

ONDERZOEK AAN MASSA'S
SAMENGESTELD UIT VLEGAS EN HAVENSLIB
VOOR VERVAARDIGING VAN KUNSTSTEENSLAG

door

A. H. de Vries



postbus 342
7300 AH apeldoorn

bezoekadres
laan van westenenk 501

telex 36395 tnoap
telefoon 055 - 77 33 44

Ref. nr. : 85-06557
Dossier nr. : 8725-12942
Datum : april 1985

NP

Trefwoorden : Vliegas
Keramiek
Wegenbouw
Havenslib

Wegenbouwmaatschappij J. Heijmans b.v.
t.a.v. ir. C. Jonker
Graafsebaan 13 Rosmalen
Postbus 2 5240 BB ROSMALEN

„Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
copie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook, zonder voorafgaande
toestemming van TNO.”

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten
en verplichtingen van opdracht-
gever en opdrachtnemer verwezen
naar de „Algemene Voorwaarden
voor Onderzoeks- en ontwikke-
lingsopdrachten aan TNO, 1979”
dan wel de desbetreffende terzake
tussen partijen gesloten overeen-
komst.

INHOUDSOPGAVE	<u>pag.</u>
SAMENVATTING	3
1. OPDRACHT	4
2. "STRENGPERS-ONDERZOEK AAN MASSA'S"	5
2.1 Vervaardiging van het mondstuk	5
2.2 Bereiding van de te beproeven massa's	9
2.3 Vorm- en drooggedrag	10
2.4 Bakgedrag	12
2.5 Bespreking resultaten van het strengpersonderzoek	15
3. OVERZICHT VAN UITGEVOERD ONDERZOEK	16
4. EINDCONCLUSIE VAN HET ONDERZOEK	17
5. AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK	18
6. LITERATUUROPGAVE	19

SAMENVATTING

Het rapport beschrijft een onderzoek met een laboratoriumvacuumstrengpers aan twee massa's, samengesteld uit vliegas en havenslib, met het doel te beoordelen of de bedoelde massa's geschikt zijn voor verwerking op een strengpers tot achtkantige buizen. Beoogd wordt dergelijke buizen in gebakken toestand te verwerken tot kunststeenslag.

Het vooronderzoek heeft aangetoond, dat er uit massa's van havenslib en vliegas een produkt vervaardigd kan worden met een wateropneming lager dan 2% (m/m). De massa's samengesteld uit havenslib HS en vliegas V3 en V4 bleken het beste te voldoen. Wel werd twijfel uitgesproken over de mogelijkheid van de gewenste verwerking van deze mengsels in al dan niet ontluchte toestand op een strengpers. Uit de resultaten van het thans uitgevoerde onderzoek blijkt echter, dat bedoelde mengsels op een eenvoudige wijze tot homogene massa's gemengd en zonder problemen op een strengpers tot achtkantige buizen verwerkt kunnen worden.

Een visuele beoordeling van de scherfstructuur van de gebakken buizen, doet opdrachtgever echter vermoeden, dat het voor steenslag van belang zijnde zogenaamde "polijstgetal" van de vervaardigde monsters te laag zal uitvallen.

Aan het eind van het rapport worden de resultaten en conclusies van het gehele onderzoek "Kunststeenslag uit vliegas en havenslib" samengevat en voorstellen gedaan voor verder onderzoek.

1. OPDRACHT

Op 10 oktober 1984 werd door de Wegenbouwmaatschappij J. Heijmans b.v. te Rosmalen opdracht verleend om onderzoek te verrichten aan mengsels havenslib en vliegas. Het doel van dit onderzoek is om mede aan de hand van reeds uitgebrachte rapporten van Fa. Mijster en Fa. Rieterwerke te beoordelen of een massa samengesteld uit vliegas en havenslib, overeenkomstig de specificatie van de heer Mijster, geschikt is voor vervaardiging van kunststeenslag.

Het onderzoek "Kunststeenslag uit vliegas en havenslib" wordt mede door PEO gefinancierd.

In dit kader dienden de navolgende werkzaamheden te worden verricht:

1. Evaluatie van reeds uitgevoerde onderzoeken.
2. Literatuurstudie naar relevante informatie.
3. Laboratoriumonderzoek aan 5 soorten vliegas en 3 soorten havenslib, beschikbaar gesteld door opdrachtgever, ter bestudering van de invloed van variaties in de samenstellingen van vliegas en havenslib op de eigenschappen van hieruit samengestelde mengsels.
4. De beoordeling van het vorm-, droog- en bakgedrag van met een strengpers te vervaardigen proefstukken uit geselecteerde mengsels.

