

Optimale keuze van nikkellegeringen (1)

Ing. N.W. Buijs

Van Leeuwen Stainless

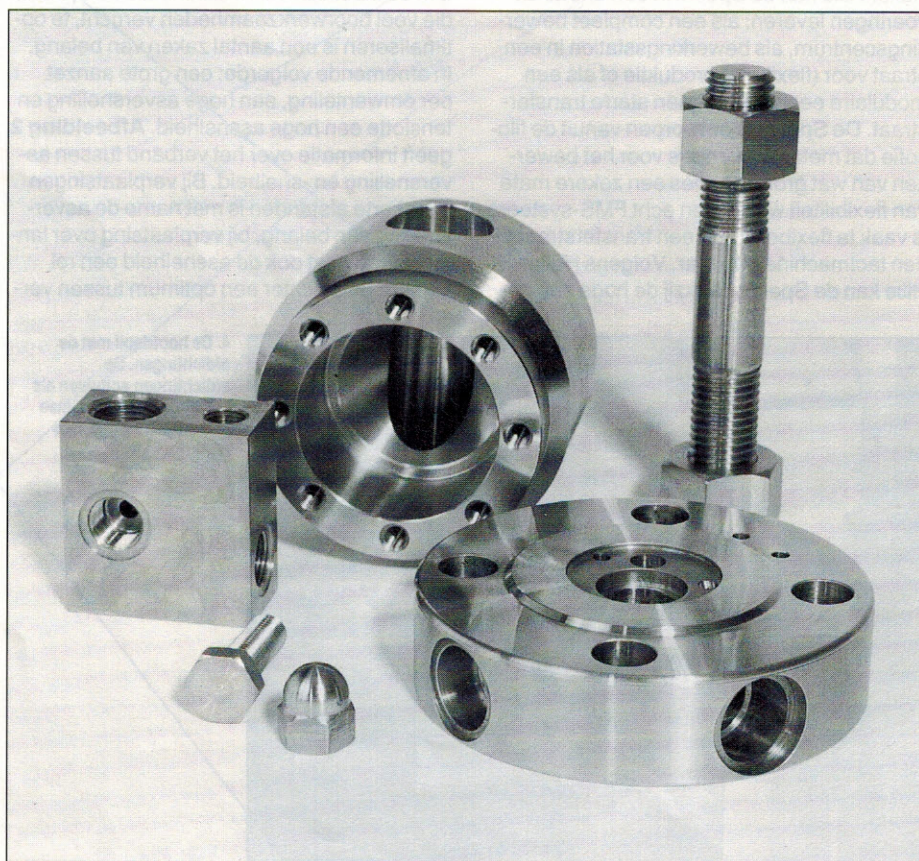
Scherper wordende milieu- en veiligheidseisen stimuleren de vraag naar hoogwaardige legeringen. In dit nummer starten we daarom met een artikelserie over nikkellegeringen. In dit eerste deel staat het metaal nikkel en de ongelegeerde nikkelkwaliteiten 200 en 201 centraal. In volgende artikelen zullen we ingaan op nikkellegeringen.

De belangstelling voor nikkellegeringen is het laatste decennium sterk toegenomen, omdat de industrie meer behoefte heeft gekregen aan metalen met een lange technische levensduur die zeer onderhoudsvriendelijk en in hoge mate bedrijfszeker zijn. Deze eisen hebben ertoe geleid dat er zeer veel verschillende typen nikkellegeringen zijn ontwikkeld. Voor de gebruiker is het hierdoor niet gemakkelijk om het meest optimale type te kiezen bij een bepaalde toepassing. De bedoeling van deze artikelreeks is dan ook om u duidelijkheid te verschaffen over de diverse kwaliteiten en eigenschappen.

