



Postbus 541
7300 AM Apeldoorn
Laan van Westenenk 501
7334 DT Apeldoorn

Telefax 055 - 41 98 37
Telex 36395 tnoap nl
Telefoon 055 - 77 33 44

Leden van de NIL-commissie
TC-I-A "Hoogtemperatuursolderen"

Datum
4 maart 1988

Ons nummer
88M/12316/BRO/SCN
43. .
Uw brief

Onderwerp

L.S.,

Hierbij ontvangt u het rapport "Enquete over soldeerspecificaties" van de
stuurgroep "Normen" van de TC-I-A.

Hoogachtend,
METAALINSTITUUT TNO
Afd. Las- en Materiaaltechnologie

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'H.M. Broek', written over a horizontal line.

H.M. Broek

Bijlagen



GALVANISCHE CORROSIE VAN HOOG-
TEMPERATUUR GESOLDEERDE ROESTVAST-
STALEN VERBINDINGEN

(Ontwikkeling van een eenvoudige
testmethode)



Rapport TC-I-A-148-77

Laan van Westenenk 501, Apeldoorn
Telefoon: 055 - 773344
Postbus: 541 Telex: 49095 TNOAP

GALVANISCHE CORROSIE VAN HOOG-
TEMPERATUUR GESOLDEERDE ROESTVAST-
STALEN VERBINDINGEN

(Ontwikkeling van een eenvoudige
testmethode)



Bestemd voor

Nederlands Instituut voor Lastechniek

Laan van Meerdervoort 2^b

D E N H A A G

t.a.v. Ing. R. Peereboom

Leden NIL Subcommissie TC-I-A
"Hoogtemperatuursolderen"

Samengesteld door

H.H. van der Sluis

Ing. D. van der Torre

namens de stuurgroep "Corrosiebestendigheid",
bestaande uit de heren:

Ing. H.G.A. van den Berg (KSLA - Amsterdam)
D.E. Milliams (KSLA - Amsterdam)

Ing. C. Leenders (Neratoom - Den Haag)

Ing. B.H. Wijngaard (MI-TNO - Apeldoorn)

Datum 27 januari 1977

Opdracht nr. 983018

Rapport nr.

Uw ref. nr. M77/98/JEL/SLU

Oplaat 25

| <u>INHOUDSOPGAVE</u> | <u>pag.</u> |
|--|-------------|
| 1. SAMENVATTING | 2 |
| 2. INLEIDING | 3 |
| 3. MATERIALEN | 4 |
| 3.1 Soldeermaterialen | 4 |
| 3.2 Basismateriaal | 4 |
| 4. UITVOERING VAN HET ONDERZOEK | 5 |
| 4.1 Testmethode | 5 |
| 4.2 Testopstelling | 6 |
| 4.3 Testprocedure | 7 |
| 5. RESULTATEN | 9 |
| 6. BESPREKING VAN DE RESULTATEN | 11 |
| 6.1 Aan de hand van de stroomsterkte-tijd curven | 11 |
| 6.1.1 Onderzoek bij kamertemperatuur | 11 |
| 6.1.2 Onderzoek bij 50°C en 77°C | 11 |
| 6.2 Aan de hand van het microscopisch onderzoek | 11 |
| 6.2.1 Onderzoek bij kamertemperatuur | 12 |
| 6.2.2 Onderzoek bij 50°C | 13 |
| 6.2.3 Onderzoek bij 77°C | 13 |
| 7. CONCLUSIES | 15 |
| 8. AANBEVELINGEN | 16 |
| 9. LITERATUUR | 17 |
| 10. BIJLAGEN | 18 |
| Tabellen | |
| Figuren | |

1. SAMENVATTING

Ten einde tot de ontwikkeling van een eenvoudige, reproduceerbare testmethode te komen ter bepaling van de corrosie-bestendigheid van hoogtemperatuurgesoldeerde verbindingen is een oriënterend onderzoek uitgevoerd.

Twee nikkelbasissolderen, waarvan één boriumhoudend (BNi-2) en één boriumvrij (BNi-5) werden als gesoldeerde roestvaststaalverbindingen in vijf milieu's bij verschillende temperaturen beproefd. Daartoe werden de corrosiestromen gedurende een week gemeten; in doorsneden van de verbindingen werd de aantasting microscopisch onderzocht.

2. INLEIDING

Galvanische corrosie van hoogtemperatuur gesoldeerde verbindingen kan een praktisch probleem vormen. In agressieve milieu's kan specifieke aantasting van ondermeer het soldeer in de naad optreden; in (1) wordt hierover bericht voor met nikkelbasissoldeer gesoldeerde roestvaststalenverbindingen.

Het kan derhalve van belang zijn om over een relatief eenvoudige testmethode te beschikken, waarmee de al of niet bestaande gevoeligheid voor galvanische aantasting van gesoldeerde verbindingen in praktijkmilieu's kan worden aangetoond.

Om tot een dergelijke test te komen, is een oriënterend onderzoek uitgevoerd aan gesoldeerde verbindingen van roestvaststaal. In dit onderzoek zijn twee nikkelbasissolderen betrokken, één boriumhoudend en één boriumvrij soldeer (resp. BNi-2 en BNi-5).

In dit rapport worden onderzoek en verkregen resultaten beschreven. De opzet van dit onderzoek moet voeren tot een testmethode die betrekkelijk eenvoudig door fabrikant c.q. leverancier is uit te voeren, opdat verwachtingen omtrent corrosief gedrag van gesoldeerde verbindingen voortijdig kunnen worden vastgesteld en bewaarheid.

3. MATERIALEN

3.1 Soldeermaterialen

In dit onderzoek werden twee nikkelbasissolderen gebruikt. Het zijn de volgens AWS-specificatie typen BNi-2 en BNi-5. De nominale chemische samenstelling van deze solderen wordt in tabel 1 gegeven. Het soldeer BNi-2 bevat chroom, silicium, borium, ijzer en nikkel, terwijl het soldeer BNi-5 bestaat uit chroom, silicium en nikkel.

3.2 Basismateriaal

Als basismateriaal werd een austenitisch roestvaststaal volgens AISI-specificatie type 304 gebruikt. De nominale chemische samenstelling wordt gegeven in tabel 2.

4. UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

Bij de uitvoering van het onderzoek werd gebruik gemaakt van doorsneden van T-proefstukken uit een eerder uitgevoerd soldeermateriaal-onderzoek, waarover gerapporteerd wordt in (2).

4.1 Testmethode

Het hoogtemperatuursolderen met nikkelbasissolderen van bijv. roestvaststaal kan soldeernaden met verschillende samenstelling en structuur opleveren. Uit onderzoek is bekend dat naast soldeertemperatuur en soldeertijd de spleetbreedte van invloed hierop is. Een soldeernaad met een verlopende spleetbreedte (van bijv. 25 tot 100 μ m) kan een microscopisch beeld geven van een structuur, opgebouwd uit één fase (smalle naad) tot één bestaande uit vele fasen (brede naad).

