

Optimale keuze van hoogwaardige nikkellegeringen (3)

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

In dit derde deel van de artikelreeks over hoogwaardige nikkellegeringen geven we informatie over de legeringen 625, 800H en 825. Dit zijn corrosiebestendige nikkel-chroom-molybdeen- en nikkel-ijzer-chroomlegeringen, bestand tegen agressieve zuren en rookgassen.

Nikkellegering 625 is in de oplosingsgegloeide conditie een éénfasige corrosiebestendige nikkel-chroom-molybdeenlegering met goede overige eigenschappen, zowel bij kamer- als bij hoge temperatuur. De

relatief hoge gehalten aan nikkel, chroom en molybdeen bewerkstelligen een hoge weerstand tegen spanningscorrosie in chloridehoudende milieus. Ook is de legering in laatstgenoemd milieu goed resistent tegen put- en spleetcorrosie. Vanwege de uitstekende warmvastheid en slijteigenschappen, gecombineerd met goede bestendigheid tegen oxydatie en opkoling, is de legering tot 1050 °C inzetbaar. Indien de operationele temperatuur boven de 600 °C komt, zal men altijd moeten kiezen voor de oplopend gegloeide kwaliteit. In het temperatuurgebied tus-

sen 650 °C en 850 °C neigt de legering tot verbrossing. De legering staat in de praktijk ook bekend als Inconel 625, hetgeen een gedeponeerd handelsmerk is van Inco Families of Companies.

TOEPASSING 625

Alloy 625 leent zich voor toepassingen in zeewater, apparaten ten behoeve van de fabricage of verwerking van zwavel-, fosfor-, salpeter- en zoutzuur alsmede organische zuren en alkalische oplossingen. Voorts in systemen voor het reinigen van rookgasen en apparaten ten behoeve van de verwerking van aardgas en aardolie.

VERWERKEN 625

Nikkellegering 625 is koud- en warmvervormbaar. Bij koudedeformaties boven de 15% dient men zacht te gloeien tussen 930 °C tot 1040 °C, gevolgd door afschrikken in water. Dit is noodzakelijk om de optimale corrosiebestendigheid te verkrijgen. Warmvervormen geschiedt bij een temperatuur tussen 1010 °C en 1175 °C. Ook hier geldt dat elk werkstuk ontdaan dient te worden van allerlei vuil en vet voordat het verhit wordt. De ovenatmosfeer moet neutraal of licht oxyderend ingesteld worden, alsmede zwavelvrij zijn.

WARMTEBEHANDELEN 625

Hiertoe dienen de volgende temperaturen aangehouden te worden:

- spanningsarmgloeien 600 °C tot 810 °C;
- zachtgloeien 930 °C tot 1040 °C;

Tabel 24. Chemische samenstelling alloy 625 (in%)

	Al	C	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Nb/Ta	Si	Ti	Ni
min.	0,40	0,10	1,0	20,0	0,5	3,0	0,5	8,0	3,15	0,5	0,40	rest
max.				23,0				10,0	4,15			

Tabel 25. Aanduidingen alloy 625

DIN-afkorting	NiCr22Mo9Nb
Werkstoffnr.	2.4856
WdTVV Werkstoffblatt	is in voorbereiding
UNS	N06625
DIN	17744, 17750, 17751, 17752, 1736
ASTM	B443, B444, B446, B704, B705
ASME	SB443, SB444, SB446, SB704, SB705
BS	3072, 3074, 3076, NA21
SAE	AMS 5599, AMS 5666, AMS 5837

Tabel 26. Mechanische eigenschappen alloy 625 (bij verhoogde temperatuur; plaat, koud gewalst en zachtgegloeid)

mechanische waarden	temperatuur [°C]			
	100	200	300	400
rekgrens 0,2% [MPa]	400	380	360	340

Tabel 27. Fysische eigenschappen alloy 625

Smelttraject	1290 - 1350 °C
Dichtheid (soortelijke massa) *	$8,44 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
Elasticiteitsmodulus * **	205 GPa
Afschuifmodulus * ***	80 GPa
Soortelijke warmte *	410 J/(kg·K)
Warmtegeleidingscoëfficiënt *	9,8 W/(m·K)
Uitzettingscoëfficiënt *	$12,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Soortelijke elektrische weerstand *	$1,3 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