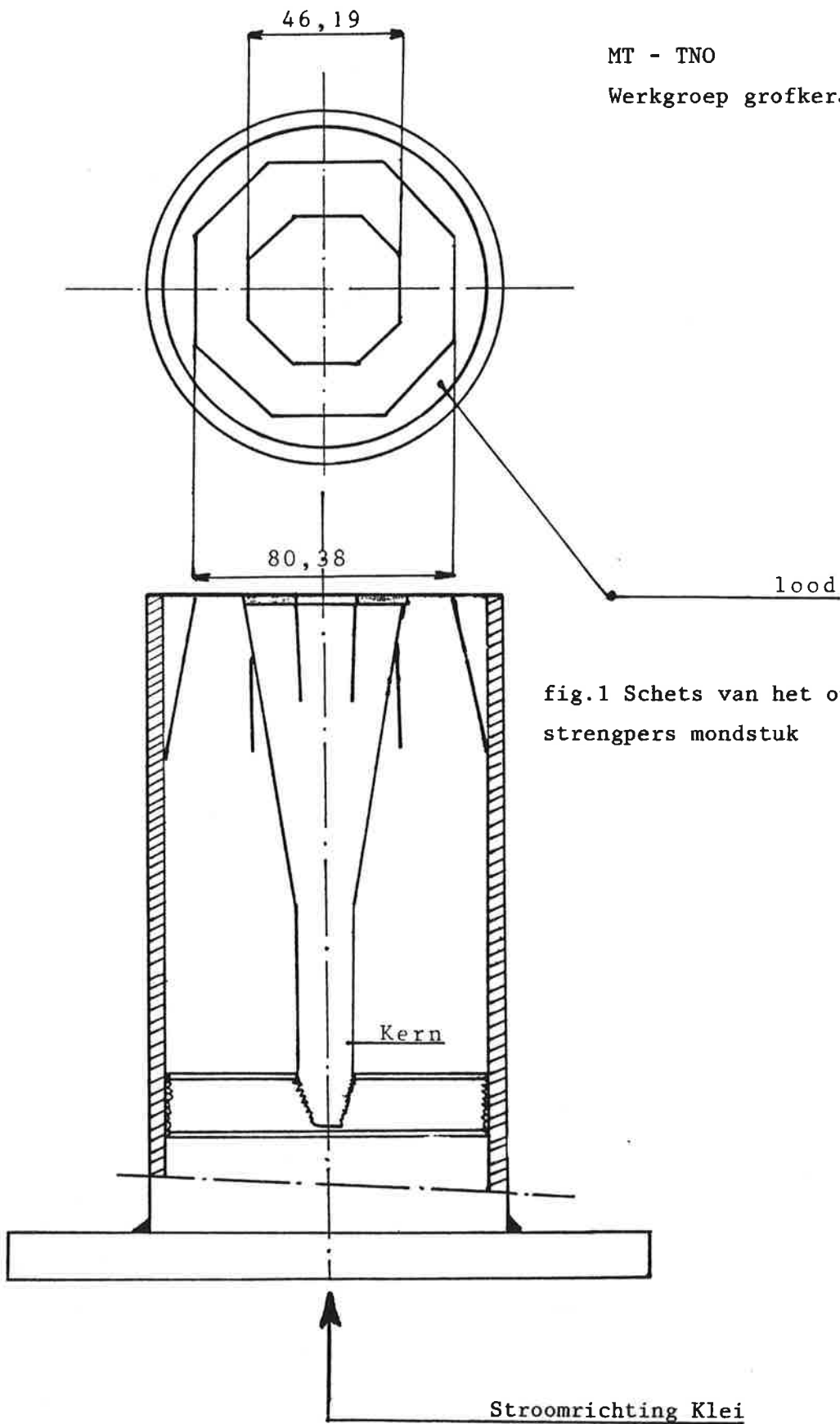
Over de onderdelen 2 en 3 werd inmiddels reeds schriftelijk gerapporteerd [3] [4].

Dit rapport heeft betrekking op deel 1 en 4. Het rapport geeft de resultaten van het onderzoek naar de verwerkingsmogelijkheid van enkele geselecteerde mengsels op een strengpers. Tevens worden een overzicht van het totale onderzoek en een aantal aanbevelingen voor verder onderzoek gegeven.

2. STRENGPERS-ONDERZOEK AAN MASSA'S

2.1 Vervaardiging van het mondstuk

Door de opdrachtgever werd aangegeven, dat hij als halffabrikaat bij de fabricage van kunststeenslag achtkantige holle buizen wenste te vervaardigen op een vacuum-strengpers. De achtkantige buisvorm is in baktechnisch opzicht aantrekkelijk en levert bij het breken van de gebakken stukken tot steenslag goede resultaten op. De minimale dikte van de wand moest 15 mm bedragen. Gekozen werd een achtkantige buis met een uitwendige omgeschreven cirkel van 87 mm en een inwendige omgeschreven cirkel van 50 mm (fig.1 en 3). Rekening houdend met de vervormingseigenschappen van de massa en de afmetingen van de persmond van de beschikbare laboratorium-strengpers (fig. 2) werd een passend mondstuk vervaardigd. Ter vereenvoudiging van de constructie kreeg het een loden voering (fig.1). Na een proefproductie met een normale Nederlandse klei waarbij bleek dat het mondstuk voldeed aan de gestelde eisen, was de apparatuur gereed voor de extrusieproeven met de geselecteerde vliegas-havenslib-massa's.