De belangstelling voor hoogwaardige legeringen wordt de laatste jaren ook enorm gestimuleerd door steeds maar toenemende milieu- en veiligheidseisen alsmede door de arbeidskosten ten behoeve van onderhoud en reparatie die per tijdseenheid enorm zijn gestegen. De weerstand om hoogwaardige metalen toe te passen vanwege de relatief hoge aanschafprijs is behoorlijk afgenomen. De verwachting is dan ook dat dergelijke legeringen nog terrein zullen gaan winnen met name in de chemische- en petrochemische industrie. Ook andere marktsegmenten zoals de energie- en voedingsindustrie hebben het nut van deze metaallegeringen ontdekt waardoor ook hier groei te verwachten is. Ook is het juist melding te maken van het feit dat allerlei hoogwaardige roestvast staal-soorten diverse duurdere nikkellegeringen verdringen. Men kan dan bijvoorbeeld denken aan duplexstalen en hoog-molybdeenhoudende roestvast stalen.

Hoogwaardige legeringen kunnen diverse alternatieve benamingen hebben zoals superlegeringen, exotische legeringen, hoge-prestatielegeringen (high-performance alloys) en specials. Deze diverse aanduidingen kunnen soms tot verwarring leiden hetgeen niet nodig is omdat in alle gevallen hetzelfde wordt bedoeld. Hoewel er diverse hoogwaardige legeringen zijn die een drager hebben van bijvoorbeeld cobalt, titaan, zirkoon en soms ook ijzer zal deze artikelserie zich beperken tot hoogwaardige legeringen op een basis van nikkel.

Er zijn door de jaren heen vele nikkellegeringen ontwikkeld die allemaal hun specifieke eigenschappen en toepassingen hebben.



Onderdelen van nikkellegeringen 200/201 (foto: Red Point)

Met de artikelserie beogen we meer duidelijkheid te verschaffen in de grote verscheidenheid van de diverse typen. De legeringen die in ons land het meest voorkomen zijn: nikkel-alloy 200, 201, 400, 600, 601, 625, 800H, 825, C22, C276, C4 en B2. Naast deze typen zijn er nog tientallen andere doch minder bekende kwaliteiten die verder in dit artikel niet worden behandeld. Wel vindt men in het slotwoord bij het laatste artikel summier informatie van enige van deze minder voorkomende kwaliteiten.

De genoemde legeringen zijn primair bedoeld om toegepast te worden in chemisch agressieve media. Ook zijn diverse legeringen geschikt om toegepast te worden bij ho-

ge temperaturen.

Voordat inhoudelijk wordt ingegaan op de specifieke eigenschappen en mogelijkheden van deze nikkellegeringen bekijken we eerst hoe het metaal nikkel ontstaat.

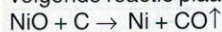
Nikkel

Nikkel komt als erts op vele plaatsen in de aardbodem voor, maar op een beperkt aantal vindplaatsen is het lonend om dit erts te delven. Dit gebeurt bijvoorbeeld in Canada, in Noorwegen en in New Caledonië. Goede erts bevatten 1,2% tot 5% nikkel. Een veel voorkomende ertsamenstelling is: circa 40% SiO_2 , 20% MgO , 15% Fe_2O_3 , 10% H_2O , 10% NiO , 1% Al_2O_3 , 0,7% MnO_2 , 0,2% CoO en 0,1% CaO . De kleur van het erts is groen, maar naarmate er meer ijzer aanwezig is, ontstaan er gele en bruine verkleuringen.

Er zijn verschillende methoden om nikkel te winnen, zoals:

- smelten van het erts met cokes met een toeslag van kalksteen. Dit kan in een koepeloven plaatsvinden;
- het nikkelerts wordt met een flux tot briketten geperst en deze worden met circa 30% cokes in ovens gesmolten. De flux bestaat meestal uit CaS.

Het ruwe nikkeloxide dat zo vrijkomt, bevat nog veel ijzeroxiden en het wordt daarom met een siliciumhoudende flux in een Bessemer convertor gezuiverd. Na deze zuivering bevat het produkt circa 80% NiO en circa 20% S (zwavel). Het produkt wordt verpulverd in een kogelmolen waarna het geroost wordt teneinde het zwavel te verwijderen. Na dit roosten blijft er praktisch zuiver NiO over. Dit nikkeloxide wordt met koolstof samengeperst tot tabletten waarna deze 48 uur verhit worden. Tijdens deze verhitting vindt er de volgende reactie plaats:



Dit nikkel heeft een zuiverheid van circa 99,25%. Indien een hogere zuiverheid wordt vereist kan men dit bereiken door middel van elektrolyse.

