen toe.
8. Vermijd zoveel mogelijk elastomeren (zorg dat elastomeren voldoen aan internationale regelgevingen zoals FDA 177.2600).

Oppervlakteruwheid

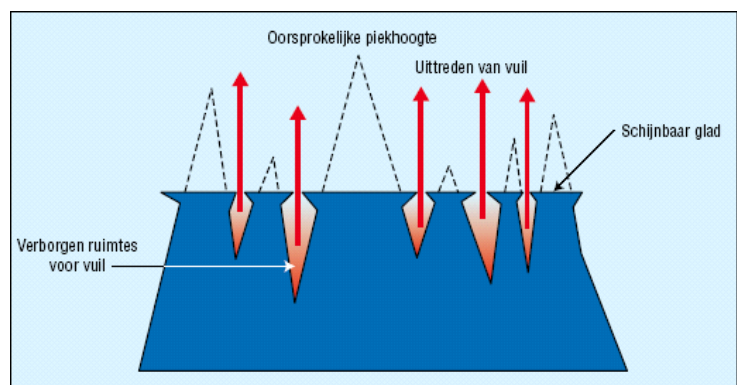
Naarmate het oppervlak ruwer wordt, wordt de reinigingstijd langer met meer chemicaliën, meer milieubelasting en uiteraard meer kosten. Stel we trekken een geslepen staal oppervlak glad, dan blijkt het effectieve oppervlak wel 2,5 tot 4 keer zo groot te worden. Daarom geeft een geslepen oppervlak een grotere kans op de vorming van micro-organismen, zij kunnen zich gemakkelijk op een dergelijk 'ruw' oppervlak nestelen. Dergelijke oppervlakken vragen behoorlijk veel reinigingstijd. Ook gebeitste oppervlakken zijn veelal enigszins preferent 'aangetast' op de korrelgrenzen zoals op afbeelding 1 is te zien. Aantasting van de korrelgrenzen leidt ook tot een groter oppervlak en het geeft op die plaatsen ook gelegenheid voor de aangroei van bacteriën en microorganismen. Na het elektrolytisch polijsten met een ruwheid van $R_a = < 0,2 \mu\text{m}$ verdwijnt de kanaalvorming totaal op de korrelgrenzen (afbeelding 2). Dat leidt tot uiterst korte reinigingstijden omdat er nu eenmaal minder mogelijkheden bestaan dat allerlei organismen zich in de 'gaten' nestelen. Bovendien verdwijnt er tijdens het elektrolytisch polijsten verhoudingsgewijs meer ijzer dan chroom vanuit het oppervlak waardoor ter plaatse in absolute zin meer chroom overblijft. Dit komt de corrosiebestendigheid ten goede. De voordelen van een elektrolytisch gepolijst oppervlak zijn als volgt samen te vatten:

- minimaal oppervlak (dus kortere reinigingstijden);
- metallisch zuiver oppervlak (dus geen contaminaties);
- micro-ontbraamd;
- geen noemenswaardige microporositeiten;
- maximale chroomoxide bescherming vanwege hoger chroomgehalte.

Kiemgroei

Als een geslepen oppervlak mechanisch wordt gepolijst, zullen de toppen verdwijnen maar het materiaal zal ook enigszins omkrullen zoals op afbeelding 3 schematisch is te zien. Hierdoor ontstaan 'hidden pockets' waar vuil en micro-organismen in kunnen achterblijven. Bij een temperatuurstijging gaan deze plekjes openstaan vanwege de uitzetting waardoor deze contaminaties naar buiten kunnen treden.

Ook kunnen er andere substanties naar binnendringen waar vanwege mutaties nieuwe bacteriën kunnen ontstaan. Het zal verder duidelijk zijn dat dit bepaald geen hygienisch of aseptisch ontwerp dient. Het gevaar zit in het meten van een zeer goede waarde bij een ruwheidbepaling omdat ogenschijnlijk het oppervlak glad is. Bij praktijkproeven bleek dat na 20 minuten blootstelling van een roestvast staal oppervlak aan een medium met allerlei micro-organismen de volgende hoeveelheid deeltjes van $0,1 - 0,3 \mu\text{m}$ per cm^2 aanwezig waren:



