

# KLEI EN KERAMIEK

MAANDBLAD VAN DE VERENIGING KLEI INDUSTRIE EN VAN DE NEDERLANDSE KERAMISCHE VERENIGING

Redactiecommissie: Prof. Dr. J. M. Stevels, voorzitter; Dr. Ir. F. W. Hisschemöller, vice-voorzitter; Mr. W. J. Bollen, secretaris; Drs. H. J. van Buren; Drs. P. H. Dal; Dr. Ir. M. E. A. Hermans; Ir. A. J. Rijken; R. Smeets; Ir. A. L. Stuijts; Ir. H. J. Timmers. / Redacteur: Ir. L. L. van Breukelen. Adres voor redactionele aangelegenheden en abonneementen: Postbus 4057, Rijswijk Z.H., tel. (070) 11 85 20. / Voor advertenties: A. T. Verschoor & Zoon N.V., Postbus 27, Culemborg, tel. (03450) 20 45. / Abonneementen voor de Benelux f 20,— per jaar, andere landen f 22,50.

## Vaste stoffen in Twente

Elders in dit nummer staat een symposium aangekondigd over 'De reactiviteit van de vaste stof', dat de volgende maand aan de T.H. Twente plaats vindt.

Het onderwerp dat ter sprake komt ligt grotendeels op het terrein van de chemie en het symposium wordt dan ook geleid door twee organisaties uit het verband van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging. Vanzelfsprekend de organisaties die het meest met de problematiek van reagerende vaste stoffen worden geconfronteerd.

Eén ervan is de Nederlandse Keramische Vereniging. De moderne takken van de keramiek blijken geen smeltfase meer nodig te hebben om bij hoge temperatuur een hard en dicht produkt te maken. Een wetenschappelijke vereniging van keramici kan er dus niet van buiten de wetten te bestuderen waaraan reacties van vaste stoffen onderworpen zijn.

In de laatste twintig jaar zijn er verscheidene bijeenkomsten geweest die zich speciaal met de vaste stof bezig hielden. Sommige van groots internationaal allure, waarbij aan de historische vergadering van 1952 in Gotenburg en aan het zo schitterend geslaagde Amsterdamse congres van 1960 mag worden herinnerd. Er ontstond ook behoefte aan bijeenkomsten in het nationale vlak. De eerste daarvan, in 1965 aan de Leidse universiteit, telde nog enkele voordrachten van buitenlanders; de nu voor Enschede voorbereide conferentie echter heeft op een sprekerslijst met klinkende namen louter Nederlandse adressen.

Opvallend is, dat alle sprekers óf een werkkring hebben in een van onze grote industriële ontwikkelingscentra óf verbonden zijn aan een technische hogeschool. Mét de verhuizing van Leiden naar Twente zou men er de aanwijzing in kunnen zien dat de reactiviteit van de vaste stof geen academisch studieobject meer vormt, maar doorgegeven is aan de researchgroepen die fundamentele kennis tot technische toepassing moeten brengen.

In Enschede zullen verschijnselen aan metalen vrij veel aandacht krijgen. Drie jaar geleden in Leiden is daar veel minder tijd aan besteed en de deelnemers met weinig belangstelling voor specifieke metaalproblemen — waaronder de meeste keramici — kwamen tijdens het Leidse seminarium dus extra goed aan hun trekken. In Twente zullen de keramici vaak afstand moeten nemen van het eigen werkkerrein; het kan tot nieuwe ideeën stimuleren.

Een pluspunt voor de aanstaande conferentie is nog, dat de deelnemers ook 's avonds bijeen zijn, wat het nuttig effect van de gedachtenwisseling vergroot.

Klei en Keramiek wenst het Twentse symposium interessante lezingen, scherpe discussies en vooral ook talrijke deelnemers toe. Moge het vele kiemen voor nieuwe keramische ontwikkeling opleveren!

# Vermageren van vette klei met gecalcineerde klei of zand

## Invloed op het bakgedrag en de eigenschappen van het gedroogde en het gebakken produkt

door G. H. DOUMA

Keramisch Instituut TNO\*

Een onderzoek wordt beschreven naar de invloed van het vermageren van vette klei met gecalcineerde klei of zand op het bakgedrag en de eigenschappen van het gedroogde en het gebakken produkt.

Deze invloed werd onderzocht voor produkten vervaardigd volgens het strengpers- en het vormbakprocédé.

Tevens werd de invloed van de calcineertemperatuur en van de korrelgrootte van het vermageringsmiddel nagegaan.

In het algemeen blijkt het gebruik van gecalcineerde klei als vermageringsmiddel betere resultaten te geven dan het gebruik van zand.

### Shortening of fat clays with calcined clay or sand. Influence on firing behaviour and on properties of the unfired and fired product

In this paper an investigation into the effect of shortening fat clays by means of calcined clay or sand on the unfired and fired product is described.

Shaping was performed by means of the soft mud and of the extrusion process.

The influence of the calcining temperature and of the grain size of the shortening material were also investigated. In general best results are obtained by using calcined clay.

### INLEIDING

In bepaalde gevallen kan het wenselijk zijn een vette klei te vermageren, ten einde de droogeigenschappen te verbeteren.

Dit vermageren kan geschieden door de vette klei te mengen met zand, magere klei of gecalcineerde klei (voorgebrande maar nog niet gesinterde klei).

De invloed van deze vermageringsmiddelen op de droogeigenschappen van klei is reeds in een voorgaand artikel besproken. Het vermageren heeft echter ongetwijfeld ook invloed op het bakgedrag en de eigenschappen van het ongebakken en het gebakken produkt.

Zo vermindert door het toevoegen van zand of gecalcineerde klei het percentage organische bestanddelen in de klei, waardoor de opwarmsnelheid kan worden verhoogd zonder dat gevaar bestaat voor opblazen of kernvorming.

Door het toevoegen van zand wordt echter het kwartsgehalte van de klei verhoogd, zodat de koelscheur gevoeligheid zal toenemen.

