

## Bereiding en eigenschappen van translucient gamma-aluminium oxynitride

**Citation for published version (APA):**

Willems, H. X., With, de, G., & Metselaar, R. (1993). Bereiding en eigenschappen van translucient gamma-aluminium oxynitride. *KGK, Tijdschrift voor Klei, Glas en Keramiek*, 14(3), 43-46.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1993

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

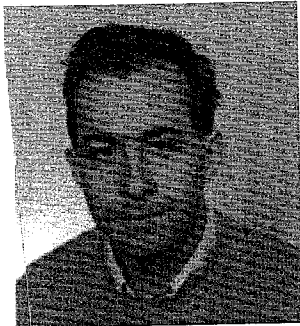
**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# Bereiding en eigenschappen van translucient $\gamma$ -aluminium oxynitride



HX. Willems, G. de With & R. Metselaar  
Centrum voor Technische  
Keramik, Postbus 595,  
5610 AN Eindhoven.

kgk **Techniek**

## Samenvatting

Dit artikel is een samenvatting van de inhoud van een proefschrift dat op 12 oktober 1992 aan de TU Eindhoven werd verdedigd. In het onderzoek is aandacht besteed aan  $\gamma$ -aluminium oxynitride (Alon). Het  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -AlN fasendiagram in de omgeving van het Alon gebied werd vastgesteld, waarbij is komen vast te staan dat Alon niet stabiel is onder  $1640^\circ\text{C}$ ; bij lagere temperaturen kan Alon echter gestabiliseerd worden door MgO toe te voegen. Het is mogelijk translucente Alons te maken met samenstellingen van 67,5, 73 en 77,5 mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Van deze Alons zijn een aantal elektrische, optische en mechanische eigenschappen gemeten, zodanig dat een vrij compleet beeld is ontstaan van de bereiding en de resulterende eigenschappen van dit materiaal.

## Summary

This paper is a summary of the contents of a PhD-thesis, which was defended on oktober 12, 1992, at the Eindhoven University of Technology. The research has been concentrated on  $\gamma$ -aluminium oxynitride (Alon). The phase diagram of the  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -AlN system in the vicinity of the Alon phase field has been established and Alon was found to be unstable below  $1640^\circ\text{C}$ ; below this temperature Alon could be stabilized by adding MgO. It is possible to produce translucient Alons with compositions of 67.5, 73 and 77.5 mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and a number of electrical, optical and mechanical properties of these Alons have been measured. In this way, a comprehensive overview of the preparation and the resulting properties of this material has been made.

## Auteur

Rik Willems werd geboren in Eindhoven op 2 juli 1964 en studeerde Scheikundige Technologie aan de Technische Universiteit Eindhoven (TUE) van 1982 tot 1988. Daarna was hij als Assistent in Opleiding werkzaam bij de TUE, waar hij onder begeleiding van prof. dr. G. de With en prof. dr. R. Metselaar (Vakgroep Vaste Stof Chemie en Materiaalkunde) onderzoek heeft verricht dat geleid heeft tot een proefschrift. Dit artikel is een verkorte weergave van dat proefschrift, dat aan de TUE verdedigd werd op 12 oktober 1992. Het hierin beschreven onderzoek is gedeeltelijk ondersteund door de Commissie voor het Innovatiegerichte Onderzoek Programma Technische Keramiek (IOP-TK, projectnummer 88.A022).

## 1. Inleiding

Aluminium oxynitride (ook wel Alon genoemd) is een keramisch materiaal dat in de belangstelling