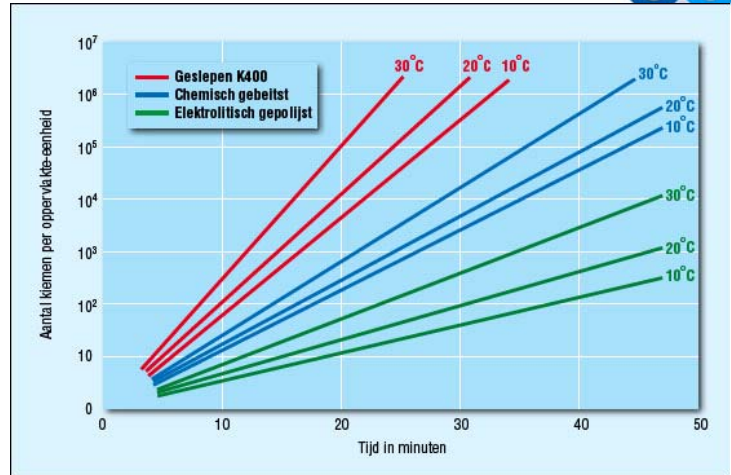
Afbeelding 3: Schematische voorstelling op microschaal. Mechanisch polijsten drukt ook de toppen enigszins dicht waardoor vuil zich op kan hopen. Bij een thermische uitzetting komt het vuil naar buiten en/of naar

- mechanisch geslepen: circa 20.000 deeltjes;
- chemisch gebeitst: circa 15.000 á 16.000 deeltjes;
- elektrolytisch gepolijst circa 500 á 1000 deeltjes.

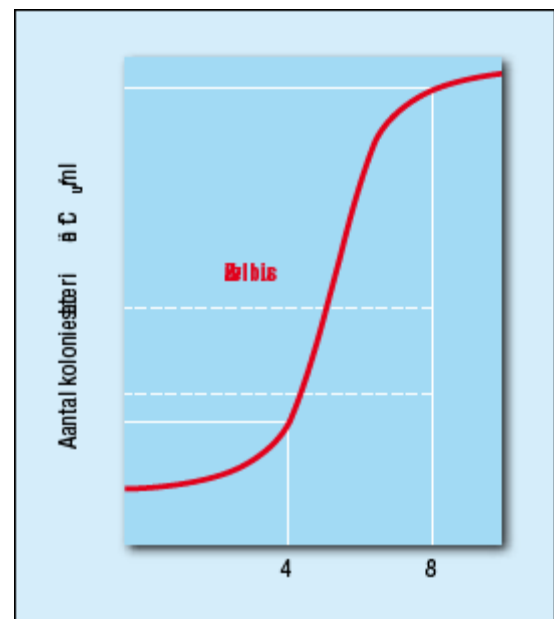
Kiemgroei op roestvast staal in afhankelijkheid van de conditie van de oppervlaktegesteldheid kan grafisch worden uitgezet zoals in afbeelding 4 is te zien. Hier zijn duidelijk de voordelen van een

elektrolytisch gepolijst oppervlak ten opzichte van een gebeitst en geslepen oppervlak te zien. Het geslepen oppervlak komt er dus het slechtst van af en dat is op zich verklaarbaar. Daardoor is ook de reinigingstijd van dergelijke oppervlakken grafisch uit te zetten, afbeelding 5. Niet alleen wordt de reinigingstijd korter naarmate het oppervlak gladder wordt, maar ook de uiteindelijke absolute reinheid is een stuk groter. Dit is vooral te zien op de Y-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 de groei weer af omdat de micro-organismen ook weer af gaan sterven. Dit groeiproces is voor gebeitste zuivelbuis grafisch weergegeven in afbeelding 6. Aan de hand van deze curve kan een tijdstip voor reiniging worden vastgesteld en in dit voorbeeld is dat na acht uur gebruik. Bij gebruik van een elektrolytisch gepolijst oppervlak kan het tijdstip om te gaan reinigen behoorlijk worden verlengd tot wel het dubbele en nog verder daarboven. Elektrolytisch polijsten is zo waardevol omdat de productietijd tussen twee reinigingen veel langer is.

In tabel 1 staan de gemiddelde ruwheden die worden behaald met het slijpen van roestvast staal. Aanvullend elektrolytisch polijsten heeft een substantiële invloed op de oppervlakteruwheden. Het gebruik van glasporelen levert bepaald geen hoogwaardig glad 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 in een zogenaamde Sinner's cirkel.