* bij kamertemperatuur

** in oplopend gegloeide conditie

*** in zachtgegloeide conditie

Tabel 28. Mechanische eigenschappen alloy 625 (bij kamertemperatuur)

vorm	leveringsconditie	rekgrens 0,2% [MPa]	treksterkte [MPa]	rek dp5 [%]	HB max.
plaat tot 20 mm dikte	oplopend gegloeid	310	725	35	200
	zacht gegloeid	410	800	30	240*
buizen 0,5 - 5 mm wanddikte	oplopend gegloeid	275	690	35	200
	zacht gegloeid	375	750	30	240

* staven tot 200 mm dikte zijn altijd oplopend gegloeid

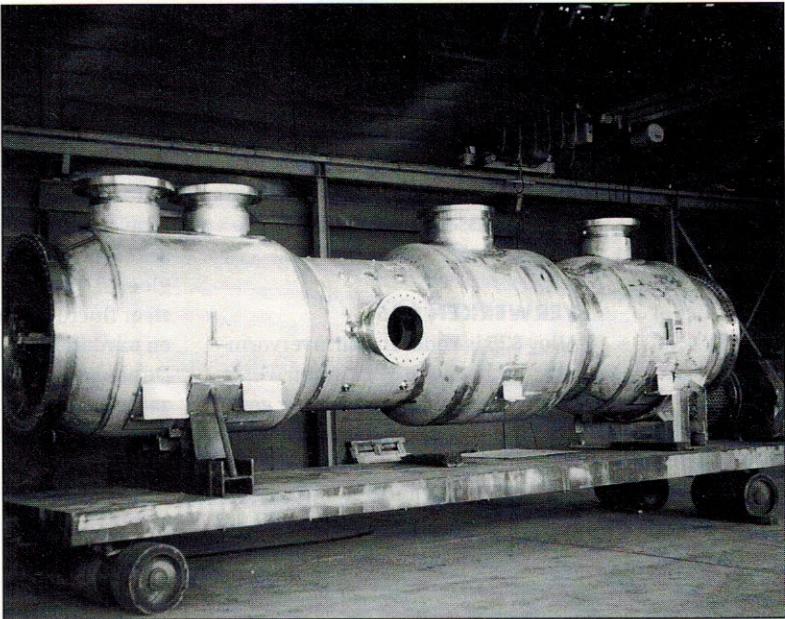
- oplossend gloeien 1090 °C tot 1200 °C.
Verhitten dient zo snel mogelijk te geschieden, afkoelen kan met water, geforceerde lucht of in een geforceerd inert gas.

LASSEN 625

De legering 625 kan zeer goed gelast worden met het TIG- of het MIG-lasproces, of met het elektrode-lassen indien het wordt gebruikt als opas-materiaal. De te lassen onderdelen moeten spanningsvrij, blank en schoon zijn. De thermische belasting dient tijdens het lassen zo gering mogelijk gehouden te worden. Voorver-warmen of een warmtebehandeling achteraf worden afgeraden. Als las-toevoegmateriaal worden aanbevo-len Werkstoffnummer 2.4831 als draad en opasband en Werkstoff-nummer 2.4621 voor elektroden.

LEGERING 800H

Alloy 800H is een austenitische nik-kel-ijzer-chroomlegering die uit mengkristallen opgebouwd is. Het is een legering die bijzonder hittevast is vanwege de gecontroleerde aan-wezigheid van elementen zoals kool-stof, aluminium, titaan, silicium en mangaan. Vooral de som van alumi-nium en titaan is van essentieel be-lang. De chemische samenstelling is identiek aan die van legering 800, maar de korrelgrootte van de oplos-send gegloeide conditie moet $\geq 90 \mu\text{m}$ /ASTM nr. 4 zijn, waardoor de standtijd boven de 600 °C aanzien-lijk toeneemt. Indien het materiaal onder de 600 °C wordt toegepast, wordt de legering 800 aanbevolen. Alloy 800H wordt gekarakteriseerd door goede kruipvastheideigenschap-pen bij temperaturen boven 600 °C. Teneinde een teruggang van de taai-heid te voorkomen tussen 600 °C en 700 °C is het noodzakelijk dat de som van het aluminium en titaangehalte maximaal 0,7% is. Voorts heeft de legering een goede bestendigheid in zowel oxyderende als reducerende omstandigheden en dat zelfs bij een wisseling van oxyde-rend naar een opkolend milieu. Ook heeft de legering een langdurige thermische stabiliteit bij hoge tem-peraturen. In de praktijk komt men ook vaak als naam Incoloy 800H te-gen, hetgeen een gedeponeerd han-delsmerk is van Inco Families of Com-panies.



