

## Enkele proeven met keramisch beitelmateriaal

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

Over, J. A. (1964). *Enkele proeven met keramisch beitelmateriaal*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0107). Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1964

**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.



technische hogeschool eindhoven

laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek

rapport van de sectie: verspanende bewerking.

titel: Enkele proeven met keramisch beitelmetaal.

auteur(s): ir. J.A. Over

onderzoek-  
aanspreekster: ir. J.A. Over

hoogleraar: Prof. dr. P.C. Veenstra

**samenvatting**

In dit rapport wordt een inleidend onderzoek beschreven, betrekking hebbend op het verspanen met zuiver  $Al_2O_3$ , dat niet onder overdruk is gesinterd. Het blijkt, dat gecoemd materiaal vooralsnog inferieur is aan de in de handel verkrijgbare keramische materialen.

Voorts worden enkele mogelijkheden geopperd voor een voortgezet onderzoek op het gebied van verspanen met keramisch beitelmetaal.

**prognose**

blz. 1 van 18 blz.

rapport nr. 0107

codering:

P.7.a.3.

trefwoord:

keramisch  
beitelmetaal

datum:

juni 1964

aantal blz. 18

geschikt voor  
publicatie in:

Inhoud.

1. Inleiding.
2. Verspanen met het door Philips-Icoma geleverde beitelmateriaal.
  - 2.1. Het beitelmateriaal.
  - 2.2. Algemene proefopzet.
  - 2.3. De uitgevoerde proeven.
  - 2.4. Conclusies.
3. Suggesties voor een voortgezet onderzoek.
  - 3.1. Het dielectrisch verlies.
  - 3.2. Samenstelling van enkele beitelmaterialen.
  - 3.3. Vraagpunten, te beantwoorden door voortgezet onderzoek.
4. Literatuur.

## 1. Inleiding.

Door Philips-Isoma is aan de groep WT een drietal soorten gesinterd  $Al_2O_3$  geleverd. Het bijzondere hiervan was, dat dit materiaal niet onder druk gesinterd was.

Bij de groep WT bestond reeds het voornemen om een vergelijkend onderzoek te doen aan verschillende keramische beitelmaterialen. Als eerste opgave is nu gekozen om na te gaan of het genoemde materiaal gelijkwaardig is aan andere, in de handel verkrijgbare, keramische beitelmaterialen. Zou dit nl. het geval zijn, dan is het voordeel van dit materiaal, dat het goedkoper is, daar het niet onder druk gesinterd is.

Naast het bovenvermelde onderzoek zijn in dit rapport enkele suggesties en een aantal algemene gegevens opgenomen, ten dienste van de voortzetting van het onderzoek.

Tenslotte is een uitgebreide literatuurlijst toegevoegd, ook weer ter ondersteuning van eventueel voortgezet onderzoek.

## 2. Verspanen met het door Philips-Tecoma geleverde beitelmateriaal.

### 2.1. Het beitelmateriaal.

Dit bestaat uit een aantal blokjes gesinterd  $\text{Al}_2\text{O}_3$  zonder bijmengselen.

Afmetingen der blokjes: ong.  $12 \times 12 \times 10 \text{ mm}^3$ .

Gemiddelde korrelgrootte:

Groep A: gem.  $10 \mu\text{m}$ .

Groep B: gem.  $15 \mu\text{m}$ .

Groep C: gem.  $20 \mu\text{m}$ .

Opmerking: De blokjes waren gesinterd bij atmosferische druk.

Verdere gegevens:

Groep A: Gesinterd gedurende twee uur op  $1700^\circ\text{C}$ .

Soortelijk gewicht:  $3,966 \text{ g/cm}^3$ .

Groep B: Gesinterd gedurende twee uur op  $1810^\circ\text{C}$ .

Soortelijk gewicht:  $3,985 \text{ g/cm}^3$ .

Groep C: Gesinterd gedurende twee uur op  $1890^\circ\text{C}$ .

Soortelijk gewicht:  $3,990 \text{ g/cm}^3$ .

