



Materiaalkeuze bepaalt de inzetbaarheid en betrouwbaarheid van uw installatie

E.W. Schuring – IWE

Tel 088 515 48 77

E-mail: schuring@ecn.nl

Materials 2016

Veldhoven

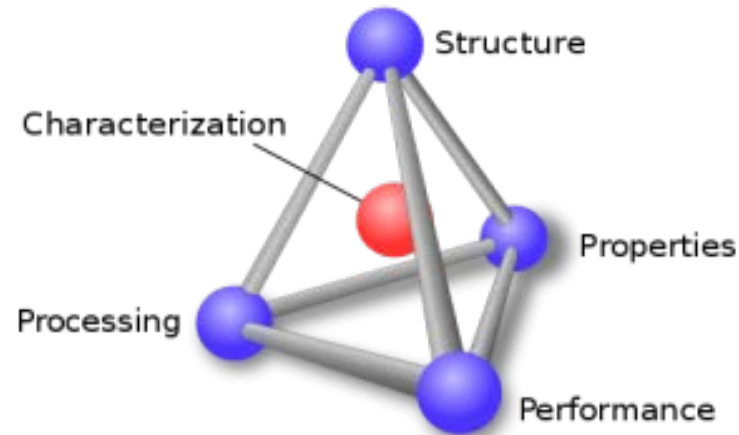
20 april 2016

ECN-L--16-022



Inhoud

- Korte introductie ECN en E&EE (Environment & Energy Engineering)
- Waarom materiaalonderzoek?
- Toepassingsvoorbeelden: Effect materiaalkeuze, ontwerp op prestaties
Materials knowledge back ground (Cases)
- Conclusies

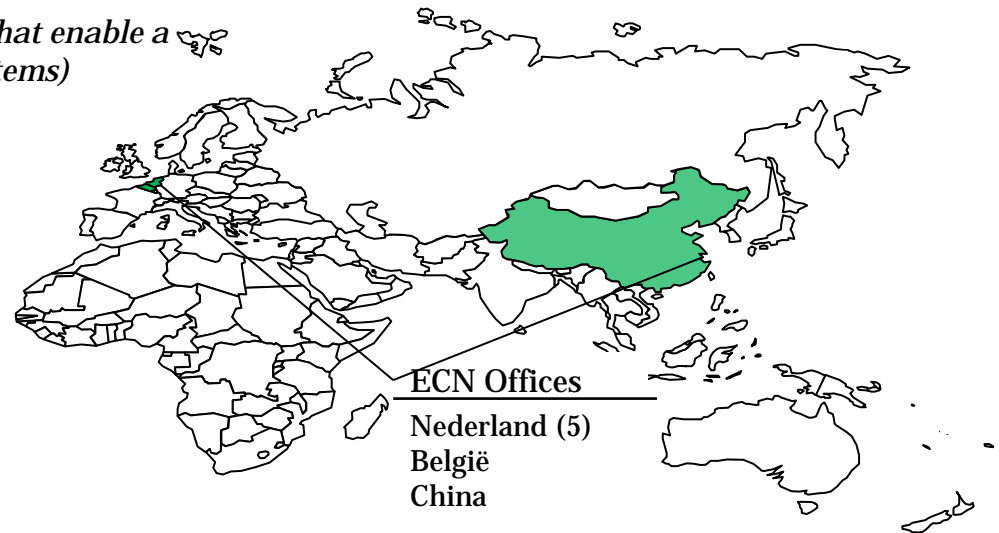
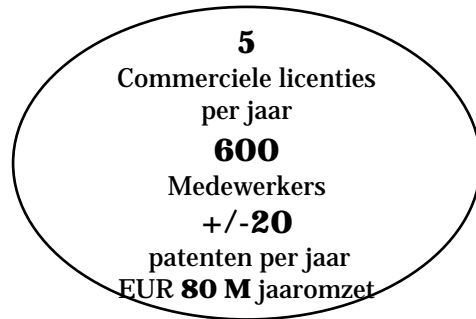


ECN at a glance







Missie

Ontwikkelen van kennis en technologie voor de transitie naar duurzame energie systemen

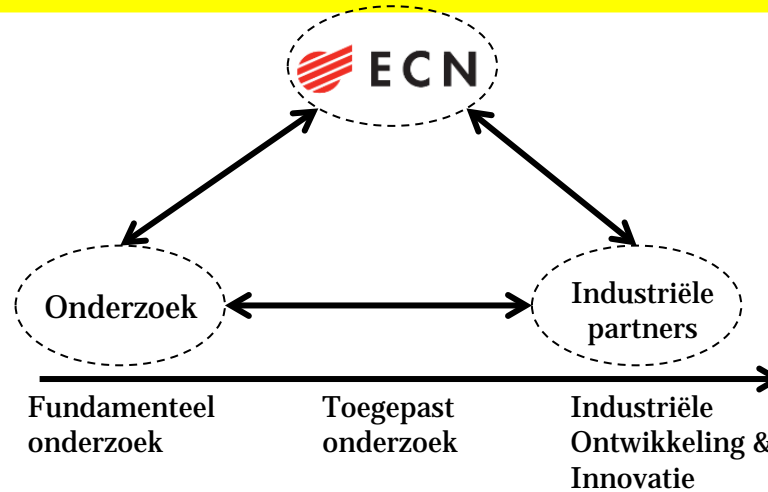
(To develop knowledge and technologies that enable a transition to more sustainable energy systems)



ECN Onderzoeksgebieden

-  • Solar energy
-  • Biomass
-  • Policy studies
-  • Energy efficiency
-  • Wind energy
-  • Environment & energy engineering

ECN wil een brug slaan tussen onderzoek en innovatie in het bedrijfsleven



Wat doen we

Probleem oplossend

Met onze kennis, technologie en faciliteiten lossen we klant vraagstukken op

Technologie ontwikkeling & Innovatie

Ontwikkelen van technologie naar prototypes and industriële toepassingen

Studies & Beleidsondersteuning

Ontwikkelen van inzicht in energie technologie and beleid.

Hoe werken we samen

Consultancy & Service

Ondersteunen van uw korte-termijn zaken en R&D behoeften

Contract R&D

Ondersteunen van uw R&D met onze kennis, technologie en (test)-faciliteiten

Technologie ontwikkeling & Overdracht

Implementatie van onze technologie in uw producten & processen

Gezamenlijke Industriële Projecten

Samen ontwikkelen van technologie voor de toekomst

Environment & Energy Engineering: Uitbreiden van uw blikveld

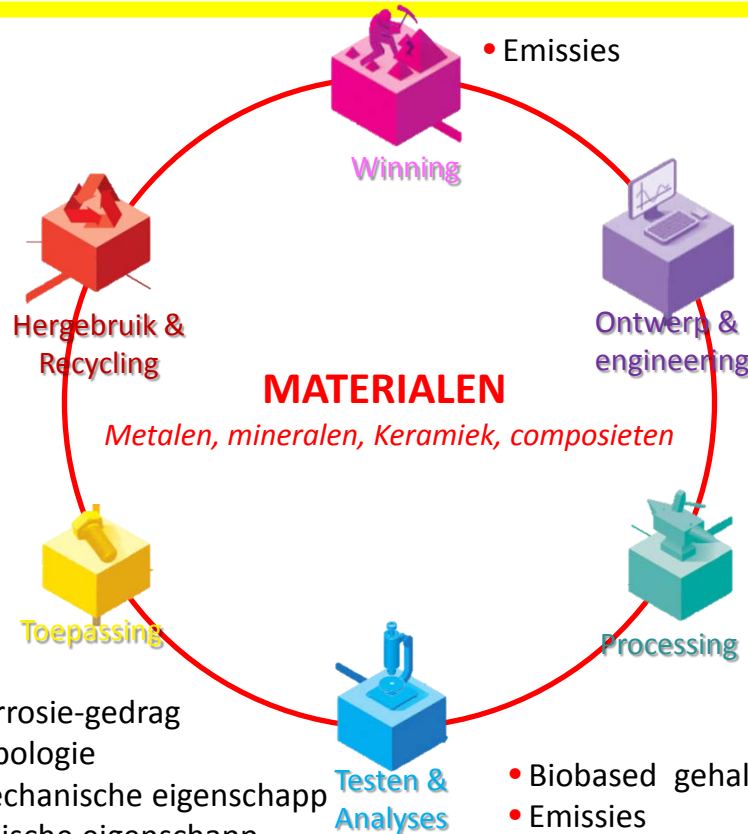
- Duurzaam milieu gebruik
- Recycling
- Afval classificaties
- Recycling Processen
- 'End-of-Waste'