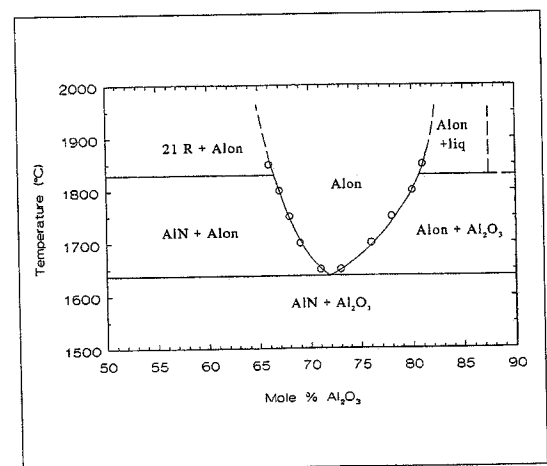
staat omdat het als polykristallijn materiaal tot transparantie gesinterd kan worden. Alon heeft een kubisch kristalrooster en heeft daarom geen last van dubbelbreking aan de korrelgrenzen. Om een goede transparantie te verkrijgen moet het Alon echter wel zeer dicht zijn omdat poriën ook licht kunnen verstrooien; dichtheden hoger dan 99,7% van de theoretische dichtheid zijn nodig en blijken ook gehaald te kunnen worden. Het transparante materiaal zou bijvoorbeeld toegepast kunnen worden als hoge-temperatuur venster.

Verder is Alon interessant omdat het een spinel type kristalrooster heeft waarin niet alle plaatsen gevuld zijn, wat interessante transport-eigenschappen op zou kunnen leveren. Een ideaal spinel heeft per formule-eenheid 3 kationen en 4 anionen; de ideale samenstelling voor Alon zou dan  $\text{Al}_3\text{O}_3\text{N}$  ( $1 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 1 \text{ AlN}$ ) moeten zijn, maar deze verbinding bestaat niet. Alon bevat relatief meer  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (ongeveer  $3 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 1 \text{ AlN}$ ) en daarom bevat de structuur kation-vakatures, ongeveer 1 per eenheidscel.

Hoewel Alon al meer dan 30 jaar bekend is, waren er een aantal zaken nog niet uitgezocht. Zo was het bijvoorbeeld niet bekend of Alon stabiel is bij kamertemperatuur en in welke samenstellingen (welke O/N verhoudingen) Alon precies kan worden gemaakt. Ook was het niet bekend of de vakatures en de stikstofatomen in het rooster geordend zijn of dat ze willekeurig zijn verdeeld, de transporteigenschappen waren niet of nauwelijks gemeten en tenslotte was weinig bekend over het mechanisch gedrag. Het hier gepresenteerde onderzoek was naast het produceren van translucient Alon gericht op het vullen van deze lacunes.

Figuur 1: >>

Het Alon gebied in het  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -AlN fasendiagram.



## 2. Fasenrelaties

Het onderzoek heeft zich in eerste instantie gericht op het produceren van Alon uitgaande van  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en AlN poeders. Een compact van  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en AlN werd hiertoe bij hoge temperatuur door middel van reactiesinteren omgezet in Alon. Het voor dit systeem meest gebruikte fasendiagram [1] bleek niet juist weer te geven welke samenstellingen van

**Figuur 2. >>**  
Microstructuur van Alon:  
a) ongedoteerd,

Alon gemaakt konden worden. Figuur 1 is een door ons verbeterde versie van het  $\text{Al}_2\text{O}_3$  fasendiagram in de buurt van het Alon gebied [2].

Hieruit blijkt dat de breedte van het Alon gebied afhankelijk is van de temperatuur: bij  $1850^\circ\text{C}$  is Alon stabiel tussen 66 en 81 mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , terwijl bij  $1700^\circ\text{C}$  de grenzen van het gebied op 69 en 76 mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  liggen. Bij temperaturen lager dan  $1640^\circ\text{C}$  blijkt Alon niet stabiel te zijn en te ontleden in  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en  $\text{AlN}$  [3]. Deze ontleding gaat echter vrij langzaam en het materiaal kan bij kamertemperatuur in handen worden gekregen door na de reactie niet al te langzaam af te koelen (reactietemperatuur ca.  $1850^\circ\text{C}$ ; afkoeltijd enkele uren).