■ De afmetingen van deze 'reheater' van Incoloy 800H heeft een diameter van 1840 mm, een wand-dikte van 24 mm en een totale lengte van 8600 mm (foto: AKF BV, Goes)

Tabel 29. Chemische analyse alloy 800H										
	Ni	Cr	Fe	C	Mn	Si	Cu	Al	Ti	Al+Ti
min.	30,0	19,0	rest	0,06	0,5	0,2		0,20	0,20	
max.	32,0	22,0		0,08	1,0	0,6	0,5	0,40	0,50	0,7

TOEPASSING 800H

Toepassing van alloy 800H vindt vooral plaats bij onderdelen voor ovens, in verband met de goede weer-stand tegen oxydatie en opkoling, buizen ten behoeve van de bereiding van etheendichloride, vanwege de goede bestendigheid tegen droog chloorwaterstof en chloorgas. Ook voor componenten in kolenvergas-singsinstallaties zoals buissystemen en warmtewisselaars is deze legering geschikt. Het verwerken van alloy 800H komt in grote lijnen overeen met dat van austenitische roestvast stalen.

LEGERING 825

De nikkellegering 825 behoort tot groep van de corrosiebestendige nik-kel-ijzer-chroomlegeringen. Dit ma-teriaal is zowel tegen reducerende-als tegen oxyderende hete zuren be-stand, zoals bijvoorbeeld puur fos-forzuur in verschillende concentra-ties bij verschillende temperaturen. Ook biedt het materiaal een hoge cor-rosieweerstand tegen vochtig zwavel-dioxyde en tegen diverse mengsels van allerlei zuren, indien deze een aanzienlijk gehalte aan zwavelzuur bevatten. Vanwege het nikkelgehalte van circa 38% biedt de legering een

Tabel 30. Aanduidingen voor alloy 800H	
DIN-afkorting	X5NiCrAlTi 31 20
Werkstoffnr.	1.4958
VdTUV Werkstoffblatt	X5NiCrAlTi 31 20
UNS	N08810
ASTM	B407, B163, B409, B564
BS	NA 15(H), 3074, 3072, 3076, 3073
ASME	SB407, SB163, SB409, SB564

Tabel 31. Fysische eigenschappen alloy 800H	
Smelttraject	1350 - 1400 °C
Dichtheid (soortelijke massa)	$8,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
Elasticiteitsmodulus *	198 GPa
Soortelijke warmte *	455 J/(kg·K)
Warmtegeleidingscoëfficiënt *	11,6 W/(m·K)
Uitzettingscoëfficiënt * 20-100 °C	$14,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Soortelijke elektrische weerstand *	98 $\mu\Omega\text{cm}$
* bij kamertemperatuur	

Tabel 32. Mechanische eigenschappen alloy 800H *			
temperatuur [°C]	rekgrens 0,2% [MPa]	trekvastheid [MPa]	rek dp5 [%]
kamertemp.	170	500	35
100	140	425 **	
200	115	400 **	
300	95	390 **	
400	85	380 **	
500	80	360 **	
600	75	300 **	
* in de oplossend gegloeide conditie			
** gemiddelde richtwaarden			

hoge bestendigheid tegen spanningscorrosie in chloridehoudende media die roestvast staalsoorten absoluut niet kunnen weerstaan. Alloy 825 biedt goede mechanische eigenschappen en een relatief hoge taaiheid en laat zich nagenoeg hetzelfde verwerken als Cr-Ni-stalen. In de praktijk komt men ook vaak de naam Incoloy 825 tegen, een gedeponerd handelsmerk van Inco Families of Companies

TOEPASSING 825

Alloy 825 wordt toegepast in de chemische industrie zoals bijvoorbeeld in de fosfor- en zwavelzuurbereiding,

voor onderdelen ten behoeve van beitsinrichtingen zoals pompdelen, roerwerken en filtersystemen. Andere toepassingen zijn apparaten voor de zoutbereiding zoals centrifuges, pijpleidingen, afsluiters en kleppen, opslagunits voor allerlei zuren en warmtewisselaars en produktieledingen.

VERWERKEN 825

Alloy 825 is koud- en warmvervormbaar. Bij het warmvervormen wordt een aanbevelingstemperatuur gegeven van 900 °C tot 1200 °C. Teneinde een optimale corrosieweerstand te bereiken, gecombineerd met goede

mechanisch-technologische waarden, dient het smeden niet boven de 1080 °C plaats te vinden. Indien de vervormingsgraad boven de 15% uitkomt (zowel bij het koud- als bij het warmvervormen) is zachtgloeien onontbeerlijk. Het ovenmilieu dient zwavelvrij te zijn. Als men daar niet zeker van is, moet men oxyderend gloeien. Voorkom dat de ovenatmosfeer fluctueert tussen reducerend en oxyderend.