- schadeonderzoek
- Corrosie
- Slijtage
- Deklagen
- Onderhoud
(of: Asset Management?)
- Levensduur

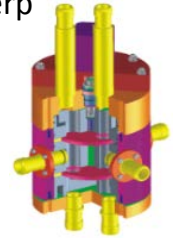


- Corrosie-gedrag
- Tribologie
- Mechanische eigenschapp
- Fysische eigenschapp
- Chemische eigenschapp
- veroudering



- Emissies

- Materiaal keuze
- Functioneel ontwerp
- Test opstellingen



- Mechanische bewerking
- Additive Manufacturing (3D)
- Poeder Metallugie
- Laser bewerkingen
- Electro Discharge Machining
- Lassen & Verbinden
- Surface Treatment
- Oppervlakte behandelingen
- Emissies

- Biobased gehalte
- Emissies
- Milieu risico analyses
- Standardisatie



Waarom materialen kennis?

Het belang van materialen wordt al eeuwen onderkend.



Steentijd



Bronstijd



IJzertijd



Kunststoftijd, biobased?

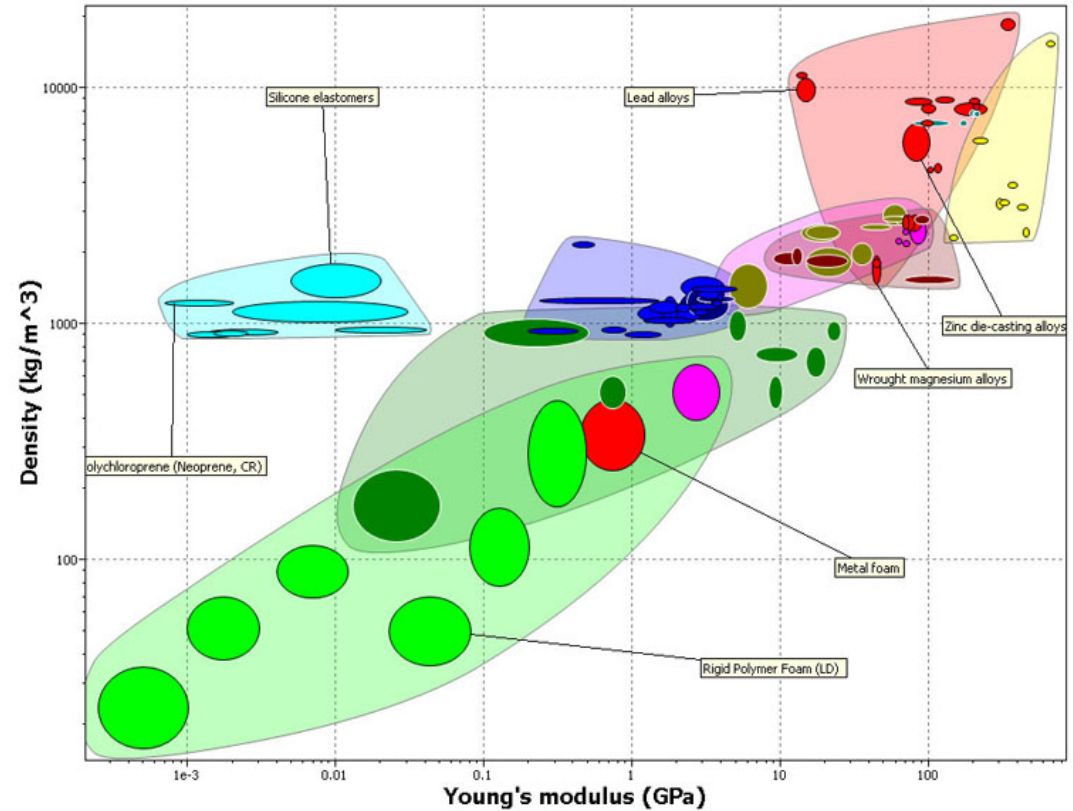
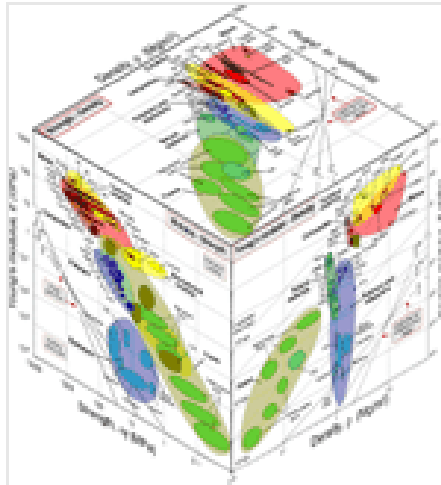
Doel van deze presentatie

- Invloed van de materiaalkeuze op:
 - Functionaliteit: Belasting, milieu, enz..
 - Betrouwbaarheid / beschikbaarheid installatie
 - TCO
- De constructeur/engineer bepaalt op de tekentafel:
 - Onderhoudskosten
 - Fabricage kosten
 - Maakbaarheid
 - Betrouwbaarheid & Beschikbaarheid
- VOOR-denken over materiaalkeuze heeft zin, bij NA-denken ben je te laat!:
 - Materiaaleigenschappen is 'makkelijk' (data base, leverancier enz)
 - Systemeigenschappen vind je niet of moeilijk in een data base → Materiaalkunde