MT - TNO

Werkgroep grofkeramiek

fig.1 Schets van het ontworpen strengpers mondstuk

Schaal 1:2

MT - TNO

Werkgroep grofkeramiek

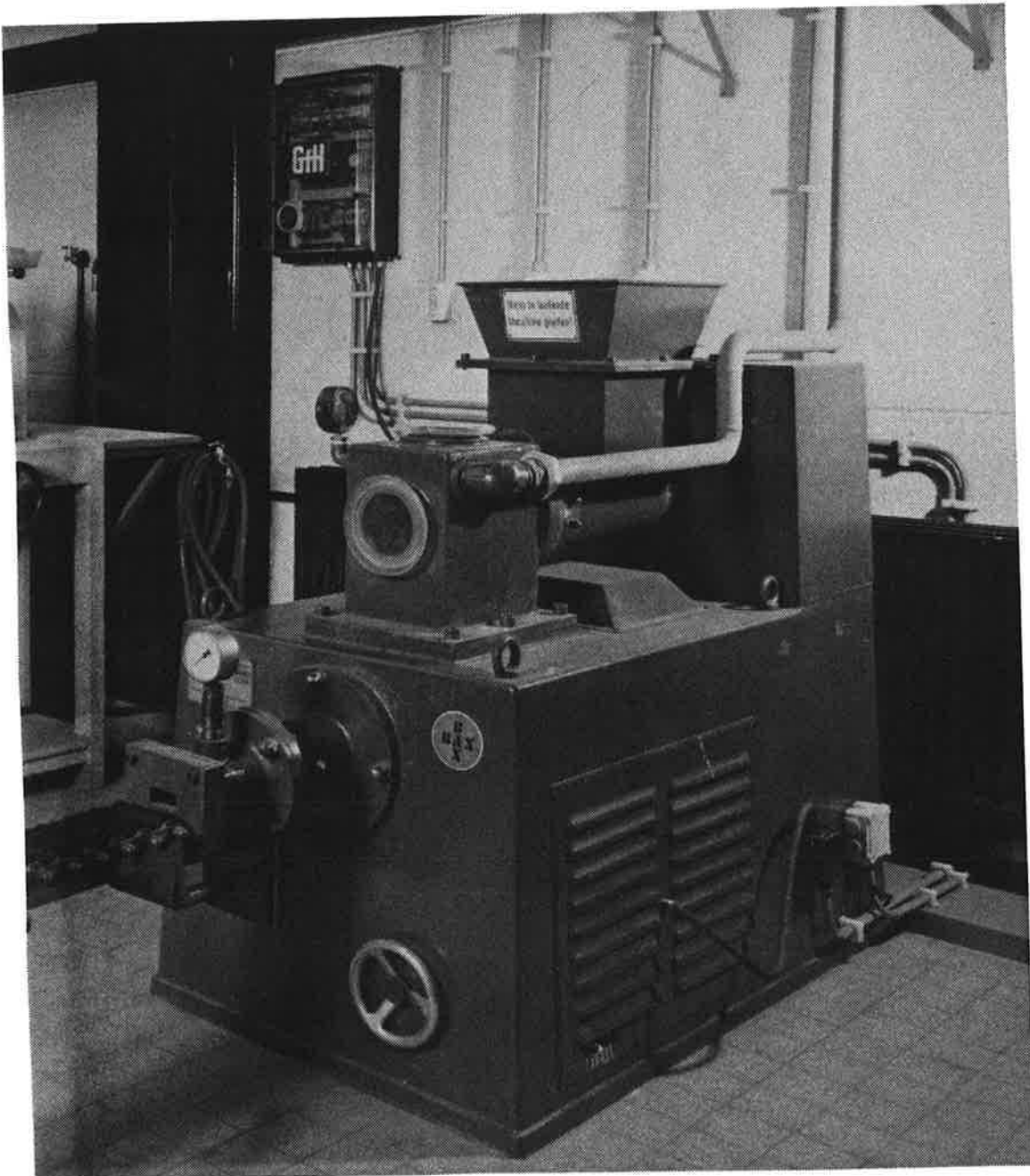


fig.2 Laboratorium-vacuumstrenpers
Fabrikaat G.F.K.