Het calcineren biedt tevens de mogelijkheid om voor normale verwerking ongeschikte klei toch te kunnen verwerken. Gedacht wordt hierbij aan zeer vette klei of klei met een hoog gehalte aan organische bestanddelen of pyriet (FeS<sub>2</sub>).

In het volgende zal een onderzoek worden beschreven, waarbij de gevolgen voor het bakgedrag en eigenschappen van zowel het ongebakken als het gebakken produkt, voortvloeiend uit het toevoegen van gecalcineerde klei of zand, werden bestudeerd.

### UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek werd gesplitst in de volgende gedeelten:

- Invloed op de eigenschappen van het gedroogde en het gebakken produkt.
- Invloed op de maximaal toelaatbare opwarmsnelheid.
- Invloed op de maximaal toelaatbare koelsnelheid (koelscheur gevoeligheid).

Het onderzoek werd uitgevoerd aan vormbak- en strengpersprodukten, waarbij gebruik werd gemaakt van kleinformat vormlingen (0,6 Wf).

\*) Thans: Sectie Grofkeramiek van het Centraal Technisch Instituut TNO.

Uit overwegingen reeds genoemd in het voorgaande artikel betreffende het drooggedrag, werd voor de calcineertemperatuur 800°C gekozen.

Bij het onderzoek naar de invloed op de maximaal toelaatbare opwarmingsnelheid bleek deze temperatuur eveneens het beste resultaat op te leveren.

## INVLOED OP DE EIGENSCHAPPEN VAN HET GEDROOGDE EN HET GEBAKKEN PRODUKT

### a. *Produkten vervaardigd volgens het vormbakprocédé*

Hiervoor werd uitgegaan van een vette vormbaklei Ke (Maasklei). Deze bevat 31% < 2  $\mu$ , 53% < 10  $\mu$  en bezit een specifiek oppervlak van 143 m<sup>2</sup>/g. Voor verwerking wordt ze in de praktijk uiteraard nog aanzienlijk vermagerd.

De klei werd voor het onderzoek vermagerd met het op 800°C gecalcineerde materiaal van dezelfde klei, vermalen tot een korrelgrootte < 0,2 mm en < 4,8 mm. Verder werden fijnzand < 0,2 mm en grofzand > 0,2 mm toegevoegd. Van de genoemde materialen werd 15, 30 en 50% (in procenten van het totale mengsel) toegevoegd.

Van de verschillende mengsels werden 0,6 Wf vormbaksteentjes vervaardigd.

Hierbij werd het initiaal watergehalte bepaald, evenals de droogkrimp en de druksterkte en poreusheid van het ongebakken produkt.

De gedroogde steentjes werden gebakken bij 1040, 1070 en 1090°C.

Van de gebakken steentjes werden bakkrimp, poreusheid en druksterkte bepaald.

Aangezien de eigenschappen van de bij de drie temperaturen gebakken steentjes dezelfde tendens bleken te vertonen wat betreft hun afwijking van de eigenschappen van het bij eenzelfde temperatuur gebakken produkt van de pure klei, kan ter illustratie van de resultaten worden volstaan met onderstaande tabel.

Hierin zijn de eigenschappen van het op 1070°C afgestookte produkt en van het gedroogde produkt weergegeven in procenten van de eigenschappen van het produkt vervaardigd uit de pure klei.

toevoeging in % van het totale mengsel	gedroogd produkt				gebakken produkt			
	initiaal watergehalte	droogkrimp	poreusheid	druksterkte	bakkrimp	poreusheid	druksterkte	totale krimp
klei Ke onvermagerd	100	100	100	100	100	100	100	100
15% gecal. Ke < 0,2 mm	87	82	111	87	132	86	124	97
30% gecal. Ke < 0,2 mm	83	67	124	79	147	84	108	93
50% gecal. Ke < 0,2 mm	82	52	135	57	153	93	114	85
15% gecal. Ke < 4,8 mm	86	77	112	81	113	106	73	89
30% gecal. Ke < 4,8 mm	77	60	123	54	120	110	49	80
50% gecal. Ke < 4,8 mm	75	42	131	44	110	126	27	62
15% fijnzand	80	83	100	94	75	118	51	81
30% fijnzand	—	78	103	74	43	137	37	67
50% fijnzand	57	53	109	49	14	158	20	41
15% grofzand	74	79	97	83	77	108	59	79
30% grofzand	64	73	93	71	45	124	33	65
50% grofzand	47	58	95	47	25	135	10	49

Uit deze cijfers blijkt dat:

- door het vermageren met gecalcineerde klei of zand het initiaal watergehalte afneemt. Neemt dit initiaal watergehalte even sterk af als het percentage klei dan zal de consistentie van de klei ondanks het vermageren dezelfde blijven.  
Bij het toevoegen van gecalcineerde klei zal de klei dus opstijven. Bij het toevoegen van zand daalt over het algemeen het initiaal watergehalte sterker dan het percentage klei, zodat de klei slapper wordt.
- de droogkrimp sterk afneemt. Vermagering met gecalcineerde klei of zand leidt tot een ongeveer gelijke daling van de droogkrimp.
- de droogkrimp van de met gecalcineerde klei of met zand vermagerde klei ongeveer even groot is. De poreusheid van het ongebakken produkt zal dus voor het grootste deel bepaald worden door het initiaal watergehalte. Hieruit volgt voor het met gecalcineerde klei vermagerde produkt een hogere poreusheid dan voor het met zand vermagerde produkt. Ten opzichte van de pure klei stijgt de poreusheid door vermageren met gecalcineerde klei, terwijl door de vermagering met zand slechts weinig aan de poreusheid wordt veranderd.
- de druksterkte van het ongebakken produkt afneemt bij toenemende vermagering met gecalcineerde klei of zand.
- bij vermagering met gecalcineerde klei de bakkrimp sterk toeneemt, vooral indien fijngemalen gecalcineerde klei wordt toegevoegd. De hogere poreusheid van het ongebakken produkt wordt hierdoor tijdens het bakken sterk teruggebracht en de poreusiteit van het gebakken produkt kan zelfs lager zijn dan die van het produkt van de pure klei. De totale krimp neemt iets af.
- bij vermagering met zand de bakkrimp sterk afneemt, waardoor de poreusheid van het gebakken materiaal toeneemt. Ook hier is de totale krimp lager dan bij het produkt van de pure klei.
- de druksterkte van het gebakken produkt over het algemeen door de vermagering wordt verlaagd. Alleen door het gecalcineerde materiaal fijn te malen kan een verhoging van de druksterkte worden bereikt. Dit gaat dan echter met een grotere bakkrimp gepaard. Bij gelijke bakkrimp is het met gecalcineerde klei vermagerde produkt zwakker.

