

Optimale keuze van hoogwaardige nikkellegeringen (5)

ING. N.W. BUIJS / VAN LEEUWEN STAINLESS - BEESD

In deze laatste aflevering van de artikelserie over hoogwaardige nikkellegeringen komen de bijzondere legeringen C4, B2, G3 en K-500 aan de orde. Tevens wordt ingegaan op het fenomeen spannings- en putcorrosie.

De hoogwaardige nikkellegering C4 behoort tot de nikkel-chroom-molybdeenlegeringen met een grote corrosiebestendigheid (ook bij hoge temperaturen). Hoewel deze legering primair is ontwikkeld om toegepast te worden in een oxiderend milieu, blijkt dat het materiaal zich ook uitstekend kan handhaven in vele reducerende reagentia. Voorbeelden zijn onder andere hete verontreinigde media zoals zwavelzuur, zoutzuur, droge chloor, mierzuur, azijnzuur, oplosmiddelen, chloor en chloorhoudende stoffen. De geringe neiging tot interkristallijne- en spannings- en

putcorrosie maakt de legering multifunctioneel in dergelijke milieus. Alloy C4 biedt vanwege zijn niet geëvenaarde grote thermische stabiliteit bijzondere voordelen, zoals het ongegloeid in gebruik nemen, en dat zelfs na zeer langdurige en hoge thermische belastingen zoals dat het geval kan zijn bij het lassen van dikte tot zeer dikke plaat. Omdat deze legering destijds met behulp van de Duitse industrie is ontwikkeld, is deze legering hoofdzakelijk verkrijgbaar in Duitsland en Nederland.

TOEPASSING C4

In de milieutechniek wordt het materiaal gebruikt in apparaten waar afvalwater wordt behandeld, tevens in indampers en kristallisatoren. Ook constructiedelen in vuilverbrandingsinstallaties en rookgasontzwarelingsunits zoals buissystemen, kleppen, absorbeers, beluchtingspijpen, roerwerken en warmtewisselaars. In de chemie vindt het zijn weg als warmtewisselaars, pijpsystemen, armaturen, meetsondes en centrifuges. Ook onderdelen voor ontzuringinstallaties zoals tanks, buizen, warmtewisselaars, afsluiters en kleppen alsmede opslagunits voor allerlei

zuren worden van deze legering gemaakt.

VERWERKEN C4

Alloy C4 is koud- en warmvervormbaar. De warmvervormtemperatuur ligt tussen 900 °C en 1170 °C. De normaal gebruikte vervormingstechnieken kunnen probleemloos toegepast worden. Indien de koud- of warmvervormingsgraad groter dan 15% is, dient men oplossend te gloeien. Het oplossend gloeien dient plaats te vinden tussen 1050 °C en 1080 °C. De tijdsduur is sterk afhankelijk van de wanddikte. De afkoeling kan zowel in water als in geforceerde lucht geschieden.

Voor het lassen van alloy C4 wordt verwezen naar de opmerkingen bij nikkellegering C22. Voor lastoevoegmaterialen kan men als TIG- en MIG-draad het beste Werkstoffnummer 2.4611 of 2.4635 gebruiken en als elektrodemateriaal 2.4612 of 2.4638.

SUPERLEGERING B2

De nikkellegering B2, die tot de nikkel-molybdeen-groep behoort, is primair ontwikkeld ten behoeve van allerlei reducerende media zoals bij-

Tabel 48. Chemische analyse alloy C4

	C	Si	Mn	Co	Cr	Fe	Mo	Ti	Ni
min.	0,01	0,06	1,04	2,05	14,3	3,2	13,9	0,75	rest
max.					17,7		17,1		

Tabel 49. Aanduidingen alloy C4

DIN-afkorting	NiMo16Cr16Ti
Werkstoff-Nr.	2.4610
VdTUV-Werkstoffblatt	424
UNS	N06455
DIN	17744, 17750, 17751, 17752
ASTM	B366, B574, B575, B619, B622
ASME	B626
	SB366, SB574, SB575, SB619
	SB622, SB626

Tabel 50. Fysische eigenschappen alloy C4

Smelttraject	1335-1380 °C
Dichtheid (soortelijke massa) *	$8,64 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
Elasticiteitsmodulus *	211 GPa
Soortelijke warmte *	410 J/(kg·K)
Warmtegeleidingscoëfficiënt *	$10,1 \text{ W/(m·K)}$
Warmteuitzettingscoëfficiënt 20 - 100 °C	$10,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Soortelijke elektrische weerstand *	$1,25 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

