

R1092

Onderzoeksprojecten

NIL project:
HOOGTEMPERATUURSOLDEREN

WIDE GAP SOLDEREN
KERAMIEK AAN METAAL EN
KERAMIEK AAN KERAMIEK



Auteur: C.C.J. Kaasschieter - TNO-MI

Nederlands Instituut
voor Lastechniek

Krimkade 20
2251 KA Voorschoten

Vestiging Apeldoorn (Onderzoek)
Postbus 541 7300 AM Apeldoorn

doc.nr.: TC-I-A-539/94

Maart 1994

Rapport

TC-I-A-539-94

WIDE GAP SOLDEREN / KERAMIEK AAN METAAL EN KERAMIEK AAN KERAMIEK

Bestemd voor:

Het Nederlands Instituut voor Lastechniek

Krimkade 20

2251 KA VOORSCHOTEN

Ter attentie van de voorzitter en de leden van de NIL-Subcommissie TC-I-A

"Hoogtemperatuursolderen"

Samengesteld door: ing. C.C.J. Kaasschieter

Namens de werkgroep "Wide Gap Solderen" bestaande uit :

J.H.F.G. Lipperts	ABB
K.M. Broek	ECN
C.A.M. Siskens	Holland Ind. Ceramics BV
J. Kamans	Holec BV
J. Hilderink	Holec BV
C.C.J. Kaasschieter	IPL-TNO
H.H. van der Sluis	IPL-TNO
H.J. Bruggeman	V.S.C.

Datum : 15 maart 1994

Opdrachtnummer : 33.2.1059

Oplaat : 45

Dit rapport is het resultaat van onderzoek uitgevoerd door TNO-Metaalinstituut in opdracht van het Nederlands Instituut voor Lastechniek.

SAMENVATTING

In het kader van het "Wide Gap" programmadeel 1991-1993 worden in dit rapport de laatste twee delen uit dit onderzoek gerapporteerd. Het betreft de onderdelen "Wide Gap" solderen van keramiek aan metaal en "Wide Gap" solderen van keramiek aan keramiek.

Dit programmadeel bestaat uit het onderzoeken van "wide gap" solderen van zowel keramiek aan metaal als keramiek aan keramiek.

Het betreft hier het kunnen solderen van verbindingen met brede spleten (ca. 0,5 mm), hetgeen het "wide gap" solderen ook beoogt. Voor de keramiek/keramiekverbindingen is gedacht aan het verbinden van (dicht)keramiek en (poreus)keramiek, beide van het Al_2O_3 -type; voorts aan het "Wide Gap" solderen van technische keramiek-metaalverbindingen met brede spleten. In het laatste geval worden zowel oxydische (bijvoorbeeld Al_2O_3 en ZrO_2) als niet-oxydische (Si_3N_4 en SiALON) typen toegepast in het onderzoek.

De gebruikte metalen zijn AISI 316L en Fernico (VACON 12).

Voor het "wide gap" solderen van keramiek aan metaal wordt de methode gebruikt van het eerst actief metalliseren van het keramiek en daarna solderen aan het metaal.

Voor het "wide gap" solderen van keramiek aan keramiek wordt gebruik gemaakt van het solderen met soldeerglazen en/of smeltkeramieken.

SAMENVATTING

	Inhoud	Pagina
1	INLEIDING	4
2	MATERIALEN	5
3	OPZET EN ACHTERGRONDEN	8
4	UITVOERING EN RESULTATEN	9
4.1	Keramiiek-metaalverbindingen met brede spleet inclusief mechanisch onderzoek	9
4.2	Keramiiek-keramiiekverbindingen met brede spleet	18
4.3	Metallografisch onderzoek	21
5	DISCUSSIE (incl. gegevens uit lit.onderzoek)	32
6	CONCLUSIE	35
7	LITERATUUR	37

1 INLEIDING

De twee deelprogramma's bestaan uit het onderzoeken van "wide gap" solderen van zowel keramiek aan metaal als keramiek aan keramiek.

Het betreft hier het kunnen solderen van verbindingen met brede spleten (ca. 0,5 mm), hetgeen het "wide gap" solderen ook beoogt. Voor de keramiek/keramiekverbindingen is gedacht aan het verbinden van (dicht)keramiek en (poreus)keramiek, beide van het Al_2O_3 type; voorts aan het maken van keramiek-metaalverbindingen met brede spleten. In het laatste geval worden zowel oxydische (bijvoorbeeld Al_2O_3 en ZrO_2) als niet-oxydische (Si_3N_4 en SiAlON) typen toegepast in het onderzoek.

Voor de metalen is gedacht aan RVS (AISI 316L) en Fernico (VACON 12).

Bij het onderzoek naar het "wide gap" solderen van keramiek zullen twee methoden gevolgd worden, namelijk:

- het actief metalliseren van het keramiek en daarna solderen;
- het "solderen" met soldeerglazen en/of smeltkeramieken.

Met de eerste methode is ervaring opgedaan in eerder uitgevoerde onderzoeken voor zowel capillaire als "wide gap" soldeerverbindingen (zie [1,2] rapporten TC-I-A-325-86 en TC-I-A-368-87). Met het toepassen van soldeerglazen en/of smeltkeramieken als toevoegmateriaal voor "wide gap" verbinden, is nog geen ervaring opgebouwd; het experimentele onderzoek zal dan ook vooraf worden gegaan door een literatuuronderzoek.

2 MATERIALEN

De voor dit onderzoekonderdeel gebruikte materialen worden in onderstaande overzichtstabellen weergegeven.

KERAMIEK

De bij het onderzoek gebruikte keramieksoorten worden gegeven in tabel 1. Hierbij zijn dezelfde keramieksoorten gekozen, die in de voorgaande onderzoeken steeds zijn gebruikt, namelijk Al_2O_3 (99,7 en Poreus), Si_3N_4 (HPSN), Sialon 201 en ZrO_2 .

Tabel 1: Keramiek

Soort	Afkorting	Vorm	Afmetingen (mm)	Fabrikant	Ruwheid R_a -waarde (μm)	Vlakheid (μm)
Al_2O_3 99.7 geperst	Al99	Schijf	10 x ϕ 30	ECN	0,6	0,4
Al_2O_3 Poreus	Al P	Schijf	10 x ϕ 25	Wesgo	1,5	< 10
Si_3N_4	HPSN	Schijf	10 x ϕ 25	ESK	0,26	< 5
Sialon type 201	Sialon	Schijf	10 x ϕ 25	Lucas Cookson	0,09	< 10
ZrO_2 gestab. met Y_2O_3	ZrO_2	Schijf	10 x ϕ 30	ECN	0,8	0,22

Bewerkingseisen van het keramiek

De aan de fabrikant gestelde eisen van de onderzochte keramieksoorten zijn voor:

- voor alle keramieksoorten geldt dat het oppervlak vrij moet zijn van bewerkingsscheuren;
- Al-99 : vlakheid < 10 μm ; ruwheid R_a < 2 μm
- Al-P : poriegrootte 2 μm ; vlakheid < 10 μm ; ruwheid R_a < 2 μm
- HPSN : 2 zijdig vlakgeslepen en planparallel geläpt; vlakheid < 5 μm ; ruwheid R_a < 0,8 μm ;
- Sialon : vlakheid < 10 μm ; ruwheid R_a < 2 μm
- ZrO_2 : vlakheid < 10 μm ; ruwheid R_a < 2 μm

Opmerking: De keramiekstukjes zijn vóór het solderen uitgedroogd in lucht op 600°C / 1 uur.

METAAL

De toegepaste metalen komen overeen met die uit vorige onderzoeken. De bijzonderheden van de metalen zijn vermeld in tabel 2

Tabel 2

Aanduiding	Materiaal en samenstelling	Afmetingen	Leverancier
RVS 316L	AISI 316L	φ 20x2 mm	MCB
Fernico (VACON 12)	54Fe-29Ni-17Co	φ 20x1,5 mm	Vakuumschmelze (via FOM)

SOLDEERMATERIALEN

Voor het solderen is gebruik gemaakt van een aantal soldeersoorten en één smeltglassoort, zie tabel 3 en 4.

Tabel 3: Soldeermateriaal

Code	Vorm (dikte)	Samenstelling in gewichtsproc.	Aanbevolen soldeertraject (°C)	Fabrikant	Opm.
CB4	Folie 61 μm	70,5Ag-26,5Cu-3Ti	950	Degussa	actieve metall.
Nicusil 8	Draad 1 mm	56Ag-42Cu-2Ni	893-982	Wesgo	
SCP2	Folie 0,12 mm	58,5Ag-31,5Cu-10Pd	852-885	Degussa	

Tabel 4: Smeltkeramiek

Code	Vorm korrelgr. (μm)	Samenstelling in gewichtsproc.	Aanbevolen soldeertemp. ($^{\circ}\text{C}$)	Fabrikant	Opm.
Syntho- ceram	Poeder <75	$70\text{Al}_2\text{O}_3$ - 20SiO_2 - $10\text{Na}_2\text{K}$ -oxyde	1100	Elephant	

3 OPZET EN ACHTERGRONDEN

De opzet van het onderzoek ten aanzien van het "wide gap" solderen van keramiek aan metaal door eerst met een actief soldeer het keramiek te metalliseren en daarna te solderen is:

- het (leren) beheersen van de procesparameters (temperatuur, tijd, opwarm- en afkoelsnelheid) met betrekking tot de kwaliteit van de "wide gap" soldeerverbinding;
- het vaststellen van de kwaliteit van de verbinding door middel van lek dichtheids-, sterkte- en metallografisch onderzoek.

De opzet van het onderzoek ten aanzien van het toepassen van soldeerglazen en/of smeltkeramieken voor het maken van een "wide gap" verbinding is:

- het opdoen van ervaring met soldeerglazen en/of smeltkeramieken van verschillende samenstelling;
- het vaststellen van de kwaliteit van dergelijke verbindingen door middel van lek dichtheids- en metallografisch onderzoek.

4 UITVOERING EN RESULTATEN

Het uitgevoerde onderzoek zal in twee delen worden behandeld, namelijk:

- het solderen van keramiek/metaalverbindingen met brede spleet;
- het solderen met smeltkeramiek van keramiek/keramiekverbindingen met brede spleet.