#### b. *Produkten vervaardigd volgens het strengersprocédé*

Voor dit gedeelte van het onderzoek werd uitgegaan van een vette strengersklei (klei O). Hieraan werd gecalcineerd materiaal toegevoegd afkomstig van drie kleien met uiteenlopend sintergedrag:

- de oorspronkelijke klei O:  $38\% < 2\mu - 62\% < 10\mu - 2\% > 200\mu$ ; totaal specifiek oppervlak  $128 \text{ m}^2/\text{g}$
- een zeer vette klei K, waarin veel grofzand:  $38\% < 2\mu - 69\% < 10\mu - 16\% > 200\mu$ ; totaal specifiek oppervlak  $187 \text{ m}^2/\text{g}$
- een magere klei H, die veel kalk ( $13\% \text{ CaCO}_3$ ) en veel humus (4,3%) bevat:  $15\% < 2\mu - 32\% < 10\mu - 2\% > 200\mu$ ; totaal specifiek oppervlak  $59 \text{ m}^2/\text{g}$

Het gecalcineerde materiaal van deze drie kleien werd toegevoegd in twee fijnheden, n.l.  $< 0,2 \text{ mm}$  en  $< 2 \text{ mm}$ . Tevens werden toegevoegd fijnzand  $< 0,2 \text{ mm}$  en grofzand  $> 0,2 \text{ mm}$ .

Van de klei O en van de mengsels van deze klei met 15 en 30% van de reeds genoemde gecalcineerde klei of zand werden strengerssteentjes vervaardigd van 0,6 Wf.

Van de mengsels werd het initiaal watergehalte bij strengersconsistentie bepaald. Verder werden de droogkrimp en de druksterkte en poreusheid van het ongebakken produkt bepaald.

De gedroogde steentjes werden gebakken bij 975, 1025 en 1075°C. Van het

gebakken produkt werden de bakkrimp, de druksterkte en de poreusheid bepaald. De resultaten van dit gedeelte van het onderzoek zijn in onderstaande tabel vermeld. De eigenschappen van het gedroogde en het gebakken produkt zijn weergegeven in procenten van dezelfde eigenschappen van het produkt van de pure klei O. De eigenschappen van het gebakken produkt zijn van de bij 1025°C gebakken serie. De bij de overige temperaturen gebakken produkten vertonen dezelfde tendens tot afwijken van de gebakken pure klei O.

toevoeging in % van het totale mengsel	gedroogd produkt				gebakken produkt			
	initiaal watergehalte	droogkrimp	poreusheid	druksterkte	bakkrimp	poreusheid	druksterkte	totale krimp
klei O onvermagerd	100	100	100	100	100	100	100	100
15% gecalc. O < 0,2 mm	97	94	105	174	117	100	356	100
30% gecalc. O < 0,2 mm	94	69	118	141	134	104	323	97
15% gecalc. O < 2 mm	97	86	101	80	114	101	148	95
30% gecalc. O < 2 mm	90	72	114	119	110	107	159	86
15% gecalc. K < 0,2 mm	99	100	104	116	134	95	175	109
30% gecalc. K < 0,2 mm	93	68	114	85	234	71	142	116
15% gecalc. K < 2 mm	93	91	104	102	166	86	118	111
30% gecalc. K < 2 mm	89	72	112	71	180	86	55	102
15% gecalc. H < 0,2 mm	95	87	110	135	87	109	309	88
30% gecalc. H < 0,2 mm	97	63	128	96	62	128	164	68
15% gecalc. H < 2 mm	99	89	114	141	90	112	230	94
30% gecalc. H < 2 mm	98	64	130	96	59	132	132	65
15% fijnzand	89	84	96	70	97	94	139	95
30% fijnzand	76	76	93	131	38	104	153	67
15% grofzand	86	100	89	148	79	89	192	96
30% grofzand	75	76	88	122	31	97	98	66

Uit deze resultaten van het onderzoek aan strengersprodukten blijkt dat:

— evenals bij vormbaklei het initiaal watergehalte door het vermageren afneemt. Bij toevoeging van zand is deze daling het sterkst. Bij vermagering met gecalcineerde klei wordt het initiaal watergehalte beïnvloed door korrelgrootte en poreusheid van het toegevoegde materiaal. Toevoeging van het zeer poreuze gecalcineerde materiaal van de klei H veroorzaakt slechts een geringe afnemng van het initiaal watergehalte.

De klei zal door toevoeging van gecalcineerde klei en in mindere mate door toevoeging van zand opstijven. Bevat het zand echter ook maar een gering percentage water, dan bestaat grote kans op een slapper worden van het mengsel.

— door de sterke daling van de droogkrimp en de naar verhouding minder sterke daling van het initiaal watergehalte bij vermageren met gecalcineerde klei de poreusheid van het ongebakken produkt toeneemt. Vooral bij het vermageren met de poreuze gecalcineerde klei H. Bij het vermageren met zand daalt de poreusheid. Dit is het gevolg van de aanzienlijke daling van het initiaal water-

- gehalte, die niet geheel wordt gecompenseerd door de daling van de droogkrimp.
- bij een toevoeging van 15% over het algemeen de druksterkte van het ongebakken produkt is toegenomen. Bij toevoeging van 30% neemt de druksterkte weer af en kan dan zelfs lager zijn dan de druksterkte van het produkt van de pure klei O.