* bij kamertemperatuur

Tabel 51. Mechanische eigenschappen alloy C4 (bij kamertemperatuur)

vorm	rekgrens 0,2% [MPa]	treksterkte [MPa]	rek dp5 [%]
plaat ≤5 mm dikte	305	700 - 900	40
plaat ≥5 mm tot 20 mm dikte	300	700 - 900	40
staven ≤160 mm	280	700 - 900	40
smeedstukken ≤90 mm			
plaat ≥20 mm tot 65 mm dikte			
De hardheid is 190 HB (richtwaarde)			

Tabel 52. Mechanische waarden alloy C4 (bij verhoogde temperatuur)

vorm	vastheid [MPa]	temperatuur [°C]			
		100	200	300	400
plaat ≤5 mm dikte	rekgrens 0,2%	285	255	245	225
plaat ≥5 mm tot 20 mm dikte	rekgrens 0,2%	270	245	220	205
staven ≤160 mm	rekgrens 0,2%	260	235	215	205
smeedstuk ≤90 mm					
plaat ≥20 mm tot 65 mm dikte					

Tabel 53. Chemische analyse alloy B2

	Co	Cr	Mo	Fe	Si	Mn	C	Ni
min.								
max.	1,0	1,0	26,0 30,0	2,0	0,10	1,0	0,01	rest

Tabel 54. Aanduidingen alloy B2

DIN-afkorting	NiMo28
Werkstoffnr.	2.4617
VdTUV-Werkstoffblatt	436
UNS	N10665
DIN	17744, 17750, 17751, 17752, 17736
ASTM	B333, B335, B366, B619, B622, B626
ASME	SB333, SB335, SB366, SB619, SB622, SB626

Tabel 57. Mechanische waarden alloy B2 (bij verhoogde temperatuur)

vorm	vastheid [MPa]	temperatuur [°C]			
		100	200	300	400
plaat ≤65 mm staven/smeedstuk ≤90 mm	rekgrens 0,2%	315	285	270	255
	rekgrens 0,2%	300	275	255	240

voorbeeld zoutzuur, in een zeer groot temperatuurgebied. Alloy B2 toont ook in chloorwaterstof, zwavel-, azijn-, en fosforzuur voldoende weerstand tegen corrosie. De legering heeft een grote bestendigheid tegen put-, spleet- en spanningscorrosie en dat zelfs in chloridehoudende omstandigheden. Ook corrosievormen zoals het zogenaamde 'lasbederf', algemene aantasting en corrosie in de zogenaamde 'heat-affected' zone blijken bij het gebruik van deze legering nagenoeg niet voor te komen, in een zeer breed spreidingsgebied van toepassingen. Indien er oxiderend-werkende bestanddelen zoals ijzer- en koperzouten aanwezig zijn, dient deze legering niet gebruikt te worden. Ook kan men beter het materiaal niet toepassen in het temperatuurgebied tussen 538 °C en 816 °C, omdat de gevoeligheid op uitscheidingen dan groot is.

TOEPASSING B2

Alloy B2 wordt toegepast in apparatuur ten behoeve van de bereiding en verwerking van zout-, zwavel-, azijn- en fosforzuur, alsmede in apparaten voor de produktie van ethylbenzol, fenol uit isopropylbenzol en azijnzuuranhydride, en drukvaten voor de chloropreenvervaardiging.

VERWERKING B2

Alloy B2 is koud- en warmvervormbaar. Het materiaal is gevoelig voor koudversterking. Indien de koude-

deformatie groter is dan 15% dient men het materiaal oplossend te gloeien teneinde een optimale corrosieweerstand te behouden. Warmvervormen dient te geschieden bij een temperatuur tussen 900 °C en 1150 °C. Een aanvullende oplosgloeiproces met het daarna afschrikken in water is noodzakelijk. Alle te verwerken onderdelen dienen geheel vrij te zijn van olie, vet, koolstof en zwavelhoudende bestanddelen. De ovenatmosfeer moet neutraal of licht oxide-rend afgesteld worden. Het oplossend gloeien geschiedt tussen 1050 °C en 1080 °C en dat gedurende 1 min tot 15 min, afhankelijk van de wanddikte. Het afschrikken kan het beste plaatsvinden in water of geforceerde lucht. Het snel opwarmen en afkoelen is een noodzaak.