4.1 Keramiek-metaalverbindingen met brede spleet inclusief mechanisch onderzoek

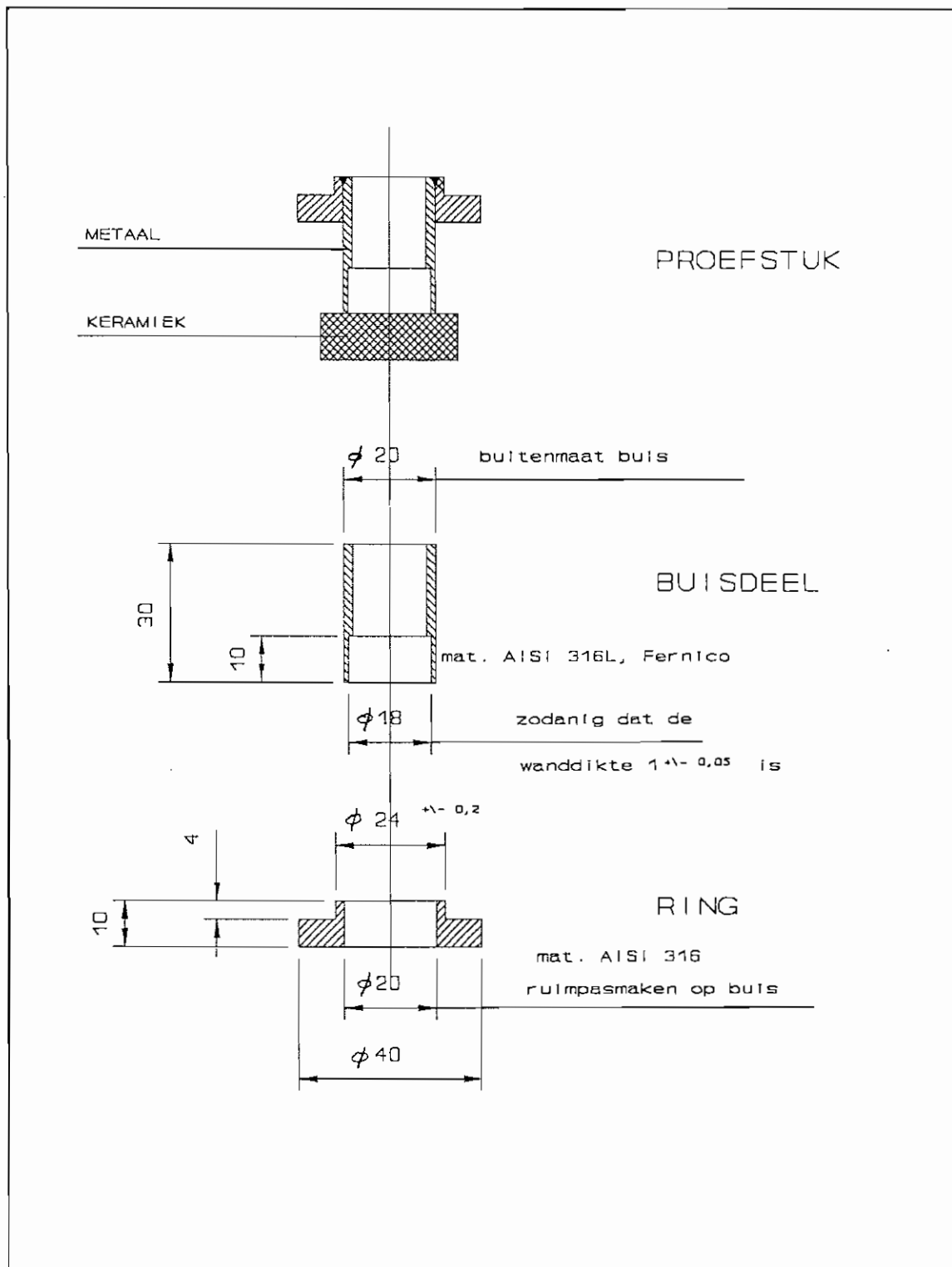
Voor het maken van brede spleetverbindingen tussen keramiek en metaal is gebruik gemaakt van een tweestapsmethode. Het keramiek wordt eerst gemetalliseerd met een AgCuTi-soldeer, in dit geval het CB4-soldeer, in vacuüm op 950°C gedurende 10 min. De verbindingen zijn vervolgens gesoldeerd met een aantal soldeertypen, namelijk met Nicusil 8 (56Ag-42Cu-2Ni) op 925°C of met SCP2 (58,5Ag-31,5Cu-10Pd) op 875°C gedurende 10 min. De spleet is gecreëerd door middel van 3 afstandstukjes van RVS met een dikte van 0,5 mm. Als dosering van het soldeer is een 5voud van de spleetinhoud aangehouden, hetgeen neerkomt op 1 g soldeer, waarbij het soldeer aan de binnenkant van het proefstuk is aangebracht. Voor de gebruikte proefstukvorm wordt verwezen naar figuur 1.

De aangehouden soldeercycli zijn:

Voor Nicusil 8	20°C/min → 800°C → 10 min
	20°C/min → 925°C → 10 min
	20°C/min → 100°C → afkoelen in vacuüm.
Voor SCP2	20°C/min → 700°C
	10°C/min → 800°C → 10 min
	10°C/min → 875°C → 10 min
	20°C/min → 100°C → afkoelen in vacuüm.

De vacuümdruk was bij het bereiken van de hoogste temperatuur voor alle proeven $< 1.10^{-5}$ mbar.

Gaande het onderzoek is bij het solderen van een aantal proefstukken met het SCP2-soldeer de soldeerhoeveelheid verhoogd naar respectievelijk 2 g en 3 g en is in een aantal gevallen ook de soldeertemperatuur verhoogd van 875°C naar 900°C.



Figuur 1 Proefstukvorm voor de "Wide Gap" trekproeven

Om een beter aanvloei gedrag van het soldeer bij het RVS te krijgen, zijn tevens enkele RVS-buisjes voorzien van een nikkellaag van 10 µm.

Als voorbehandeling is uitgevoerd:

- alle Fernico-buisjes zijn voorzien van een nikkellaag van 10 µm, die vervolgens is ingestookt in vacuüm op 850°C gedurende 30 min.;
- keramiek uitgestookt aan de lucht op 600°C gedurende 1 uur;
- soldeer 15 minuten in ammoniak gereinigd en ontvet en daarna gespoeld in alcohol.

Voor het verwijderen van een eventuele oppervlaktelaag na het metalliseren zijn de proefstukken 58 t/m 75 (zie tabel 5) extra gereinigd met Wener kalk, vervolgens met water gespoeld, gedroogd en verder gespoeld met alcohol en drooggeblazen.

Teven zijn bij deze proefstukken de RVS-afstandstukjes vernikkeld.

RESULTATEN

De resultaten van keramiek-metaalsoldeerverbindingen met brede spleet zijn weergegeven in tabel 5.

Bij een aantal in één charge gesoldeerde proefstukken (nr 60, 62, 65, 66, 68 t/m 75) is een donkere verkleuring van de proefstukken opgetreden, waardoor waarschijnlijk het vloei gedrag is beïnvloed, hetgeen resulteert in niet al te gunstige resultaten. De oorzaak van dit verschijnsel kan mogelijk worden toegeschreven aan de extra reinigingsbehandeling met Wener kalk na het metalliseren, waardoor het keramiek nog wat vocht heeft bevat (vooral het Al-P), maar dit is niet met zekerheid te zeggen daar het verloop van de vacuümdruk hier niet direct aanleiding toe geeft.

Door het niet meer voorradig zijn en het niet op korte termijn verkrijgbaar zijn van het betreffende keramiek konden deze proeven niet worden herhaald.

Over de keramiek-metaalverbindingen kan het volgende worden opgemerkt:

FERNICO

Al-99

- De breukkracht van de met SCP2 gesoldeerde proefstukken (nr 55 + 56) is hoger dan die met het Nicusil 8 gesoldeerde proefstukken (nr 53 + 54). Omgerekend levert dit voor de met Nicusil 8 gesoldeerde proefstukken een sterkte op van respectievelijk

91 en 116 MPa (gerelateerd aan het buisoppervlak) of 26 en 39 MPa (gerelateerd aan het soldeermeniscus-oppervlak). Voor de met SCP2 gesoldeerde proefstukken levert dit een sterkte op van respectievelijk 143 en 228 MPa (gerelateerd aan het buisoppervlak) of 41 en 57 MPa (gerelateerd aan het soldeermeniscus-oppervlak). De met SCP2 gesoldeerde proefstukken zijn niet vacuümdicht, hetgeen veroorzaakt wordt door het niet goed aanvloeiën van het soldeer bij de afstandstukjes.

Al-P

- Het soldeer is onvoldoende aangevloeid (proefstuk 68), waardoor slechts 50% van de naad gevuld is, hetgeen geresulteerd heeft in een lage breukkracht (850 N). Dit kan het gevolg zijn van de opgetreden donkere verkleuring.

HPSN

- Het soldeer is ook onvoldoende aangevloeid (proefstuk 69), waardoor slechts 50% van de naad gevuld is, hetgeen geresulteerd heeft in een lage breukkracht (2140 N). Dit kan het gevolg zijn van de opgetreden donkere verkleuring. Het soldeerbreekvlak was wel geheel met keramiek bedekt.

SiAlON

- Het soldeer is ook onvoldoende aangevloeid (proefstuk 70 en 71), waardoor slechts respectievelijk 1/3 en 2/3 van de naad gevuld is, hetgeen geresulteerd heeft in een lage breukkracht (700 N en 1040 N). Dit kan het gevolg zijn van de opgetreden donkere verkleuring. Het soldeerbreekvlak bevatte respectievelijk 100% en 75% keramiek.

ZrO₂

- Het soldeer is ook hier onvoldoende aangevloeid (proefstuk 72 en 73), waardoor slechts 2/3 van de naad gevuld is, hetgeen geresulteerd heeft in een niet al te hoge breukkracht (3870 N en 6900 N). Dit kan het gevolg zijn van de opgetreden donkere verkleuring. Het breekvlak loopt over het grensvlak tussen soldeer en keramiek.

AISI 316L

Al-99

- De soldering met 1 g SCP2-soldeer op 875°C (proefstuk 75) levert op het niet vernikkelde RVS 316L een slecht resultaat op met alleen hechting bij de afstandstukjes. Dit is mede veroorzaakt door de opgetreden donkere verkleuring.

- Bij het vernikkelen van het RVS 316L bleek het resultaat duidelijk gunstiger (5900 N). De naad was voor 80% gevuld en de meniscus was nog klein.
- Door het gewicht van het soldeer van 1 g naar 2 g te verhogen (proefstuk 61) werd het resultaat nog beter (8250 N), waarbij de verbinding tevens vacuümdicht was
- Door zowel de soldeerhoeveelheid te verhogen van 2 g naar 3 g en de temperatuur te verhogen van 875°C naar 900°C (proefstuk 67) werd een zeer goed resultaat verkregen. Omgerekend levert dit een sterkte op van 538 MPa (gerelateerd aan het buisoppervlak) of 135 MPa (gerelateerd aan het soldeermeniscus-oppervlak).

Al-P

- Het soldeer is onvoldoende aangevloeid (proefstuk 60), waardoor de naad niet gevuld is. Dit kan het gevolg zijn van de opgetreden donkere verkleuring. Bij het afkoelen is wel een groot stuk keramiek losgetrokken.

HPSN

- Het soldeer is eveneens onvoldoende aangevloeid (proefstuk 62), met als gevolg dat de naad niet gevuld is. Dit kan het gevolg zijn van de opgetreden donkere verkleuring. Er heeft alleen enige hechting bij de afstandstukjes plaatsgevonden.

SiAlON

- Bij deze combinatie is de soldeerhoeveelheid weer verhoogd van 2 g naar 3 g en de temperatuur van 875°C naar 900°C (proefstuk 58 en 64) bleef het resultaat wat achter dan werd verwacht (4400 N en 7000 N). Omgerekend levert dit een sterkte op van respectievelijk 73 MPa en 117 MPa (gerelateerd aan het buisoppervlak) of 24 MPa en 33 MPa (gerelateerd aan het soldeermeniscus-oppervlak). De verbindingen zijn tevens vacuümdicht.