In een brede soldeernaad kunnen voor een soldeertype BNi-5 o.a. nikkelsiliciden en chroomsiliciden worden aangetroffen, terwijl voor een soldeertype BNi-2 daarnaast tevens o.m. nikkelboriden, chroomboriden en carboboriden (koolstof uit basismateriaal) gevonden worden, zoals door o.a. Colbus en De Paoli in (3) wordt vermeld.

Deze intermetallische verbindingen worden gekenmerkt door een hoge microhardheid (4).

In dergelijke soldeernaden kunnen de verschillende intermetallische fasen vanwege hun afwijkende samenstelling t.o.v. de "bulk" van de soldeernaad in bepaalde milieu's meer of minder corrosiegevoelig zijn. Met andere woorden een nikkelbasissoldeer met nominaal 7 gewichtsprocenten chroom (BNi-2) kan in een soldeernaad fasen bevatten met een hoger chroomgehalte dan dat van roestvaststaal (nominaal 18 gewichtsprocenten), zodat de "bulk" van de soldeernaad een zeker, lager chroomgehalte heeft.

Echter ook in een nikkelbasissoldeer (BNi-5) met een chroomgehalte van nominaal 19 gewichtsprocenten kan t.g.v. het optreden van chroomrijke fasen in de soldeernaad de "bulk" van deze soldeernaad een plaatselijk verlaagd (t.o.v. roestvaststaal) chroomgehalte geven.

Een invloed die nog buiten beschouwing is gelaten, is het aantastingsgedrag van de nikkelbasissolderen op roestvaststaal (erosie, penetratie, diffusie). Ook t.b.v. dit gedrag kan de soldeernaad van samenstelling wijzigen, terwijl tevens de overgangszone in het roestvaststaal naast de soldeernaad beïnvloed wordt (4). In het uitgevoerde onderzoek is getracht de invloed van de overgangszone op het corrosiegedrag te beperken.

Het principe van de testmethode, waarin de aantastingsbereidheid in verschillende milieu's wordt onderzocht, berust op het optreden van galvanische corrosie.

Als in een waterige, elektrolytoplossing zich een metaal bevindt, kan dit chemische in oplossing gaan. Hierbij treden metaalionen uit het metaal. Deze metaalionen zijn positieve leidingdragers; het metaal zelf wordt hierdoor negatief geladen. Na enige tijd kan zich een evenwicht instellen en krijgt het metaal een zgn. evenwichtspotentiaal.

Bevinden zich twee metalen, in ons geval de soldeernaad en een roestvaststalen plaatje, in een waterige elektrolytoplossing en worden deze metalen geleidend met elkaar verbonden, dan kan t.g.v. potentiaalverschillen een stroom gaan lopen. Van de stroom kan stroomsterkte gemeten worden. Volgens de wet van Faraday kan (na enige omrekening) de corrosiesnelheid van een dergelijk systeem bepaald worden (bijv. in aantal milligrammen of millimeters per jaar).

Tevens kan de aantasting van een metaal microscopisch onderzocht worden.

4.2 Testopstelling

In figuur 1 wordt de testopstelling, welke in dit onderzoek gebruikt werd, gegeven.

In een bekerglas bevinden zich het gesoldeerde, ingebedde roestvaststalen T-proefstuk en de tegenelektrode van roestvaststaal; beide zijn via de shunt van een microvoltmeter, elektrisch geleidend met elkaar verbonden. De afstand tussen ingebed T-proefstuk en tegenelektrode bedraagt telkens 1 cm. In het bekerglas bevinden zich het milieu (elektrolytoplossing bestaand uit een verdunde loog, zout-of zuuroplossing) en voorts een thermometer en een roerder. De verhouding tussen:

$$\frac{\text{oppervlak tegenelektrode}}{\text{oppervlak soldeernaad}} > 1000$$

4.3 Testprocedure

Alle proeven werden uitgevoerd met doorsneden van gesoldeerde T-proefstukken. Soldeertype BNi-2 werd gesoldeerd bij 1050°C, terwijl soldeertype BNi-5 een soldeertemperatuur van 1175°C had; de soldeertijden waren dezelfde (5 min.). Ook het materiaal van de tegenelektrode was op soldeertemperatuur geweest.

Alvorens de proeven te beginnen werden de doorsneden van de T-proefstukken microscopisch onderzocht op spleetbreedte, structuur, hechting, scheurtjes e.d.

Van enkele representatieve soldeernaden werden microfoto's gemaakt. Zodoende was het mogelijk, daar de proeven in tweevoud werden uitgevoerd, passende duplo's te selecteren. De selectieresultaten worden gegeven in tabel 3. Na deze selectie waren de proefstukken voor onderzoek gereed.

De T-proefstukken werden vervolgens t.p.v. de overgangszone en resterende roestvaststalen delen met een geëigende laklaag (t.w. Nolan afdeklak fabr. Schering) afgedekt, zodanig dat de soldeernaad vrij bleef.

Over de shuntweerstand van 100 Ohm werd periodiek de galvanische corrosiestroom gemeten; in het begin van de proef werd per uur gemeten, daarna eenmaal per dag, gedurende een week.

Ter handhaving van de beproevingstemperatuur waren alle bekerglazen met de verschillende milieu's in een waterbad geplaatst. Dit waterbad werd m.b.v. een thermostaat op constante temperatuur gehouden.

De proefomstandigheden waren de volgende:

- kamertemperatuur; milieu: 1 N Na OH oplossing
leidingwater (Rotterdams)*
1 m NaCl oplossing
melkzuuroplossing (16 ml/l)
1 N HNO₃ oplossing
- 50°C ; milieu: 1 N Na OH oplossing
1 m NaCl oplossing
1 N HNO₃ oplossing

- 77^oC ; milieu: leidingwater (Rotterdams)*]
melkzuuroplossing (16 ml/l)

*] Cl = 123,5 mg/l; hardheid 9,5^o D;
spec. weerstand 1350 Ohm cm.

5. RESULTATEN

De beproeving werd na ongeveer een week gestopt. De gemeten galvanische corrosie-stromen zijn (voor zover representatief) weergegeven in de figuren 2 en 3 in zgn. stroomsterkte-tijd curven.

In figuur 2 zijn de gegevens voor het soldeer BNi-2 samengevat; naast elkaar zijn de grafieken voor de vijf milieu's gegeven.

De resultaten bij verschillende beproevingstemperaturen zijn per milieu in één grafiek verwerkt. Op analoge wijze is dit in figuur 3 uitgevoerd voor het soldeer BNi-5.

Zowel vóór als na het corrosie-onderzoek werden de doorsneden van de T-proefstukken microscopisch op aantasting onderzocht. Van enkele kenmerkende verbindingen zijn van soldeernaad en overgangszone microfoto's gemaakt, die in de figuren 4 tot en met 7 worden weergegeven.