LASSEN B2

Voor het lassen van alloy B2 verdient het TIG- en MIG-lasproces de voorkeur boven het elektrodelassen. De te lassen onderdelen moeten spanningsvrij en zeer schoon zijn. De thermische belasting tijdens het lassen moet zo gering mogelijk blijven om een optimale corrosiebestendigheid te verkrijgen. Daarom moet men het materiaal nooit voorverwarmen of een warmte-nabehandeling geven. Als lasdraadmateriaal kan men het beste Werkstoffnummer 2.4615 gebruiken en als elektrodemateriaal Werkstoffnummer 2.4616.

Tabel 55. Fysische eigenschappen alloy B2

Smelttraject	1330 - 1360 °C
Dichtheid (soortelijke massa) *	9,22 • 10 ³ kg/m ³
Elasticiteitsmodulus *	217 GPa
Soortelijke warmte *	374 J/(kg • K)
Warmtegeleidingscoëfficiënt	11,1 W/(m • K)
Uitzettingscoëfficiënt *	10,3 • 10 ⁻⁶ K ⁻¹
Soortelijke elektrische weerstand *	1,37 Ω • mm ² /m

* bij kamertemperatuur

Tabel 56. Mechanische eigenschappen alloy B2 (bij kamertemperatuur)

vorm	rekgrens 0,2% [MPa]	treksterkte [MPa]	rek dp5 [%]
plaat ≤65 mm staven/smeedstukken ≤90 mm	340	755 - 1000	40
	325	745 - 950	40

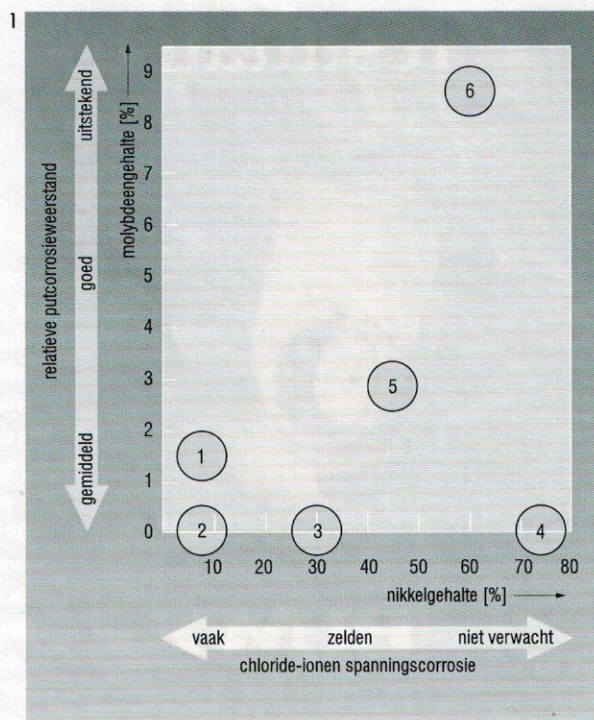
* oplossend gegloeide conditie; de hardheid is circa 210 HB