ZrO₂

- Het soldeer is bij een soldeertemperatuur van 875°C en een soldeerhoeveelheid van 1 g eveneens onvoldoende aangevloeid (proefstuk 65 en 66), met als gevolg dat de naad niet gevuld is. Dit kan ook hier het gevolg zijn van de opgetreden donkere verkleuring. Er heeft alleen enige hechting bij de afstandstukjes plaatsgevonden;

Samenvattend kan worden gesteld dat:

- bij één soldeercharge er een aantasting van het metaal, in de vorm van een donkere verkleuring, heeft plaatsgevonden waardoor een aantal resultaten sterk achterblijven ten opzichte van de verwachting.

voor Fernico gesoldeerd met SCP2

- in combinatie met Al-99 onder de condities 1 g soldeer en een soldeertemperatuur van 875°C een redelijk resultaat te behalen is, gezien de gehaalde breukkracht van respectievelijk 8600 N en 13700 N, hetgeen een sterkte oplevert van respectievelijk 143 en 228 MPa (gerelateerd aan het buisoppervlak) of 41 en 57 MPa (gerelateerd aan het soldeermeniscus-oppervlak);
- in combinatie met de andere keramieken Al-P, HPSN, SiAlON en ZrO₂ wordt het resultaat enigszins vertroebeld door de opgetreden aantasting tijdens het solderen, zodat over de haalbare sterkte moeilijk een oordeel gegeven kan worden; alleen het ZrO₂ geeft onder de gegeven omstandigheden nog een redelijke sterkte.

voor AISI 316L gesoldeerd met SCP2

- in combinatie met Al-99 onder de condities 3 g soldeer en een soldeertemperatuur van 900°C en het RVS vernikkeld, is een goed resultaat te behalen, gezien de gehaalde breukkracht van 32300 N, hetgeen een sterkte oplevert van 538 MPa (gerelateerd aan het buisoppervlak) of 135 MPa (gerelateerd aan het soldeermeniscus-oppervlak);
- in combinatie met de keramieken Al-P, HPSN en ZrO₂, onder de normale conditie van 1 g soldeer en een soldeertemperatuur van 875°C, waarbij het RVS niet vernikkeld is, wordt het resultaat waarschijnlijk sterk beïnvloed door de opgetreden aantasting tijdens het solderen, waardoor de naad nauwelijks tot niet gevuld is, zodat over de maximale haalbare sterkte moeilijk een oordeel gegeven kan worden;
- in combinatie met het keramiek SiAlON, onder de conditie van 3 g soldeer, een soldeertemperatuur van 875°C en het RVS vernikkeld, wordt een redelijk resultaat verkregen van respectievelijk 4400 N en 7000 N, dat een sterkte oplevert van respectievelijk 73 MPa en 117 MPa (gerelateerd aan het buisoppervlak) of 24 MPa en 33 MPa (gerelateerd aan het soldeermeniscus-oppervlak).

Tabel 5: Overzicht soldeerproeven op keramiek-metaalcombinaties

Proef Nr	Keramiek	Metaal	Voor-gesoldeerd met	Voor-soldeer-temp. (°C)	Gesoldeerd met	Soldeer-temp. (°C)	Breukkracht (N)	Resultaat
53	Al 99	Fernico (vern.)	CB4 in	950	Nicusil 8 (1 g)	925	5480	Vast; Dicht; goede meniscus
54	Al 99	Fernico (vern.)	2	"	Nicusil 8 (1 g)	925	6980	Vast; Dicht; goede meniscus
55	Al 99	Fernico (vern.)	lagen	"	SCP2 (1 g)	875	8600	Vast; Lek bij afst.strip; goede menisc.; keramiek bij afst.strip losgetrokken
56	Al 99	Fernico (vern.)	"	"	SCP2 (1 g)	875	13700	Vast; Lek bij afst.strip; goede menisc.; 25% keramiek aan breukvlak
58	SiAlON	RVS 316L (vern.)	"	"	SCP2 (3 g)	900	4400	Vast; Dicht; goede meniscus; scheuren aan rand van keramiek bij afstandstukjes
60	Al P	RVS 316L	"	"	SCP2 (1 g)	875	-	Los; Lek; naad niet gevuld; soldeer heeft groot stuk keramiek losgetrokken bij afkoelen; staalopp. donker verkleurd
61	Al 99	RVS 316L (vern.)	"	"	SCP2 (2 g)	875	8250	Vast; Dicht; goede meniscus niet overal aangevloeid; 25% ker. op br.vlak
62	HPSN	RVS 316L	"	"	SCP2 (1 g)	875	handvast	Vast; Lek; naad niet gevuld; alleen gehecht op afst.stukjes; staalopp. donker verkleurd

Proef Nr	Keramiek	Metaal	Voor- gesol- deerd met	Voor- soldeer- temp. (°C)	Gesoldeerd met	Sol- deer- temp. (°C)	Brek- kracht (N)	Resultaat
64	SiAlON	RVS 316L (vern.)	CB4 in	950	SCP2 (3 g)	900	7000	Vast; Dicht; goede meniscus; scheuren aan rand keramiek bij eind afstand- stukjes; 100% ker. op breukvlak
65	ZrO ₂	RVS 316L	2	"	SCP2 (1 g)	875	640	Vast; Lek; naad niet gevuld; alleen gehecht op afst.stukjes; staalopp. donker verkleurd
66	ZrO ₂	RVS 316L	lagen	"	SCP2 (1 g)	875	hand- vast	Vast; Lek; naad niet gevuld; alleen gehecht bij afstandstukjes
67	Al-99	RVS 316L (vern.)	"	"	SCP2 (3 g)	900	32300	Vast; Dicht; goede meniscus; 5% ker. op het breukvlak
68	Al-P	Fernico (vern.)	"	"	SCP2 (1 g)	875	850	Vast; Lek; slechts plaatselijk goede meniscus; naad voor 50% gevuld; 30% ker. op br.vl.; staalopp. donker verkleurd
69	HPSN	Fernico (vern.)	"	"	SCP2 (1 g)	875	2140	Vast; Lek; plaatselijk goede meniscus; naad voor 50% gevuld; 100% ker. op breukvlak
70	SiAlON	Fernico (vern.)	"	"	SCP2 (1 g)	875	700	Vast; Lek; plaatselijk goede meniscus; naad voor 1/3 gevuld tussen afstand- stukjes; 100% ker. op breukvlak; staalopp. donker verkleurd

Proef Nr	Keramiek	Metaal	Voor-gesoldeerd met	Voor-soldeertemp. (°C)	Gesoldeerd met	Soldeertemp. (°C)	Breukkracht (N)	Resultaat
71	SiAlON	Fernico (vern.)	CB4 in	950	SCP2 (1 g)	875	1040	Vast; Lek; goed gevormde meniscus; naad voor 2/3 gevuld tussen afstandstukjes; 75% ker. op breukvlak; staaloppervlak donker verkleurd
72	ZrO ₂	Fernico (vern.)	2	„	SCP2 (1 g)	875	3870	Vast; Lek; goede meniscus; naad voor 2/3 gevuld; staalopp. donker verkleurd
73	ZrO ₂	Fernico (vern.)	lagen	„	SCP2 (1 g)	875	6900	Vast; Lek; goed gevormde meniscus; naad voor 75% gevuld (verdeeld over de omtrek); staalopp. donker verkleurd
74	Al-99	RVS 316L (vern.)	„	„	SCP2 (1 g)	875	5900	Vast; Lek; kleine meniscus; naad voor 80% gevuld; 25% ker. op breukvlak
75	Al-99	RVS 316L	„	„	SCP2 (1 g)	875	handvast	Vast; Lek; naad niet gevuld; alleen gehecht bij afst.stukjes; staalopp. donker verkleurd

4.2 Keramiek-keramiekverbindingen met brede spleet

WERKWIJZE

Als soldeermateriaal is het smeltkeramiek "Syntho-ceram" gebruikt. Dit smeltkeramiek is ontwikkeld voor het verbinden van Al_2O_3 . Het smeltkeramiek, in de vorm van een fijn poeder, wordt aangemaakt met "demi" water, waarbij de mengverhouding is 1 gram poeder tegen 0,3 gram water. Deze twee componenten worden tot een pasta gemengd, door dit gedurende ca. 5 min goed te roeren. De spleet is gecreëerd door het plaatsen van drie afstandstripjes bij het opbrengen van de pasta en vervolgens het aandrukken van de bovenste helft van het proefstuk. Voor het "solderen" zijn de afstandstukjes verwijderd. Als de pasta op het keramiek is aangebracht, wordt het geheel eerst drooggestookt in lucht op $100^\circ C$ gedurende 1 uur. In enkele gevallen is het keramiek met de pasta geëxposeerd in vacuüm gedurende 2 uur, om de eventueel aanwezige lucht, ingebracht tijdens het mengen, te laten verdwijnen.

Het keramiek is voor het solderen uitgestookt in lucht op $600^\circ C$ gedurende 30 min.

De aangehouden soldeercyclus is:

10°C/min	→	900°C	→	10 min
10°C/min	→	1100°C	→	30 min
10°C/min	→	100°C	→	afkoelen in vacuüm.

De vacuümdruk was bij het bereiken van de $1100^\circ C$ voor alle proeven $< 2 \cdot 10^{-5}$ mbar.

RESULTATEN

De resultaten van de soldeerproeven met smeltkeramiek zijn gegeven in tabel 6.

Over de resultaten kan het volgende worden opgemerkt:

- de oxydische keramieken Al-99, Al-P en ZrO_2 vertonen een betere verbinding dan de niet oxydische keramieken HPSN, SiAlON en SiC;
- de soldeernaad bevat bij alle proefstukken veel poriën;
- de proefstukken in vacuüm gesoldeerd vertonen grote langgerekte poriën met in totaal een groter volume dan de poriën van de aan de lucht gesoldeerde proefstukken, waarbij de poriën meer rond zijn;
- de niet oxydische keramieken vertonen een slechte hechting met het smeltkeramiek, hetgeen afgeleid wordt uit het losbreken van de helften bij het doorslijpen; tevens vertonen ze een lage vullingsgraad.

Tabel 6 Keramiek-keramiekverbindingen gesoldeerd met een smeltkeramiek (syntho-ceram)

Proef nr	Keramiek	Voorbehandeling keramiek + smeltkeramiek	Soldeer-atmosfeer	Opmerkingen en resultaten
1	Al-99	uitgestookt op 100°C 1 uur	lucht	grote en kleine poriën; 75% vulling over doorsnede
2	Al-P	uitgestookt op 100°C 1 uur	lucht	grote en kleine poriën; 70% vulling over doorsnede
3	HPSN	uitgestookt op 100°C 1 uur	lucht	grote langgerekte poriën; 15% vulling over doorsnede
4	SiAlON	uitgestookt op 100°C 1 uur	lucht	bij doorslijpen gebroken; zeer veel grote en kleine poriën; 20% gehecht (slecht)
5	ZrO ₂	uitgestookt op 100°C 1 uur	lucht	ronde poriën (halve dikte naad); 70% vulling over doorsnede
6	SiC	uitgestookt op 100°C 1 uur	lucht	bij doorslijpen gebroken; zeer veel grote en kleine poriën; 20% gehecht (slecht)
7	Al-99	uitgestookt op 100°C 1 uur	vacuüm (2.10 ⁻⁵ mbar)	grote langgerekte poriën; 50% vulling over doorsnede
8	Al-P	uitgestookt op 100°C 1 uur	vacuüm (2.10 ⁻⁵ mbar)	grote langgerekte poriën; 30% vulling over doorsnede
9	HPSN	uitgestookt op 100°C 1 uur	vacuüm (2.10 ⁻⁵ mbar)	bij doorslijpen gebroken; zeer veel grote poriën; 25% gehecht (slecht)
10	SiAlON	uitgestookt op 100°C 1 uur	vacuüm (2.10 ⁻⁵ mbar)	bij doorslijpen gebroken; zeer veel grote poriën; 35% gehecht (slecht)
11	ZrO ₂	uitgestookt op 100°C 1 uur	vacuüm (2.10 ⁻⁵ mbar)	grote langgerekte poriën en kleine poriën; 65% vulling over doorsnede

Proef nr	Keramiek	Voorbehandeling keramiek + smeltkeramiek	Soldeer-atmosfeer	Opmerkingen en resultaten
12	SiC	uitgestookt op 100°C 1 uur	vacuüm ($2 \cdot 10^{-6}$ mbar)	bij doorslijpen gebroken; zeer veel grote en kleine poriën; 15% gehecht (slecht)
13	Al-99	in vacuüm 1 uur	vacuüm ($2 \cdot 10^{-6}$ mbar)	ASTM-proefstuk; grote langgerekte poriën; 25% vulling over de doorsnede
14	Al-99	smelt keramiek gemengd met alcohol; het geheel in vacuüm 1 uur	vacuüm ($2 \cdot 10^{-6}$ mbar)	ASTM-proefstuk; grote langgerekte poriën en kleine poriën; rand dicht; 45% vulling over doorsnede;
15	Al-99	smeltkeramiek gemengd met P.E.G.; het geheel in vacuüm 1 uur	vacuüm ($2 \cdot 10^{-6}$ mbar)	ASTM-proefstuk; aan de buitenrand geen vulling (25% naad); grote en kleine poriën

4.3 Metallografisch onderzoek

KERAMIEK-METAALVERBINDINGEN

Op een aantal dwarsdoorsneden van keramiek-metaalsoldeerverbindingen is metallografisch en REM-onderzoek uitgevoerd.