Deze aanvankelijke stijging van de druksterkte vindt zijn oorzaak in de methode van vormgeving.

De bij de strengpersprodukten optredende textuur is van grote invloed op de druksterkte. Deze textuur ontstaat doordat bij de vormgeving in de strengpers de klei niet over de gehele doorsnede van de perscilinder met dezelfde snelheid wordt getransporteerd. Hierdoor ontstaat een laagsgewijze opbouw van de streng. Daarnaast moet het volume dat de worm inneemt aan het einde van de perscilinder worden opgevuld, waarbij de tegen de worm aanliggende gladde vlakken op elkaar worden geplakt.

Het is duidelijk dat de sterkte van het produkt hierdoor nadelig wordt beïnvloed. Door toevoeging van gecalcineerde klei of zand wordt het ontstaat van een laagsgewijs opgebouwde streng tegengegaan, aangezien de grove deeltjes een grotere inwendige wrijving in de klei veroorzaken.

Dit afnemen van de textuur gaat gepaard met een verhoging van de druksterkte. Bij hogere percentages toevoeging gaat het afnemen van de sterkte door het vermageren van de klei, zoals te zien is bij het vormbakprodukt, een grotere invloed uitoefenen dan de verhoging van de druksterkte ten gevolge van textuurvermindering.

Er is dus sprake van een optimaal percentage toevoeging, waarbij een maximum aan druksterkte wordt verkregen.

Dit percentage zal voor iedere toevoeging anders zijn, afhankelijk van de korrelverdeling en van de klei.

Het afwijkende gedrag van de mengsels met fijnzand en met gecalcineerde klei O  $< 2$  mm zou daardoor verklaard kunnen worden, dat bij lage percentages toevoeging nog geen of weinig invloed op de textuur behoeft te worden uitgeoefend, zodat de normale tendens tot afneming van de druksterkte door het vermageren kan overheersen.

- de invloed van de gecalcineerde klei op de bakrimp sterk afhankelijk is van korrelverdeling en samenstelling van de gecalcineerde klei. Fijner malen van het gecalcineerde materiaal verhoogt de bakrimp. Sintert de gecalcineerde klei sterker dan of even sterk als de klei waaraan ze wordt toegevoegd, dan neemt de bakrimp toe (klei K en klei O).

Het toevoegen van de bij 1025°C minder sterk sinterende klei H deed de bakrimp afnemen.

- door toevoegen van zand de bakrimp aanzienlijk wordt verlaagd.
- de poreusheid van het gebakken produkt door vermageren met gecalcineerde klei zowel kan worden verhoogd als verlaagd. Vermageren met gecalcineerde klei O bleek een slechts weinig hogere poreusheid op te leveren. Vermageren met de gecalcineerde klei van de sterker sinterende K deed de poreusheid afnemen. Daarentegen gaf toevoeging van gecalcineerde klei H een hogere poreusheid. Het toevoegen van zand resulteert over het algemeen in een iets lagere poreusheid, ondanks de geringe bakrimp.
- de druksterkte van het gebakken materiaal aanzienlijk toeneemt. Dit is voornamelijk het gevolg van textuurvermindering, evenals dit het geval was bij de druksterkte van het ongebakken produkt.

Het toevoegen van fijn gemalen gecalcineerde klei met eenzelfde sintergedrag als de klei waaraan ze wordt toegevoegd, levert het beste resultaat op. Korreltjes van sterker sinterend materiaal (klei K) krimpen tijdens het bakken los, waardoor

de druksterkte minder sterk toeneemt.

De kalkhoudende gecalcineerde klei H is erg zacht en vergruist voor een groot deel tijdens menging en vormgeving. Het feit dat dit materiaal minder sterk sintert dan de klei O is van weinig invloed, doordat slechts weinig grofkorrelig materiaal overblijft.

## DE MAXIMALE TOELAATBARE OPWARMSNELHEID

### a. De invloed van de calcineertemperatuur en van de hoeveelheid toegevoegde gecalcineerde klei

Voor dit gedeelte van het onderzoek werd gebruik gemaakt van een Groningse strengpersklei met 56% deeltjes  $< 10 \mu$ . Het totaal specifiek oppervlak is  $128 \text{ m}^2/\text{g}$ . Het percentage humus is 1,5%. Van deze klei is bekend, dat zij een sterke neiging tot kernvorming of opblazen vertoont. Daarom kunnen stenen van deze klei slechts met een zeer geringe snelheid worden opgestookt.

Aan deze vette klei werd 10, 20 en 30% gecalcineerde klei toegevoegd. Tevens werd bij diverse temperaturen gecalcineerd: 400, 600, 800 en  $1000^\circ\text{C}$ .

De gecalcineerde klei werd vernalen tot een korrelgrootte  $< 2 \text{ mm}$ .