2.2. Algemene proefopzet.

Een statistische proefopzet, hier gebruikt om met weinig proeven een beeld te verkrijgen van de verspanende eigenschappen van een materiaal, is als volgt gekozen:

Stel:

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| A + = hoge snijsnelheid;     | A - = lage snijsnelheid.     |
| B + = grote aanzet;          | B - = kleine aanzet.         |
| C + = grote snedediepte;     | C - = kleine snedediepte.    |
| D + = lange verspaningstijd; | D - = korte verspaningstijd. |

De overige factoren, die tijdens een draaiproef kunnen variëren, worden zoveel mogelijk constant gehouden.

We stellen nu het volgende schema op (zie ook collegedictaat "Statistische Theorie van Proefopzetten" van prof. Hamaker):

A	B	C	D	interactie ABCD
+	+	+	+	+
+	+	+	-	-
+	+	-	+	-
+	+	-	-	+
+	-	+	+	-
+	-	+	-	+
+	-	-	+	+
+	-	-	-	-
-	+	+	+	-
-	+	+	-	+
-	+	-	+	+
-	+	-	-	-
-	-	+	+	+
-	-	+	-	-
-	-	-	+	-
-	-	-	-	+

Kies nu alle plussen of alle minnen van ABCD.

Verder dient het proefstukje en de snijkant waarmee een bepaalde proef gedaan wordt, door loting aangewezen te worden.

Men verkrijgt zo voor ieder te beproeven materiaal acht proeven. Een statistische bewerking van de resultaten levert een indicatie over de verspanende eigenschappen van dit materiaal. Men kan bijv. de vrijloopvlakslittage bepalen, afhankelijk van snijsnelheid, snedediepte, aanzet en gebruiksduur.

2.3. De uitgevoerde proeven.

Een proefopzet als aangegeven onder 2.2. is toegepast zowel op het  $Al_2O_3$  uit groep A als uit groep B (zie 2.1.).

De constante condities tijdens het verspanen waren als volgt:  
 Verspaand materiaal: St.C. 45.

Wijze van verspanen: Langsdraden van een as.

Gebruikte draadbank: Capeneuve, WT nr. 4067.

Deze bank is zeer stabiel onder normale omstandigheden.

Wijze van inspannen: De rechthoekige blokjes werden ingespannen in een SPK-beitelhouder. Dit was mogelijk omdat de hier beproefde  $Al_2O_3$ -plaatjes ongeveer dezelfde afmetingen hadden als de SPK-wegwerpplaatjes.

De instelhoek  $\alpha$  (zie fig. 1) werd steeds op ongeveer  $60^\circ$  gehouden.

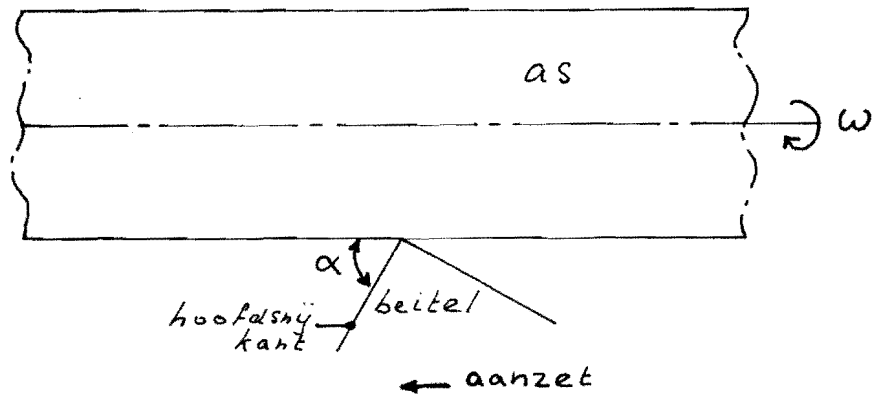


fig. 1. De instelhoek.

Beitelgeometrie: De plaatjes waren rechthoekig. Er werd een neusradius van 0.4 mm aangebracht. Tevens werden de snijkanten licht afgeschuind.