Wij hebben aangetoond dat Alon bij temperaturen onder  $1640^\circ\text{C}$  gestabiliseerd kan worden door er  $\text{MgO}$  aan toe te voegen [4]. Er ontstaat dan een mengkristal (een magnesium-aluminium-oxynitride) dat dezelfde kristalstructuur heeft als Alon en  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ . Om een oxynitride te maken dat bijvoorbeeld bij  $1400^\circ\text{C}$  stabiel is, moet er echter vrij veel  $\text{MgO}$  aan Alon worden toegevoegd (ca. 25 mol%). Hierdoor zullen de resulterende eigenschappen van dit oxynitride waarschijnlijk dichter bij die van  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  dan bij die van Alon liggen.

**Figuur 2. >>**  
Microstructuur van Alon:  
b) gedoteerd met 3 gewichts%  
 $\text{MgO}$  (witte balk = 25  $\mu\text{m}$ ).

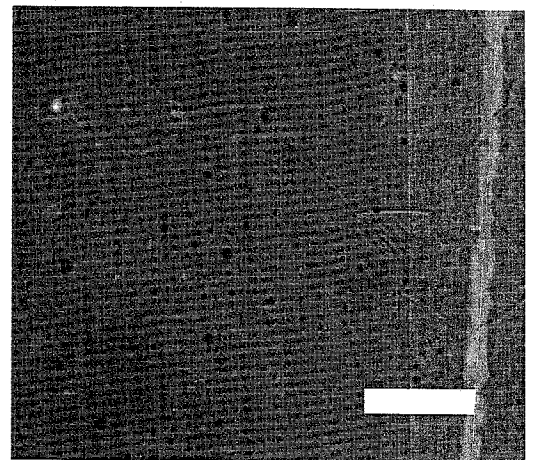
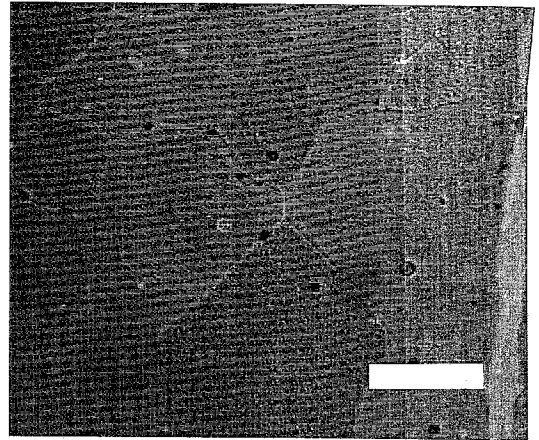
### 3. Poederbereiding en sinteren

Om translucent Alon te maken werd uitgegaan van commercieel verkrijgbaar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  poeder (Rubis synthétique des Alpes A15Z, Jarrie, Frankrijk) en  $\text{AlN}$  poeder (H. C. Starck grade C, Berlijn, Duitsland). De hoeveelheid  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in het mengsel was 67,5, 73 of 77,5 mol%; deze samenstellingen liggen bij  $1850^\circ\text{C}$  binnen het homogeniteitsgebied van Alon. De poeders werden gemengd in een Turbula menger (type T2C, W. A. Bachofen Maschinenfabrik AG, Basel, Zwitserland) met isopropanol en  $\text{Si}_3\text{N}_4$  kogels in een polyetheen fles. Na het mengen werd de isopropanol verwijderd en werd het mengsel gedroogd in een droogstoof bij  $150^\circ\text{C}$  gedurende 24 uur. Daarna werden de organische verontreinigingen verwijderd door 2 uur bij  $600^\circ\text{C}$  in lucht te stoken. Het poeder werd door een zeef met een doorlaat van 65  $\mu\text{m}$  gehaald en uniaxiaal tot pillen geperst onder een druk van 10-20 MPa. Deze preparaten werden vervolgens naverdicht in een isostatische pers onder een druk van 250 MPa. De uiteindelijke groene dichtheid was ca. 55%.

Deze preparaten werden vervolgens gesinterd in een BN kroes in een gasdruk sinteroven (KCE Sondermaschinen GmbH type FPW 100/150-2200-100 DIL, Rödenthal, Duitsland) bij  $1850^\circ\text{C}$  gedurende 1,5 uur onder een stikstofdruk van 3 bar. Tijdens het sinteren werden de preparaten ingebed in een poederbed met dezelfde samenstelling als de te sinteren preparaten, waaraan 25% BN was toegevoegd om excessief sinteren van het poederbed te voorkómen.