Figuur 4a toont voor de verbinding BNi-2/AISI 304 een soldeernaad waarvan de eutectische zone nikkelsiliciden en nikkelboriden bevat; in figuur 4b wordt de aantasting van deze siliciden en boriden in een 1 m NaCl-oplossing van 50°C getoond, terwijl ook de sterk aangetaste overgangszone en korrelgrenzen zichtbaar zijn.

Figuur 5a geeft voor de verbinding BNi-5/AISI 304 een soldeernaad te zien, die in de eutectische zone nikkel-en chroomsiliciden bevat; figuur 5b toont dat deze siliciden in een 1 m NaCl-oplossing van 20°C nauwelijks zijn aangetast, evenmin als de overgangszone (wel zijn enige scheurtjes zichtbaar).

Figuur 6a betreft de verbinding BNi-2/AISI 304, waarvan de soldeernaad in de eutectische zone naast nikkelsiliciden en nikkelboriden ook chroomboriden bevat; uit figuur 6b blijkt dat de nikkelsiliciden en nikkelboriden verdwenen zijn, terwijl de chroomboriden zijn blijven staan in een melkzuuroplossing van 77°C.

In figuur 7a worden voor een BNi-5/AISI 304 verbinding de soldeernaad en overgangszone getoond; in de eutectische zone zijn de chroom-en nikkelsiliciden zichtbaar. Figuur 7b toont dezelfde verbinding na verblijf in een

melkzuuroplossing van 77°C . De eutectische zone is matig aangetast; wel is duidelijk een scheur zichtbaar in de eutectische zone.

6. BESPREKING VAN DE RESULTATEN

6.1 Aan de hand van de stroomsterktetijd-curven

6.1.1 Onderzoek bij kamertemperatuur

Uit de verkregen resultaten volgen primair de relatieve agressiviteiten van de verschillende beproevingsmilieu's. Deze kunnen blijkens deze uitkomsten in volgorde van toenemende agressiviteit als volgt gerangschikt worden:

| | |
|----------------------|-------------------|
| 1 N NaOH | - niet agressief |
| leidingwater- | |
| melkzuur | - |
| 1 m NaCl | - |
| 1 N HNO ₃ | - sterk agressief |

Een verschil in aantastingsbereidheid van de beide beproefde soldeermaterialen kan niet eenduidig worden vastgesteld. Waarnemingen maken het evenwel waarschijnlijk dat een invloed van de gebruikte, weinig reproduceerbare lakwijze niet is uit te sluiten.

6.1.2 Onderzoek bij 50°C en 77°C

Uit de beproevingen bij hogere temperatuur blijkt behalve hetgeen hiervoor is opgemerkt t.a.v. de beproeving bij kamertemperatuur, het volgende:

- de aantastingsbereidheid van de soldeermaterialen is in 1 m NaCl van 50°C duidelijk groter dan bij kamertemperatuur, voor BNi-5 is dit verschijnsel geprononceerder dan voor BNi-2.
- in 1 N HNO₃ is de aantastingsbereidheid bij 50°C duidelijk groter dan bij kamertemperatuur; een verschil tussen BNi-5 en BNi-2 is in dit milieu niet aan te geven.
- de aantastingsbereidheid van BNi-2 in melkzuur van 77°C is aanmerkelijk groter dan in melkzuur van kamertemperatuur.

6.2 Aan de hand van het microscopisch onderzoek

Aan de hand van gegevens verzameld vóór en na de uitvoering van het corrosie-onderzoek is de aantastingsbereidheid van de verschillende soldeerverbindingen onderzocht.

Belangrijk werden de volgende punten geacht:

- het boriumgehalte aanwezig in het soldeer
- het chroomgehalte aanwezig in het soldeer
- het aantastingsgedrag van het soldeer op roestvaststaal
(penetratie van vloeibaar soldeer langs de korrelgrenzen van het basismateriaal en diffusie optredend op het grensvlak soldeerbasis-
materiaal)
- de spleetbreedte i.v.m. de structuur en de samenstelling van de soldeernaad.

6.2.1 Onderzoek bij kamertemperatuur

Bij de verbindingen die gesoldeerd zijn met BNi-2 is in het roestvaststaal t.p.v. de soldeernaad een chroomverarmde zone ontstaan. Door opname t.g.v. diffusie van borium in het roestvaststaal is het chroomgehalte plaatselijk gedaald vanwege chroomboriden- en chroomborocarbidevorming.

Deze zone is niet roestvast meer, zodat de verbinding als geheel niet bestand is tegen milieu's die agressief zijn tegenover ongelegeerd of laaggelegeerd staal. Hiertoe behoren de zure oplossingen zoals HNO_3 en melkzuur, chloridehoudende oplossingen zoals een NaCl-oplossing en zelfs leidingwater. De soldeerverbindingen blijken slechts bestand tegen een looghoudende oplossing van NaOH.

Rangschikking van de milieu's naar agressiviteit geeft:

| | |
|--------------------|-------------------|
| 1 N NaOH | - niet agressief |
| leidingwater | - |
| melkzuur | - |
| 1 m NaCl | - |
| 1 N HNO_3 | - sterk agressief |

In de soldeernaad blijken vooral de nikkelsilicide- en nikkelboridefasen ingebed in de soldeermatrix aangetast te worden.

De verbindingen, gesoldeerd met BNi-5 geven geen ontchroomde zones in het roestvaststaal hetgeen zich laat verklaren door het feit dat BNi-5 geen borium bevat (volgens analysegegevens van de leverancier bevat BNi-5 slechts 0,015% B). Hierdoor is de corrosiebestendigheid i.h.a. veel beter dan die van de verbindingen, gesoldeerd met BNi-2. In de milieu's HNO_3 ,

NaCl en leidingwater wordt de nikkelsilicidefase met afnemende agressiviteit aangetast; de rest van de naad blijft in tact. (Zie ook figuur 5b).

Geen aantasting vertonen de milieu's NaOH en melkzuur.

Rangschikking naar agressiviteit van de milieu's t.o.v. BNi-5-verbindingen geeft:

| | |
|----------------------|-------------------|
| 1 N HNO ₃ | - sterk agressief |
| 1 m NaCl | - " |
| leidingwater | - " |
| melkzuur | - niet agressief |
| 1 N NaOH | - " |

6.2.2 Onderzoek bij 50°C

Voor de verbindingen gesoldeerd met BNi-2 wordt geconstateerd dat:

- in een NaOH-oplossing geen aantasting optreedt
- in een NaCl-oplossing aantasting in de soldeernaad optreedt t.p.v. de diffusiezone (ontchromingsferriet) en langs gepenetreerde korrelgrenzen (zie ook figuur 4b)
- in een HNO₃-oplossing zeer sterke aantasting optreedt t.p.v. de diffusiezone en gepenetreerde korrelgrenzen zodat de soldeernaad "los" komt te liggen en wegspoelt.

Voor de verbindingen gesoldeerd met BNi-5 wordt vastgesteld dat:

- in een NaOH-oplossing geen aantasting optreedt
- in een NaCl-oplossing aanvankelijk geen aantasting optreedt in de soldeernaad maar wel in het roestvaststaal rond de soldeernaad (putcorrosie)
- in een HNO₃-oplossing aantasting optreedt van de nikkelsilicidefase.