Al-99 aan Fernico gesoldeerd met Nicusil 8

In de figuren 2a t/m 2f wordt een dwarsdoorsnede gegeven van proefstuk 54, na de mechanische beproeving, waarbij de verdeling van een aantal elementen wordt getoond. Hierover valt het volgende op te merken:

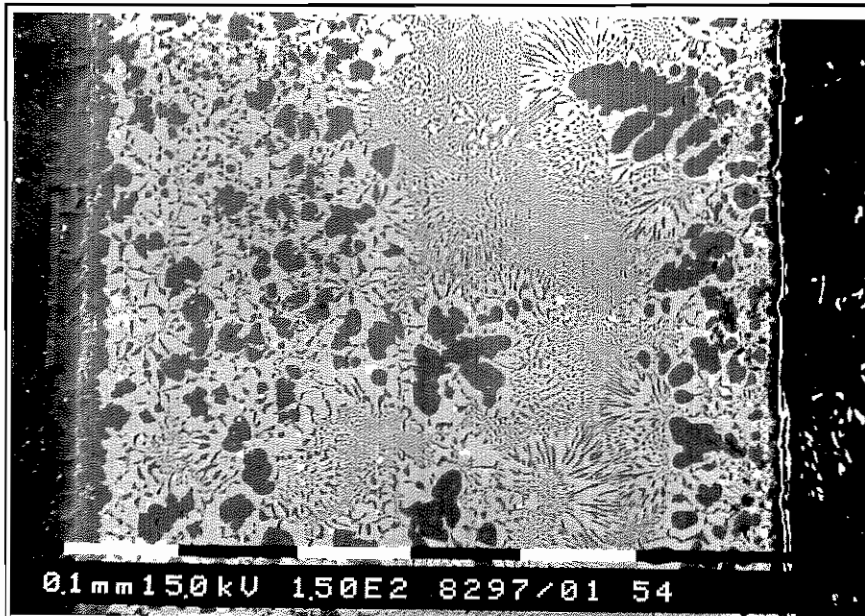
- er bevindt zich aan het breukvlak nog een dunne laag van het keramiek, in figuur 2b aangegeven als een laag met Al;
- op het grensvlak tussen het soldeer en het keramiek bevindt zich een reactielaag, die naast titaan ook nikkel (gediffundeerd door de CB4-soldeerlaag) bevat;
- de Ag- en Cu-verdeling vertoont geen bijzonderheden.

Al-99 aan Fernico gesoldeerd met SCP2

Van proefstuk 55 is een dwarsdoorsnede gemaakt, na de mechanische beproeving. In de figuren 3a t/m 3f worden detailopnamen getoond van de soldeer-keramiekkant, terwijl de figuren 4a t/m 4f de soldeer-metaalkant laat zien, waarbij de verdeling van een aantal elementen wordt meegenomen.

Hierover valt het volgende op te merken:

- op het grensvlak tussen het soldeer en het keramiek bevindt zich een reactielaag, die naast titaan ook nikkel en palladium bevat; nikkel is vanuit de nikkellaag op het Fernico en palladium is vanuit het SCP2-soldeer gediffundeerd door de CB4-soldeerlaag naar het grensvlak soldeer-keramiek;
- aan de soldeer-Fernico-kant bevindt zich nauwelijks titaan; hier bevindt zich uiteraard de nikkellaag in combinatie met koper en palladium;
- de Ag- en Cu-verdeling vertoont geen bijzonderheden.



Figuur 2a

Proefstuk 54

Al-99 aan Fernico (vern.)

dwarsdoorsnede

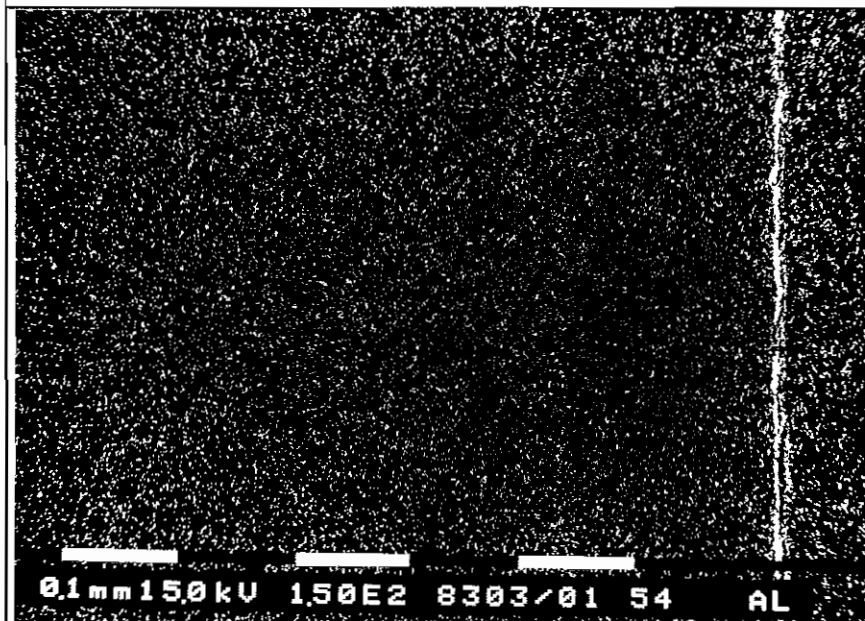
Gesoldeerd met CB4 op 950°C

en met Nicusil 8 op 925°C

Rechts: keramiek

Fotonr 8297

V = 150x



Figuur 2b

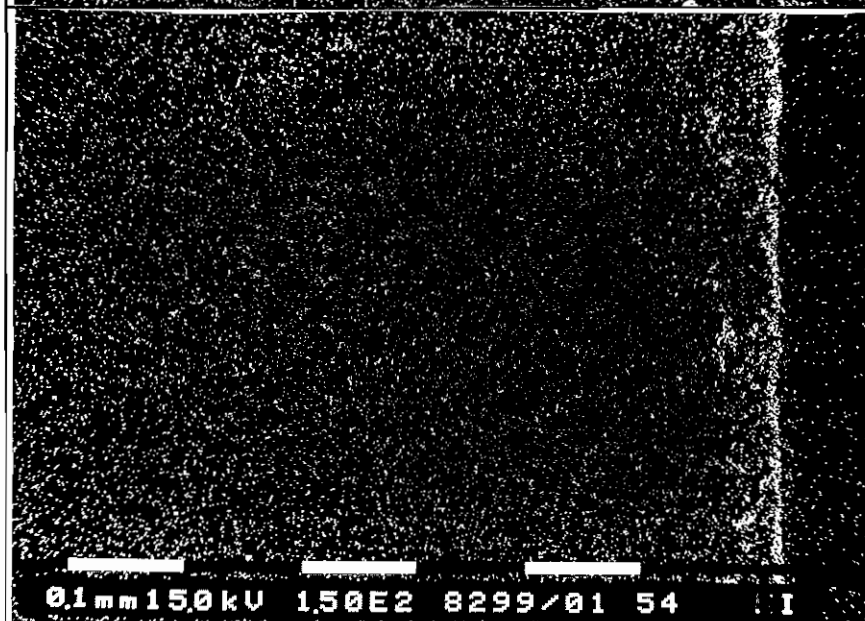
Proefstuk 54

REM-opname

Al-verdeling

Fotonr 8303

V = 150x



Figuur 2c

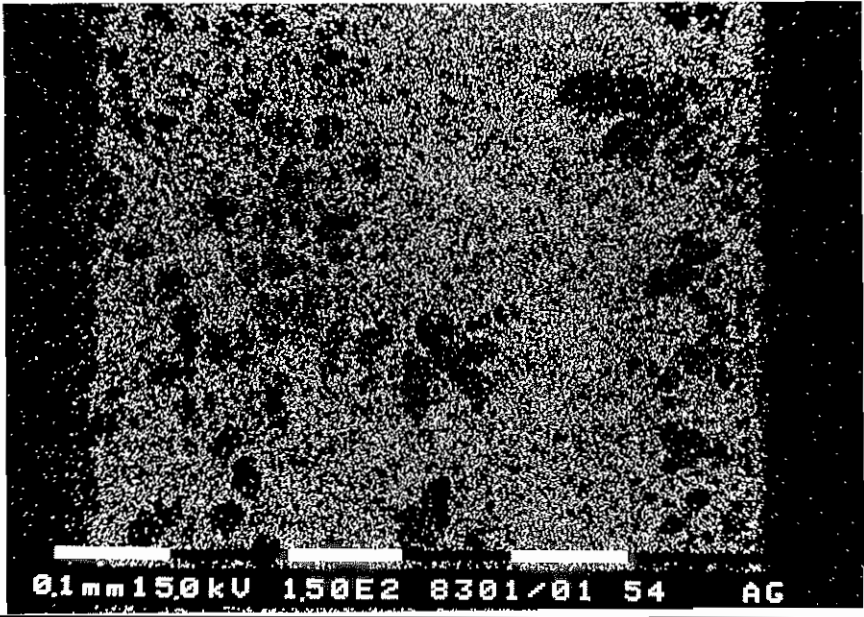
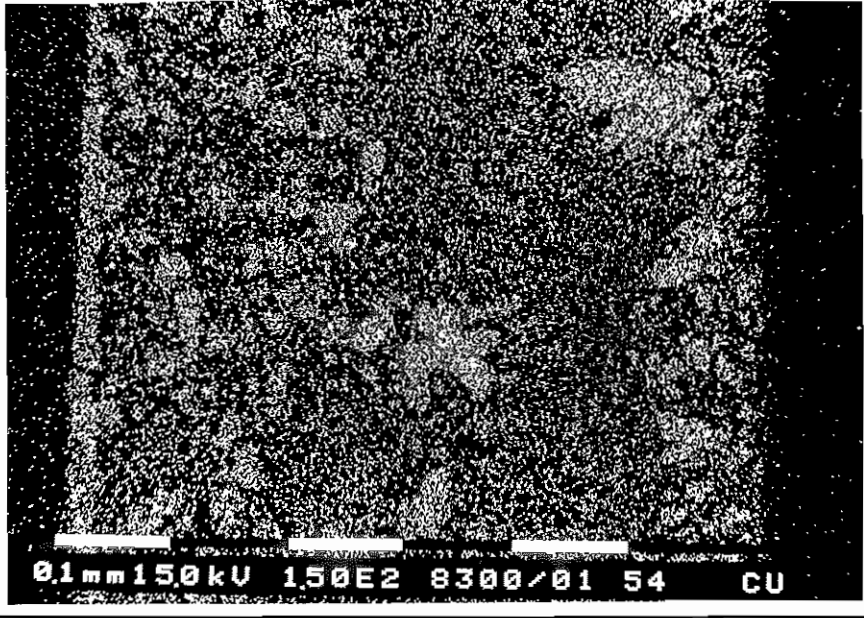
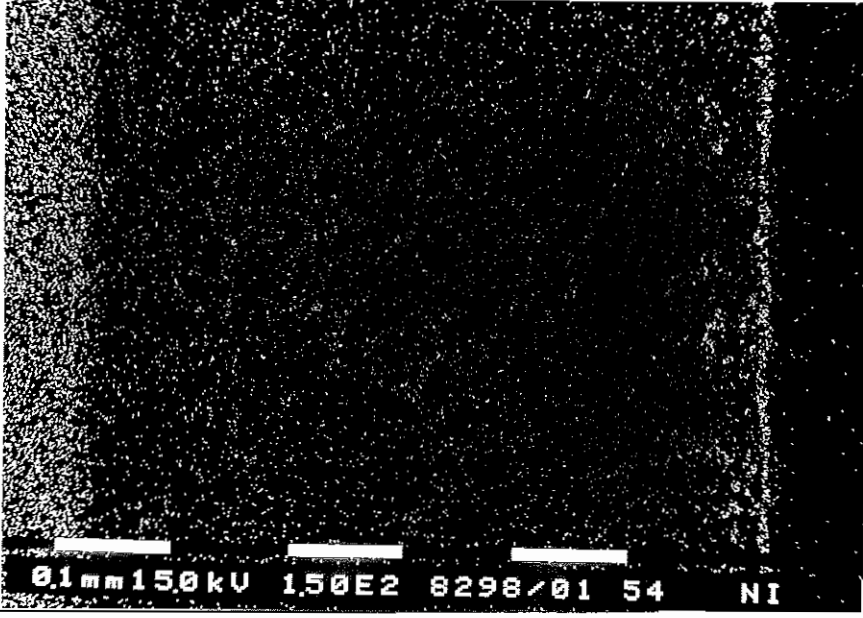
Proefstuk 54