De van proef tot proef te variëren condities werden als volgt genomen:

	Snij snelh. (m/s)	Aanzet (mm/omw)	Snededijpte (mm)	Snijtijd (s)
a.	8,5	0,2	1	960
b.	8,3	0,2	0,5	480
c.	8,3	0,1	1	490
d.	0,3	0,1	0,5	960
e.	5	0,2	1	480
f.	5	0,2	0,5	960
g.	5	0,1	1	960
h.	5	0,1	0,5	480

Eerst werden van groep B vier blokjes gekozen, waarvan telkens twee snijkanten gebruikt werden. De resultaten hiervan waren als volgt:

- a. Na 155 s uitbrokkeling van de punt. De snede is één keer onderbroken. De oppervlaktekwaliteit was steeds matig.
- b. Na 95 s uitbrokkeling van de punt. Twee onderbrekingen. Oppervlaktekwaliteit voor de breuk matig.
- c. Na 357 s sprong er een lange splinter uit het hulpvrijloopvlak, mogelijk een gevolg van een iets ongelijkmatige opspanning. Twee onderbrekingen. Oppervlaktekwaliteit matig tot slecht.
- d. Na 172 s uitbrokkeling van de punt. Twee onderbrekingen. Oppervlaktekwaliteit matig.
- e. Na 480s nog geen breuk. Vrijloopvlakslijtage 0,8 mm. Drie onderbrekingen. Oppervlaktekwaliteit matig tot goed.
- f. Na 900 s. sprong er een lange splinter uit het hulpvrijloopvlak. Zes onderbrekingen. Oppervlaktekwaliteit steeds slecht.
- g. Na 960 s nog geen breuk. Vrijloopvlakslijtage 0,9 mm. Vijf onderbrekingen. Oppervlaktekwaliteit variërend van matig tot slecht.

h. Na 480 s nog geen breuk. Vrijloopvlakslijtage 0,45 mm.  
Eén onderbreking. Oppervlaktekwaliteit matig tot goed.

Opmerking: De beoordeling van de oppervlaktekwaliteit vond plaats door visuele waarneming en voelen met de hand.

Om na te gaan of er verbetering in de resultaten te brengen was door een betere geometrie, werden de blokjes van Groep A voorzien van een grotere afrondingsstraal van de hoeken, nl. 1 mm. Tevens werden de vlakken onderling haaks geslepen. Hierin bleken nl. vrij grote afwijkingen voor te komen.

De resultaten bij Groep A, waarvoor ook weer vier blokjes en daarvan telkens twee snijkanten werden gekozen, waren als volgt:

- a. Na 5 min. 40 sec. volledig uitbreken van de punt. Vier onderbrekingen. Oppervlaktekwaliteit matig tot goed.
- b. Na 6 min. 15 sec. reeds een zeer grote vrijloopvlakslijtage ( $>1$  mm). Vijf onderbrekingen. Oppervlaktekwaliteit aanvankelijk goed. Later blauw aanlopen, kennelijk als gevolg van grote wrijving tussen beitel en werkstuk.
- c. Na 5 min. 40 sec. uitbreken van een lange splinter uit het hulpvrijloopvlak. Vrijloopvlakslijtage 0,7 mm. Twee onderbrekingen. Oppervlaktekwaliteit aanvankelijk goed. later matig.
- d. Na 3 min. 35 sec. was de punt weggesleten over een breedte van 2,6 mm. Eén onderbreking. Oppervlaktekwaliteit matig tot slecht. Trillen.
- e. Na 15 min. uitbreken van de punt. Zeven onderbrekingen. Oppervlaktekwaliteit vóór de breuk goed.
- f. Na 8 min. nog geen breuk. Drie onderbrekingen. Vrijloopvlakslijtage 0,65 mm. Oppervlaktekwaliteit redelijk tot goed.
- g. Na 8 min. nog geen breuk. Twee onderbrekingen. Vrijloopvlakslijtage 0,6 mm. Oppervlaktekwaliteit goed.
- h. Na 16 min. nog geen breuk. Drie onderbrekingen. Vrijloopvlakslijtage 0,7 mm. Oppervlaktekwaliteit redelijk.

Opmerking: De staaf werd tijdens de verspaningsproeven zeer heet, naar schatting ongeveer  $70^{\circ}\text{C}$ .