Samengevat kan gesteld worden, dat bij 50°C de verbindingen gesoldeerd met BNi-2 in NaOH niet aangetast worden evenmin als die gesoldeerd met BNi-5, terwijl in HNO₃ en NaCl-oplossing de BNi-2-verbindingen sterk worden aangetast en de BNi-5-verbindingen slechts matig.

6.2.3 Onderzoek bij 77°C

De verbindingen gesoldeerd met BNi-2 vertonen:

- in leidingwater aantasting in de diffusiezone, terwijl in de soldeernaad de nikkelboriden aangeëttst zijn
- in melkzuur aantasting van de diffusiezone en de gepenetreerde korrelgrenzen; in de soldeernaad zijn vnl. de nikkelsiliciden en nikkelboriden "weggevreten" (zie ook figuur 6b).

De verbindingen gesoldeerd met BNi-5 geven:

- in leidingwater een lichte aantasting van het nikkelsilicide te zien
- in melkzuur nauwelijks aantasting van de soldeernaad te zien, terwijl het roestvaststaal t.p.v. soldeernaad aangetast is; wel is scheurvorming opgetreden.

In geval de nikkelsilicid fase een aaneengesloten netwerk vormt in de soldeernaad, zou er door voortgezette aantasting een perforatie van de naad kunnen optreden (zie figuur 7b).

7. CONCLUSIES

Uit de resultaten vermeld in de stroomsterktetijd-curven worden duidelijk een verschillende agressiviteit van de gebruikte milieu's aangetoond.

Voor de soldeersoorten BNi-2 en BNi-5 vertoont de aantasting zowel bij kamertemperatuur als bij hogere temperatuur in de milieu's 1 N NaOH en leidingwater nauwelijks verschil.

In NaCl neemt de aantasting bij hogere temperatuur voor beide soldeersoorten aanzienlijk toe, terwijl in 1 N HNO₃ zowel bij kamertemperatuur als bij 50°C voor beide soldeersoorten sterke aantasting optreedt. Opvallend is dat de aantasting in melkzuur van 77°C voor BNi-2 zeer sterk is.

Uit het microscopisch onderzoek blijkt duidelijk dat:

- de aanwezigheid van borium in het soldeer BNi-2 de corrosiebestendigheid van zowel de soldeernaad als die van de diffusiezone en de gepenetreerde korrelgrenzen nadelig beïnvloedt in de soldeernaad zijn het vooral de nikkelboriden en ook wel de nikkelsiliciden die de corrosiebestendigheid verlagen terwijl dit voor de chroomboriden niet is waargenomen.
- een boriumvrij soldeer als BNi-5 met een chroomgehalte overeenkomend met dat van het basismateriaal gunstig kan zijn voor de corrosiebestendigheid van de verbinding bij homogene soldeernaden.
- het optreden van diffusie van elementen uit het soldeer (vooral BNi-2) naar het basismateriaal en de penetratie van vloeibaar soldeer in het basismateriaal, de corrosiegevoeligheid verhoogt; atomen met grote atoomradii zoals chroom en silicium diffunderen trager dan atomen met kleine radii zoals borium en koolstof die verbindingen vormen in het r.v.s.
- naarmate de spleetbreedte toeneemt, meerdere fasen optreden in de soldeernaad, welke fungeren als lokaal-elementen; uit oogpunt van corrosiebestendigheid dient i.h.a. de soldeerspleet zo klein mogelijk genomen te worden.
- het r.v.s. in nagenoeg alle gevallen "gepit" (putcorrosie) is; in deze gevallen heeft de afdeklaag niet optimaal gefunctioneerd.

8. AANBEVELINGEN

Voorgesteld wordt om het onderzoek te vervolgen met proefstukken waarbij een meer reproduceerbare afdekking van de proefstukken wordt toegepast. Het afplakken met isolerend tape, zoals gebruikt in de galvanotechniek, lijkt hiervoor een geschikte methode. Ook het gebruik van niet afgedekte proefstukken kan overwogen worden.

Voor de oordeelsvorming is vergroting van het aantal parallel te beproeven monsters nodig.

Voorgesteld wordt om 6 parallel beproevingen te verrichten.

Beperking van de beproevingsmilieu's tot 1 m NaCl en 1 N HNO₃ bij kamertemperatuur lijkt voor het verkrijgen van indicatieve uitkomsten voldoende.

METAALINSTITUUT TNO
Afd. Lastechniek.



Ing. D. v.d. Torre.

9. LITERATUUR

- (1) Milliams D.E.
The failure of "Microbraz" brazed joints in a stainless steel condensor - KSLA
Extern rapport AMSR 0042.74 sep. 1974
(TC-I-A-85-74)

- (2) Sluis H.H. v.d.
Soldeermateriaalonderzoek - MI-TNO rapport 76M/0296/SLU/KRK jan. 1976
(TC-I-A-117-76)

- (3) Paoli A. de, J. Colbus
Gefügebraufbau von Lötverbindungen aus Hochtemperatur Werkstoffen mit Loten auf Ni-Cr-Basis und dessen Einfluss auf die Zähigkeit der Verbindungen
DVS- Berichte 32 (1974) Düsseldorf p. 115 - 121.

- (4) Rosenstiel A.P. von, D.J. Gras
Kwalitatief röntgenmicro-analytisch onderzoek van een r.v.s.-soldeer-
verbinding
MI - TNO intern rapport M72-04-IR8 ROL/GRS/KOJ mrt. 1972

10. BIJLAGEN

Tabel 1. Nominale chemische samenstelling van de nikkelbasissolderen in gewichtsprocenten

| Soldeertype | Specificatie vlg. AWS en BS | Samenstelling | | | | | Soldeertemperatuur in °C |
|--------------|--------------------------------|---------------|------|------|-----|-----|-----------------------------|
| | | Ni | Cr | Si | B | Fe | |
| Microbraz LM | AWS BNi-2 BS 1845 NI-3 | rest | 7,0 | 4,5 | 2,9 | 3,0 | 1050 |
| Microbraz 30 | AWS BNi-5 BS 1845 NI-8 | rest | 19,0 | 10,2 | - | - | 1175 |

Tabel 2. Nominale chemische samenstelling van het basismateriaal in gewichtsprocenten

| Basismateriaal | Specificatie vlg. AISI | Samenstelling | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|---------------|------|-----|-----|-------|-------|------|-------|
| | | Fe | C | Mn | Si | S | Cr | Ni | P |
| Austenitisch roestvaststaal | AISI 304 | rest | 0,08 | 2,0 | 1,0 | 0,030 | 18-20 | 8-12 | 0,045 |

Tabel 3.