Selectie op basis van materiaaleigenschappen

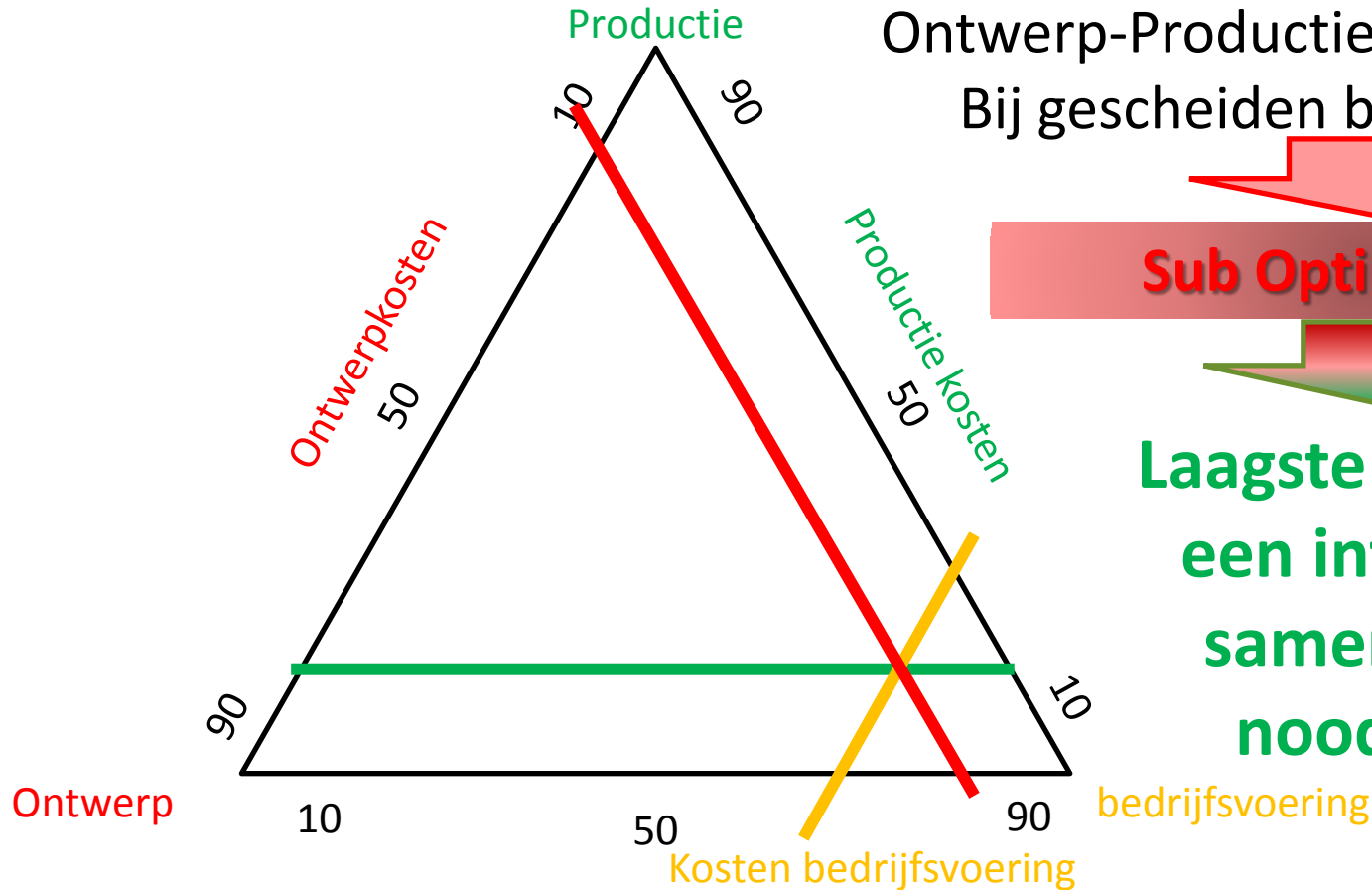
Ashby Diagrams

<http://www.grantadesign.com/>



Interrelatie

Ontwerp-Productie-Bedrijfsvoering



Ontwerp-Productie-Bedrijfsvoering
Bij gescheiden business units

Sub Optimalisatie

**Laagste TCO maakt
een interactieve
samenwerking
noodzakelijk**

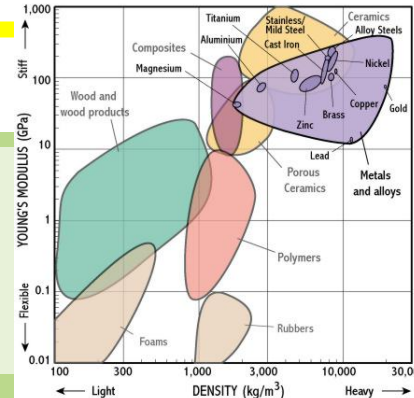
Waarom materialenkennis en toegevoegde waarde Materiaalkunde

Materiaal selectie op basis:

- Materiaal eigenschappen
 - Mechanische eigenschappen
 - Fysische eigenschappen
 - Prijs? (<10% of totale kosten)

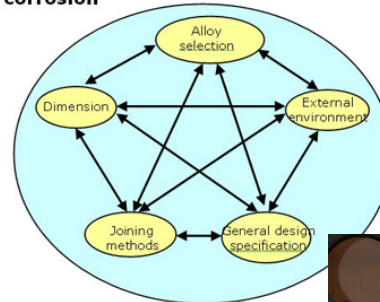
Systeem prestaties:

- Systeem eigenschappen:
 - Corrosie
 - Slijtage
 - Verbinden (lassen)
- Overige
 - Lasbaarheid (expert afhankelijk)
 - Bewerkbaarheid (expert afhankelijk)



Tabellen,
Ashbey,
Engineer

The iterative process of design against corrosion



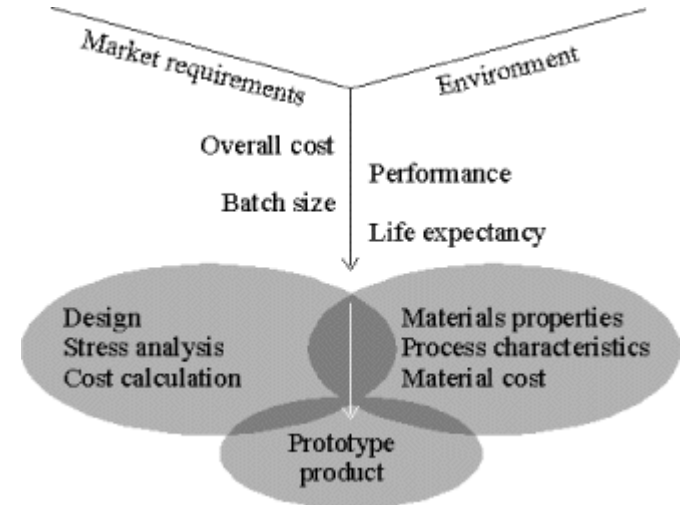
Materiaalkundige



Waarom materialenkennis?

Material selectie bepaald totale kosten (TCO):

- Functionaliteit/eisen
- Onderhoudskosten
- Systeem beschikbaarheid & betrouwbaarheid
- Fabrikage kosten
- Ontwerp overwegingen
- Decommisioning kosten
- Totale fabricatie kosten



Materialenkennis is een 'Enabling Technology' bij het reduceren van TCO

Design & Materials selection

EuroCorr 2008: Edinburgh



Materiaal selectie

Minister of Defence suspends acceptance of new Dutch NH90 helicopters

News item | 27-06-2014 | 16:35

The corrosion and wear symptoms on the NH90 helicopter are more serious than expected, leading the Ministry of Defence to suspend acceptance of the remaining 7 helicopters ordered from NHIndustries (NHI). Minister Jeanine Hennis-Plasschaert informed the House of Representatives to this effect today. The new helicopters will only be accepted if an agreement on solutions to the problems is reached with the manufacturer, including the question of who will pay for the necessary repairs. Hennis expects to have a clearer picture after the summer.



Roestvast staal, een sluipmoordenaar in zwembaden

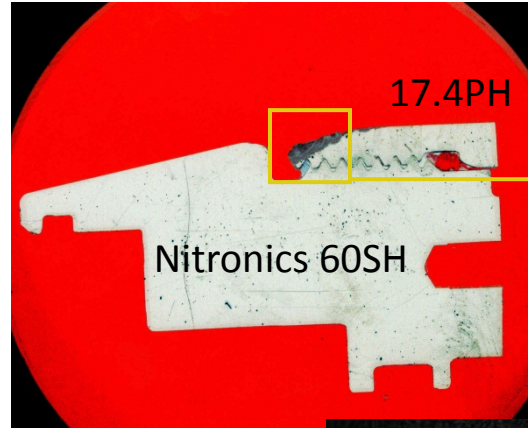
TILBURG - Had het drama in zwembad Reeshof in Tilburg voorkomen kunnen worden? Het ministerie van VROM waarschuwde gemeenten al in 2002 dat roestvast staal in zwembaden gevaarlijk is voor de constructie. Corrosie bleek toen al de boosdoener.

● TU Delft: 'Kosten aanpak corrosie jaarlijks 3 tot 7 miljard euro te hoog'

Arjan Mol
(Oppervlaktetechnieken mrt 2016)

Nederland: totale kosten 22 miljard/jaar (3% bbp)
Wereldwijd: 2,5 triljoen! (3,4% gdp)
Inclusief gevolg kosten

Case 1: galvanische corrosie



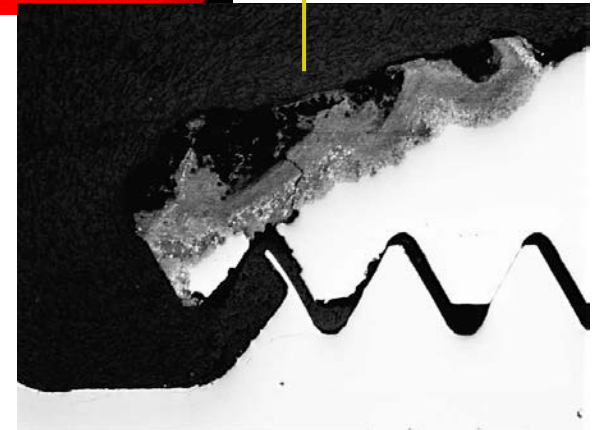
Materialen:
17Cr-4Ni
17Cr-8.5Ni-8Mn-4Si

Galvanische corrosie als:

- Potentiaal verschil $>50\text{mV}$
- Elektrische geleidend verbonden
- Ongunstige verhouding materiaaloppervlakken

Voorbeeld:

- Milieu: Zout oplossing
- Potentiaal verschil 46mV , variërend tussen 20 - 100mV
- 17.4PH minst edel en corrodeert