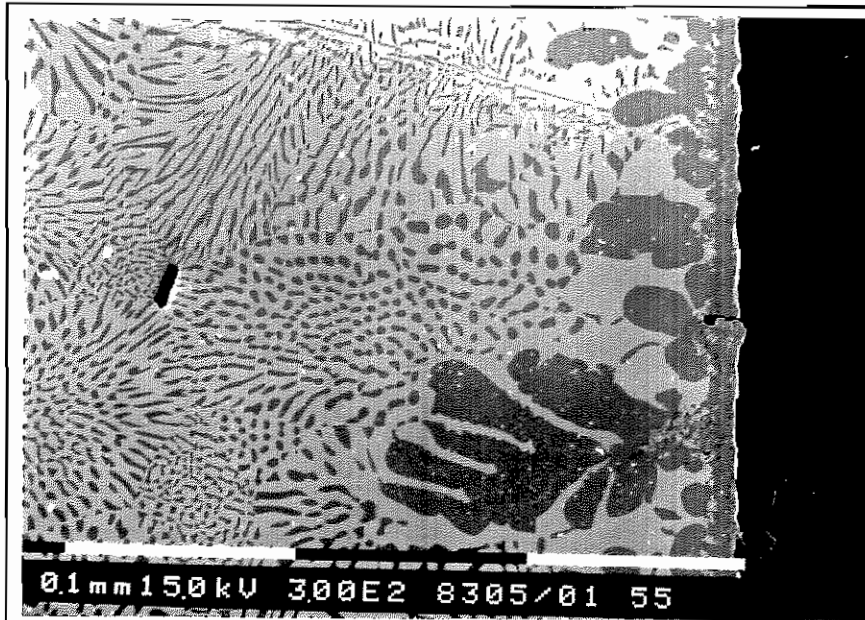
REM-opname

Ti-verdeling

Fotonr 8299

V = 150x

 <p>0.1mm150kV 150E2 8301/01 54 AG</p>	Figuur 2d
	Proefstuk 54
	REM-opname
	Ag-verdeling
	Fotonr 8301
V = 150x	
 <p>0.1mm150kV 150E2 8300/01 54 CU</p>	Figuur 2e
	Proefstuk 54
	REM-opname
	Cu-verdeling
	Fotonr 8300
V = 150x	
 <p>0.1mm150kV 150E2 8298/01 54 NI</p>	Figuur 2f
	Proefstuk 54
	REM-opname
	Ni-verdeling
	Fotonr 8298
V = 150x	



Figuur 3a

Proefstuk 55

Al-99 aan Fernico (vern.)

dwarsdoorsnede (één kant)