Door het toevoegen van allerlei elementen kan men de diverse nikkellegeringen met behulp van het smeltproces verkrijgen. Voor alle nikkellegeringen geldt dat het fosfor- en zwavelgehalte zo laag mogelijk moet worden gehouden vanwege hun schadelijkheid. De fysische en mechanische eigenschappen van nikkel zijn in een tabel bij dit artikel opgenomen. Nikkel is het achtentwintigste element in het periodiek systeem en heeft door zijn kubisch vlakken gecenterd rooster en relatief hoge ductiliteit vanwege de vele glijvlakken. Het element zwavel dient vermeden te worden omdat dit het nikkel sterk verbrost. Bij het smelten van nikkel kan het zwavel gebonden worden door het toevoegen van een weinig mangaan en/of magnesium. Specifieke voordelen van het metaal nikkel zijn naast de zeer goede corrosiebestendigheid de grote en constante magnetische permeabiliteit, de geringe thermische uitzetting en de buitengewoon goede eigenschappen bij hoge temperatuur. Het wordt ook zeer veel als legeringselement gebruikt in voornamelijk ijzer- en koperlegeringen.

Voorbeelden zijn o.a. roestvast staal, cunifer en aluminiumbrons.

Nikkel wordt naast de commerciële zuivere uitvoering veel meer toegepast als gelegerd nikkel dat in principe verkrijgbaar is als plaat, staf, strip, buis (gelast en naadloos), draad en als smeed- en gietstukken. De lasbaarheid is uitstekend mits de juiste parameters worden gebruikt.

Nikkel staat ook bekend vanwege zijn zeer goede kruipvastheid welke tot stand komt door de vele tweelingen in de matrix alsmede het ontstaan van uitscheidingen die beide er voor zorgen dat het verspringen van dislocaties aanzienlijk wordt bemoeilijkt.

In de ongelegeerde conditie is het nikkel zeer goed toe te passen in bepaalde procesapparatuur en daarom zijn er twee kwaliteiten beschikbaar namelijk nikkel 200 en 201.

Tabel 1 Fysische en mechanische eigenschappen van nikkel

Fysische constanten Atoomgewicht Kristalstructuur (20 °C) Dichtheid (soortelijk gewicht) Smeltpunt Kookpunt Specifieke warmte (27 - 100 °C) Latente smeltwarmte lineaire uitzettingscoëfficiënt Elektrische weerstand (20 °C) Warmtegeleidingsvermogen (27-100 °C) Curiepunt Magnetische permeabiliteit	58,69 kubisch vlak gecenterd parameter $a = 3,5167 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ 8,89 1435 – 1445 °C ± 2730 °C 440 J/kg/°K 309 J/g $13 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{K}$ (27-100 °C) 9,5 mikroh-m-cm 76 W/m/°C 368 °C initieel: 110; max.600
Mechanische eigenschappen Treksterkte Rekgrens 0,2% Rek Insnoering Hardheid Elasticiteitsmodulus	461 MPa 147 MPa 40% 45% 110 HB 205,8 GPa

Tabel 2 Chemische samenstelling van nikkel alloy 200 en 201

	C*	Si	Mn	S	Cu	Fe	Mg	Ti	Ni(+CO)
min.									98,4
max.	0,025	0,23	0,38	0,013	0,28	0,47	0,18	0,13	

*Het koolstofgehalte van nikkel 200 bedraagt maximaal 0,15%

Tabel 3 Aanduidingen nikkel 200 nikkel 201

norm	nikkel 200	nikkel 201
DIN afkorting	Ni99,2	LC-Ni99
Werkstoff-Nr.	2.4066	2.4068
vdTüV-Werkstoff-Blatt	--	345
UNS	NO2200	NO2201
BS	3072-76/NA11	3072-76/NA12
AMS	--	5553
ASTM	B160, B161, B162, B163	
DIN	17740, 17750, 17751, 17752, 17753, 1775	
ASME	SB160, SB161, SB162, SB163	