#### 2.4. Conclusies.

Uit de verspaningsproeven met de door Philips-Icons geleverde  $Al_2O_3$ -blokjes kan men het volgende concluderen:

- A. In vergelijking met bijv. Degussit-plaatjes is de standtijd van het beproefde materiaal veel korter. Zie Pahlitsch und Semmler (22) die ook St.C.45 verspannd hebben.
- B. Het beproefde materiaal is zeer bros.
- C. Een snijsnelheid van 500 m/min. blijkt reeds te hoog te zijn voor het beproefde materiaal.
- D. Het verspanen met dit materiaal blijkt aanleiding te geven tot grote wrijvingswarmte-ontwikkeling.

Als algemene conclusie mag dus gesteld worden dat het beproefde materiaal duidelijk inferieur is aan in de handel verkrijgbare materialen.

3. Suggesties voor een voortgezet onderzoek.

3.1. Het dielectrisch verlies.

Ziharev (2) geeft aan, dat er mogelijk verband bestaat tussen het dielectrisch verlies ( $\tan \delta$ ) van een beitelplaatje en zijn verspanende eigenschappen.

Met behulp van een General-Radio-meetbrug, type 1615A zijn metingen van het dielectrisch verlies van verschillende materialen verricht. De frequentie waarbij gemeten werd, bedroeg steeds 1 kHz. De metingen zijn uitgevoerd door de heer van Gent van Philips-Icoma, afd. IJkingen.

De resultaten waren als volgt:

A. Zuiver  $Al_2O_3$  van Groep A (zie 2.1.).

5 proefstukjes zijn gemeten.

capaciteit: gemiddeld 1,52 pF

                  spreiding 1,50 - 1,53 pF.

$\tan \delta$  : gemiddeld  $53,4 \cdot 10^{-4}$

                  spreiding 33 - 68.  $10^{-4}$ .

B. Zuiver  $Al_2O_3$  van Groep B (zie 2.1.).

5 proefstukjes zijn gemeten.

capaciteit: gemiddeld 1,606 pF

                  spreiding 1,45 - 1,72 pF.

$\tan \delta$  : gemiddeld  $40,8 \cdot 10^{-4}$

                  spreiding 35 - 44.  $10^{-4}$ .

C. Zuiver  $Al_2O_3$  van Groep C (zie 2.1.).

5 proefstukjes zijn gemeten.

capaciteit: gemiddeld 1,537 pF

                  spreiding 1,45 - 1,58 pF.

$\tan \delta$  : gemiddeld  $48 \cdot 10^{-4}$

                  spreiding 35 - 70.  $10^{-4}$ .

## D. Degussit.

5 proefstukjes zijn gemeten.

capaciteit: gemiddeld 2,673 pF

spreiding 2,63 - 2,71 pF.

$\tan \delta$  : gemiddeld  $35,5 \cdot 10^{-4}$

spreiding  $31 - 45 \cdot 10^{-4}$ .

## E. S.P.K.

5 proefstukjes zijn gemeten.

capaciteit: gemiddeld 1,992 pF

spreiding 1,98 - 2,02 pF.

$\tan \delta$  : gemiddeld  $47 \cdot 10^{-4}$

spreiding  $41 - 53 \cdot 10^{-4}$ .

## F. Ceroc.

5 proefstukjes zijn gemeten.

capaciteit: gemiddeld 1,846 pF

spreiding 1,84 - 1,85 pF.

$\tan \delta$  : gemiddeld  $3,02 \cdot 10^{-4}$

spreiding  $2 - 4,4 \cdot 10^{-4}$ .

Opmerking: Ceroc valt op door zeer lage dielectrische verliezen.

Wanneer de stelling van Ziharev juist is, kan een verband aangegeven worden tussen de dielectrische verliezen en de standtijden onder identieke omstandigheden van bovengenoemde materialen. Als dit zo zou zijn, zou een eenvoudige bepaling van de kwaliteit van een keramisch wegverpplaatje mogelijk worden op deze basis.

### 3.2. Samenstelling van enkele materialen.

Door het Keramisch Laboratorium Icoma is een analyse gemaakt van de beitelmaterialen Degussit, S.P.K., Ceroc en Widalox.

De waarnemingen waren als volgt:

#### 1) Röntgenanalyse:

Degussit - s.g.  $3,82 \text{ g/cm}^3$  -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  + enkele niet te determineren kleine intensiteiten (bijmengsels).