Case 1: galvanische corrosie

Kennis Materiaal specialist

Galvanische serie voorspelt mogelijke verschillen in een specifiek milieu → **elektrochemische karakterisering**

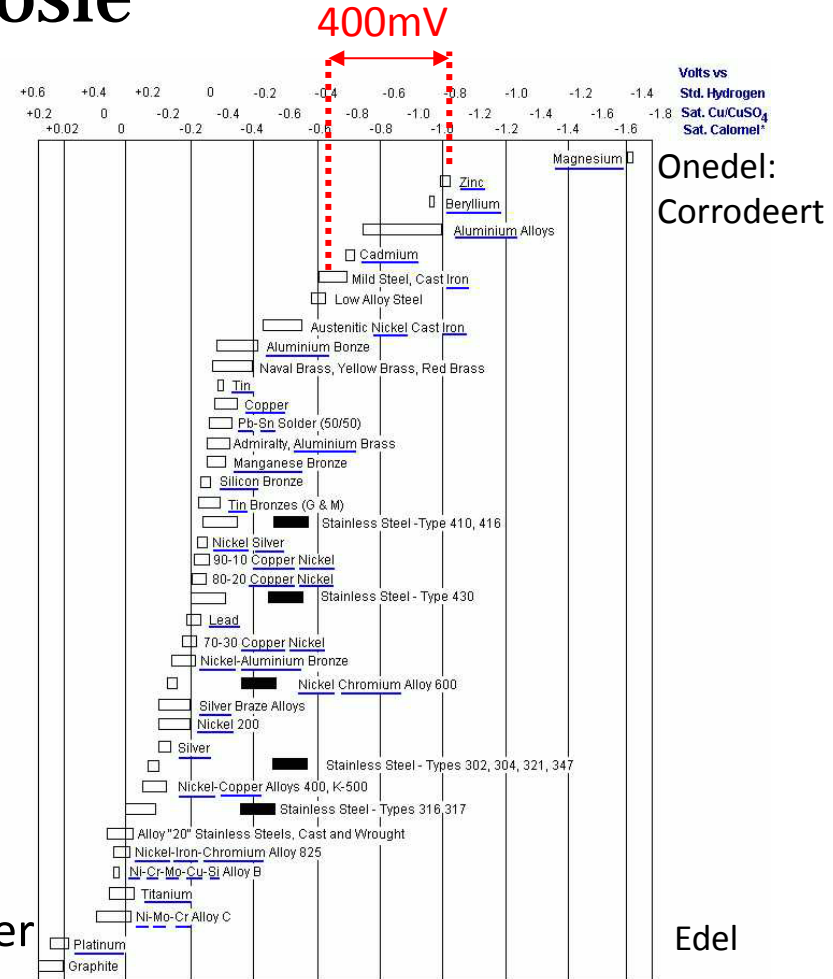
Voorbeeld:

Zn vs C-steel: 400mV in zeewater, Zn corrodeert → galvanische bescherming → levensduur

NOOT:

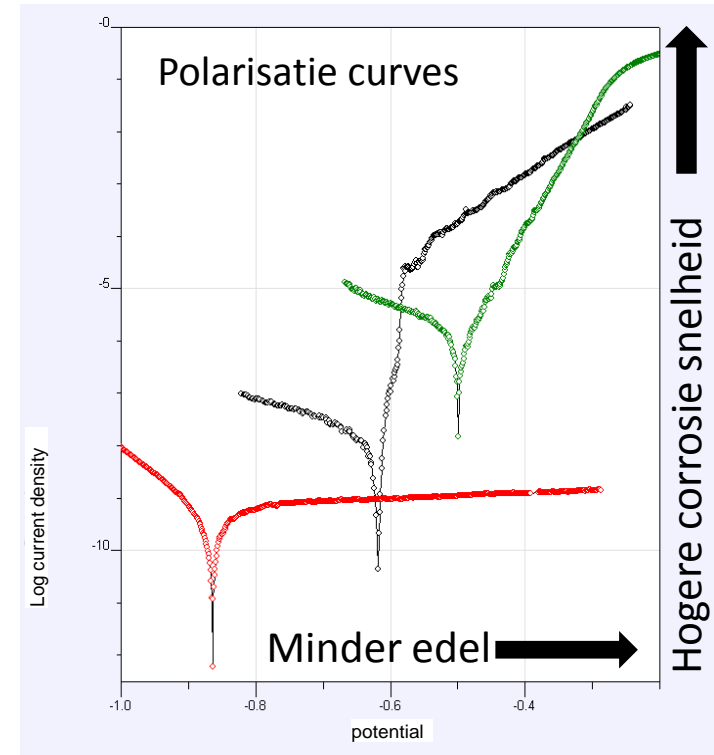
Boven 70°C: C-staal wordt minder edel dan Zn en gaat Zn beschermen!

Voorbeeld: Galvanische serie in stromend zeewater



Elektrochemische karakterisering– PC

- Condities vergelijkbaar met praktijk
 - Elektrolyet: werkelijke condities
 - Verschillende temperaturen
- Inzicht in actuele corrosiemechanismen
 - Simulatie van de werkelijkheid
 - Voorspellen lokale corrosieprocessen
- Extreem gevoelige meting
- Variaties in testcondities
- Versneld testen mogelijk
- Verkorting testtijden: 30 min – 1 week



Case 2: Corrosie, Put en spleet corrosie

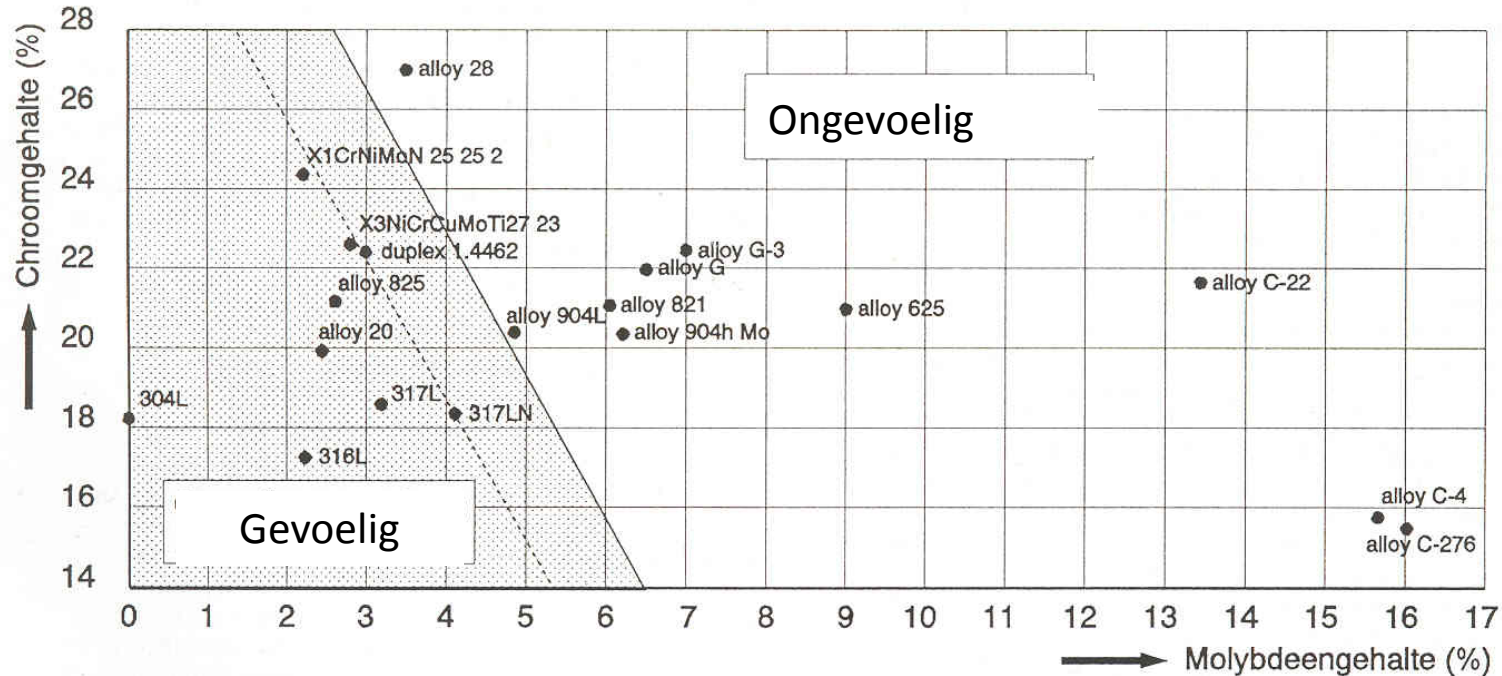
- Pitting van 1.4404 (AISI316L)
slechte reiniging en
aanwezigheid van Cl en F
- Oplossing
(*verlaging onderhoudskosten*):
Oppervlakte gesteldheid: polijsten
Reinigen (regen)
Hoger gelegeerde legering:
1.4435 (316 higher Mo) of 904L
- Spleetcorrosie: Ongunstig ontwerp
gecombineerd met materiaalkeuze en
toepassingscondities