Op deze manier konden translucente preparaten met een dichtheid van 99,7% van de theoretische dichtheid geproduceerd worden. De invloed van diverse toevoegingen op de dichtheid is onderzocht [5]. Door ca. 1 gewichts%  $\text{MgO}$  aan het mengsel toe te voegen kon een dichtheid van 99,9% behaald worden. De  $\text{MgO}$  toevoegingen resulteren in een regelmatige korrelgroei en een vermindering van de intragranulaire porositeit, zie figuur 2. Toevoegingen van  $\text{Si}_3\text{N}_4$  en  $\text{Y}_2\text{O}_3$  hadden een ongunstig effect op de dichtheid en de translucentie: bij toevoeging van  $\text{Si}_3\text{N}_4$  ontstond Sialon dat niet stabiel is onder de hier gebruikte reactie-

omstandigheden en ontleedt en bij toevoeging van  $\text{Y}_2\text{O}_3$  ontstond een laagsmeltende verbinding die grijs of geelachtig van kleur was. Bij de vorming van deze verbinding is waarschijnlijk ook het poederbed betrokken.



### 4. Eigenschappen

Met behulp van neutronendiffractie (verricht bij het ECN te Petten) is geprobeerd inzicht te krijgen in de bezetting van de verschillende plaatsen in het spinelrooster van Alon [6]. Het blijkt dat de vacatures in Alon zich vrijwel volledig bevinden op de zogenaamde octaeder-plaatsen in het spinelrooster. De tetraeder-plaatsen en de plaatsen voor de anionen zijn volledig met atomen bezet. Er zijn geen aanwijzingen gevonden voor een superstructuur van de vacatures op de octaeder-plaatsen noch voor een superstructuur van de stikstof atomen in het anion-rooster.

Omdat Alon niet stabiel is onder  $1640^\circ\text{C}$  konden geen mechanische transport metingen aan Alon gedaan worden; de daarvoor benodigde kruipmetingen, die over het algemeen lang duren, zouden moeten plaatsvinden bij dusdanig hoge temperaturen dat de ontleding van Alon niet verwaarloosbaar is. Het bleek echter wél mogelijk de elektrische eigenschappen van Alon te meten omdat deze metingen in vrij korte tijd kunnen worden uitgevoerd.

Voor de bepaling van de elektrische eigenschappen werden wisselstroom metingen uitgevoerd aan Alons met samenstellingen corresponderend met 67,5, 73 en 77,5 mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [7].

Het aantal intrinsieke aluminium vacatures in deze Alons is verschillend en bedraagt respectievelijk  $2,4 \cdot 10^{21}$ ,  $3,0 \cdot 10^{21}$  en  $3,4 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ . De metingen werden verricht met een opstelling gebaseerd op een Frequency Response Analyser

(Solartron type 1174, Schlumberger, Farnborough, Engeland) bij temperaturen tussen 850 en 1100°C.

Uit de elektrische metingen bleek dat de geleiding in Alon thermisch geactiveerd is en dat de activierungs-energieën respectievelijk 2,73, 2,79 en 2,84 eV zijn voor Alon met een samenstelling van 67,5, 73 en 77,5 mol% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Naar alle waarschijnlijkheid wordt de elektrische lading getransporteerd door migratie van aluminium vacatures; de diffusie-coëfficiënt van de vacatures blijkt van dezelfde grootte-orde te zijn als de diffusie-coëfficiënt van Mg<sup>2+</sup> in MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Het verband tussen de aluminium vacature concentratie en het elektrisch geleidingsvermogen van Alon (figuur 3) laat echter zien dat het geleidingsvermogen meer dan lineair toeneemt met de vacatureconcentratie, terwijl men een lineair of een minder-dan-lineair verband zou verwachten. Een reden voor deze afwijking is nog niet gevonden.

de Young's modulus (E) en de Poisson verhouding (ν) berekend. De optische metingen hadden betrekking op de maximale in-lijn transmissie (I/I<sub>0, line max</sub>) en de golflengtes van het licht waarbij de transmissie nul werd ('UV cut-off' en 'IR cut-off'). De resultaten van de metingen staan vermeld in tabel 1. In deze tabel staan ook nog een aantal andere grootheden: roosterparameters (a), dichtheden (bepaald met de archimedes methode) en korrelgroottes (bepaald met de lineaire intercept methode).