MT-TNO

Werkgroep Grofkeramiek

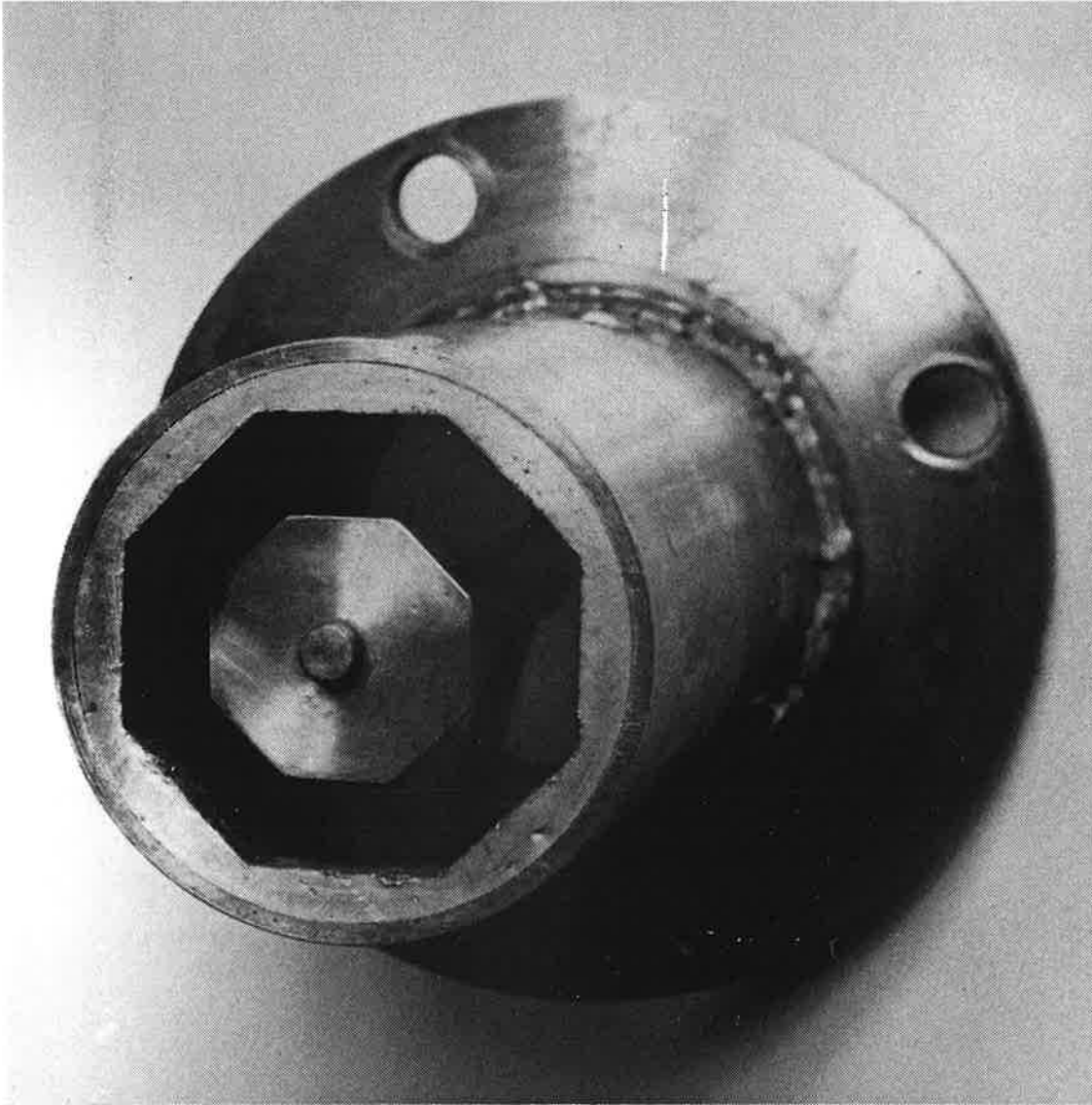


fig.nr.3 Het gebruikte achtkantige mondstuk

2.2 Bereiding van de te beproeven massa's

Uit het vooronderzoek bleken twee massa's samengesteld uit havenslib HS en vliegas V3 respectievelijk V4 het beste aan de gestelde eisen te voldoen. De monsters werden gemengd in een verhouding van 70% vliegas en 30 % havenslib. Eerst werd het havenslib in een planeetmenger tot een homogene massa aangemaakt, hierna werd de vliegas toegevoegd. Van de twee aldus verkregen massa's werd de consistentie gemeten met het stuikapparaat van Pfefferkorn. Tabel 1 geeft enkele karakteristieke eigenschappen van de massa's weer.