Selectieresultaten van de T-proefstukken na microscopisch onderzoek

| Soldeertype Milieu | BNi-2 duplo's | BNi-5 duplo's |
|--|---|--|
| 20°C 1 N NaOH opl. leidingwater 1 m NaCl opl. melkzuurop. 1 N HNO ₃ opl. | weinig eut.; weinig CrB ₂ veel eut.; veel CrB ₂ veel eut.; veel CrB ₂ veel eut.; veel CrB ₂ weinig eut.; matig CrB ₂ | geen eut. matig eut. veel eut. veel eut. weinig eut. |
| 50°C 1 N NaOH opl. 1 m NaCl opl. 1 N HNO ₃ opl. | veel eut.; veel CrB ₂ weinig eut.; weinig CrB ₂ weinig eut.; weinig CrB ₂ | weinig eut. geen eut. matig eut. |
| 77°C leidingwater melkzuurop. | weinig eut.; matig CrB ₂ weinig eut.; weinig CrB ₂ | matig eut. matig eut. |

eut. = eutecticum; CrB₂ = chroomboride.

- ① ingebed T-proefstuk
- ② tegenelectrode r.v.s. AISI 304
- ③ afstand T-paak - tegenelectr.
- ④ microvoltmeter
- ⑤ shunt
- ⑥ milieu
- ⑦ thermometer
- ⑧ mechanische roerder

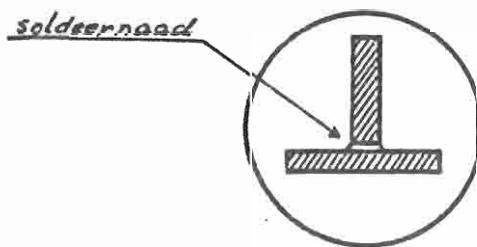
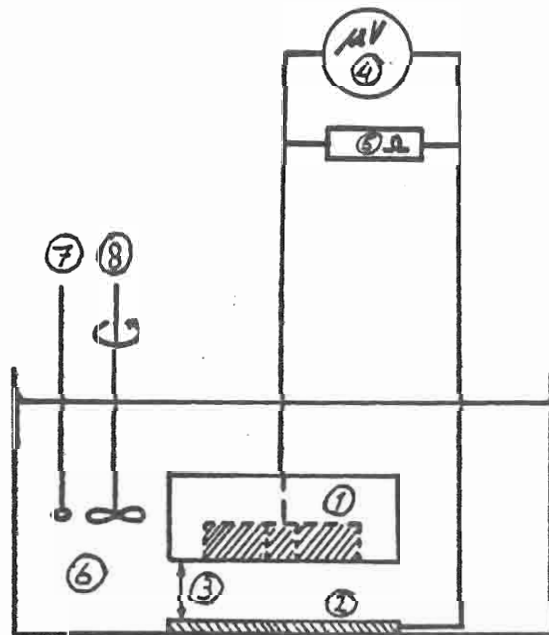
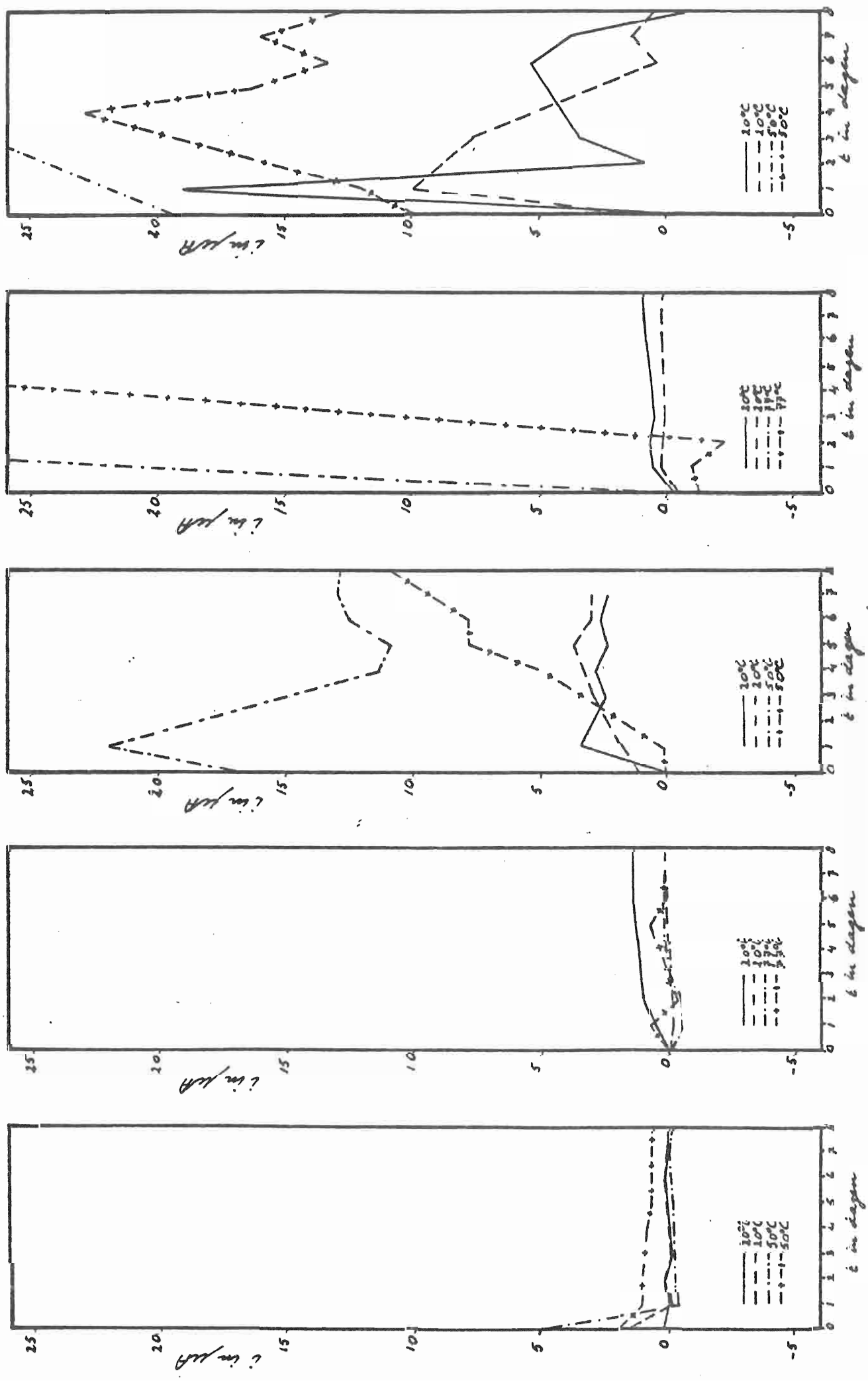


Fig. 1 Testopstelling



1N HNO₃ - opl.

Melkzuur opl. (50%)

1M NaCl - opl.

R'dams leidingwater

1N NaOH - opl.