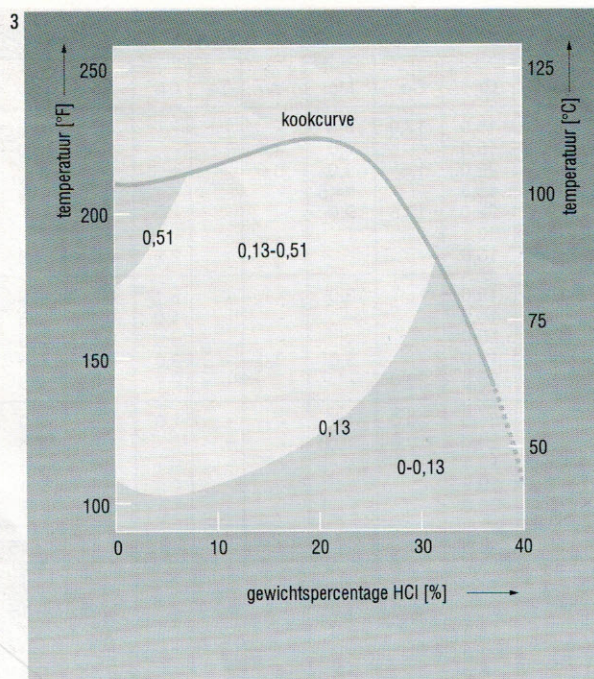
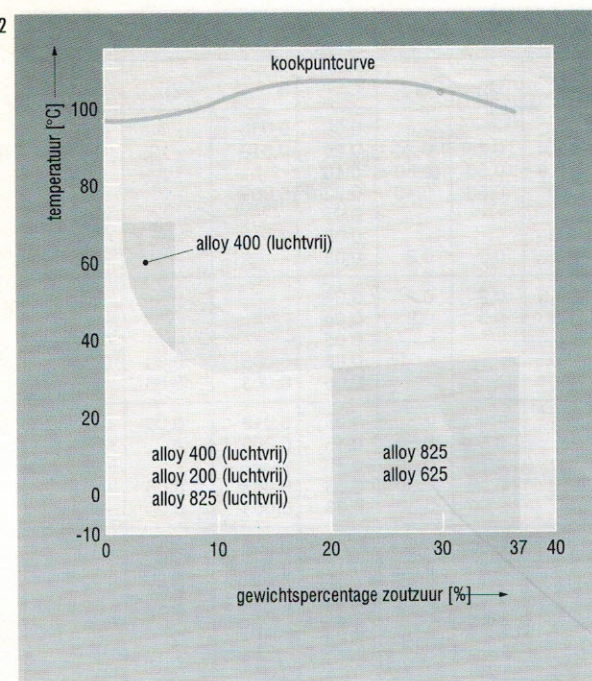
EQUIVALENTE SUPERLEGERINGEN

De beschreven supernikkellegeringen C22, C276, C4 en B2 zijn ontwikkeld door Haynes International en worden op de markt gebracht onder het door Haynes gedeponeerde handelsmerk 'Hastelloy'.

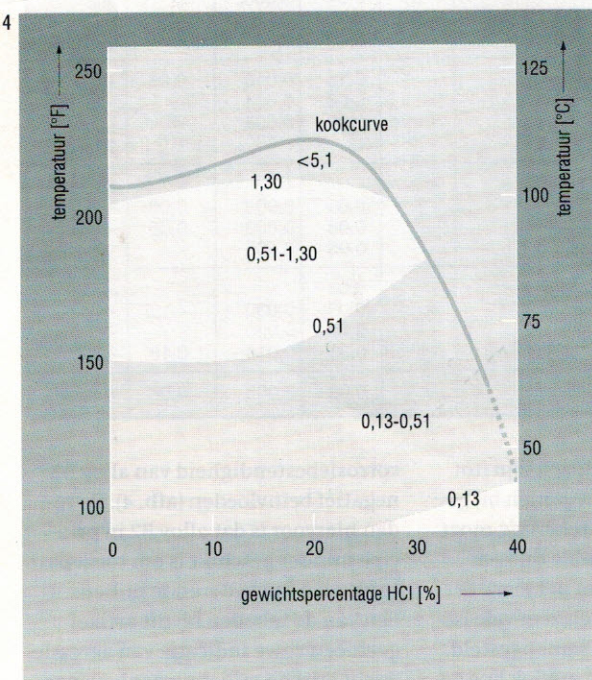
De vele equivalenten die door andere fabrikanten zijn ontwikkeld, zijn door de jaren heen steeds verder verbeterd waardoor deze in kwaliteit zonder meer kunnen wedijveren met

- 1. Te verwachten spannings- en putcorrosie in relatie tot nikkel- en molybdeengehalte.
- 1: rvs 316
 - 2: rvs 304
 - 3: alloy 800
 - 4: alloy 600
 - 5: alloy 825
 - 6: alloy 625.
- (illustraties: Inco Alloys)





- 2. Materiaalselectie van nikkellegeringen voor toepassing in zoutzuur
- 3. Weerstand tegen corrosie van nikkellegering B2 in zoutzuur. De getallen geven de corrosiesnelheid aan in millimeters per jaar
- 4. Weerstand tegen corrosie van nikkellegering B2 in zoutzuur met een toevoeging van 50 ppm ferri-ionen