Tabel 1. Samengestelde massa's

massa- merk	Vliegas 70%	Havenslib 30%	Korrelverdeling		Pfeff. Resth. mm	Aanmaak Water %
			<63 m %	<10 m %		
M1	V3	HS	82	40	19	28,4
M1V	als M1 echter verwerkt met vacuum					
M2	V4	HS	80	42	20,5	33,9
M2V	als M2 echter verwerkt met vacuum					

Alle percentages zijn weergegeven t.o.v. van de droge massa.

2.3 Vorm en drooggedrag

De voorbereide massa's werden zonder tussenopslag zowel in ontluchte als in niet ontluchte toestand verwerkt op de laboratoriumvacuum strengpers. Ondanks het relatief geringe aandeel van de plaatvormige kleimineralen in de massa's, hetgeen bij het vooronderzoek twijfel deed rijzen aan de extrusiemogelijkheid van achtkantige buizen, bleken de bereide massa's op de strengpers goed verwerkbaar. Zonder problemen werden uit beide massa's de bedoelde achtkantige buizen gevormd. De buizen bleken zowel met als zonder toepassing van vacuum een homogene structuur te hebben (fig.4). De gevormde strengen werden op een lengte van 32 cm afgesneden. Na het drogen in droge lucht van 40 °C werden de vormlingen op een zaagmachine verkleind tot proefstukken met een lengte van 8 cm. De lineaire droogkrimp, gemeten over de dwarsdoorsnede van de buizen, bleek bij de massa's M1, M1V, M2 en M2V onderling weinig te verschillen en gemiddeld 2,8 % te bedragen. De droging in de lucht van 40 °C, die slechts 6 gram water per kg droge lucht bevatte, verliep voor alle vier de massa's niet geheel scheurvrij. Ernstige scheurvorming deed zich evenwel niet voor.

MT-TNO

werkgroep grofkeramiek

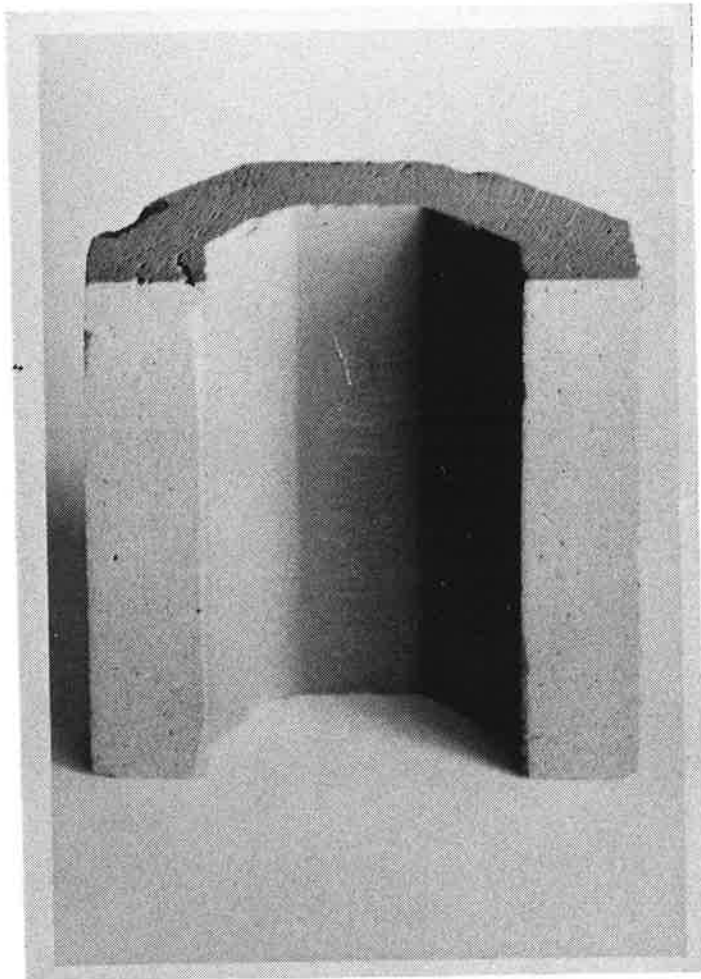


fig.4 Doorsnede gedroogde achtkantige buis.

2.4 Bakgedrag.

De bij 40 °C gedroogde proefstukken werden vervolgens gedurende 24 uur nagedroogd bij 105 °C. Daarna werden zij in een elektrische laboratoriumoven, onder toepassing van zes verschillende bakregimes, in een oxiderende atmosfeer gebakken (tabel 2). De zesde bakproef werd op verzoek van de opdrachtgever volgens het snelle bakregiem van de fa. Rieter uitgevoerd.