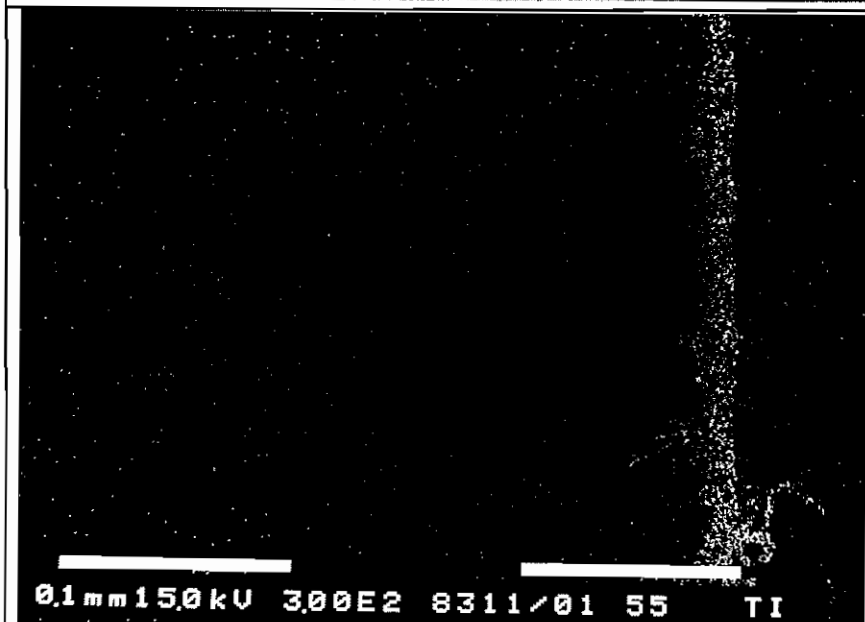
Gesoldeerd met CB4 op 950°C

en met SCP2-folie op 875°C

Rechts: keramiek

Fotonr 8305

V = 300x



Figuur 3b

Proefstuk 55

REM-opname

Ti-verdeling

Fotonr 8311

V = 300x



Figuur 3c

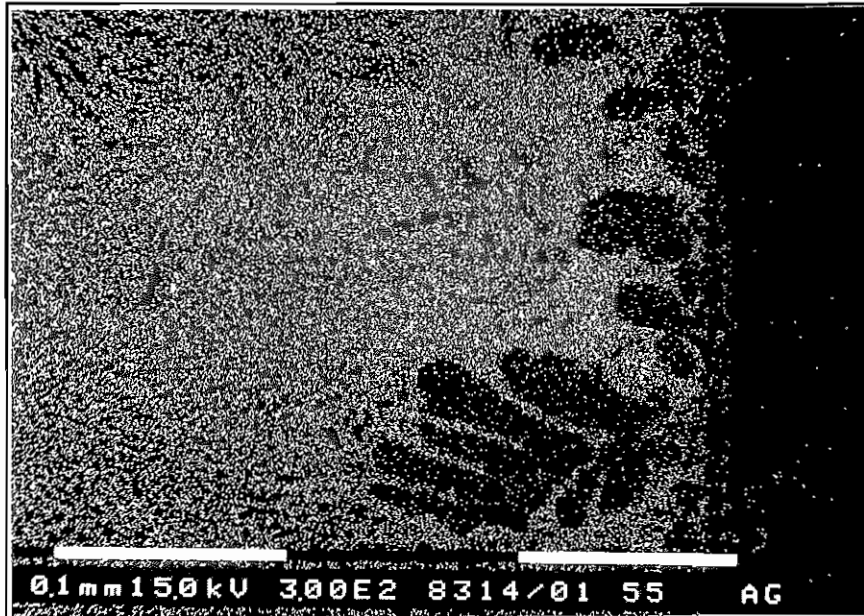
Proefstuk 55

REM-opname

Cu-verdeling

Fotonr 8307

V = 300x



Figuur 3d

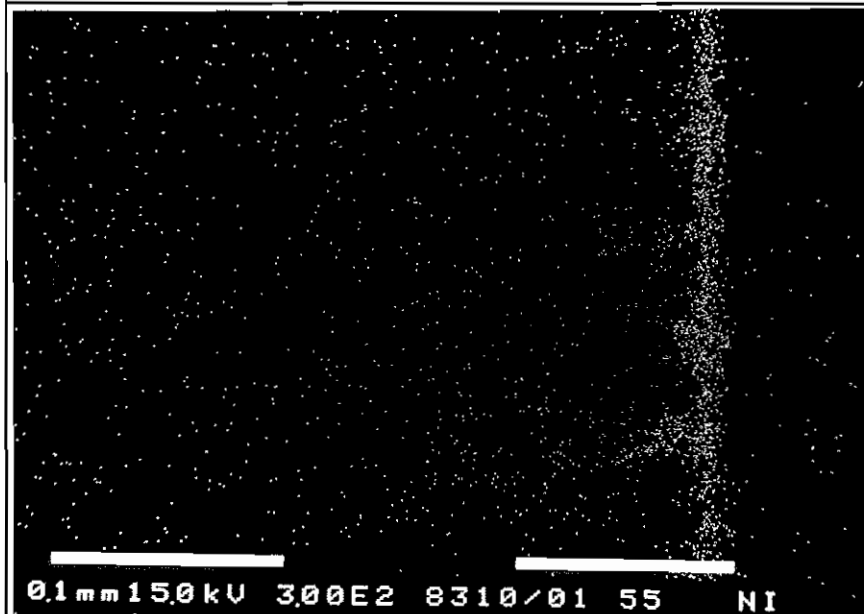
Proefstuk 55

REM-opname

Ag-verdeling

Fotonr 8314

V = 300x



Figuur 3e

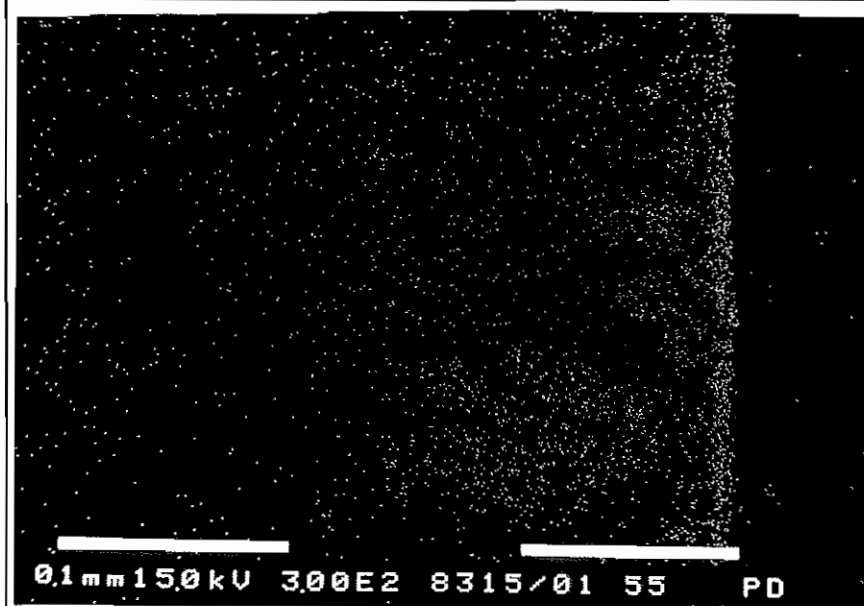
Proefstuk 55

REM-opname

Ni-verdeling

Fotonr 8310

V = 300x



Figuur 3f

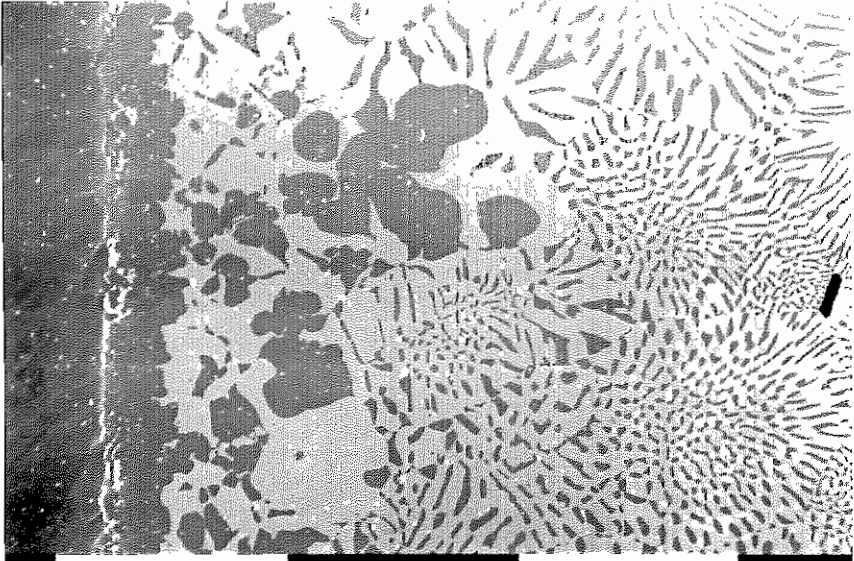
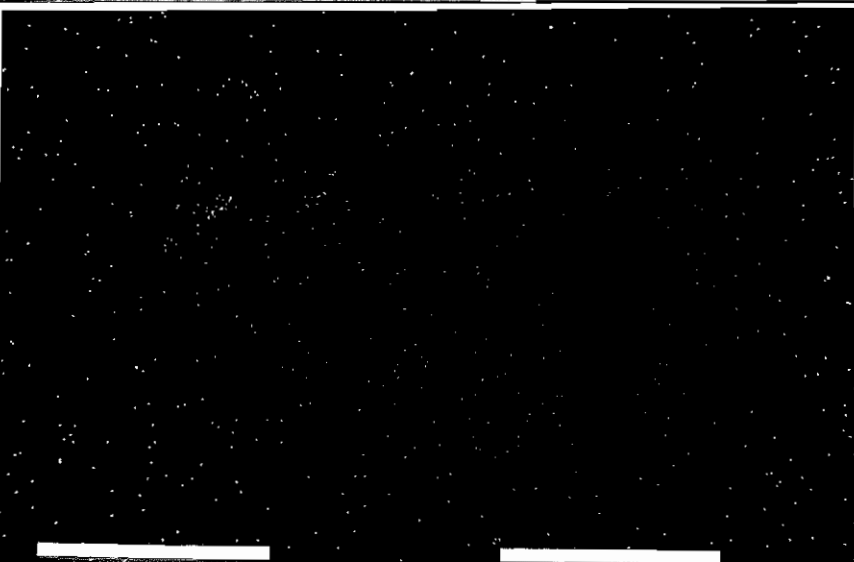
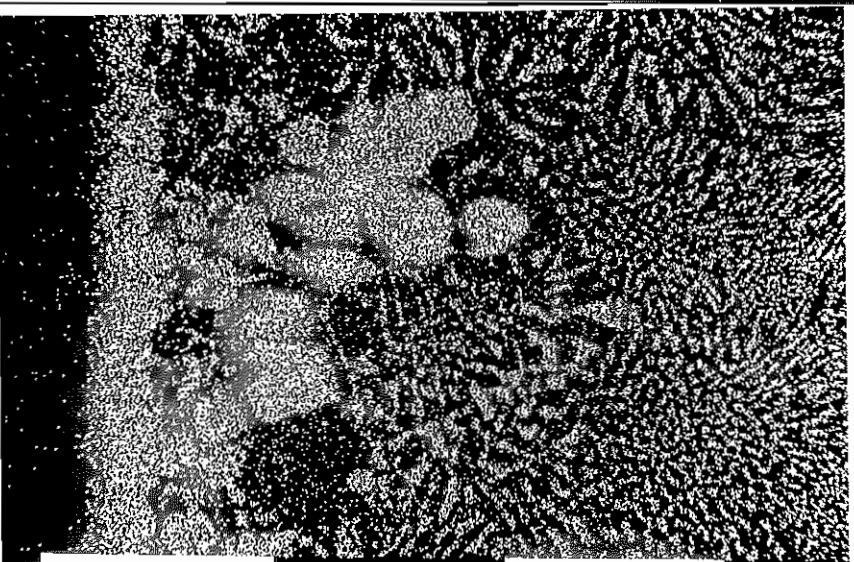
Proefstuk 55

REM-opname

Pd-verdeling

Fotonr 8315

V = 300x

 <p data-bbox="247 772 885 806">0.1mm 150kV 300E2 8304/01 55</p>	<p data-bbox="1093 212 1236 241">Figuur 4a</p> <p data-bbox="1093 280 1260 309">Proefstuk 55</p> <p data-bbox="1093 347 1484 448">Al-99 aan Fernico (vern.) dwarsdoorsnede (andere kant)</p> <p data-bbox="1093 481 1484 582">Gesoldeerd met CB4 op 950°C en met SCP2-folie op 875°C</p> <p data-bbox="1093 616 1452 649">Rechts: Fernico +nikkellaag</p> <p data-bbox="1093 683 1260 716">Fotonr 8304</p> <p data-bbox="1093 750 1212 784">V = 300x</p>
 <p data-bbox="231 1377 981 1422">0.1mm 150kV 300E2 8312/01 55 TI</p>	<p data-bbox="1093 840 1236 869">Figuur 4b</p> <p data-bbox="1093 907 1260 936">Proefstuk 55</p> <p data-bbox="1093 974 1268 1003">REM-opname</p> <p data-bbox="1093 1108 1252 1142">Ti-verdeling</p> <p data-bbox="1093 1310 1260 1344">Fotonr 8312</p> <p data-bbox="1093 1377 1212 1411">V = 300x</p>
 <p data-bbox="231 2004 981 2049">0.1mm 150kV 300E2 8308/01 55 CU</p>	<p data-bbox="1093 1456 1236 1485">Figuur 4c</p> <p data-bbox="1093 1523 1260 1552">Proefstuk 55</p> <p data-bbox="1093 1590 1268 1619">REM-opname</p> <p data-bbox="1093 1724 1260 1758">Cu-verdeling</p> <p data-bbox="1093 1926 1260 1960">Fotonr 8308</p> <p data-bbox="1093 1993 1212 2027">V = 300x</p>



Figuur 4d

Proefstuk 55

REM-opname

Ag-verdeling

Fotonr 8313

V = 300x



Figuur 4e

Proefstuk 55

REM-opname

Ni-verdeling

Fotonr 8309

V = 300x



Figuur 4f

Proefstuk 55

REM-opname

Pd-verdeling

Fotonr 8316

V = 300x

KERAMIEK-KERAMIEKVERBINDINGEN

Op een aantal dwarsdoorsneden van keramiek-keramiekverbindingen gesoldeerd met het smeltkeramiek "Syntho-ceram" is metallografisch onderzoek uitgevoerd.

Al-99 aan Al-99

In figuur 5 wordt een dwarsdoorsnede gegeven van een aan de lucht "gesoldeerde" keramiek/keramiekverbinding van Al-99. In figuur 6 wordt een dwarsdoorsnede gegeven van een zelfde combinatie, maar dan "gesoldeerd" onder vacuüm.

Hierover kan het volgende worden opgemerkt:

- in de smeltkeramieklaag bevinden zich veel ronde en ovale poriën;
- het smeltkeramiek sluit goed aan op het keramiekoppervlak;
- de in vacuüm "gesoldeerde" verbinding vertoont een groter poriënoppervlak dan de aan de lucht "gesoldeerde" verbinding; eerstgenoemde poriën zijn aanzienlijk groter en hebben een ovale vorm.

Al-P aan Al-P

In figuur 7 wordt een dwarsdoorsnede gegeven van een aan de lucht "gesoldeerde" keramiek/keramiekverbinding van Al-P.

Hierover kan het volgende worden opgemerkt:

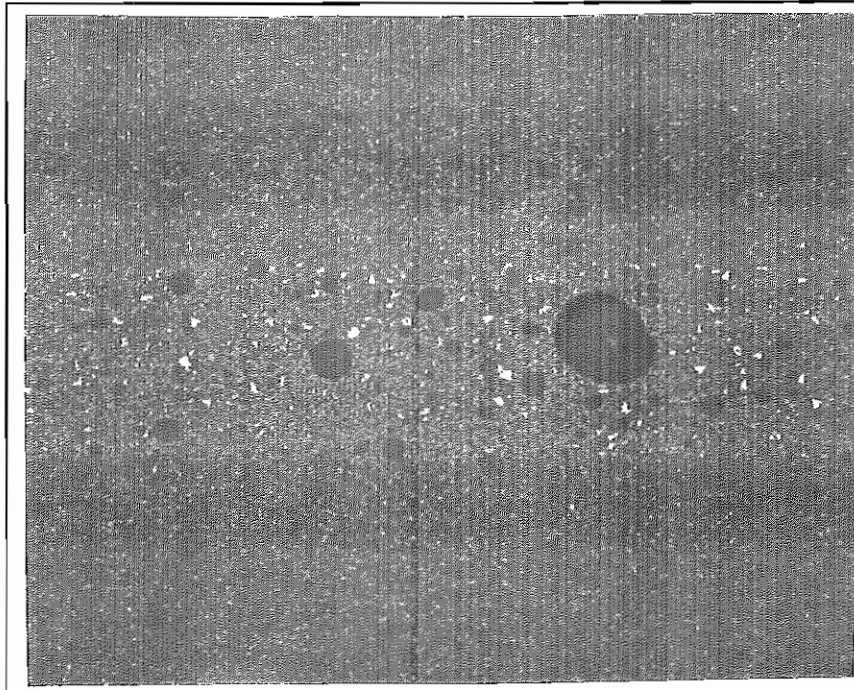
- in de smeltkeramieklaag bevinden zich vele, overwegend ronde poriën;
- het smeltkeramiek sluit goed aan op het keramiekoppervlak.

ZrO₂ aan ZrO₂

In figuur 8 wordt een dwarsdoorsnede gegeven van een aan de lucht "gesoldeerde" keramiek/keramiekverbinding van ZrO₂.

Hierover kan het volgende worden opgemerkt:

- in de smeltkeramieklaag bevinden zich ook hier vele, overwegend ronde poriën;
- het smeltkeramiek sluit goed aan op het keramiekoppervlak.