Van de mengsels werden 0,6 Wf strengperssteentjes vervaardigd. Deze steentjes

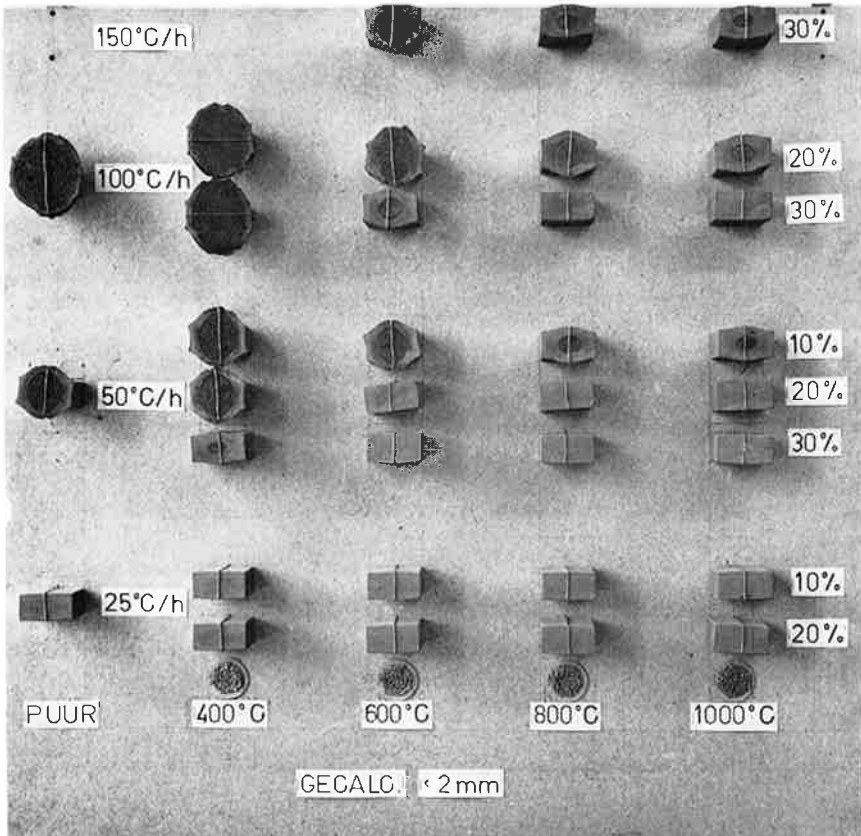


Foto 1

werden gebakken bij 1050°C, waarbij de volgende opwarmnelheden werden toegepast: 25, 50, 100 en 150°C per uur.

In onderstaande tabel is een beoordeling van de gebakken steentjes weergegeven (zie ook foto 1).

opwarmnelheid in °C per uur	percentage gecalcineerde klei	resultaten van de mengsels met klei gecalcineerd op:			
		400°C	600°C	800°C	1000°C
25	10	K	K	G	G
	20	K	G	G	G
50	10	S.O.	S.O.	O	O
	20	S.O.	K	K	K
	30	O	K	G	G
100	20	S.O.	S.O.	O	O
	30	S.O.	S.O.	K	K
150	30	S.O.	S.O.	O	O

De betekenis van de in de tabel gebruikte letters is als volgt:

G = goed

K = donkere verkleuring van de kern

O = zwarte kern, licht opgeblazen

S.O. = sterk opgeblazen steen

De steentjes van de onvermagerde klei vertonen bij een opwarmnelheid van 25°C per uur een donkerrode verkleuring van de kern; bij 50°C per uur blaast de steen sterk op.

Uit deze proeven blijkt de grote invloed van de vermagering op de toelaatbare opwarmnelheid. Een calcineertemperatuur van 800°C levert het beste resultaat op.

Het toevoegen van 20% op 800°C gecalcineerde klei verhoogt de maximaal toelaatbare opwarmnelheid met 100%. Bij een toevoeging van 30% is deze verhoging zelfs 300%.

*b. Vergelijking van de invloed van gecalcineerde klei en van zand. De invloed van de korrelgrootte*

Aan de Groningse klei werd 10, 20 en 30% op 800°C gecalcineerde klei toegevoegd, nu gemalen tot een korrelgrootte  $< 0,2$  mm. Eveneens werden mengsels gemaakt van de Groningse klei met 10, 20 en 30% fijnzand  $< 0,2$  mm en grofzand  $> 0,2$  mm. De van deze mengsels vervaardigde steentjes werden gebakken bij 1050°C, waarbij opwarmnelheden werden toegepast van 25, 50 en 100°C per uur.

De resultaten hiervan zijn in de hierna volgende tabel weergegeven (zie ook foto 2).

De resultaten met de gecalcineerde klei  $< 0,2$  mm komen nagenoeg overeen met die verkregen met gecalcineerde klei  $< 2$  mm. Het verschil in maalfijnheid blijkt nauwelijks van invloed te zijn.

Ook door het toevoegen van zand wordt eenzelfde resultaat bereikt. Alleen de invloed van grofzand is iets geringer.



opwarmingsnelheid in °C per uur	percentage toevoeging	resultaten van de mengsels met		
		gecalc. < 0,2 mm	fijnzand	grofzand
25	10	G	G	K
	20	G	G	G
	30	G	G	G
50	10	O	O	O
	20	K	K	K
	30	K	K	K
100	10	S.O.	S.O.	S.O.
	20	O	O	S.O.
	30	K	K	O

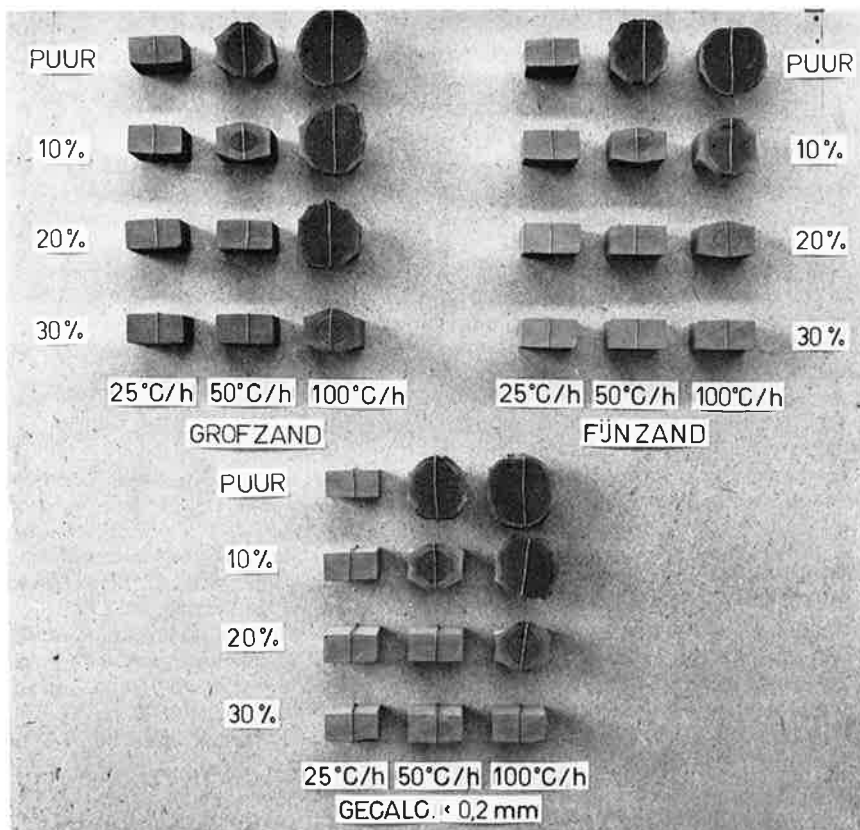


Foto 2

De reden dat de maximaal toelaatbare opwarmingsnelheid zo sterk wordt verhoogd ligt in het feit dat het gehalte aan organische bestanddelen in de klei sterk wordt gereduceerd.