Tabel 2. Toegepaste bakregimes.

proef nr.	20 °C t/m 450 °C (°C/h)	450 °C t/m 850 °C (°C/h)	Aanh.tijd bij 850 °C (minuten)	850 °C t/m T.max. (°C/h)	T.max. (°C)	Aanh.tijd bij T.max. (minuten)
1	60	30	240	30	1180	240
2	60	30	0	30	1180	240
3	60	60	0	60	1160	360
4	120	120	0	120	1160	240
5 ₁₎	60	60	240	60	1150	0
6	600	600	90	600	1160	40

* De koeling bij alle proeven gebeurde met een gemiddelde koelsnelheid van 60 °C/h tot 50 °C.

* De monsters van proef 6 werden in het koeltraject bij 450 °C uit de oven gehaald.

1) De daadwerkelijke gerealiseerde opwarmsnelheden zijn lager.
Zie opmerkingen in paragraaf 2.5.

Van de gebakken proefblokjes werden bepaald : de bakkrimp, de scherf-dichtheid, de wateropneming en de visiële kenmerken. De verschillen in de proefuitkomsten van de ontluchte en de niet ontluchte massa's bleken zo gering te zijn, dat alleen de gemiddelde waarden van massa's M1 en M2 zijn aangegeven (tabel 3). De wateropneming werd bepaald door onderdompeling van de proefstukken in water van kamertemperatuur gedurende 24 uren.

Tabel 3. Resultaten van onderzoek aan gebakken proefblokjes.

Bak-proef nr.	Massa	Bak-krimp (%)	Volumieke massa (kg/m)	Water-opneming (% m/m)	Kleur
1	M1	12,2	2165	0,65	rood
	M2	12,2	2135	0,6	bruin
2	M1	13,4	2165	0,5	rood
	M2	13,3	2130	0,6	bruin
3	M1	13,4	2170	0,7	rood
	M2	13,2	2130	0,9	bruin
4	M1	14,5	2175	0,3	rood
	M2	14,6	2050	0,5	bruin
5	M1	8,7	1735	12,9	lichtrood
	M2	8,8	1725	13,1	lichtbruin
6	M1	0	1470	24,1	rose
	M2	1,1	1310	31,8	rose

Breukvlakken waren goed doorbakken. Ze vertoonden een fijnkorrelige dichte structuur en waren tamelijk glad. De figuren 5 en 6 tonen foto's van het gebakken produkt.