Tabel 58. Putcorrosietest in zeewater *

legering	maximale putdiepte [mm]
alloy 625	0,0
alloy 825	0,025
roestvast staal 316	1,6
koolstofstaal	1,8

* na drie jaar stationaire belasting

Tabel 59. Spleetcorrosietest in zeewater * (bron: Inco Alloys)

legering	spleten gecorrodeerd [%]	gemiddelde diepte **[mm]	maximale diepte **[mm]
alloy 825	11	0,17	0,68
rvs 316	21	0,40	1,1
rvs 304	29	0,58	3,2 (geperforeerd)

* 75 dagen in stromend zeewater ** van de aantasting

die van het originele fabrikaat.

SPANNINGS- EN PUTCORROSIE

Afbeelding 1 geeft een indicatie wanneer men spanningscorrosie en/of putcorrosie kan verwachten, afhankelijk van het nikkel- en molybdeen-gehalte in diverse omstandigheden. De resultaten zijn een gevolg van testen die gedaan zijn door onderdompeling in zeewater, de ferrichloride-test zonder zuren, de 'Smith-test' en allerlei praktijkproeven. Niet alle legeringen zijn onderworpen geweest

aan alle proeven. Op de plaats waar een legering staat aangegeven kan men met een grote waarschijnlijkheid aannemen dat daar de bewuste corrosievorm begint op te treden. Teneinde een idee te krijgen over de weerstand tegen putcorrosie en spleetcorrosie is in enkele tabellen een aantal waarden vermeld die verstrekt zijn door Inco Alloys. Leveranciers verstrekken veelal zeer nuttige informatie over de prestaties van hun nikkellegeringen in allerlei chemische milieus. Een en ander wordt aan de hand van afbeelding 2

verduidelijkt. Deze grafiek, die afkomstig is van Inco Alloys, geeft aanwijzingen over de materiaalkeuze in zoutzuur. Zoutzuur is een reducerend zuur en bij verschillende concentraties en temperaturen voldoen steeds weer andere typen nikkellegeringen. Dergelijke grafieken zijn zeer goede 'gereedschappen' om na de uiteindelijke keuze die men heeft gedaan teleurstelling te voorkomen. Een ander soort grafiek is het zogenaamde isocorrosie-diagram dat in de praktijk een buitengewoon goed hulpmiddel blijkt te zijn om een goe-

Tabel 62. Chemische analyse van een aantal (overige) hittebestendige nikkellegeringen (in gewichtsprocenten)