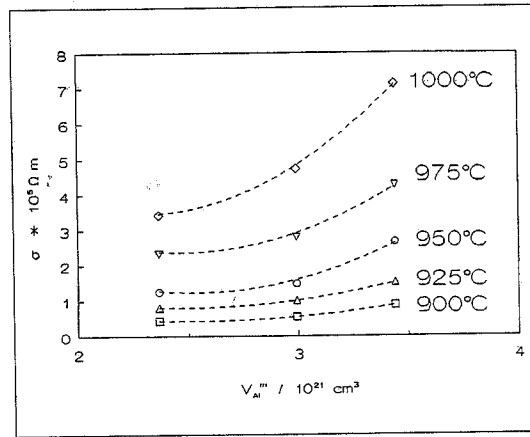
Als de hoeveelheid Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in de samenstelling van het Alon toeneemt, nemen de hardheid, de Young's modulus en de UV cut-off af, terwijl de korrelgrootte, de Poisson verhouding, de in-line transmissie en de IR cut-off toenemen. De breuksterkte en de scheurweerstand van de hier geteste Alons zijn ongeveer gelijk aan elkaar.

Tenslotte werden ook de slijtage-eigenschappen van Alon bepaald in Alon/Y-TZP systemen [9] bij kamertemperatuur met een zelf gebouwde opstelling (Centrale Werkplaats, TU Eindhoven). In deze opstelling maakt een Y-TZP bol (diameter 2 mm) een heen-en-weer gaande beweging tegen een vlakke Alon plaat (spoorlengte 10 mm, frequentie 1 of 4 Hz en belasting 2 of 8 N). Hierbij bleek polijsten het belangrijkste slijtagemechanisme te zijn bij lage belasting en frequentie; de slijtage is dientengevolge zeer gering. Bij hoge belasting breken Alon-korrels uit het materiaal maar dit heeft geen invloed op de slijtagesnelheid. Bij hoge frequentie wordt na een aantal uren een overgang waargenomen tussen milde en ernstige slijtage. De ernstige slijtage wordt veroorzaakt doordat Alon deeltjes zich hechten aan de Y-TZP bol; hierdoor bepalen na verloop van tijd Alon-Alon contacten de slijtage. Naar verwachting vindt de overgang van milde naar ernstige slijtage onder hoge belasting gemiddeld na kortere tijd plaats dan onder lage belasting.

**5. Conclusies**

Door het verrichte onderzoek is het Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-AlN fasendiagram in de omgeving van het Alon gebied vastgesteld. Hierbij is komen vast te staan dat Alon niet stabiel is onder 1640°C; bij lagere temperaturen kan Alon echter gestabiliseerd worden door

**Figuur 3. >**  
De elektrische geleiding van Alon als functie van de vacature-concentratie bij verschillende temperaturen.



Tenslotte zijn een aantal mechanische en optische metingen uitgevoerd aan Alons met samenstellingen corresponderend met 67,5, 73 en 77,5 mol% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [8]. De mechanische metingen bestonden uit hardheidsmetingen volgens Vickers (H<sub>v</sub>, met indentatiekrachten van 4,9, 9,8 en 19,6 N), breuksterkte (σ<sub>f</sub>) en scheurweerstand-metingen (K<sub>1c</sub>, met de zogenaamde 'Single Edge Notched Beam' configuratie) in 3-punts buiging en meting van de elastische eigenschappen met de puls-echo techniek. Op grond van deze laatste metingen werden