Fig 2 Stroomsterkte (i) - tijd (t) curven voor BNI-2/AISI 304 verbindingen

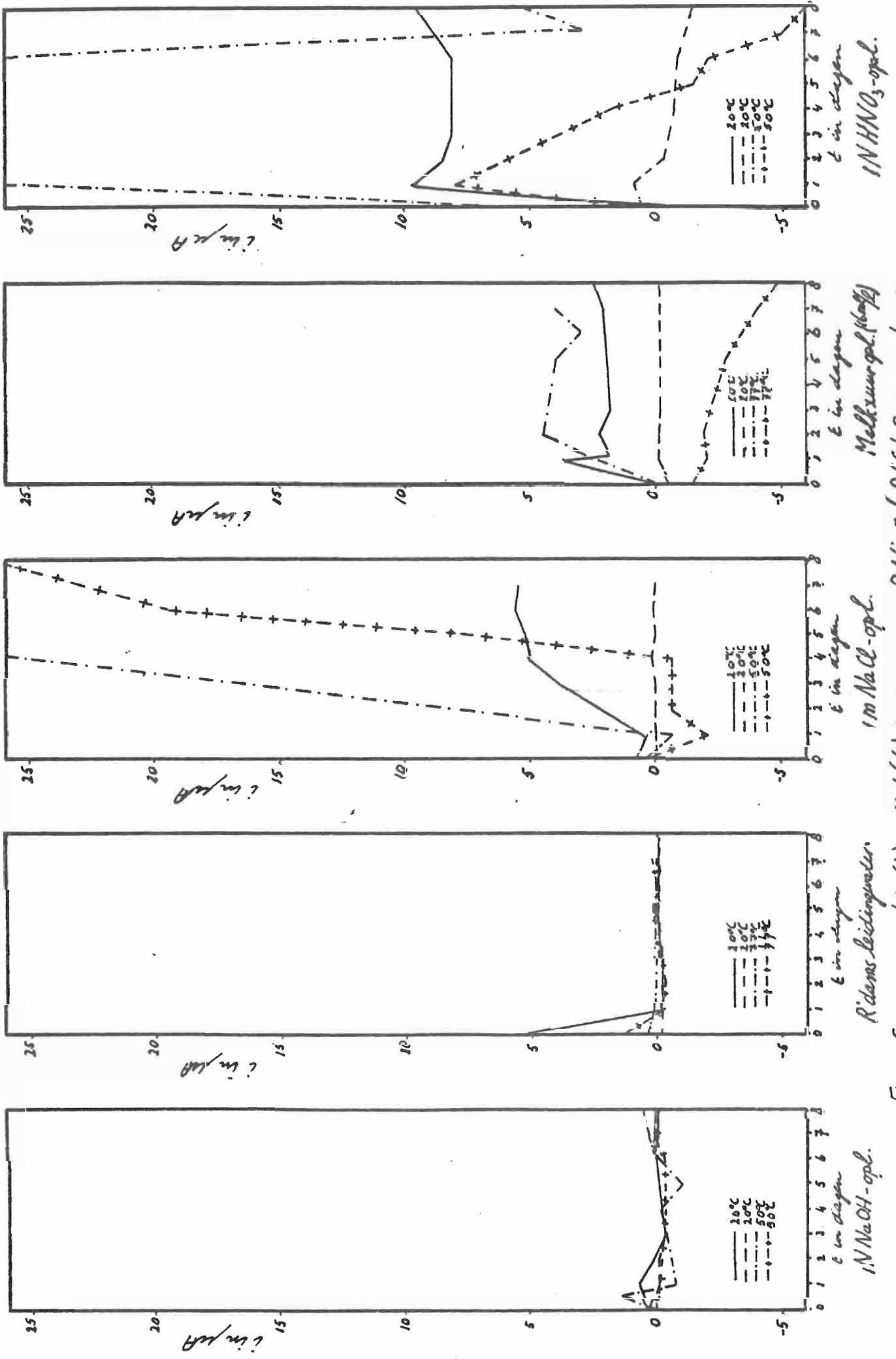
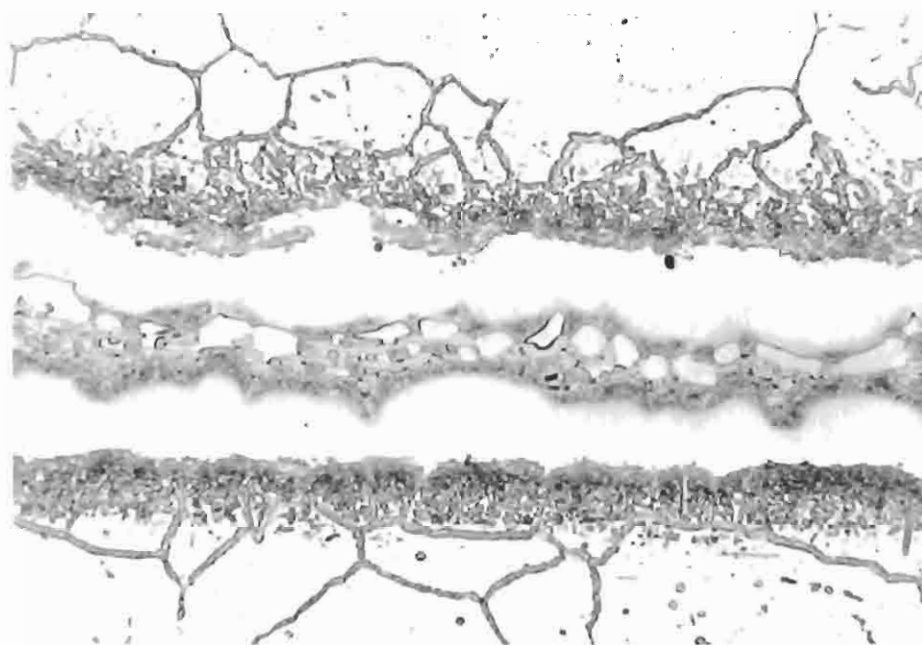
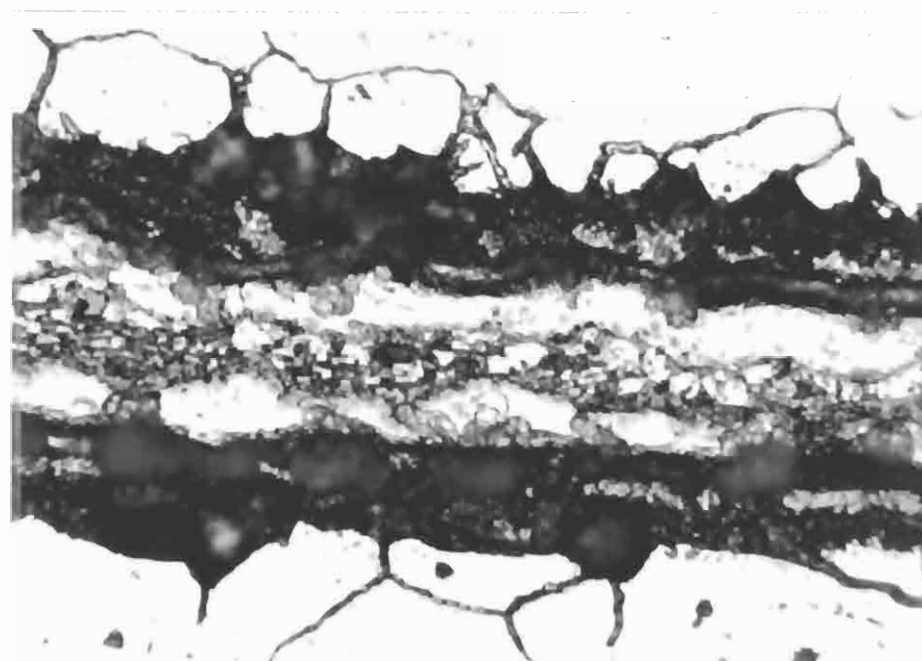