	Ni	Cr	Co	Mo	W	Ta	Ch	Al	Ti	Fe	Mn	Si	C	B	Zr	
Astroloy	55	15,0	17,0	5,3	-	-	-	4,0	3,5	-	-	-	0,06	0,030	-	-
D-979	45	15,0	-	4,0	4,0	-	-	1,0	3,0	27,0	0,25	0,20	0,05	0,010	-	-
HASTELLOY alloy X	47	22,0	1,5	9,0	0,6	-	-	-	-	18,5	0,50	0,50	0,10	-	-	-
HASTELLOY alloy S	67	15,5	-	14,5	-	-	-	0,20	-	1,0	0,50	0,40	0,02m	0,009	-	-
INCONEL alloy 617	54	22,0	12,5	9,0	-	-	-	1,0	-	-	-	-	0,07	-	-	-
INCONEL alloy 690	60	30	-	-	-	-	-	-	-	9,5	-	-	0,03	-	-	-
INCONEL alloy 706	41,5	16,0	-	-	-	-	2,9	0,2	1,8	40	0,2	0,2	0,03	-	-	-
INCONEL alloy 718	52,5	19,0	-	3,0	-	-	5,1	0,5	0,9	18,5	0,2	0,2	0,04	-	-	-
INCONEL alloy X750	73	15,5	-	-	-	-	1,0	0,7	2,5	7,0	0,5	0,2	0,04	-	-	-
INCONEL alloy MA 754	78	20,0	-	-	-	-	-	0,3	0,5	-	-	-	0,05	-	-	-
IN-102	68	15,0	-	3,0	3,0	-	3,0	0,4	0,6	7,0	-	-	0,06	0,005	0,03	0,6Y ₂ O ₃
IN-587	47	28,5	20,0	-	-	-	0,7	1,2	2,3	-	-	-	0,05	0,003	0,05	0,02Mg
IN-597	48	24,5	20,0	1,5	-	-	1,0	1,5	3,0	-	-	-	0,05	0,012	0,05	0,02Mg
M-252	55	20,0	10,0	10,0	-	-	-	1,0	2,6	-	0,50	0,50	0,15	0,005	-	-
NIMONIC alloy 75	76	19,5	-	-	-	-	-	-	0,4	3,0	0,30	0,30	0,10	-	-	-
NIMONIC alloy 80A	76	19,5	-	-	-	-	-	1,4	2,4	-	0,30	0,30	0,06	0,003	0,06	-
NIMONIC alloy 81	67	30,0	-	-	-	-	-	0,9	1,8	-	0,30	0,30	0,03	0,003	0,06	-
NIMONIC alloy 90	59	19,5	16,5	-	-	-	-	1,45	2,45	-	0,30	0,30	0,07	0,003	0,06	-
NIMONIC alloy 105	53	15,0	20,0	5,0	-	-	-	4,7	1,2	-	0,30	0,30	0,13	0,005	0,10	-
NIMONIC alloy 115	60	14,3	13,2	3,3	-	-	-	4,9	3,7	-	-	-	0,15	0,160	0,04	-
NIMONIC alloy 263	51	20,0	20,0	5,9	-	-	-	0,45	2,15	-	0,40	0,25	0,06	0,001	0,02	-
NIMONIC alloy 942	49,5	12,5	-	6,0	-	-	-	0,6	3,7	3,7	0,20	0,30	0,03	0,010	-	-
NIMONIC alloy PE11	38	18,0	-	5,2	-	-	-	0,8	2,3	35	0,20	0,30	0,05	0,03	0,2	-
NIMONIC alloy PE16	43,5	16,5	-	3,2	-	-	-	1,2	1,2	34,4	-	-	0,05	0,003	0,04	-
NIMONIC alloy PK33	56	19,0	14,0	7,0	-	-	-	1,9	2,0	-	-	-	0,04	0,003	-	-
PYROMET 860	43	12,6	4,0	6,0	-	-	-	1,25	3,0	30,0	0,05	0,05	0,05	0,010	-	-
RENE 41	55	19,0	11,0	10,0	-	-	-	1,5	3,1	-	-	-	0,09	0,005	-	-
RENE 95	61	14,0	8,0	3,5	3,5	-	3,5	3,5	2,5	-	-	-	0,15	0,010	0,05	-
RGT 4	67	20,0	-	4,5	-	-	-	1,4	24	5,0m	-	-	0,06	0,004	-	-
RGT 13	49	20,0	18,0	4,5	-	-	-	1,5	25	50,m	-	-	0,06	0,004	-	-
TD Nickel	98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0ThO ₂
TD NiCr	78	20,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0ThO ₂
UDIMET 400	60	17,5	14,0	4,0	-	-	0,5	1,5	2,5	-	-	-	0,06	0,008	0,06	-
UDIMET 500	54	18,0	18,5	4,0	-	-	-	2,9	2,9	-	-	-	0,08	0,006	0,05	-
UDIMET 520	57	19,0	12,0	6,0	1,0	-	-	2,0	3,0	-	-	-	0,05	0,005	-	-
UDIMET 630	50	18,0	-	3,0	3,0	-	6,5	0,5	1,0	18,0	-	-	0,03	-	-	-
UDIMET 700	53	15,0	18,5	5,2	-	-	-	4,3	3,5	-	-	-	0,08	0,030	-	-
UDIMET 710	55	18,0	15,0	3,0	1,5	-	-	2,5	5,0	-	-	-	0,07	0,020	-	-
UNITEMP AF2-1DA	59	12,0	10,0	3,0	6,0	1,5	-	4,6	3,0	1,0m	-	-	0,35	0,014	0,10	-
WASPALLOY	58	19,5	13,5	4,3	-	-	-	1,3	3,0	-	-	-	0,08	0,006	0,06	-

de verwachting te kunnen uitspreken over de prestaties van de diverse nikkellegeringen. Als voorbeeld in **afbeelding 3** een dergelijk diagram van de prestaties die nikkellegering B2 levert in zoutzuur, als functie van de concentratie en temperatuur. Bij bijvoorbeeld 30% zoutzuur en een temperatuur van 75 °C zal de mogelijke