Case 2: Corrosie, Put en spleetcorrosie

Naast ontwerp: juiste materiaal keuzes verlagen risico's

Relatieve gevoeligheid voor put en spleetcorrosie. Gevoeligheid is systeem afhankelijk



Case 3: Spanningscorrosie (SCC)

- Ontwerp nieuwe reactor Biomassa experimenten
- Constructie staat onder (hoge) trekspanningen door:
 - Interne druk
 - Koud buigen
 - Lassen
- Gedefinieerde (corrosie) problemen:
 - Put vormige corrosie
 - Spanningscorrosie

Parameter	Vereisten/specificatie
Cl-concentratie	2000mg/kg (toevoeging van 32%HCl met pH of 1.2-1.5)
Oplossing	H ₂ O (40-60%) EtOH verwijderd uit de oplossing (decompositie onder druk)
pH (catalyst)	1 (verlaagd door toevoeging van of 98% H ₂ SO ₄ , 10g/kg oplossing)
Druk	50 bar
T max	220°C

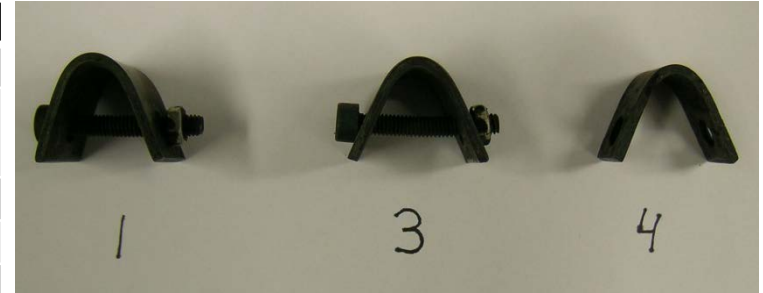
Aanpak:

Gebaseerd op
materiaalkennis:

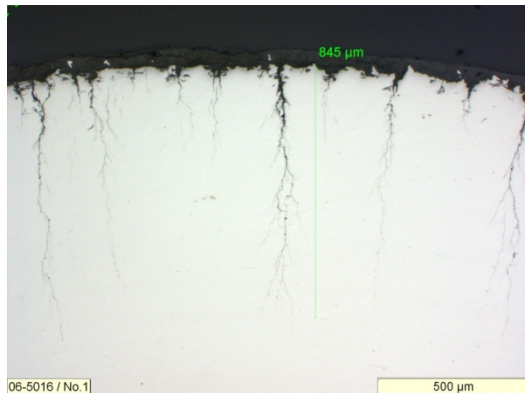
- Materiaal voor-selectie
- Testen onder ontwerpcondities

Case 3: Spanningscorrosie

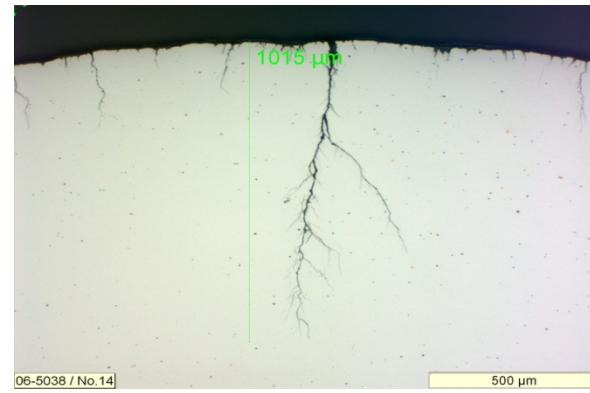
Parameter	Vereisten/specificatie
Cl-concentratie	2000mg/kg (toevoeging van 32%HCl met pH of 1.2-1.5)
Oplossing	H ₂ O (40-60%) EtOH verwijderd uit de oplossing (decompositie onder druk)
pH (catalyst)	1 (verlaagd door toevoeging van of 98% H ₂ SO ₄ , 10g/kg oplossing)
Druk	50 bar
T max	220°C



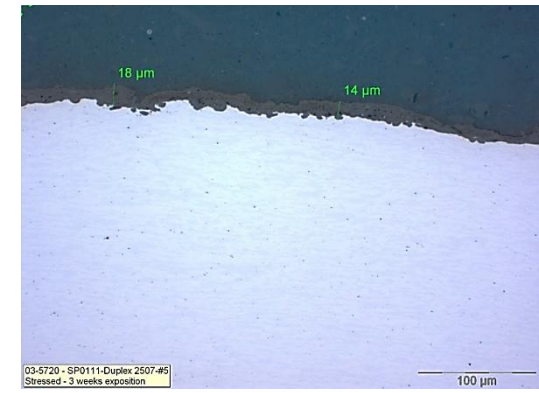
Na 3 weken expositie



1.4404 (SS316L)



1925HMo (SCC bestendig?)



Super Duplex-2507

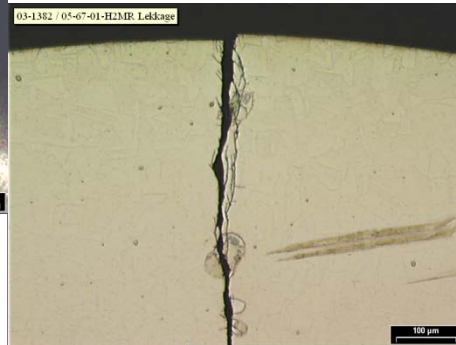
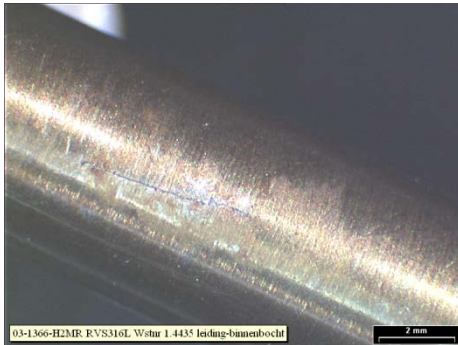
Case 3: Spanningscorrosie

Resultaten

- Selectie van relatief goedkoop (Super Duplex-2507)
- Hogere sterkte dan austenitisch RVS, dunner ontwerpen (lager gewicht) → potentiële kosten besparing.
- Installatie, inclusief verbinding, kan gemaakt worden van hetzelfde basismateriaal, verminderd risico voor galvanische corrosie
- Betrouwbaar ontwerp:
 - Hoge corrosie bestendigheid
 - Voorspelbare corrosie snelheid
- Verhoogde kans op acceptatie ontwerp en proces

Case 4: Spanningcorrosie (SCC)

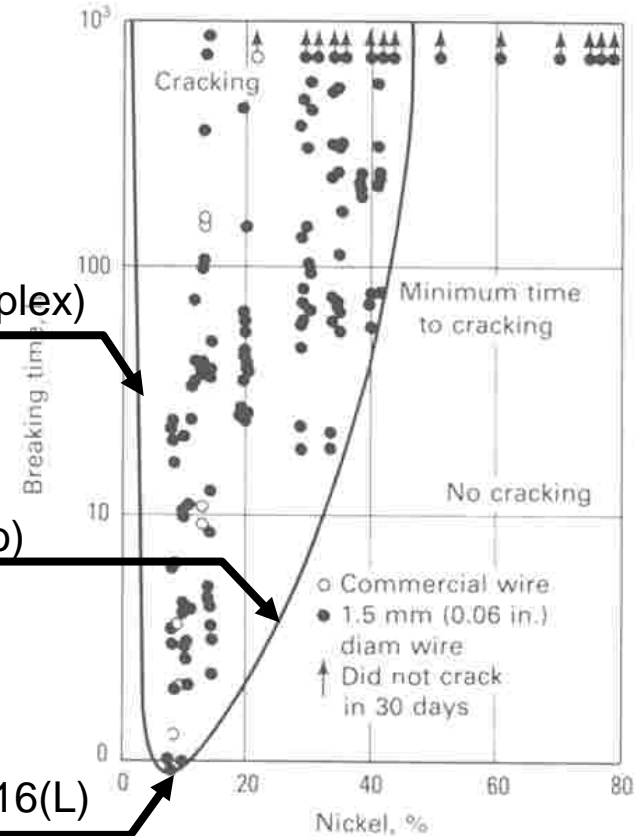
- AISI304 and 316 types SS meest gevoelig voor SCC