Fig. 9. Stroomsterkte (I) - tijd (t) curven voor BNi-5 / AISI 304 verbindingen



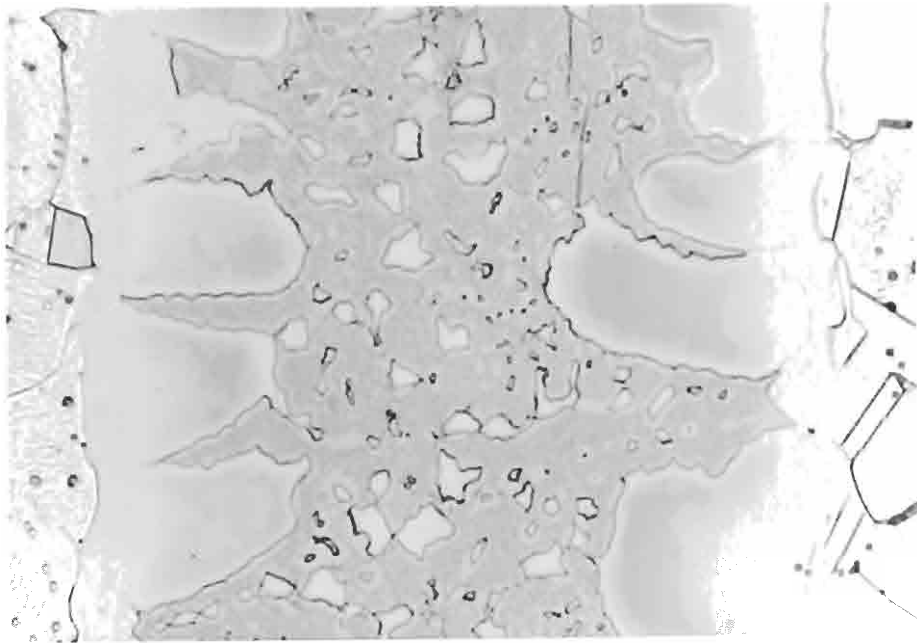
V500x
D2099

Fig. 4a BNi-2/AISI 304 verbinding in uitgangstoestand;
eut. zone bevat NiSi en NiB (etsing: BNi-2
oxaalzuur - AISI 304 V2A Beize)



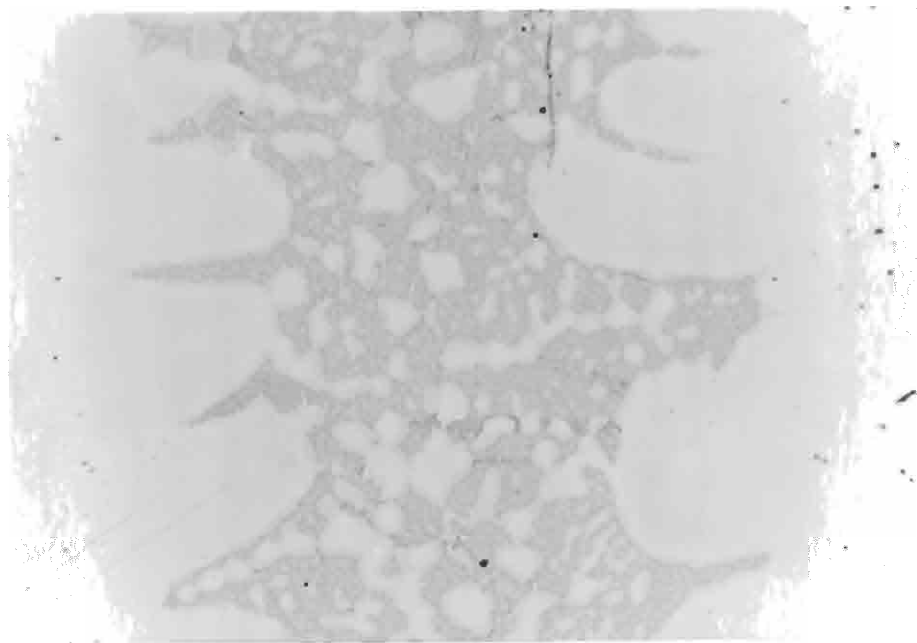
V500x
A11476

Fig. 4b BNi-2/AISI 304 verbinding in 1 m NaCl opl. van 50°C;
overgangszone en korrelgrenzen aangetast en in mindere
mate NiSi en NiB.



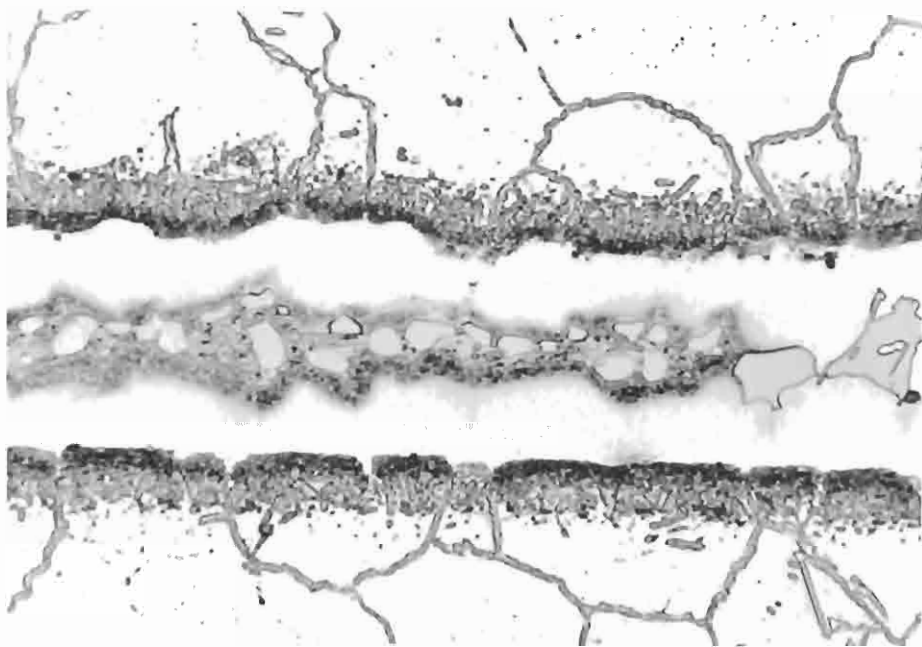
V500x
D2106

Fig. 5a BNi-5/AISI 304 verbinding in uitgangstoestand;
eut. zone bevat NiSi en CrSi (etsing: BNi-5
oxaalzuur; AISI 304 V2A Beize)