MT-TNO
Werkgroep Grofkeramiek

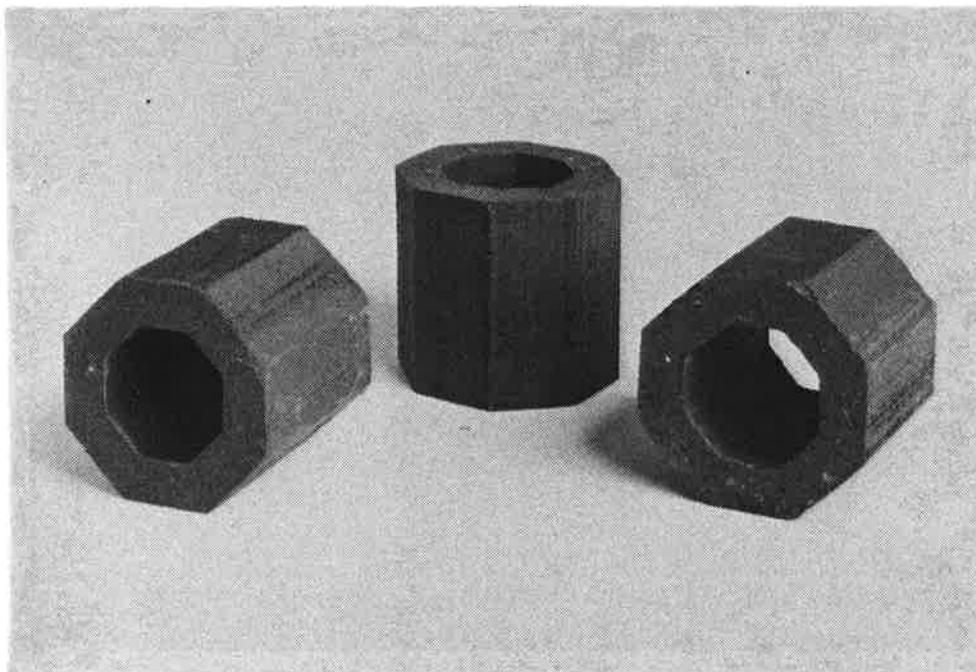


fig.5 Gebakken proefstukken

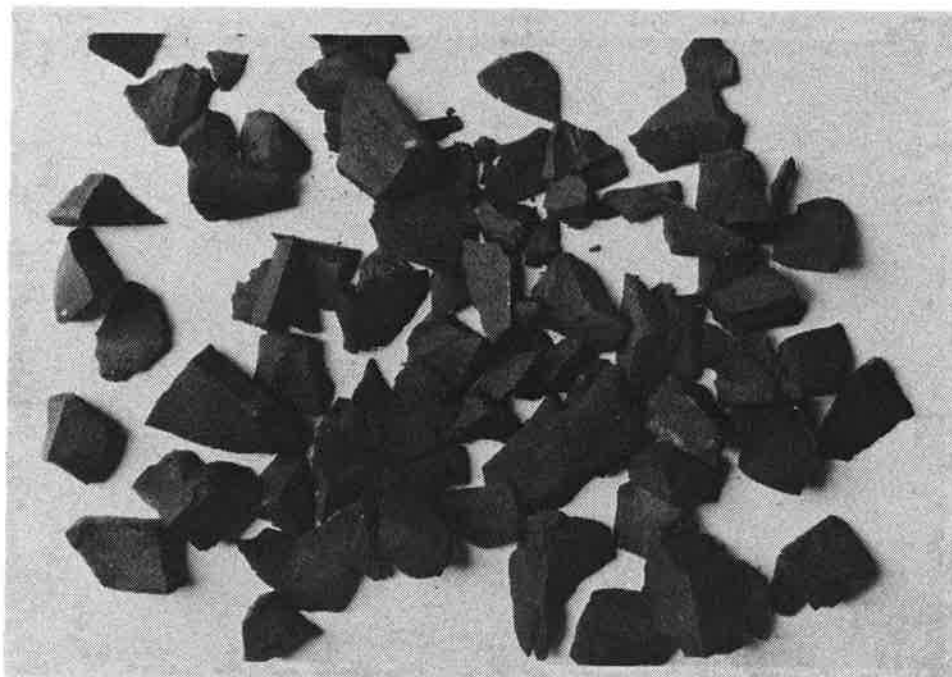


fig.6 Gebroken proefstukken

2.5 Bespreking van de resultaten van het strengpersonderzoek

De extrusieproeven met de geselecteerde mengsels zijn naar wens verlopen. Beide massa's vertoonden een goed persgedrag. Het bakonderzoek van de gevormde blokjes geeft aan dat een aanhoudtijd bij 850 °C (proeven 1 en 2) geen significante invloed op de mate van sintering heeft. Een verlaging van de toptemperatuur van 1080 °C tot 1060 °C en een gelijktijdige verlenging van de aanhoudtijd van 4 tot 6 uur, doet de wateropneming slechts weinig toenemen (proeven 2 en 3). Het opvoeren van de opwarmsnelheid van 60 °C/h tot 120 °C/h levert een produkt op met een lagere wateropneming (proeven 3 en 4). Dit verschijnsel moet worden toegeschreven aan de aanwezigheid van meer vloeimiddel in de vorm van FeO in plaats van Fe_2O_3 in de scherf. Bij bakproef 5 werd besloten geen aanhoudtijd bij de gekozen toptemperatuur toe te passen. Duidelijk blijkt dat de sintering van de proefstukken onvoldoende is geweest en dat de te kiezen combinatie van toptemperatuur en aanhoudtijd vrij kritiek is. Het bakonderzoek toont aan dat met de keuze van opwarmsnelheid, toptemperatuur en aanhoudtijd het bakproces te sturen is.

Op verzoek van de opdrachtgever werd besloten alsnog een bakproef volgens regiem 6 uit te voeren (dit is het door Rieterwerke voorgestelde snelle bakregiem voor een draaioven). De hiervoor gebruikte elektrische oven bleek echter niet in de voorgeschreven korte tijdsduur op de gewenste baktemperatuur van 1160 °C gebracht te kunnen worden. De produkttemperatuur steeg in het beschikbare tijdsverloop van 4.1 uren slechts tot circa 1000 °C.

Wel mag worden verondersteld, dat de opwarmsnelheid tot ± 600 °C het ingestelde regiem heeft gevolgd. Ondanks de toch wel hoge opwarmsnelheid die werd verkregen vertoonden de proefstukken geen opblaasverschijnselen.

3. OVERZICHT VAN UITGEVOERD ONDERZOEK

Betreft het rapport van de heer Mijster [1]

De heer Mijster heeft in zijn rapport aangetoond dat er een produkt te vervaardigen is van mengsels van vliegas en havenslib waarbij een mengsel van 70% vliegas en 30% havenslib als gunstigste naar voren kwam.

Betreft het rapport van Fa. Rieterwerke [2]

Het rapport van de Fa. Rieterwerke heeft zich vooral geconcentreerd op de vervaardiging van een zo homogeen mogelijke massa. Jammer genoeg is niet duidelijk weergegeven met welke assen en welk havenslib de proeven zijn uitgevoerd. Uit het door Rieterwerke uitgevoerde bakonderzoek blijkt duidelijk de belangrijke invloed van baktemperatuur en aanhoudtijd op de eigenschappen van het uiteindelijke produkt. De, met het door Rieterwerke vervaardigde eindprodukt uitgevoerde bepalingen van het voor steenslag belangrijke polijstgetal, leverden voor dit getal een te lage waarde op.