De verschillen in poreusheid tussen de diverse mengsels blijken hierop nauwelijks van invloed te zijn.

#### CALCINEREN VAN KALKHOUDENDE KLEI

Enige aanvullende proeven werden nog verricht met klei die wat kalk bevatte. Bij temperaturen boven 800°C ontleedt deze kalk, zodat in de gecalcineerde klei ongebluste kalk kan voorkomen.

Van deze kalk lost een weinig in de vorm van  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  op in het aanmaakwater van het mengsel van klei en gecalcineerde klei. Bij het drogen van het hieruit vervaardigde produkt wordt aan het oppervlak van de steen een laagje kalk afgezet. Hierdoor ontstaan witte verkleuringen op het gebakken produkt.

Bij de in verband hiermee genomen proeven werd kalkhoudende klei gecalcineerd bij 600, 700, 800, 900 en 1000°C. Hiervan werd steeds 30% aan de pure klei toegevoegd.

Van de uit deze mengsels vervaardigde steentjes bleken na het bakken de steentjes met op 800 en 900°C gecalcineerde klei een witte verkleuring te vertonen. Het steentje dat op 700°C gecalcineerde klei bevatte was volkomen schoon. Dit was eveneens het geval met de op 1000°C gecalcineerde klei.

Bij verwerking van kalkhoudende kleien moet dus een calcineertemperatuur worden toegepast die niet hoger is dan 700°C.

#### DE MAXIMAAL TOELAATBARE KOELSNELHEID

Voor dit onderzoek werd gebruik gemaakt van de reeds genoemde klei Ke. Aan deze klei werd gecalcineerde klei  $\text{Ke} < 4,8 \text{ mm}$  en  $< 0,2 \text{ mm}$  toegevoegd in hoeveelheden van 15, 30 en 50%. Tevens werden mengsels vervaardigd met 15, 30 en 50% grofzand en fijnzand.

Van deze mengsels werden 0,6 Wf vormbaksteentjes vervaardigd. De steentjes werden vrijstaand gestookt in een elektrische oven. Met 20°C per uur werd tot 1090°C opgewarmd, waarna 5 uur werd aangehouden. Vervolgens werd met diverse snelheden gekoeld waarna de steentjes werden onderzocht op de aanwezigheid van koelscheuren.

Bij de in de proefoven maximaal te realiseren koelsnelheid van 120°C per uur bleken geen koelscheuren op te treden bij steentjes van de pure klei en van de mengsels met gecalcineerde klei.

De koelsnelheid waarbij nog juist geen koelscheuren optraden bleek voor de steentjes van de met zand vermagerde klei aanzienlijk te dalen. Bij een toevoeging van 15, 30 en 50% bedroeg de maximaal toelaatbare koelsnelheid respectievelijk: 100, 60 en 20°C per uur. De daling van de maximaal toelaatbare koelsnelheid is evenredig aan de stijging van het percentage toegevoegd zand. Er bleek geen verschil te bestaan tussen het vermageren met grofzand en met fijnzand.

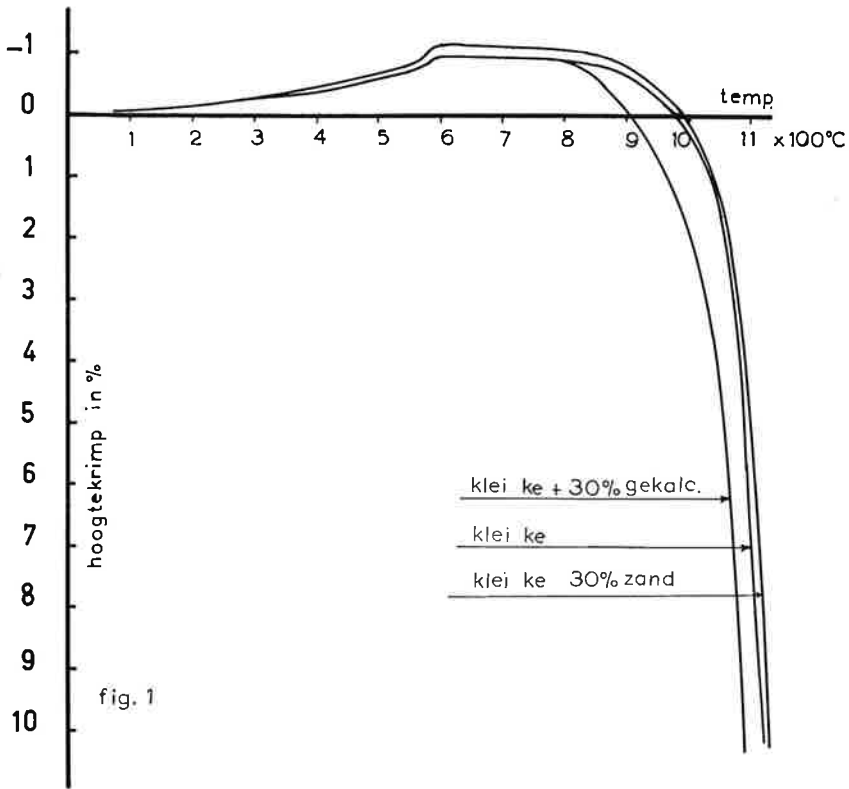
Koelscheuren ontstaan door een te snelle afkoeling in het temperatuurgebied waarin de met een grote volumeverandering gepaard gaande overgang van  $\alpha$ - in  $\beta$ -kwarts plaatsvindt (ca. 573°C). Vermeerdering van het percentage kwarts in de klei door vermageren met zand resulteert in een grotere volumeverandering bij een geringere scherfsterkte, zodat een grotere koelscheur gevoeligheid optreedt.