2507 (Duplex)

1925HMo)

AISI316(L)



Effect van Nickel op SCC van SS in een 17-24% Cr-staal in kokende 42% MgCl oplossing

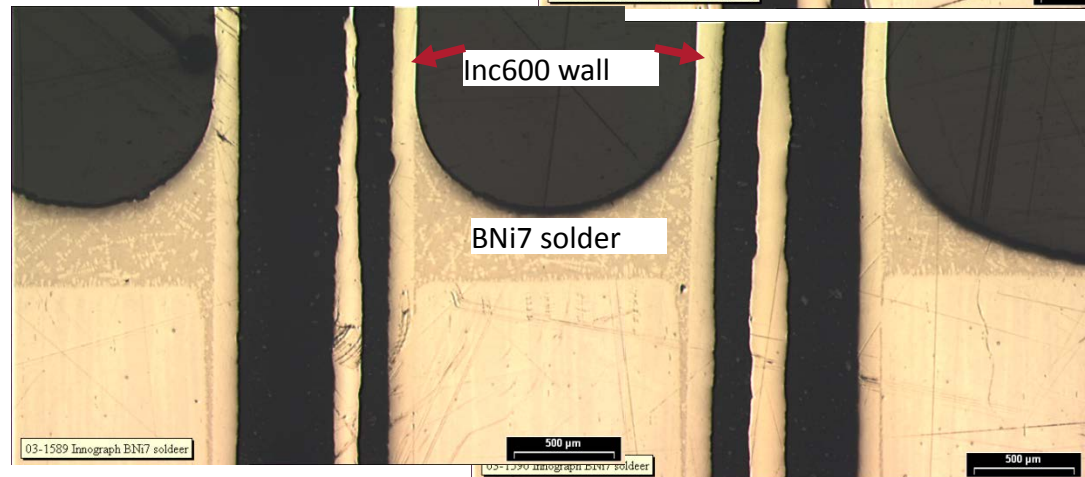
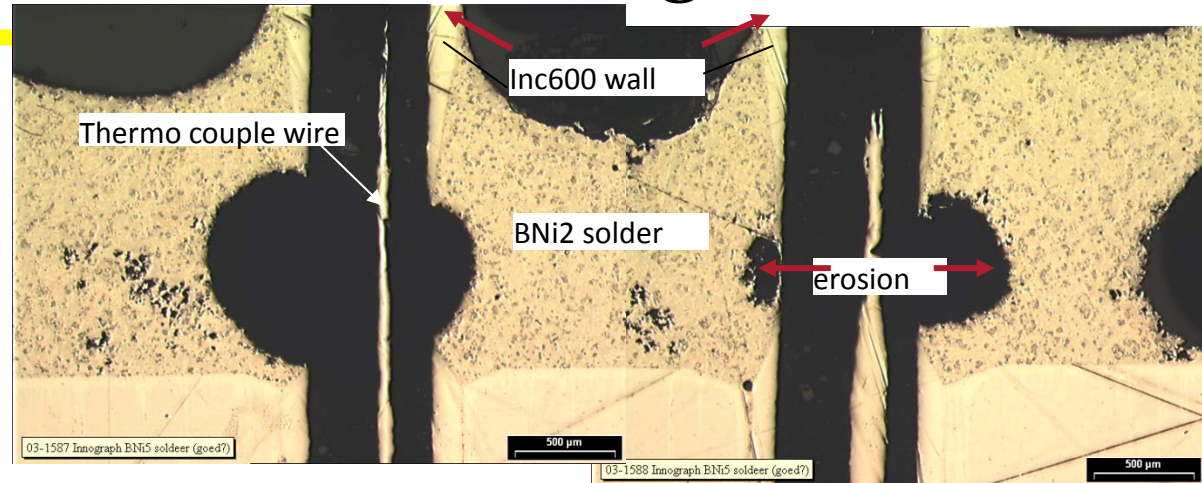
Corrosie: effect van legeringselementen

		parameter																	
		Materiaaleigenschappen										Milieu/ gebruikscondities			Ontwerpaspecten				
		Chemische samenstelling									Microstructuur	Hardheid	Elektrolyt	Chemie milieu (Cl, S, O ₂ ed)	Temperatuur	(rest)Spanningen	Materiaal combinatie(s)	Ruwheid	Speten
algemeen	Cr	Al	Si	Mo	Ni	Co	Ti												
Algemene corrosie-nat	Atmosferisch		+			+			-										
	Galvanisch																		
	Biologisch		+			+			+										
Algemene corrosie-Hoge Temperatuur	Gesmolten zouten																		
	Gesmolten metalen (LME)																		
	Gas corrosie		+	+	+	+			+	-									
Locale corrosie	Filiform																		
	Biologisch		+			+			+										
	Waterstof																		
	Liquid Metal Embrittlement																		
	(Cl-) Spanningscorrosie		+			+	+												
	H ₂ S-Spanningscorrosie																		
	Interkristallijn		+			+													
	Putvormige corrosie		+			+													
	Spleetcorrosie		+			+													
	Uitloging																		
	Erosie																		
	Fretting																		
	Cavitatie																		
Corrosievermoeiing																			

Een grijs vlak betekent dat de betreffende parameter invloed heeft op het desbetreffende corrosiemechanisme

Case 5: HT-solderen, verandering soldeer

- Hoog boor gehalte in BNi2 resulteert in snelle erosie van Inc600 materiaal tgv B-diffusie
- Selectie van een B-arm soldeer (BNi7) lost het probleem op
- Goede soldeer verbinding vraagt om een juist ontwerp