Afbeelding 4: Duidelijk is het effect te zien van elektrolytisch gepolijst oppervlak m.b.t. de afzet van vreemde deeltjes. (Bron: Packo België)



Afbeelding 6. Weergave van het aantal kolonies bacteriën als functie van de tijd. (Bron Nizo)

Geslepen roestvast staal

Korrel-grootte	Vóór elektrolytisch polijsten	Na elektrolytisch polijsten
80	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
Glasporelen	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)

Deze is uit de volgende segmenten opgebouwd:

- CE = chemische energie. Dit is de impact van de chemische reactie van het detergent met het vuil;
- TE = thermische energie. Er moet een afdoende hoge reinigingstemperatuur heersen;
- ME = mechanische energie. Er dient voldoende turbulente vloeistofstroming in het systeem aanwezig te zijn;
- CT = cleaning time ofwel de reinigingstijd.

Corrosiebestendigheid

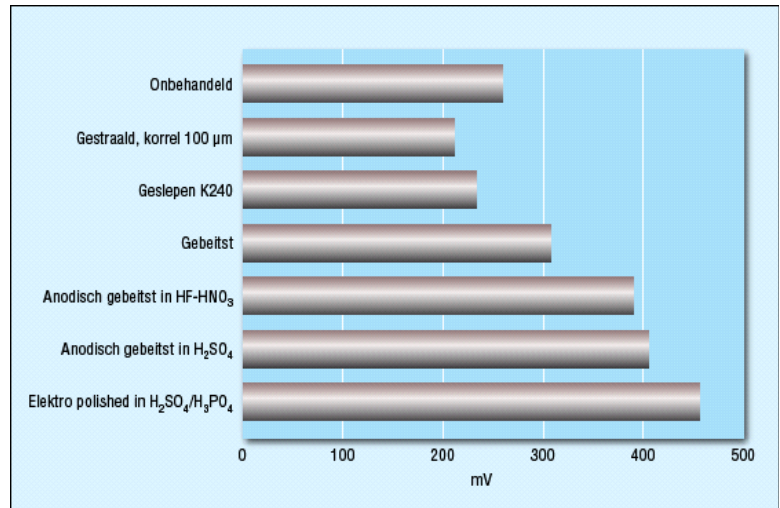
Of een type roestvast staal wel of niet bestand is tegen een bepaalde chemische belasting hangt voor een groot deel van het materiaaltype af. Daarom wordt in de regel ruwweg AISI 316 toegepast bij anorganische zuren en AISI 340 bij organische zuren. Wat veelal wordt onderschat, is de invloed van de oppervlaktegesteldheid. Want hoe gladder het oppervlak des te meer corrosieweerstand dit oplevert. Zo is het bekend dat gepolijst railingwerk van een zeewaardig jacht tientallen jaren mooi zal blijven, maar na slijpen vaak al

na enige maanden corrosie op begint te treden. Veelal is dit een vorm van 'under deposit corrosion' omdat juist onder de vuilafzettingen de corrosie begint. Tabel 2 toont de invloed van diverse oppervlaktebehandelingen op de potentiaal van het materiaal. Hoe hoger de potentiaal is hoe bestendiger het materiaal is. Wat meteen opvalt, is de superieure weerstand

tegen corrosie van elektrolytisch gepolijst roestvast staal AISI 316L. Gestraalde en geslepen oppervlakken leveren wat corrosiebestendigheid in terwijl beitsen deze weer wat verhoogt.

De invloed van lassen

Zoals al eerder is gesteld zijn doorlassingen van rondnaden altijd een zorg omdat pokdalige ruwe oppervlakken aanleiding geven voor het nestelen van allerlei micro-organismen. Werken met nieuwe digitale lastechnieken waarbij de doorlassing wordt beheerst door een automatische doorlassensor, verzekert een reproduceerbare sanitaire doorlassing. Een voorbeeld hiervan wordt getoond in afbeelding 7.



Tabel 2: De potentiaal van verschillende roestvast staal AISI 316 oppervlakken (bron Packo).



Slot

Over aseptisch en hygiënisch ontwerpen valt veel te vertellen. Bij het toepassen van optimale oppervlaktecondities en op tijd reinigen, zullen productieprocessen op zich goed verlopen. Omdat het reinigen een kostbare aangelegenheid is en bovendien milieubelastend, is het streven naar oppervlaktecondities die de momenten van reinigen steeds verder uit elkaar doen drijven, een logisch gevolg. Dit zal het elektrolytisch polijsten steeds meer in de kaart gaan spelen

Integraal overgenomen uit "Fluids Processing" met toestemming van de uitgever.

Packo Surface Treatment

Cardijnlaan 10
8600 Diksmuide
+32 (0)51/51 92 80
+32 (0)51/51 92 99

Voor meer inlichtingen, aarzel niet om ons te contacteren.