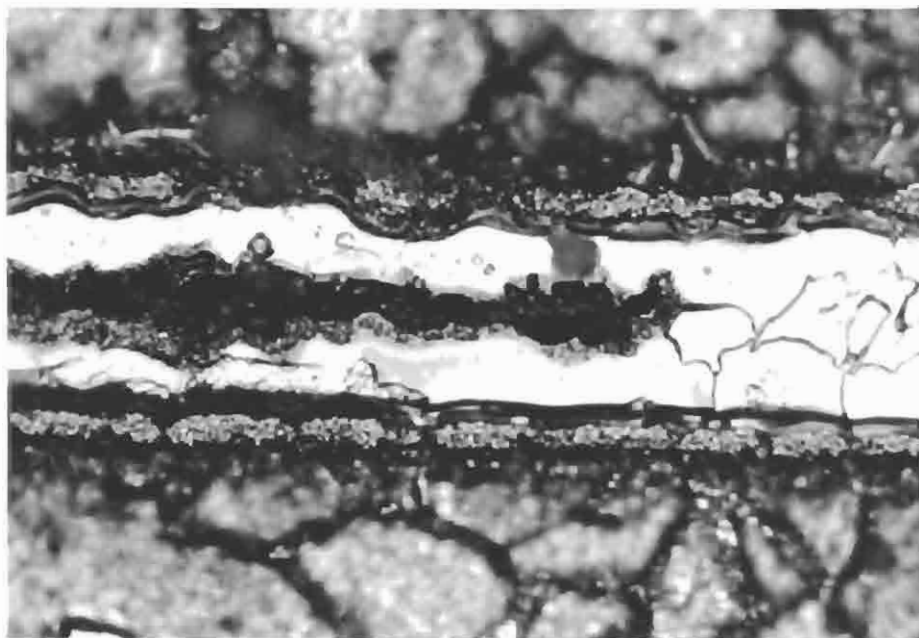
V500x
D2390

Fig. 5b BNi-5/AISI 304 in 1 m NaCl-opl. van 20°C is
nauwelijks aangetast



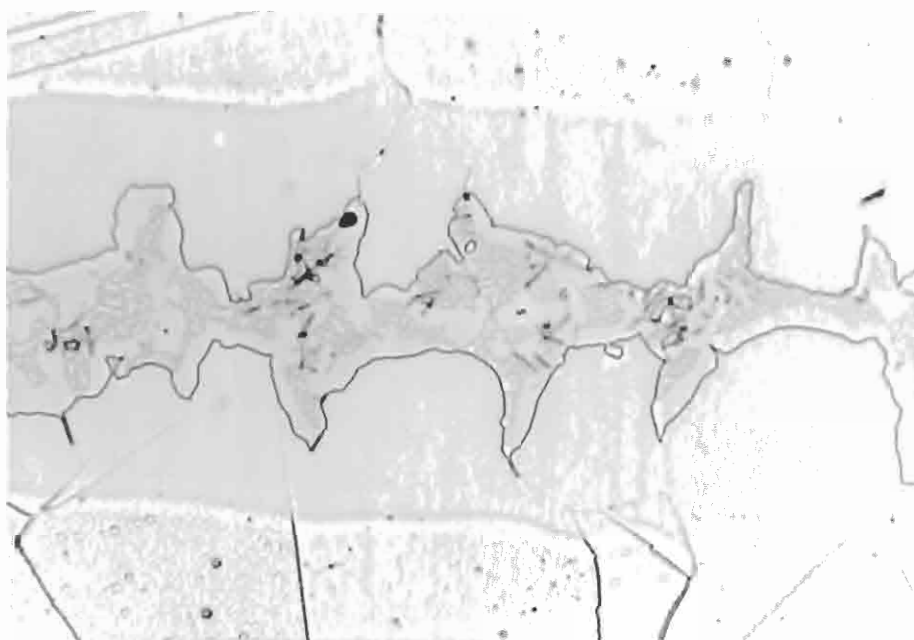
V500x
Ø2100

Fig. 6a BNi-2/AISI 304 verbinding in uitgangstoestand;
eut+ zone bevat naast NiSi en NiB ook CrB (rechts)
(etsing: BNi-2 oxaalzuur; AISI 304 V2A Beize)



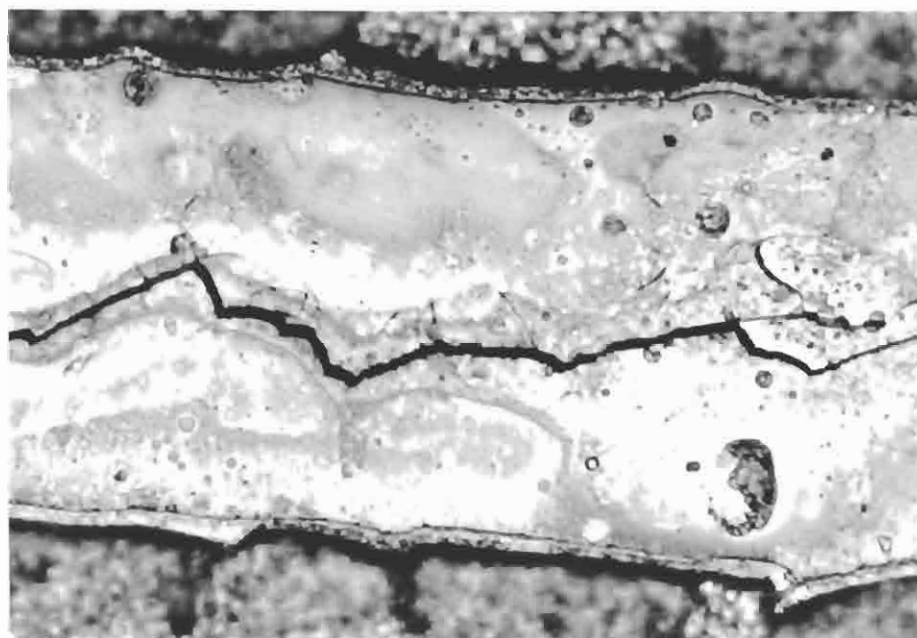
V500x
A11482

Fig. 6b BNi-2/ AISI 304 in melkzuurop1. van 77°C;
NiSi en NiB zijn verdwenen, CrB is blijven staan.



V500x
D2105

Fig. 7a BNi-5/AISI 304 verbinding in uitgangstoestand;
eut. zone bevat NiSi en CrSi (etsing: BNi-5
oxaalzuur - AISI 304 V2A Beize)



V500x
A11481

Fig. 7b BNi-5 /AISI 304 verbinding in melkzuuropl. van 77°C;
eut. zone is matig aangetast en bevat een doorlopende scheur.