#### INVLOED VAN TOEVOEGING VAN GECALCINEERDE KLEI OF ZAND OP HET SINTERGEDRAG

Om een indruk te krijgen van het sintergedrag wordt gebruik gemaakt van de „vervorming onder druk” curve. Deze V.O.D. curve wordt bepaald door het continu

meten van de hoogteverandering van een proefsteentje van  $2 \times 2 \times 4$  cm, dat onder een belasting van  $1 \text{ kg/cm}^2$  wordt opgewarmd met  $20^\circ\text{C}$  per uur.

In fig. 1 zijn de V.O.D. curven weergegeven van de klei Ke en de mengsels van de klei Ke met 30% gecalcineerde klei Ke  $< 0,2 \text{ mm}$  en 30% fijnzand.



Zoals uit de grafiek blijkt wordt door vermagering met gecalcineerd materiaal van dezelfde klei niets aan de curve veranderd totdat de klei begint te sinteren.

Door vermagering met zand neemt de uitzettingscoëfficiënt toe en wordt de kwartssprong bij ca.  $573^\circ\text{C}$  groter. Aangezien het begin van de sintering moeilijk is vast te stellen wordt hiervoor de temperatuur aangegeven waarbij 0,6% krimp, gemeten vanuit het hoogste punt van de curve, is bereikt. Het temperatuurtraject waarbij de krimp 2 tot 4% bedraagt kan beschouwd worden als het traject waarbinnen de baktemperatuur zal kunnen worden gevarieerd. Het traject vanaf 4% krimp kenmerkt zich meestal door een snel toenemende krimp bij verdere verhoging van de baktemperatuur, waarna bij circa 10% het proefsteentje snel gaat verweken.

De temperaturen waarbij 0,6, 2, 4 en 10% krimp optreedt zijn in de op de volgende pagina opgenomen tabel vermeld.

Uit dit onderzoek blijkt dat bij vermageren met gecalcineerde klei de temperatuur waarbij de sintering begint en ook de baktemperatuur en de temperatuur waarbij verweking gaat optreden worden verlaagd.

Het temperatuurtraject waarbinnen de baktemperatuur kan variëren wordt groter,

zodat temperatuurverschillen in de oven tot minder grote krimpverschillen aanleiding zullen geven.

De temperatuur waarbij snelle verweking optreedt ligt verder van de baktemperatuur verwijderd, zodat de kans op deformaties geringer wordt. Alleen het toevoegen van gecalcineerd materiaal van de in sintergedrag sterk afwijkende klei H maakt het sintergedrag van het mengsel ongunstiger. Hoewel het baktemperatuurtraject even groot blijft, komt dit veel dichterbij de verwekingstemperatuur te

Samenstelling van de klei	temperatuur in °C waarbij een krimp optreedt van:			
	$t_b = 0,6\%$	2%	4%	10%
klei Ke	945	1045	1075	1115
klei Ke + 15% gecalc. Ke $\leq 0,2$	890	980	1045	1105
klei Ke + 30% gecalc. Ke $\leq 0,2$	880	970	1030	1085
klei Ke + 50% gecalc. Ke $\leq 0,2$	870	945	1000	1085
klei Ke + 15% gecalc. Ke $\leq 4,8$	890	975	1040	1090
klei Ke + 30% gecalc. Ke $\leq 4,8$	875	955	1020	1080
klei Ke + 50% gecalc. Ke $\leq 4,8$	870	950	1010	1070
klei Ke + 15% fijnzand	895	1010	1060	1105
klei Ke + 30% fijnzand	935	1035	1080	1125
klei Ke + 50% fijnzand	955	1055	1090	1165
klei Ke + 15% grofzand	910	1015	1065	1110
klei Ke + 30% grofzand	915	1040	1085	1130
klei Ke + 50% grofzand	960	1050	1085	1135
klei O	885	990	1060	1105
klei O + 15% gecalc. O $\leq 0,2$	870	960	1050	1100
klei O + 30% gecalc. O $\leq 0,2$	855	930	1015	1090
klei O + 15% gecalc. O $\leq 2$	870	960	1045	1100
klei O + 30% gecalc. O $\leq 2$	870	960	1050	1100
klei K	855	930	1015	1090
klei O + 15% gecalc. K $\leq 0,2$	870	945	1030	1105
klei O + 30% gecalc. K $\leq 0,2$	855	930	1005	1090
klei O + 15% gecalc. K $\leq 2$	865	955	1040	1100
klei O + 30% gecalc. K $\leq 2$	875	955	1040	1095
klei H	850	1090	1110	1130
klei O + 15% gecalc. H $\leq 0,2$	860	1000	1080	1110
klei O + 30% gecalc. H $\leq 0,2$	855	1020	1080	1110
klei O + 15% gecalc. H $\leq 2$	860	995	1075	1115
klei O + 30% gecalc. H $\leq 2$	850	1005	1075	1115
klei O + 15% fijnzand	905	1030	1075	1130
klei O + 30% fijnzand	950	1065	1095	1130
klei O + 15% grofzand	890	1020	1075	1110
klei O + 30% grofzand	915	1040	1080	1120

liggen, zodat de kans op deformatie groter wordt.

De invloed van het vermageren met zand op het sintergedrag is zeer verschillend. Bij de klei Ke blijkt toevoeging van 15% zand tot een verlaging van de temperaturen te leiden. Toevoeging van 30% zand verandert weinig aan het sintergedrag, terwijl 50% een stijging van de verschillende temperaturen oplevert. Bij vermageren met grofzand liggen de temperaturen iets hoger dan bij vermageren met fijnzand. Het verschil tussen baktemperatuur en verwekingstemperatuur is kleiner geworden, zodat de kans op deformatie toeneemt.