Betreft rapport TNO-nr. 84-015038 Literatuurstudie [3]

Met betrekking tot produktie van wegebouwmaterialen uit vliegas en havenslib via een proces van extruderen, bakken en breken zijn twee relevante artikelen gevonden. Een ervan had betrekking op het Nederlandse octrooi van de Heer Mijster. Hieruit kan geconcludeerd worden dat tot nu toe weinig onderzoek is verricht naar boven genoemde combinatie van materialen.

Betreft rapport TNO-nr. 85-01240. Onderzoek naar variatie in eigenschappen van vliegas en havenslib [4]

Het vooronderzoek heeft aangetoond dat er uit de aangeboden monsters vliegas en havenslib een produkt vervaardigd kan worden met een wateropneming lager dan 2% (m/m). De onderzoekresultaten tonen ook

duidelijk aan dat de samenstelling van de componenten vliegass en ha-
venslib een zeer grote invloed heeft op het technologische gedrag van
de mengsels en de eigenschappen van het eindprodukt.

Betreft het TNO onderzoek op een strengpers

Uit het door TNO uitgevoerde semitechnisch onderzoek aan twee meng-
sels blijkt dat deze mengsels zonder problemen op een vacuum streng-
pers in al dan niet ontluchte toestand te verwerken zijn. De invloed
van de ontluchting op de scherfstructuur van het eindprodukt blijkt
minimaal. Ook het door TNO vervaardigde eindprodukt zal op grond van
de uiterlijke kenmerken van scherfstructuur, naar het oordeel van de
opdrachtgever, hoogstwaarschijnlijk niet voldoen aan de eisen die
inzake het polijstgetal worden gesteld.

4. EINDCONCLUSIE VAN HET ONDERZOEK

Uit alle tot nu toe uitgevoerde onderzoeken blijkt dat het vervaardigen van een gebakken produkt uit een mengsel van vliegias en havenslib in de gespecificeerde verhouding in keramisch-technisch opzigt geen probleem is. Aan de in de wegebouw gehanteerde eisen met betrekking tot verbijzelingspercentage, wateropneming en polijstgetal van steenslag blijkt vooralsnog, met name wat betreft het polijstgetal, niet te kunnen worden voldaan.

5. AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

Uit het tot nu toe uitgevoerde onderzoek blijkt dat de voor de wegebouw geldende eisen zoals polijstgetal, verbrijzelingspercentage en wateropneming keramischtechnisch gezien tegenstrijdige eisen opleveren. Uit een evaluatie met opdrachtgever, een vertegenwoordiger van Rieterwerke en TNO is gebleken, dat niet de aanvankelijk nagestreefde dichte scherfstructuur nodig is, maar een wat opener structuur. Dit kan mogelijk bereikt worden door toevoeging van een grover materiaal (b.v. grof zand, chamotte of bodemas) aan het mengsel. Toepassing van een andere of aangepaste vormgevingstechniek verdient in dit verband eveneens overweging. Ook door het aanpassen van het bakregiem kan de scherfstructuur worden beïnvloed. In het door de Fa. Heymans opgedragen onderzoek was geen één uitgebreid bakonderzoek begrepen waarbij door wijziging in opwarmingsnelheid, toptemperatuur en aanhoudtijd de mogelijkheden van beïnvloeding van de scherfstructuur zouden kunnen worden bekeken. De in het voorgaande beschreven bakproeven doen echter wel vermoeden dat de scherfstructuur beïnvloedbaar is door wijziging van bovenbedoelde parameters. Voorgesteld wordt ten aanzien van dit punt aanvullend onderzoek te verrichten, waarbij tevens de invloed van enkele nader te kiezen toeslagstoffen op de scherfstructuur kan worden nagegaan.

Eventuele milieueffecten van verwerking van vlieg-as en havenslib zijn bij alle tot nu toe uitgevoerde onderzoeken buiten beschouwing gelaten. Het verdient aanbeveling deze effecten in een verder stadium van het onderzoek alsnog in studie te nemen.

6. LITERATUUROPGAVE

[1] Mijster, A.N.T.

Onderzoek fabrikage Vliegaskunststeenslag.
Rapport Fa. Mijster Zwijndrecht.

[2] Rieterwerke

Untersuchungsbericht nr. 18/84

[3] Walpot, Ir. J.J.

(Wegen) Bouwmateriaal uit vliegas en havenslib, Literatuuronderzoek.

Rapport MT-TNO, nr. 84-015038

[7] de Vries, A.H.

Onderzoek naar de variatie in eigenschappen van monster vliegas en havenslib en mengsels hiervan.

Rapport MT-TNO, nr. 85-01240