**Tabel 1: >**  
Overzicht van de mechanische en optische eigenschappen van Alon. De ± waarden geven de standaarddeviatie (σ<sub>n-1</sub>) aan.

| Eigenschap                 | Eenheid             | Samenstelling (mol% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) |                 |                 |
|----------------------------|---------------------|--|-----------------|-----------------|
|                            |                     | 67.5   | 73              | 77.5            |
| a                          | nm                  | 0.7950 ± 0.0001                                      | 0.7942 ± 0.0001 | 0.7936 ± 0.0001 |
| Dichtheid                  | g cm <sup>-3</sup>  | 3.683 ± 0.002  | 3.674 ± 0.002   | 3.651 ± 0.002   |
| Dichtheid                  | %                   | 99.7 ± 0.1   | 99.7 ± 0.1      | 99.2 ± 0.1      |
| Korrelgr.                  | µm                  | 25.9 ± 6.5   | 26.9 ± 3.2      | 40.2 ± 7.0      |
| H <sub>v</sub> (4.9N)      | GPa                 | 19.93 ± 1.65   | 17.94 ± 0.71    | 16.87 ± 1.17    |
| H <sub>v</sub> (9.8)       | GPa                 | 17.70 ± 0.67   | 17.67 ± 1.13    | 16.07 ± 0.70    |
| H <sub>v</sub> (19.6N)     | GPa                 | 16.93 ± 0.56   | 16.11 ± 0.76    | 15.12 ± 0.49    |
| σ <sub>f</sub> (20°C)      | MPa                 | 455 ± 55   | 500 ± 51        | 494 ± 72        |
| σ <sub>f</sub> (600°C)     | MPa                 | 314 ± 38   | 294 ± 26        | 289 ± 22        |
| K <sub>1c</sub> (20°C)     | MPam <sup>1/2</sup> | 2.79 ± 0.17  | 2.66 ± 0.30     | 2.86 ± 0.42     |
| K <sub>1c</sub> (600°C)    | MPam <sup>1/2</sup> | 1.87 ± 0.22  | 2.07 ± 0.11     | 1.87 ± 0.16     |
| E                          | GPa                 | 316.7 ± 0.3  | 314 ± 1.2       | 306.0 ± 0.1     |
| ν                          | -                   | 0.236 ± 0.001  | 0.247 ± 0.002   | 0.255 ± 0.002   |
| I/I <sub>0, line max</sub> | %                   | 35   | 40              | 50              |
| UV cut-off                 | nm                  | 230  | 220             | 218             |
| IR cut-off                 | µm                  | 7.15   | 7.15            | 7.70            |

MgO toe te voegen. Het is mogelijk translucente Alons te maken met samenstellingen van 67,5, 73 en 77,5 mol% 3 en van deze Alons zijn een aantal elektrische, optische en mechanische eigenschappen gemeten, zodanig dat een vrij compleet beeld is ontstaan van de bereiding en de resulterende eigenschappen van dit materiaal.

#### Literatuur

- [1] McCauley, J.W. & Corbin, N.D., High temperature reactions and microstructures in the  $Al_2O_3$ -AlN system. In Progress in nitrogen ceramics, Ed.F.L. Riley, Nijhoff, The Hague, 1983, 111-118.  
 [2] Willems, H.X., Hendrix, M.M.R.M., de With, G. & Metselaar, R., Thermodynamics of Alon II: phase relations. J. Eur. Ceram. Soc., 10 (1992) 339-346.  
 [3] Willems, H.X., Hendrix, M.M.R.M., Metselaar, R. & de With, G., Thermodynamics of Alon I: Stability at lower temperature. J. Eur. Ceram. Soc., 10 (1992) 327-338.  
 [4] Willems, H.X., de With, G. & Metselaar, R., Thermodynamics of Alon III: stabilisation with

MgO. Toegestuurd aan J. Eur. Ceram. Soc.