aantasting te verwaarlozen zijn (tot 0,13 mm per jaar), terwijl men bij geringere concentraties rekening moet houden met een bepaalde dikte-afname (0,13 tot 0,51 mm per jaar). Er zijn door de fabrikanten zeer vele iso-corrosie-diagrammen samengesteld. Zo blijkt in een andere grafiek hoe geringe toevoegingen van ijzerionen de

corrosiebestendigheid van alloy B2 negatief beïnvloeden (**afb. 4**). De reden hiervoor is dat alloy B2 in principe minder geschikt is om toegepast te worden in oxyderende milieus. Een van de tabellen bij dit artikel geeft een ruwe indicatie van agressieve chemische milieus waar bovengenoemde nikkellegeringen in principe goed toegepast kunnen worden. Een andere tabel geeft een indicatie van de bestendigheid die de verschillende typen nikkellegeringen hebben tegen verschillende corrosievormen.

SLOTWOORD

Over de behandelde nikkellegeringen is uiteraard nog veel meer mee te delen. In het kader van deze artikelserie hebben we ons beperkt tot de informatie zoals die verstrekt is. De opzet is geweest om met de aange-reikte informatie voldoende inzicht te verstrekken om het toepassen van

Tabel 60. Resistentie van nikkellegeringen (indicatie)

legeringstype	200	201	400	600	625	825	C22	C276	C4	B2
zwavelzuur					+++	+++	+++	+++	+++	++
fosforzuur					+++	++	+++	+++	+++	
zoutzuur					+++	++	+++	+++	+++	+++
azijnzuur en mierzuur	+	+	+/++		+++	++	+++	+++	+++	+++
rookgasontzwaveling					+++	+++	+++	+++	++	
zeewater, brakwater en ontzilting			+++		+++	+++	+++	+++	++	
zuur gas					+++	++	+++	+++	+++	
natrium- en kaliumchloride (nat)	+++	+++	+++	+++	+++	+	+++	+++	+++	
celstof en papier					+++	+	+++	+++	+++	+++
natron en kaliumhydroxyde	+++	+++	++		+++	+++	++	++	++	
salpeterzuur					++/+++	++				
ureum					+					

+ = acceptabel ++ = goed +++ = uitstekend

Tabel 61. Weerstand nikkellegeringen tegen diverse corrosievormen

legeringstype	spleet-corrosie	put-corrosie	spannings-corrosie	interkristallijne corrosie
600			++	+
625	+++	+++	+++	+++
825		+	++	+
C22	+++	+++	+++	++
C276	+++	+++	+++	+
C4	+++	+++	+++	+++
B2			++	
+ = acceptabel ++ = goede bestendigheid +++ = zeer hoge bestendigheid				

Tabel 63. Chemische analyse Ni-alloy G3

	Cr	Fe	Mo	Cu	C	W	Mn	Si
min.	21,0	18,0	6,0	1,5				
max.	23,5	21,0	8,0	2,5	0,015	1,5	1,0	1,0

Tabel 64. Enige eigenschappen alloy G3

Treksterkte	690 MPa
Rekgrens 0,2%	320 MPa
Rek	50%
Dichtheid (soortelijke massa)	$8,14 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
Smelttraject	1260 - 1340 °C

nikkellegeringen op die plaatsen te overwegen, waar men tot nu toe met legeringen heeft gewerkt waarvan de prestaties duidelijk geringer waren. In de praktijk zijn er goede boeken en artikelen beschikbaar van onder meer het 'Nickel Development Institute' te Birmingham (UK). Ook fabrikanten zoals Haynes International (USA), VDM in Duitsland en Inco Alloys International (UK) beschikken over uitstekende brochures waarin zeer veel relevante technische informatie is opgenomen. Onder meer kan men er zeer bruikbare corrosiegrafieken aantreffen, waarin de corrosiebestendigheid van vele nikkellegeringen als functie van de temperatuur en concentratie van diverse reagentia staat afgebeeld. Ook zijn er uitgebreide corrosietabellen beschikbaar waarin de prestaties van de diverse nikkellegeringen worden weergegeven, en dat veelal in vergelijking met roestvast staal en soms ook met puur titaan.