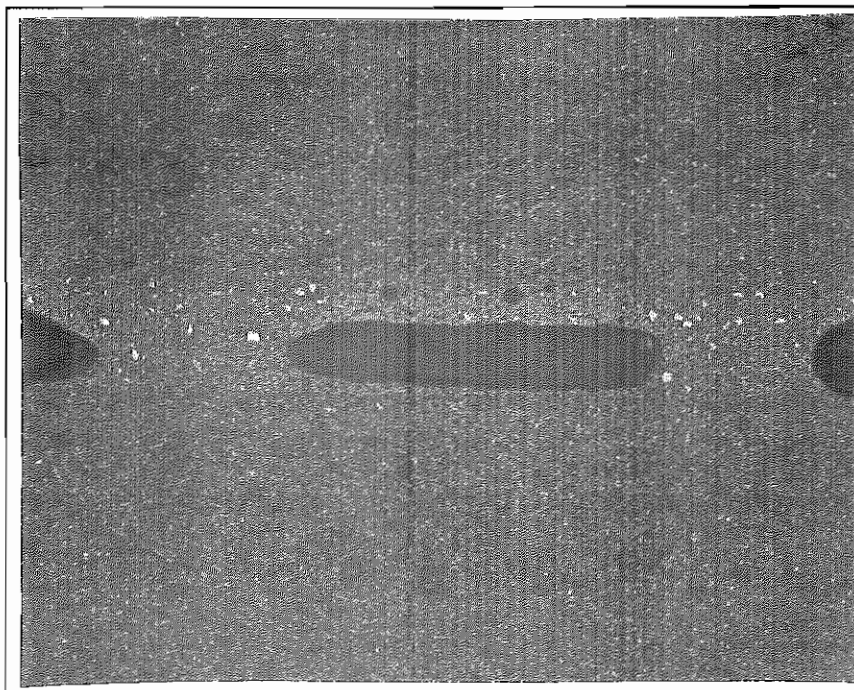
**Figuur 5**

Al-99 aan Al-99
syntho-ceram; temp. 1100°C
dwarsdoorsnede

gesoldeerd aan de lucht

Fotonr H6351

V = 32x

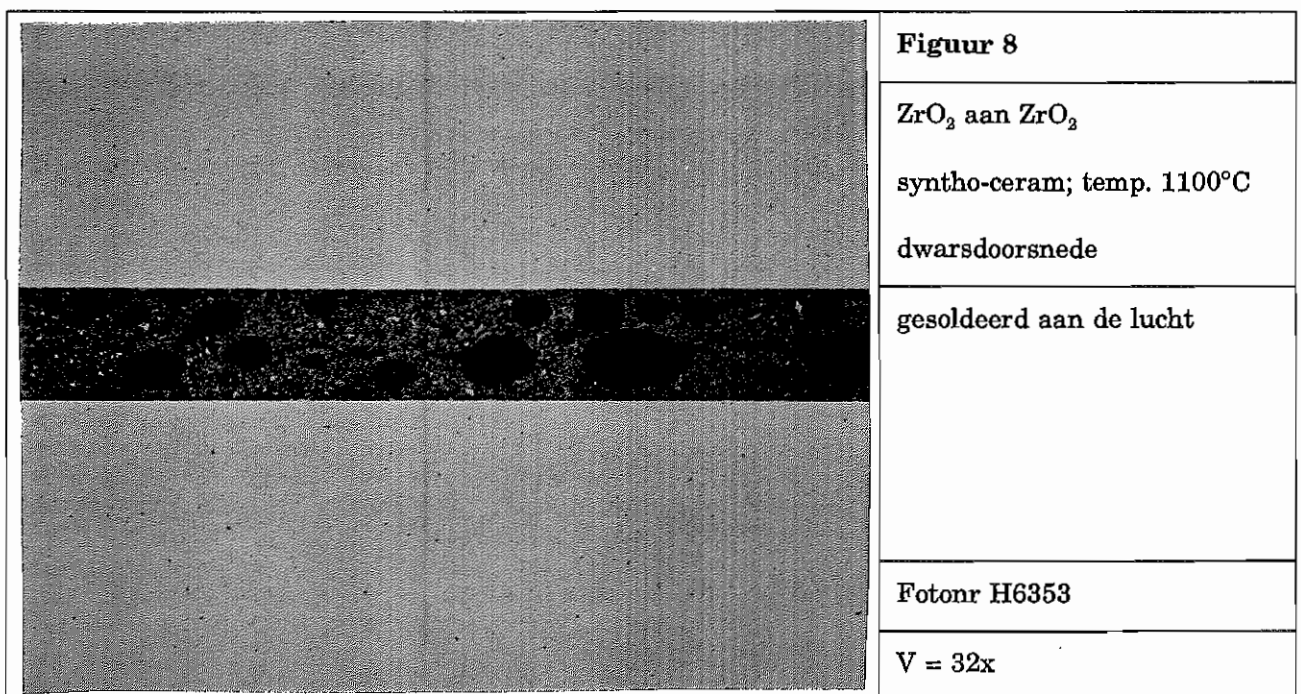
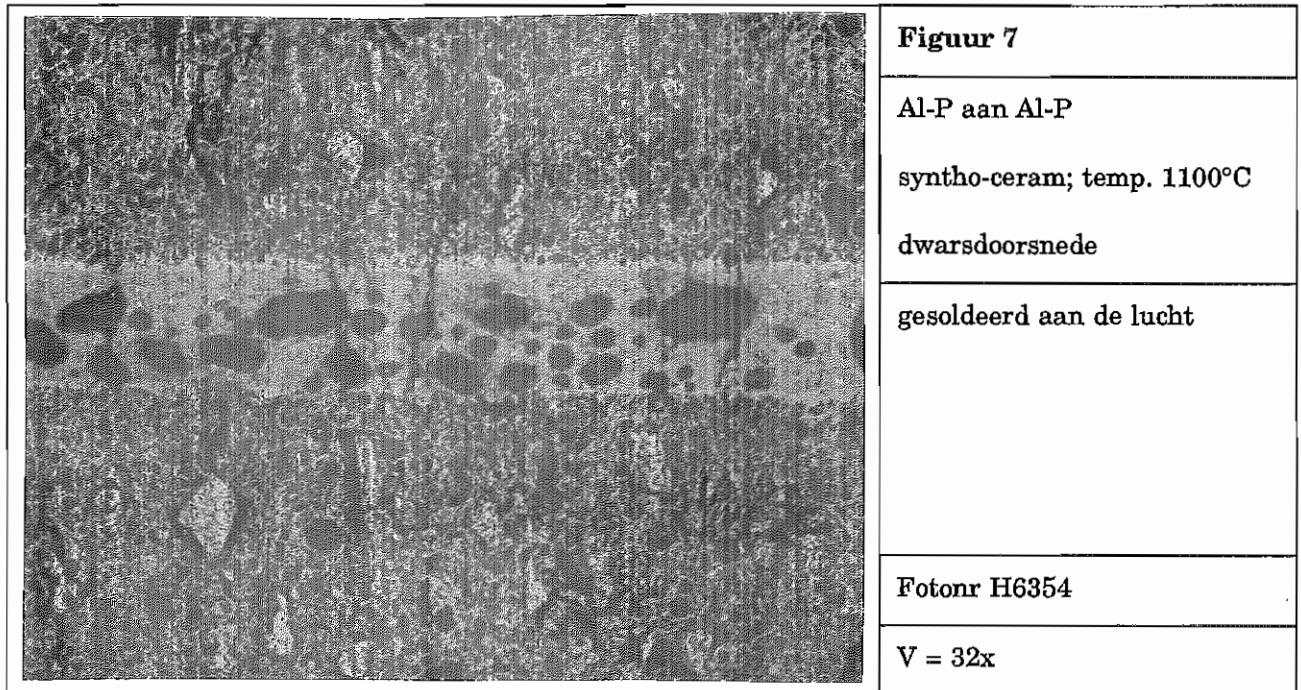
**Figuur 6**

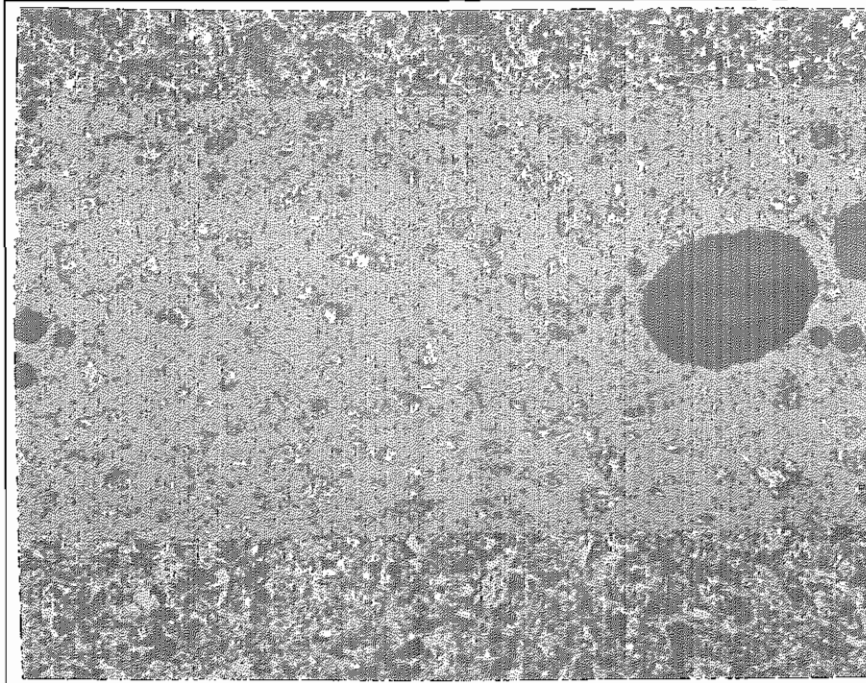
Al-99 aan Al-99
syntho-ceram; temp. 1100°C
dwarsdoorsnede

gesoldeerd onder vacuüm

Fotonr H6352

V = 32x



**Figuur 9**

Al-99 aan Al-99

syntho-ceram; temp. 1100°C

dwarsdoorsnede

soldeer eerst 1 uur in vacuüm

daarna gesold. onder vacuüm

Fotonr H6717

V = 100x

5 DISCUSSIE

KERAMIEK-METAALVERBINDINGEN

Het "Wide Gap" solderen van keramiek aan metaal met behulp van zilverbasissoldeersoorten op vooraf gemetalliseerde keramiekoppervlakken is in eerder onderzoek uitgevoerd [1,2]. Hiertoe werden vóór het solderen de keramiekoppervlakken van ASTM-proefstukken van Al_2O_3 -99,7 voorzien van een metalliseringslaag. Deze metalliserings-laag werd op twee verschillende wijzen aangebracht:

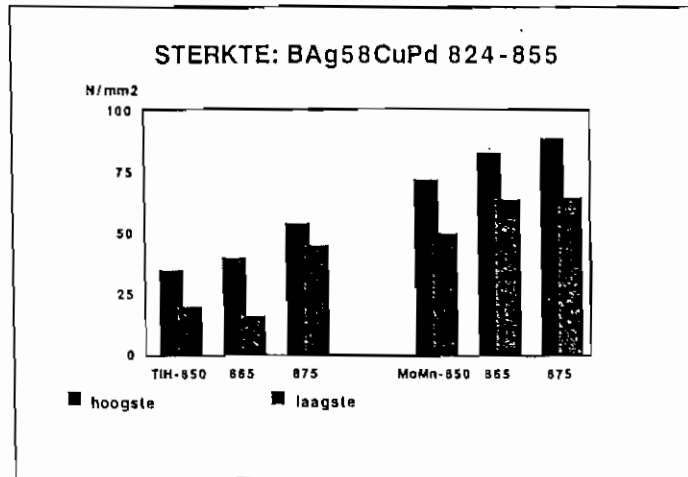
1. AgCu72-28 + TiH_2 -laag
2. MoMn-laag + Ni-laag.

Vervolgens werd gesoldeerd met SCP2 en Nicusil 8. In onderstaande figuren 10 en 11 worden de in dat onderzoek bereikte sterktewaarden getoond voor ASTM-proefstukken gemetalliseerd volgens beide methoden [3]. Als tussenmetaal werd Fernico (Vacon 70) toegepast. Bekijken we de resultaten van SCP2 bereikt in het huidige onderzoek (soldeertemperatuur 875°C ; sterkte 41 en 57 N/mm^2 rekeninghoudend met de meniscus) en vergelijken we deze waarden uit het eerdere onderzoek, dan zien we dat deze goed overeenkomen.