Nikkel 200 en 201

Nikkel 200 is technisch zuiver nikkel met een hoge ductiliteit dat ook wel commercieel zuiver nikkel wordt genoemd. Bovendien beschikt het over een goede warmtegeleiding en een uitstekende resistentie tegen zeer vele corrosieve media. Vanwege de zuiverheidsgraad heeft nikkel relatief lage mechanische waarden. Nikkel 201 is nagenoeg identiek aan nikkel 200 echter het koolstofgehalte is niet hoger dan 0,025%. Beide kwaliteiten bieden vooral onder reducerende omstandigheden een zeer goede corrosiebestendigheid. In oxiderende milieus ontstaat er een passieve oxidefilm aan het oppervlak die er voor zorgt dat het nikkel bestand is tegen natronloog, droge chloorwaterstoffen en droog broom. Ook blijkt dat nik-

kel 200 en 201 een prima bestendigheid heeft tegen spanningscorrosie zowel in etende alkalische- als in chloridehoudende oplossingen. De chemische samenstelling van deze technisch zuivere nikkelkwaliteiten vindt men in een tabel bij dit artikel. Ook hebben diverse normeringen hun eigen aanduidingen die weergegeven zijn in een tabel. In deze tabel zijn allerlei equivalenten van elkaar vermeld zodat men inzicht kan krijgen welke normaanduidingen met elkaar overeen komen.

Vanwege deze veelheid van aanduidingen heeft Misset uitgeverij het computerprogramma 'De Metaalselector' op de markt gebracht waarin al deze equivalenten op een gebruikersvriendelijke wijze geselecteerd kunnen worden. Van al de legeringen die in

deze artikelserie worden behandeld, zullen dergelijke tabellen verstrekt worden zodat niet iedere keer vanuit de tekst verwezen zal worden naar deze tabellen.

Verwerken 200 en 201

Nikkel 200 en 201 zijn zowel koud- als warm goed vervormbaar. Bij koude- deformatie die groter is dan 5% is aansluitend spanningsarm- of zachtgloeien noodzakelijk. Warmvervormen dient te geschieden bij een temperatuur van 800 °C tot 1250 °C. Het metaal dient voor de warmtebehandeling altijd ontdaan te worden van olie, vet, koolstof- en zwavelhoudende bestanddelen. Het milieu in de oven moet licht-reducerend tot neutraal zijn. Indien men niet zeker van is of er zwavel aanwezig kan zijn, is het ten eerste aan te bevelen de ovenatmosfeer zwak-oxiderend in te stellen. Zwavelopname dient men met nikkellegeringen te allen tijde tegen te gaan omdat de kans op vorming van het zeer schadelijke nikkel-sulfide bijzonder groot is.

Warmtebehandeling 200 en 201

De volgende warmtebehandelingstemperaturen dient men aan te houden:

- zachtgloeien: 700 °C tot 800 °C;
 - spanningsarmgloeien: 550 °C tot 650 °C.
- Het afkoelen dient plaats te vinden in water of geforceerde lucht. Dunne onderdelen kunnen ook in gewone lucht afkoelen.

Lassen 200 en 201

Nikkel 200 en 201 zijn zeer goed lasbaar. Procédés die aanbevolen worden, zijn TIG- en MIG-lassen alsmede het lassen met beklede elektroden. De juiste toevoegmaterialen zijn respectievelijk de werkstofnummers 2.4155 (TIG- en MIG-draad) en 2.4156 (elektroden) aan te raden.

In het algemeen kan men stellen dat het koolstofgehalte van de meeste nikkellegeringen zo laag is geworden dat dit gehalte ver onder de maximaal oplosbare hoeveelheid is gekomen. Vanuit de thermo-dynamica is be-

Tabel 4 Fysische eigenschappen van Alloy 200/201

	nikkel 200	nikkel 201
Smelttraject	1435 - 1445	1435 - 1445 °C
Dichtheid (s.g.)	8,9	8,9
Elasticiteitsmodulus	196	196 GPa
Specifieke warmte*	440	440 J/kg/K
Warmtegeleidingscoëfficiënt	74	76 W/m/K
Uitzettingscoëfficiënt **	14,5.10 ⁻⁶	14,5.10 ⁻⁶ /°K
Spec. elektrische weerstand*	0,090	0,085 Ω•mm ² /m

*bij kamertemperatuur ** tussen 20 - 300 °C

Tabel 5 Mechanische eigenschappen van Alloy 200/201 bij kamertemperatuur

vorm	rekgrens 0,2% MPa	treksterkte MPa	rek min %
plaat ≤50 mm dik staven ≤150 mm	80 80	340 - 540 340 - 540	40 40