Widalox - s.g.  $4,00 \text{ g/cm}^3$  -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  + onbekende fase.

S.P.K. - s.g.  $3,89 \text{ g/cm}^3$  -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  + enkele niet te determineren kleine intensiteiten.

Ceroc - s.g.  $3,89 \text{ g/cm}^3$  -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  + enkele niet te determineren kleine intensiteiten.

#### 2) Structuurfoto's van geëtste preparaten:

Degussit: 1 kristallijne fase. Kristalgrootte 5 tot  $20 \mu\text{m}$ . Geen glasfase. Kristallen poriënvrij. Poriën alleen tussen de kristallen.

Widalox: 2 kristallijne fasen. Kristalgrootte 5 tot  $20 \mu\text{m}$ . Glasfase  $\approx 10 \text{ vol. } \%$ . Poriënverdeling niet duidelijk.

S.P.K.: 1 kristallijne fase. Kristalgrootte van 3 tot  $10 \mu\text{m}$ . Geen glasfase. Kristallen poriënvrij. Poriën alleen tussen de kristallen.

Ceroc: 1 kristallijne fase. Kristalgrootte  $< 5 \mu\text{m}$ . De grotere kristallen zijn poriënvrij. Bij de kleinere is dit niet vast te stellen.

Tenslotte gaf de spectrochemische analyse het volgende resultaat:

0  
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50

	Degussit	Widalox	S.P.K.	Ceroc
$Al_2O_3$ (gew. %)	hoofdbest.	hoofdbest.	hoofdbest.	hoofdbest.
$TiO_2$ ( " )	0,1	6,5	0,025	0,02
$SiO_2$ ( " )	0,25	0,75	0,3	0,3
$MgO$ ( " )	0,15	0,85	0,35	0,5
$Fe_2O_3$ ( " )	0,6	1,0	0,9	0,55
$B_2O_3$ ( " )	0,008	0,01	0,002	0,006
$V_2O_5$ ( " )	0,04	0,035	0,035	0,06
$Ga_2O_3$ ( " )	0,003	0,002	0,003	0,0015
$MnO$ ( " )	0,01	0,02	0,015	0,01
$Cu$ ( " )	0,0004	0,004	0,0035	0,0008

Bovenstaande gegevens zijn mogelijk een uitgangspunt voor verder onderzoek.

3.3. Vraagpunten, te beantwoorden door voortgezet onderzoek.

1. Welke invloed heeft een thermische schok, dus bijv. een onderbreking van de snede op het keramische beitelmetaal? Zie o.a. het artikel van Pekelharing (23) voor waardevolle informatie.
2. Wat is de invloed van kristal grootte en poreusheid op de verspanende eigenschappen?
3. Wat is de invloed van bijmengselen bij het  $Al_2O_3$  op de verspanende eigenschappen?
4. Dient de slijtage van het vrijloopvlak gezien te worden als abrasieve slijtage of niet?



#### 4. Literatuur.

1. Arthur, G.  
"Ceramics-Properties".  
Nuclear Engineering, 6 (1961) 61.
2. Ziharev, V.I.  
"Einfluss der mechanischen Eigenschaften und der Struktur  
der Schneidkeramik auf den Verschleiss beim drehen".  
Maschinenbau und Fertigungstechnik der USSR, 3 (1961) 10.
3. Blanpain, E.  
"Keramikwerkzeuge".  
Carl Hanser Verlag, München, 1959.  
Bibl. b.s.w., GD 5931.
4. Opitz, H., H. Siebel und P. Fleck.  
"Keramische Schneidstoffe".  
Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen (1959) 764,  
bibl. b.s.w. GD 5955.
5. Symposium:  
"Machining with carbides and oxides".  
Bibl. b.s.w. GD 6046.
6. Opitz, H., P. Brammertz und K.F. Meyer.  
"Untersuchungen an keramischen Schneidstoffen".  
Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen (1963) 1147.
7. Handleiding Keramisch Draaien - T.N.O.  
Bibl. b.s.w. GD 6046.
8. Hook, R.T.  
"How should you use Ceramics".  
American Machinist 100 (1956) Nr. 26 p. 123-124.
10. Pühler, F. und R. Wagner.  
"Oxydkeramische Schneidstoffe bei der Feinbearbeitung -  
Beispiele aus der Produktion".  
Ind. Anzeiger Nr. 47 (13 Juni 1958).