In het begin van deze serie is al melding gemaakt van het feit dat er meer typen nikkellegeringen op de markt zijn. Het is vermeldingswaardig om enige van deze groepen te noemen. Naast diverse andere Inconel- en Incoloy-typen kennen we ook nog de 'Nimonic'- en 'Udimet'-kwaliteiten. Zonder in details te treden is het nuttig om hier de analyses te verstreken van deze hittebestendige legeringen op nikkelbasis (zie betreffende tabel bij dit artikel).

Verder zou deze artikelserie niet compleet zijn, indien er geen aandacht besteed zou worden aan de nikkellegeringen G3 en K-500. De nikkellegering G3, ook wel bekend als Hastelloy G3, is een nikkel-chroom-ijzerlegering met toevoegingen van molybdeen en koper. Ook voor deze legering zijn hier tabellen

opgenomen.

Deze legering heeft een zeer goede bestendigheid tegen interkristallijne corrosie en dat ook in de gelaste conditie. Dankzij het lage koolstofgehalte kent de legering onder normale omstandigheden geen carbidevorming in het sensitieve gebied zoals direct naast de laszone. De legering wordt veelal toegepast in rookgascrubbers en voor de bereiding en handling van fosfor- en zwavelzuur. Het UNS en Werkstoffnummer is N06985 respectievelijk 2.4619. Een bekende modificatie van deze legering wordt op de markt gebracht onder alloy G30.

De nikkellegering alloy K-500, ook wel monel K-500 genoemd, is een kwaliteit die precipitatie-hardbaar is, waardoor bijzonder hoge mechanische eigenschappen haalbaar zijn. De corrosiebestendigheid is vergelijkbaar met die van alloy 400 waardoor de legering zeer geschikt is voor pompassen, veren, bouten en moeren, schroefassen, instrumenten enz. In principe zijn alle produktvormen van K-500 verkrijgbaar, alhoewel het accent op staf en smeedstukken ligt. De legering heeft een lage permeabiliteit en is daardoor niet-magnetisch tot 100 °C. Ook van deze legering zijn de analyse en de mechanische en enige fysische waarden vermeld in tabellen. Het UNS en Werkstoffnummer van alloy K-500 is N05500 respectievelijk 2.4375.

Literatuur:

'Superlegeringen op nikkelbasis', door ing. N.W. Buijs; Metaal en Kunststof - 1988 nr. 16/17.

'Nikkellegeringen', door ing. N.W. Buijs; Roestvaststaal nr. 1-3, 1992.

De auteur is dank verschuldigd aan Robert Zapp en Inco Alloys International voor het verstrekken van technische informatie.

Tabel 65. Samenstelling alloy K-500 *)

	Cu	Al	Ti	Fe	C	Mn	Si	S
min.	27,0	2,3	0,35					
max.	33,0	3,15	0,85	2,8	0,25	1,5	0,5	0,01

*) het nikkelgehalte dient minimaal 63% te zijn

Tabel 66. Enige eigenschappen alloy K-500

Treksterkte	1100 MPa
Rekgrens 0,2%	790 MPa
Rek	20%
Dichtheid (soortelijke massa)	$8,44 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
Smelttraject	1315 - 1350 °C
*) de mechanische waarden zijn gebaseerd op de geprecipiteerde geharde conditie	

Verantwoording

De handelsnamen die in de praktijk voorkomen en ook regelmatig in deze serie artikelen zijn vermeld, zijn als gedeponeerd handelsmerk eigendom van de volgende ondernemingen:

Hastelloy	- Haynes International;
Inconel	- Inco Families of Companies;
Incoloy	- Inco Families of Companies;
Nimonic	- Inco Families of Companies;
Udimet	- Special Metals Corporation;
René	- General Electric Company;
René 41	- Teledyne Alvac;
Unitemp	- Universal Cyclops Corporation;
Waspaloy	- United Technologies Corporation;
Nicrofer	- VDM Nickel Technology AG;
Nimofer	- VDM Nickel Technology AG;
Nicorros	- VDM Nickel Technology AG.

Dit is het vijfde en laatste deel in een artikelserie over hoogwaardige nikkellegeringen. In eerdere delen zijn het metaal nikkel, de nikkelkwaliteiten 200 en 201 en de nikkellegeringen 400, 600, 601, 625, 800H, 825, C22 en C276 besproken.