- [5] Willems, H.X., Metselaar, R. & de With, G. Production of translucent  $\gamma$ -aluminium oxynitride. In Proceedings of the 2nd Conference of the European Ceramic Society, 11014 September 1991 Augsburg, Duitsland (in druk).  
 [6] Willems, H.X., de With, G., Metselaar, R., Helmholtz, R.B. & Petersen, K.K., Neutron diffraction of  $\gamma$ -aluminium oxynitride. Toegestuurd aan J. Mater. Sci. Lett.  
 [7] Willems, H.X., van Hal, P.F., de With, G. & Metselaar, R., AC conductivity measurements on  $\gamma$ -aluminium oxynitride. Toegestuurd aan Mater. Res. Bull.  
 [8] Willems, H.X., van Hal, P.F., de With, G. & Metselaar, R., Mechanical properties of translucent  $\gamma$ -aluminium oxynitride. Toegestuurd aan J. Mater. Sci.  
 [9] Van den Berg, P.H.J., Willems, H.X. & de With, G., Wear and friction of Y-TZP spheres reciprocating against various Alon plates. Toegestuurd aan J. Mater. Sci.

14e Jaargang, nummer 3

## kgk Kort Aktueel

### NKV-DKG symposium, 29 april 1993 in Aken

#### "Keramische Composieten"

Grensgebieden spelen zowel in composietmaterialen alsook op geografische schaal een rol. Om beide grensgebieden te verkennen organiseert de Nederlandse Keramische Vereniging samen met de Bezirksgruppe Nordrhein-Westfalen van de DKG op 29 april 1993 een symposium met het thema "Keramische Composieten" in Aken. De voordrachten komen zowel van Nederlandse als van Duitse zijde en ook de excursies, die 's middags zullen worden gehouden, vinden in beide landen plaats. Vooral voor de Nederlandse deelnemers biedt deze dag de interessante mogelijkheid een bezoek te brengen aan de verschillende instituten van de RWTH in Aken. Laat de geografische grenzen voor wat ze zijn en ontmoet uw Duitse (Europese) collega's.

#### Plaats

Steigenberger Hotel Quellenhof  
 Monheimsallee 52  
 5100 Aachen  
 Tel: (+49) 241 152081  
 Fax: (+49) 241 154504

#### Deelname

De deelnamekosten voor deze dag bedragen voor NKV- en DKG-leden DM 60,- en voor niet-leden DM 90,- en dienen ter plaatse te worden voldaan. In de prijs is de lunch inbegrepen.

#### Programma

- 10.00 uur Opening en welkom van de deelnemers.  
 10.10 uur "Chemical Vapour Infiltration as a method to produce ceramic composites"  
 J. Gerretsen, R.A. Terpstra  
 Centrum voor Technische Keramiek, CTK, Eindhoven.  
 11.00 uur "Verbundwerkstoffe - Möglichkeiten und Grenzen der Verstärkung keramischer Werkstoffe"  
 en  
 "Werkstoff-Forum der RWTH Aachen - Ziele, Arbeitsgruppen, Forschungsschwerpunkte"  
 H.R. Maier, R. Terjung  
 Institut für Keramische Komponenten im Maschinenbau, Institut für Process- und Anwendungstechnik Keramik, RWTH Aachen.  
 12.00 uur Gezamenlijke lunch.  
 14.30 uur Excursies:  
 1. SPHINX, Maastricht (Sanitair)  
 2. MOSA, Maastricht (Wandtegels)  
 3. VEGLA, Aken (Glas)  
 4. GHT Institut für Gesteinshüttenkunde, RWTH Aken (Prof. Ondracek, Prof. Telle)  
 5. IKKM Institut für Keramische Komponenten im Maschinenbau, RWTH Aken (Prof. Maier)  
 6. WZL Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre, RWTH Aken, und IPT FhG Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie, Aken (Prof. König)  
 7. Institut für Werkstoffkunde, RWTH Aken (Prof. Lugscheider)

Meer informatie over deze dag en aanmeldingen bij:

Geschäftsstelle der DKG  
 Frankfurter Strasse 196  
 D-5000 Köln 90 (Porz-Wahn)  
 Germany  
 Tel: (+49) 2203 69069  
 Fax: (+49) 2203 69301