- 0
11. Metcalfe, A.G.  
"Why Oxide Tools can cut faster".  
American Machinist 100 (1956) Nr. 26, p. 121-122.
- 5
12. Himmler, J.  
"Oxydkeramische Schneidplatten im Vergleich zu Sinterhartmetall".  
Ind. Anzeiger, Ausgabe "Werkzeugmaschine und Fertigungstechnik"  
(Sept. 1956) S. 1082-1084.
- 10
13. Siebel, H. und R. Fleck.  
"Der Entwicklungsstand der oxydkeramischen Schneidstoffe in  
den U.S.A.".  
Ind. Anzeiger Nr. 20 (8 März 1957).
- 15
14. Agte, C. und R. Kohlermann.  
"Neuere Ergebnisse auf dem Gebiet der Schneidkeramik".  
Fertigungstechnik, 8 Jg. (1958), Heft 4.
- 20
15. Shaw, M.C.  
"Betrachtungen zur Verwendung von keramischen Werkzeugen".  
Ind. Anzeiger Nr. 20 (8 März 1957).
- 25
16. Peklenik, J.  
"Forschungsergebnisse und Erfahrungen beim zerspanen mit kera-  
mischen Schneidplatten in der UdSSR und der Tschechoslowakei".  
Ind. Anzeiger Nr. 20 (8 März 1957).
- 30
17. Siebel, H.  
"Zerspanungsuntersuchungen mit oxydkeramischen Schneidplatten".  
Ind. Anzeiger Nr. 20 (8 März 1957).
- 35
18. Opitz, H. und H. Siebel.  
"Oxydkeramische Werkzeuge für die spanende Fertigung".  
Werkstattstechnik und Maschinenbau, 48. Jg. (Januar 1958) Heft 1.
- 40
19. Schmidt, A.O., W.I. Phillips and G.F. Wilson.  
"Ceramic Tooling Tests at Kearney & Trecker".  
Machinery 63 (1957) Nr. 5, p. 175-181.
- 45
20. Schmidt, A.O., I. Ham, W.I. Phillips and G.F. Wilson.  
"Ceramic and Carbide Tool Performance Tests".  
Part I. ASME-Paper nr. 56-A-218, nov. 1956.
- 50

- 0
21. Schaumann, R.  
"Forschungsergebnisse an keramischen Schneidplatten".  
Maschinenbaumarkt, Ausgabe Werkzeugmaschinenpraxis, 64,  
5 Jg. nr. 45 (6 Juni 1953).
22. Pahlitsch, G. und D. Semmler.  
"Feindreihen von Stahl mit oxydkeramischen Werkzeugen".  
10 I. Teil, Zeitschr. für wirtschaftliche Fertigung 55 (1960),  
H. 6/7, S. 242-247.  
II. Teil, Z.f. wirtsch. Fert. 55 (1961), H. 4, S. 148-153.  
15 III. Teil Z.f. wirtsch. Fert. 57 (1962), H. 2, S. 45-50.
23. Pekelharing, A.J.  
"Kamscheuren in keramisch beitelmaterial".  
20 Metaalbewerking, jr. 27, nr. 17, 15 febr. 1962, pag.  
331-335.
24. Pahlitsch, G. und R. Dornhöfer.  
"Feindreihen von unlegierten Kohlenstoffstählen mit Keramik-  
25 und Hartmetallwerkzeugen".  
Werkstatt und Betrieb, 97, Jg. (1964) H. 3, S. 225-234.
25. Lenz, E.  
"Der Einfluss der Schnitttemperatur auf die Standzeit der  
30 keramischen Schneidstoffe".  
Maschinenmarkt 69 (1963) Nr. 28, S. 30-45.
- 35 26. Grootjans, D.  
"De huidige stand van het keramisch snijmateriaal".  
40 Intern Rapport W.T. - S. 4. 0018, Dec. 1961.
- 45
- 50