Slijtage, een systeem eigenschap

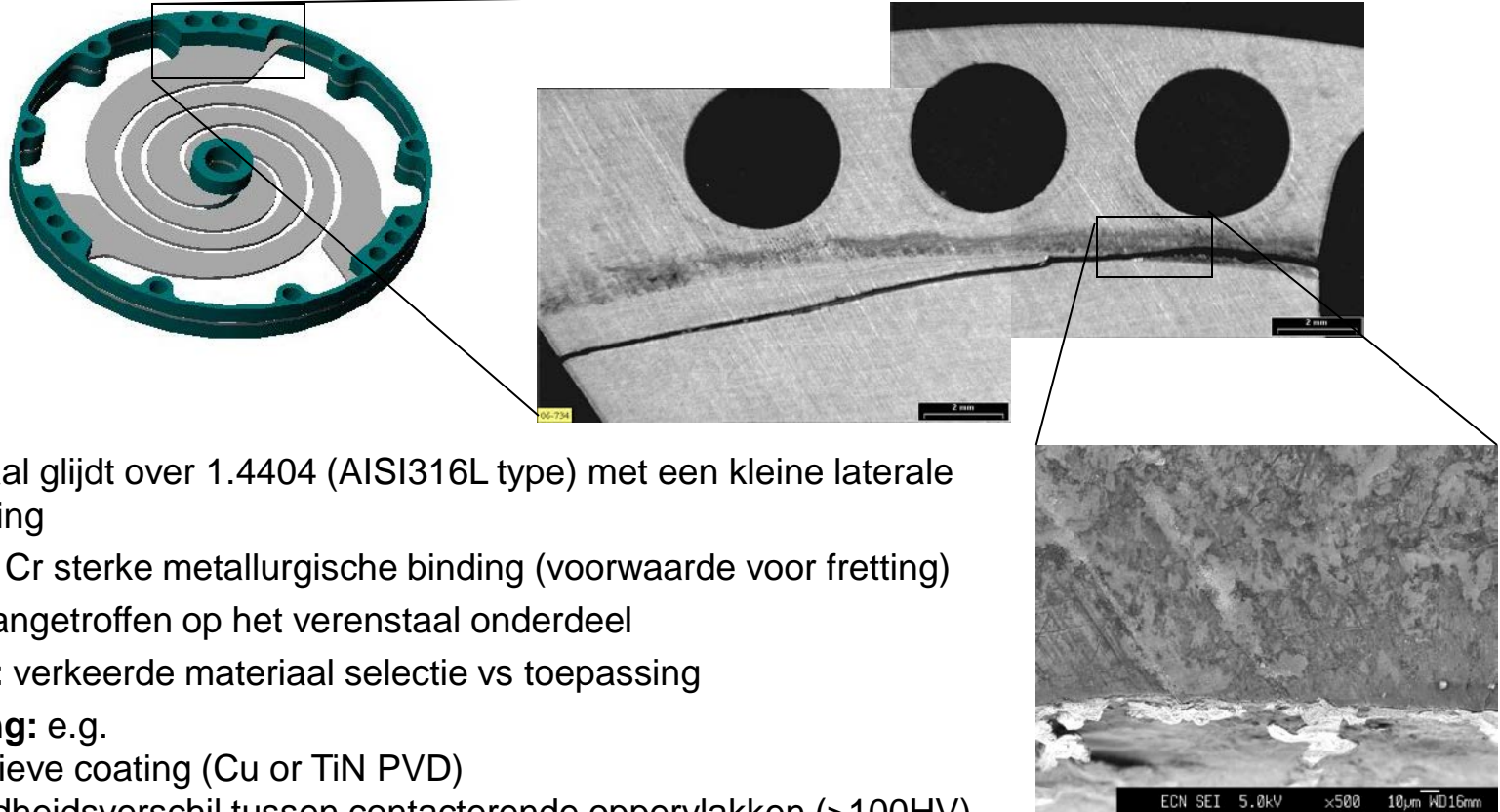
Slijtage mechanisme	Materiaal parameter								Oppervlak				Milieu											
	Hardheid (basismateriaal vs deeltjes)	E-modulus	Rekgrens	Kerftaaierheid	Koudversteving	Restspanningen	Smeltemperatuur	Microstructuur	Oxidehuid (als corrosiebescherming)	Chemische samenstelling	Wrijvingsweerstand	Ruwheid	Materiaalcombinaties	Type abrasief	Temperatuur	Snelheid	Hoek van inslag	Belasting	Belasting amplitude	Frequentie	Vochtigheid	Corrosieve invloeden	Zuurstof partieldruk Vacuum	Smearing
Abrasief				m.n. bij keramiek																				
Erosief																								
Cavitatie																								
Impact/ Impingement																								
Erosie in een slurry																								
Adhesief																								
Schaviel																								
Fretting																								
Rollend																								

NOTEN:

Een grijs vlak betekent dat de betreffende parameter invloed heeft op het betreffende slijtagemechanisme

Voor een nadere beschrijving van de slijtagemechanismen wordt onder andere verwezen naar VM108

Case 6: Slijtage-Fretting

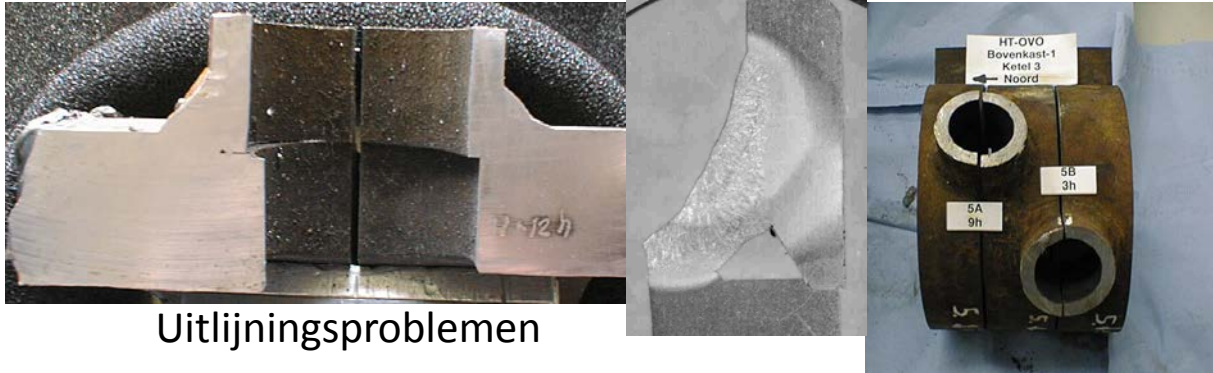


- Veren staal glijdt over 1.4404 (AISI316L type) met een kleine laterale verplaatsing
- Fe, Ni en Cr sterke metallurgische binding (voorwaarde voor fretting)
- 1.4404 aangetroffen op het verenstaal onderdeel
- **Oorzaak:** verkeerde materiaal selectie vs toepassing
- **Oplossing:** e.g.
niet reactieve coating (Cu or TiN PVD)
hoog hardheidsverschil tussen contacterende oppervlakken (>100HV)

Case 7: Lassen warmte wisselaar

Goedkoop ontwerp & Fabrikage → Hoge bedrijfskosten

- Onbetrouwbaar bedrijfvoering + ongeplande stops → Hoge kosten
- Gerelateerd aan de las procedure: materiaal en ontwerp vs codes



Uitlijningsproblemen

Materiaal: 15Mo3

Las proces: TIG (141)

Lasontwerp: zelf centrerend

Onvolledige doorlassing

Geen voorwarmen (code)

Resultaat:

Hardheden van meer dan 350HV

Plakfouten

Onvolkomen doorlassing

Falen onder dynamische belasting (vermoeding) →

onbetrouwbaar → lage beschikbaarheid → hoge bedrijfskosten.



Las defecten

Case 7: Lassen warmtewisselaar

Oplossingen

- T-verbinding, dik-dun, resulteert in te hoge afkoelsnelheden zonder voorwarmen en te hoge hardheden → toepassen van voorwarmen, 50-100°C : verlaagd afkoelsnelheid
- Lasnaad ontwerp: verbeter lasnaad ontwerp voor een volledige doorlassing → eis bij dynamisch belaste constructies:
 - Gebruik een vooropening en voor een visuele inspectie uit.

Resultaat:

- Ongestoorde bedrijfsvoering na implementatie verbeteringen
- Hoge systeem beschikbaarheid → **lage bedrijfskosten (lage TCO)**
- Duurder lasnaad ontwerp, maar lagere totale kosten door hogere systeem beschikbaarheid.

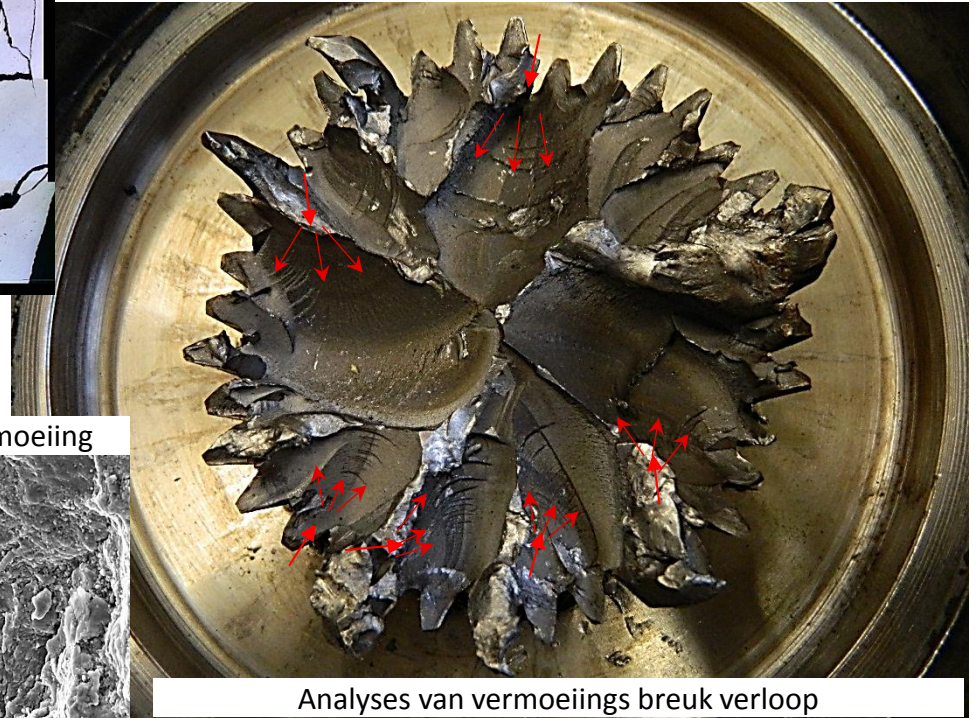
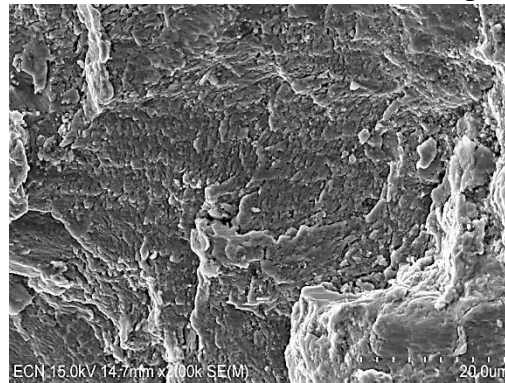
Case 8: Veranderde bedrijfscondities