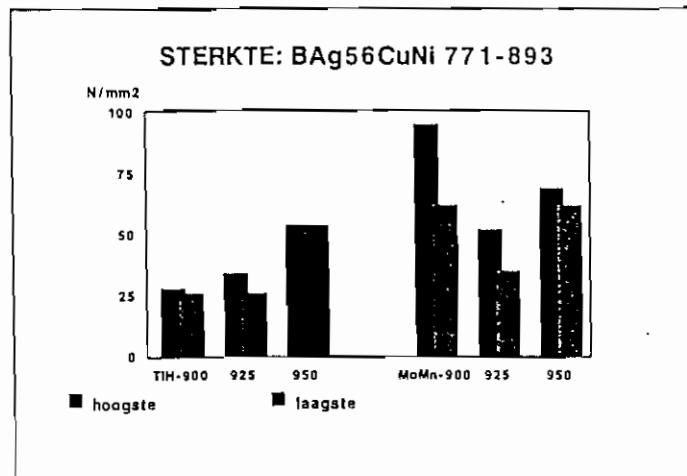
Eenzelfde opmerking geldt voor Nicusil 8 (soldeertemperatuur 925°C ; 26 en 39 N/mm^2); de sterktewaarden uit het huidige onderzoek komen goed overeen met die uit eerder uitgevoerd onderzoek.

Een aanzienlijke verbetering in sterktewaarden voor de combinatie Al_2O_3 99,7 - AISI 316L gesoldeerd met SCP2 is in het huidige onderzoek te constateren; vergelijk de sterkte waarde 135 N/mm^2 met die in figuur 12: voor Al_2O_3 99,7 - TiH_2 - AISI 316L werd destijds een zeer lage sterkte waargenomen, terwijl voor Al_2O_3 99,7 - MoMn/Ni - SCP2 - AISI 316L een potentieel betere sterkte werd geconstateerd.

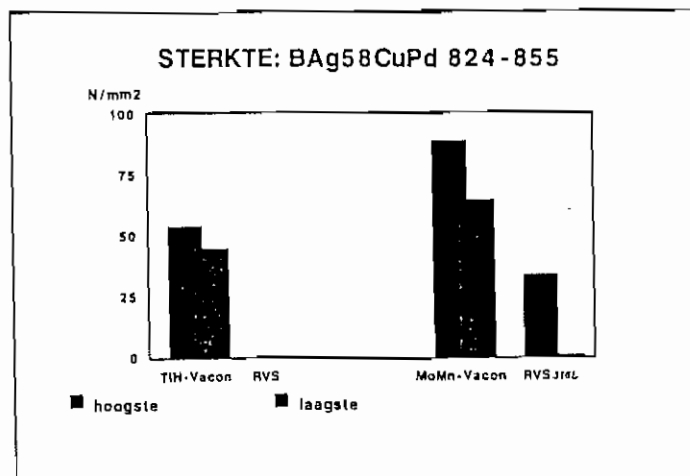
Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat de gedoseerde soldeerhoeveelheid van invloed is op de stijging in sterkte: 1 g soldeer geeft sterkte 5900 N, 2 g soldeer 8250 N en 3 g soldeer 32300 N. In het laatste geval kan ook de temperatuurverhoging van 875°C naar 900°C een invloed hebben gehad. Deze invloeden zouden nader onderzocht moeten worden ter optimalisering van de sterkte en lektheid van keramiek-metaalverbindingen, met name voor de technische oxydische- en niet oxydische keramieken.



Figuur 10 Treksterkte van metaal/keramiek soldeerverbinding met BAg58CuPd 824-855 gemeten aan ASTM-proefstukken en bij verschillende temperaturen gesoldeerd (850 °C, 865 °C en 875 °C). Links met de actieve methode (TiH2), rechts met de klassieke methode (MoMn + Ni).



Figuur 11 Treksterkte van metaal/keramiek soldeerverbinding met BAg56CuNi 771-893 gemeten aan ASTM-proefstukken en bij verschillende temperaturen gesoldeerd (900 °C, 925 °C en 950 °C). Links met de actieve methode (TiH2), rechts met de klassieke methode (MoMn + Ni).



Figuur 12 Treksterkte van metaal/keramiek soldeerverbinding met BAg58CuPd 824-855 gemeten aan ASTM-proefstukken en met verschillende metalen gesoldeerd, Vacon en Roestvast staal 316L. Links met de actieve methode (TiH2), rechts met de klassieke methode (MoMn + Ni).

KERAMIEK-KERAMIEKVERBINDINGEN

Bij het "Wide Gap" solderen van keramiek aan keramiek met behulp van smeltkeramiek "Syntho-ceram" worden in de naad veel poriën geconstateerd. Deze poriën (blazen) zullen bij mechanische belasting een negatieve invloed hebben op de sterkte van de verbinding. Deze poriën kunnen namelijk gaan fungeren als scheurinleiders. Volgens opgave van de leverancier van het smeltkeramiek kan het aantal poriën sterk verminderd worden door aan het smeltkeramiek 5-10 gewichtsprocenten palladiumpoeder toe te voegen (korrelgrootte 5-10 µm). Het effect hiervan is in dit onderzoek niet nagegaan en verdient zeker de aandacht in een vervolgonderzoek. Voor laagsmeltende soldeerglazen (420-630°C) en ook hogersmeltende loodvrije soldeerglazen (700-1220°C) wordt in [4] geen melding gedaan over het poreusheidsprobleem. Daarentegen wordt in [5], waar het verbinden met glaskeramiek als soldeer voor Si_3Ni_4 en Al_2O_3 wordt besproken, wel gesproken over "Bläschen". Door het laten toenemen van de soldeertemperatuur en tijd werd geconstateerd, dat het aantal poriën afnam, hetgeen zich uit in een hogere buigsterkte van Al_2O_3 -verbindingen. Bij hogere temperatuur en langere tijd lijkt bovendien de spreiding in sterkte waarden af te nemen. Het toegepaste soldeer is uit het glaskeramieksysteem SiO_2 - Al_2O_3 - MgO - $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ - F (temperatuur 1200-1350°C).

Voor het verbinden van Si_3Ni_4 -keramiek worden volgens dezelfde publicatie de volgende systemen geschikt geacht:

- CaO - TiO_2 - SiO_2
- MgO - Al_2O_3 - SiO_2
- MgO - Al_2O_3 - SiO_2 - Si_3Ni_4
- Y_2O_3 - La_2O_3 - MgO - Si_3Ni_4
- MO - Al_2O_3 - SiO_2 (M=metaalion)
- CaO - Si_2O_3 - Y_2O_3
- Y_2O_3 - Al_2O_3 - SiO_2 - Si_3Ni_4

Veel van deze systemen kenmerken zich door een hoge soldeertemperatuur (>1100°C) ten opzichte van het "Syntho-ceram" [6,7]. Belangrijke aspecten zijn het uitzettings- en hechtgedrag van het smeltkeramiek ten opzichte van het te verbinden keramiek.

Kennelijk was dit gedrag voor Al_2O_3 dicht (Al-99), Al_2O_3 poreus (Al-P) en ZrO_2 gunstig gezien de hechting na afkoeling. Dit in tegenstelling tot de slechte hechting van Si_3Ni_4 (HPSN), SiC en Sialon 201.

6 CONCLUSIE

Van het uitgevoerde onderzoek voor de diverse projectonderdelen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

KERAMIEK-METAALVERBINDINGEN

- Bij één soldeercharge heeft er een aantasting van het metaal, in de vorm van een donkere verkleuring, plaatsgevonden waardoor een aantal resultaten sterk achterblijven ten opzichte van de verwachting;

voor Fernico gesoldeerd met SCP2 (58,5Ag-31,5Cu-10Pd)

- In combinatie met Al-99, onder de condities 1 g soldeer en een soldeertemperatuur van 875°C, is een redelijk resultaat behaald, gezien de gehaalde breukkracht van respectievelijk 8600 N en 13700 N, hetgeen een sterkte oplevert van respectievelijk 143 en 228 MPa (gerelateerd aan het buisoppervlak) of 41 en 57 MPa (gerelateerd aan het soldeermeniscus-oppervlak);
- In combinatie met de andere keramieken Al-P, HPSN, SiAlON en ZrO₂ wordt het resultaat enigszins vertroebeld door de opgetreden aantasting tijdens het solderen, zodat over de maximale haalbare sterkte moeilijk een oordeel gegeven kan worden; alleen het ZrO₂ geeft onder de gegeven omstandigheden nog een redelijke sterkte.

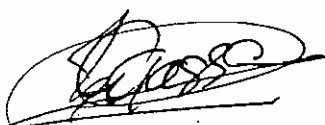
voor AISI 316L gesoldeerd met SCP2 (58,5Ag-31,5Cu-10Pd)

- In combinatie met Al-99, onder de condities 3 g soldeer en een soldeertemperatuur van 900°C en het RVS vernikkeld, is een goed resultaat behaald, gezien de breukkracht van 32300 N, hetgeen een sterkte oplevert van 538 MPa (gerelateerd aan het buisoppervlak) of 135 MPa (gerelateerd aan het soldeermeniscus-oppervlak);
- In combinatie met de keramieken Al-P, HPSN en ZrO₂, onder de normale conditie van 1 g soldeer en een soldeertemperatuur van 875°C, waarbij het RVS niet vernikkeld is, wordt het resultaat waarschijnlijk sterk beïnvloed door de opgetreden aantasting tijdens het solderen, waardoor de naad nauwelijks tot niet gevuld is, zodat over de maximale haalbare sterkte moeilijk een oordeel gegeven kan worden;
- In combinatie met het keramiek SiAlON, onder de conditie van 3 g soldeer, een soldeertemperatuur van 875°C en het RVS vernikkeld, wordt een redelijk resultaat verkregen van respectievelijk 4400 N en 7000 N, dat een sterkte oplevert van respectievelijk 73 MPa en 117 MPa (gerelateerd aan het buisoppervlak) of 24 MPa en 33 MPa (gerelateerd aan het soldeermeniscus-oppervlak).

KERAMIEK-KERAMIEKVERBINDINGEN

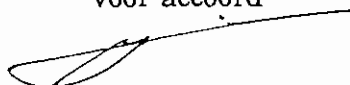
- De oxydische keramieken Al-99, Al-P en ZrO₂ vertonen een betere verbinding dan de niet oxydische keramieken HPSN, SiAlON en SiC.
- De soldeernaad bevat bij alle proefstukken veel poriën.
- De in vacuüm gesoldeerde proefstukken vertonen grote langgerekte poriën met in totaal een groter volume dan de poriën in de aan de lucht gesoldeerde proefstukken, waarbij de poriën meer rond zijn.
- De niet oxydische keramieken vertonen een slechte hechting met het smeltkeramiek, hetgeen afgeleid wordt uit het losbreken van de helften bij het doorslijpen; tevens vertonen ze een lage vullingsgraad.

TNO-Metaalinstituut



ing. C.C.J. Kaasschieter

voor accoord



ir. H.H. van der Sluis

7 LITERATUUR

- [1] TC-I-A-325-86, T. de Haan, H.H. van der Sluis, soldeermateriaalonderzoek IX "Het solderen van diverse soorten keramiek".
- [2] TC-I-A-368-87, T. de Haan, soldeermateriaalonderzoek XIV "Wide Gap" solderen van keramiek- metaalverbindingen.
- [3] H. Schellekens, "Wide Gap" solderen van metaal/keramiek toegepast in vacuümschakelaars, NIL-Voorlichtingsdag 28 november 1989, Den Haag.
- [4] H. Paschke, J. Daimer, "Glasses for joining Al_2O_3 , Proc. 4th Int.Conf. Joining Ceramics, Glass and Metals", DGG Verlag Frankfurt, 1993, page 68-75.
- [5] G. Köhler, P. Plötner, J.D. Schnapp, "Fügen von Keramik mittels Glaslöt", DVS Berichte 148 Düsseldorf 1992, page 73-77.
- [6] J.T. Klomp, "Glass Bonding in advanced ceramics", Encycl. Mat.Science and Engin. ed. M.B. Bever 1st ed. 1986, page 1958-1966.
- [7] J.T. Klomp, "Sealing glasses and their application", interne voordracht werkgroep "Wide Gap" solderen, mei 1993.