De aanbevolen temperatuur voor het zachtgloeien is 920 °C tot 980 °C (de tijdsduur is wanddikte-afhankelijk). Afkoelen dient te geschieden met water of perslucht.

LASSEN 825

Zowel MIG- als het TIG-lassen is met de alloy 825 uitstekend toe te passen, alsmede het elektrodlassen. Vanwege de warmescheur gevoeligheid dienen de te lassen onderdelen spanningsvrij en schoon te zijn en het liefst metallisch blank. Om een optimale corrosiebestendigheid te verkrijgen moet de thermische belasting van de werkstukken zo gering mogelijk gehouden te worden. Daarom is voorverwarmen of een warmtebehandeling achteraf af te raden. Als lastoevoegmateriaal kan men het beste Werkstoffnr. 2.4655 voor het draad gebruiken en 2.4653 voor het elektrodemateriaal.

In deze eerste drie afleveringen van de artikelserie over nikkellegeringen zijn nu de algemene corrosiebestendige nikkellegeringen behandeld. In de volgende afleveringen worden de zogenaamde superlegeringen op nikkelbasis besproken. Deze staan veelal bekend onder de naam 'Hastelloy', een gedeponerd handelsmerk van Haynes International.

Hoofdgroepen

Superlegeringen op nikkelbasis worden in twee hoofdgroepen ingedeeld:

- de nikkel-chroom-molybdeenlegeringen, primair ontwikkeld voor oxyderende omstandigheden;
- de nikkel-molybdeensoorten, primair ontwikkeld ten behoeve van reducerende milieus.

Voor fluctuerende chemische belastingen zijn er kwaliteiten ontwikkeld die door toevoeging van het element wolfram zowel oxyderende als reducerende omstandigheden kunnen opvangen.

In de volgende afleveringen gaan we nader in op het 'dicht-sealt'-en het 'self-healing'-effect tegen invloeden van buitenaf, veroorzaakt door het chroomdioxide van de taai oxydehuid.

Tabel 33. Chemische analyse alloy 825

	C	Si	Mn	Cu	Mo	Cr	Ti	Al	Ni	Fe
min.				1,4	2,4	19,3	0,55		37,8	
max.	0,03	0,55	1,05	3,1	3,6	23,7	1,25	0,25	46,2	rest

Tabel 34. Aanduidingen alloy 825

DIN-afkorting	NiCr21Mo
Werkstoffnr.	2.4858
VdTUV-Werkstoffblatt	432/1, 432/2, 432/3
UNS	N08825
DIN	17744, 17750, 17751, 17752, 17754
ASTM	B163, B423, B424, B425
ASME	SB163, SB423, SB424, SB425
BS	3072/NA15, 3073/NA16, 3074/NA16, 3075+/NA16, 3076/NA16

Tabel 35. Fysische eigenschappen alloy 825

Smelttraject	1370 - 1400 °C
Dichtheid (soortelijke massa) *	$8,118 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
Elasticiteitsmodulus *	195 GPa
Soortelijke warmte *	500 J/(kg·K)
Warmtegeleidingscoëfficiënt *	11,0 W/(m·K)
Uitzettingscoëfficiënt 20 - 100 °C	$14,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Soortelijke elektrische weerstand *	$1,12 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

* bij kamertemperatuur

Tabel 36. Mechanische eigenschappen alloy 825 (bij kamertemperatuur)

vorm	rekgrens 0,2% [MPa]	treksterkte [MPa]	rek dp5 [%]
plaat ≤20 mm dik	235	550 - 750	30
buis ≤8 mm wanddikte			
smeedstukken	220	550 - 750	35
≤240 mm dikte			

De hardheid is in beide gevallen bij benadering HB = 190

Tabel 37. Mechanische waarden alloy 825 (bij verhoogde temperatuur)

vorm	vastheden	temperatuur [°C]			
		100	200	300	400
plaat ≤20 mm dikte buis ≤8 mm wanddikte smeedstukken ≤20 mm wanddikte	rekgrens 0,2% [MPa]	205	180	170	160
	rekgrens 0,2% [MPa]	190	165	155	145

Dit is het derde deel in een serie over nikkellegeringen. In het eerste deel in Metaal & Kunststof 17, gepubliceerd 4 september jl., hebben we het metaal nikkel en de ongelegeerde nikkelkwaliteiten 200 en 201 besproken. Het tweede deel, handelend over de legeringen 400, 600 en 601 kunt u vinden in Metaal & Kunststof van 18 september jl. In de volgende twee delen geven we meer informatie over superlegeringen op nikkelbasis.