Deformatie tijdens scheurgroei



Corrosie en indicaties vermoeiing

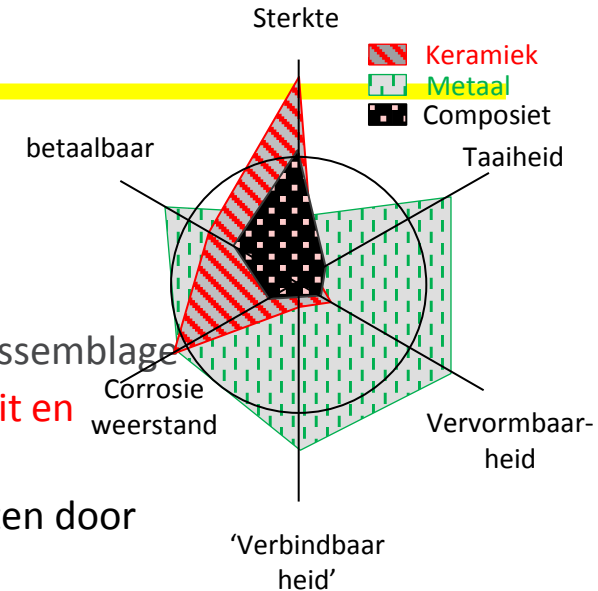


Analyses van vermoeiings breuk verloop

Conclusies

- Interactief proces:
 1. Conceptueel ontwerp en definitie van de functionaliteit
 2. Preliminare materiaal keuze gebaseerd op materiaal and systeem eigenschappen
 3. Eerste ontwerpstappen: beschikbaarheid-fabrikage methoden en assemblage

Ontwerp-materiaal keuze-fabrikage resulteert in optimale functionaliteit en laagste TCO.
- Optimaal ontwerp mogelijk hogere initiele kosten → lagere overall kosten door lagere onderhouds-, bedrijf- and decommissioning kosten.
- Materiaal kennis is een enabling technologie in TCO
- Tijdens ontwerp is materiaalkeuze een interactief proces mbt:
 - Beschikbaarheid van materiaal, type en vorm
 - Beschikbare fabrikage technieken.
 - Functionele specificaties van de eind-gebruiker (→ effect op systeem eigenschappen)



VERDWAALD?



All you wanted to know about materials,
but were afraid to ask

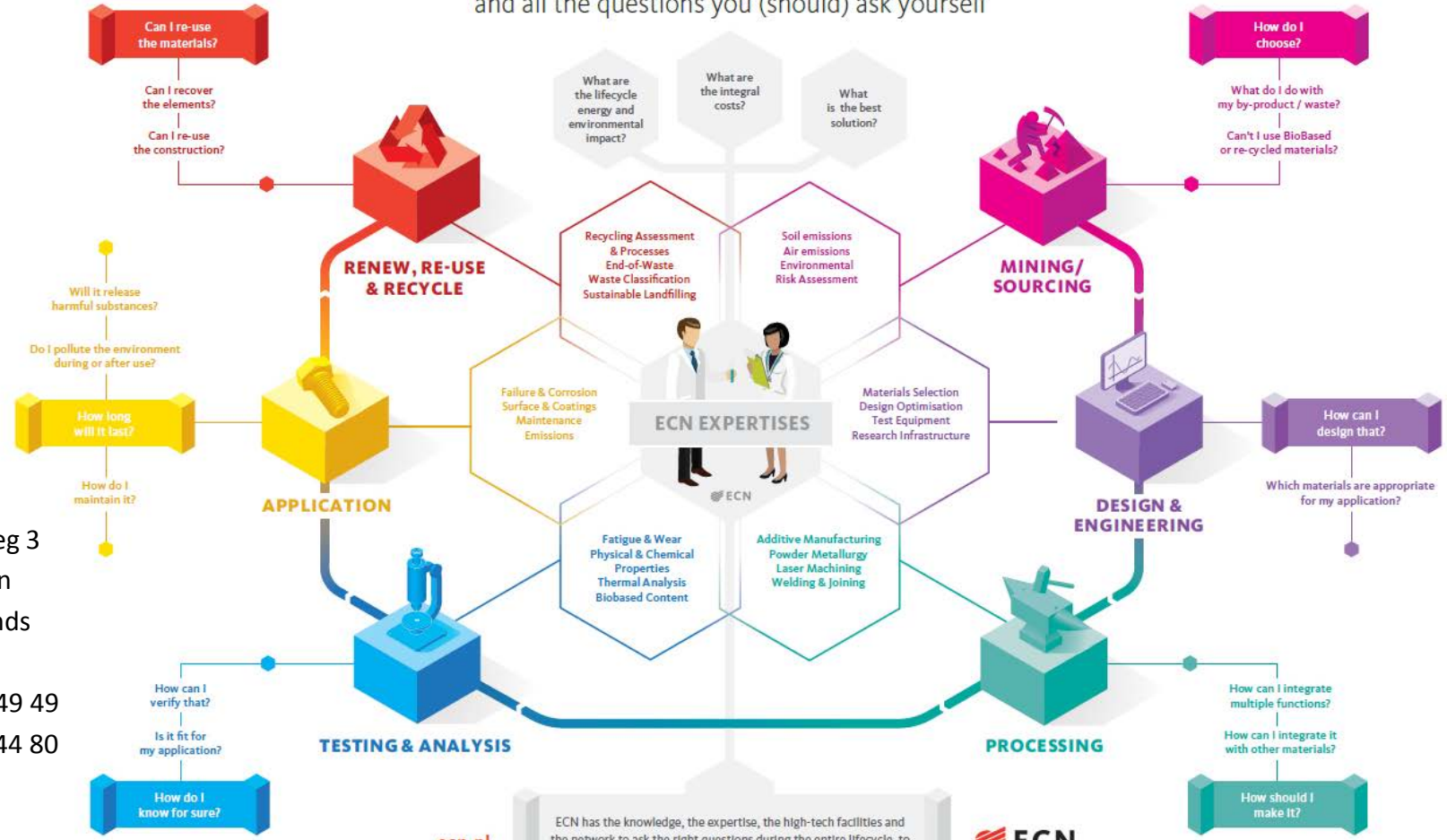


Er is niets magisch aan een
materiaalkeuze

- Environment & Energy Engineering-Materials Testing & Consultancy
 - 088 515 48 77 schuring@ecn.nl
 - 088 515 43 83 hooijmans@ecn.nl

Bedankt voor uw aandacht Materials

and all the questions you (should) ask yourself



ECN
Westerduinweg 3
1755 LE Petten
The Netherlands

T +31 88 515 49 49
F +31 88 515 44 80
info@ecn.nl
www.ecn.nl

www.ecn.nl/nl/expertises/engineering-materialen/

ECN has the knowledge, the expertise, the high-tech facilities and the network to ask the right questions during the entire lifecycle, to test, analyse, and provide the best answers and solutions.