De hardheid van nikkel 200 is HB 114 (richtwaarde)
De hardheid van nikkel 201 HB 95 (richtwaarde)

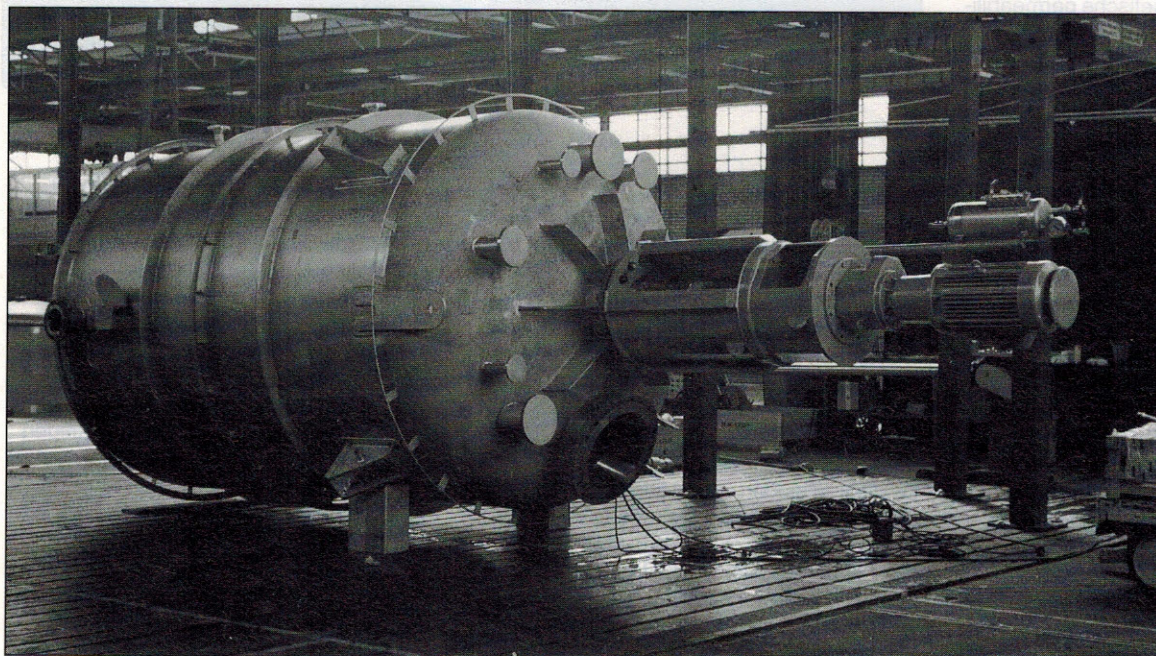
Tabel 6 Mechanische eigenschappen van Alloy 200/201 bij verhoogde temperatuur

vorm	vastheden MPa	temperatuur °C			
		100	200	300	400
plaat ≤ 50 mm dik staven ≤250 mm smeedstukken ≤ 150 mm dik	rekgrens 0,2%	70	65	60	55
	rekgrens 0,2%	95	90	85	80
	treksterkte	290	275	260	240

kend dat de 'honger' om koolstof dan weer op te willen nemen zeer groot is. Daarom moet men nikkellegeringen zo min mogelijk in contact brengen met koolstofhoudende bestanddelen, zoals vet (CH-verbindingen), bepaalde verfsoorten en potloodstrepen. Vooral bij (geringe) temperatuurverhogingen zal dit koolstof omwille van de oplosbaarheidsneiging in het nikkel diffunderen waar-

door het weer chroom kan onttrekken en/of ongewenste complexe carbiden kan vormen die lokale corrosie kunnen veroorzaken. **DMK**

Dit is het eerste artikel in een serie over nikkellegeringen. In een volgende aflevering behandelen we de legeringen 400, 600 en 601.



Voorbeeld van een toepassing van een nikkellegering. Het betreft hier een reactortank van de legering 600. Over dit materiaal geven we in een volgende aflevering van deze artikelserie meer informatie (Foto: FIB Leeuwarden)