Het vermageren van de klei O met zand geeft praktisch over de gehele linie een temperatuurverhoging te zien. Hier liggen de temperaturen voor het met grofzand vermagerde produkt lager dan voor het met fijnzand vermagerde produkt. Ook hier neemt de kans op verweking toe.

De verschillen in gedrag bij vermageren met zand tussen de klei Ke en de klei O moeten worden gezocht in de verschillen in granulometrische samenstelling van de kleien.

## CONCLUSIE

Reeds uit een voorgaand onderzoek is gebleken dat vermageren met gecalcineerde klei een gunstiger invloed heeft op het drooggedrag dan vermageren met zand.

Uit dit onderzoek blijkt dat ook met het oog op het bakgedrag en de eigenschappen van het gedroogde en het gebakken produkt het vermageren met gecalcineerde klei de voorkeur verdient.

In bepaalde gevallen zou zelfs alleen ter verbetering van het bakgedrag gecalcineerde klei kunnen worden toegevoegd.

Als samenvatting van dit onderzoek kan de volgende vergelijking worden opgesteld tussen het gebruik van gecalcineerde klei als vermageringsmiddel en het tot nu toe meer gebruikelijke materiaal zand.

Het blijkt dat gecalcineerde klei:

- in staat is de klei waaraan zij wordt toegevoegd te doen opstijven, terwijl zand dit niet of nauwelijks doet. In feite kan bij toevoegen van zand het mengsel zelfs slapper worden, vooral als het zand zelf niet geheel droog is;
- het mengsel in het algemeen betere drooigeigenschappen verleent dan zand;
- een verlaging van de baktemperatuur mogelijk maakt, terwijl deze bij gebruik van zand zal stijgen;
- het mengsel de koelscheur gevoeligheid doet behouden van de oorspronkelijke vette klei; terwijl de toelaatbare koelsnelheid bij het gebruik van zand vrijwel evenredig met het toegepaste percentage vermageringsmiddel afneemt;
- de neiging tot het vormen van een ongunstige textuur bij strengpersprodukten sterker vermindert dan zand dat doet, waardoor de sterkte groter is en de vorstbestendigheid beter;
- het uiterlijk van het gerede produkt in het algemeen meer doet lijken op dat van het produkt vervaardigd van de oorspronkelijke vette klei dan bij gebruik van zand het geval is;
- het mengsel een groter sintertraject verschaft dan zand, waardoor het gebruik van gecalcineerde klei minder gevaar oplevert voor deformatie.

Dit houdt tevens in dat de kans op maatverschillen bij temperatuurongelijkmatigheid in de oven kleiner is;

- de neiging tot kernvorming of opblazen van het mengsel even sterk vermindert als zand dat doet.

Klaarblijkelijk gaat het hierbij niet zozeer om de poreusheid als wel om de vermindering van de oxideerbare bestanddelen.

Met betrekking tot de maalfijnheid of de korrelgrootte van de gecalcineerde klei

of het zand kan worden opgemerkt dat in het algemeen fijne korrels een gunstiger effect op het uiterlijk en de sterkte van de steen hebben dan grove.

Het drooggedrag is echter meer gebaat bij grove toeslag, zodat hier naar een compromis moet worden gezocht.

In het algemeen zal een calcineertemperatuur van ca. 800°C het beste resultaat opleveren, tenzij het kalkhoudende klei betreft. In dat geval dient ter vermindering van een ontsierende witte uitslag de calcineertemperatuur hoogstens 700°C te zijn.

Tenslotte kan nog worden opgemerkt dat de techniek van het calcineren het mogelijk maakt zeer humusrijke, sterk met plantenresten verontreinigde, of zeer vette klei die normaal niet verwerkt zou kunnen worden, toch voor grofkeramische verwerking geschikt te maken.

Het gecalcineerde produkt van deze normaal niet bruikbare kleien kan dan, mits voldoende fijn gemalen, gebruikt worden voor het vermageren van een andere vette klei of eventueel zelfs om door mengen met de verontreinigde klei zelf hiervan toch een bruikbare grondstof te maken.

## Berichten uit binnen- en buitenland

### *Jaarvergadering N.K.V.*

De Nederlandse Keramische Vereniging houdt op 10 mei a.s. jaarvergadering in een van de zalen van de Landbouwhogeschool te Wageningen.

Gezien het vergaderoord zou men misschien denken dat er óf over klei óf over draineerbuizen zal worden gediscussieerd, want dit zijn de belangrijkste onderwerpen waarin keramici en landbouwingenieurs samen geïnteresseerd kunnen zijn; uit de beste bron weet de redactie echter al dat het nog te publiceren programma toch niet precies een van deze richtingen uitgaat en dat de keus van Wageningen grotendeels op de gunstige geografische ligging berust.

Reeds nu wekken wij de leden op, allen ter vergadering te komen en ook de avond van 10 mei voor de N.K.V. te reserveren.

De bijeenkomst zal namelijk een feestelijk vervolg krijgen in een restaurant in de omgeving. Dit omdat het in 1968 twintig jaar geleden is dat de vereniging werd opgericht.

Voor de dames van de leden is een apart programma in voorbereiding; ook zij zullen bijzonder welkom zijn.

### *Gietbare keramische vezelmasa*

Door Babcock & Willcox Cy in Augusta I.G.A. (V.S.) zijn twee mengsels op basis van keramische vezels in de handel gebracht. Hiervan kunnen diverse soorten en vormen van isolaties worden vervaardigd. De isolaties zijn bestand tegen temperaturen tot 1100°C.

De mengsels bestaan uit een keramische vezel en een anorganisch hydraulisch bindmiddel. Isolaties, hieruit samengesteld, zijn goed bestand tegen thermische schokken.

Het ene mengsel heeft een dichtheid van gemiddeld 50 kg/m<sup>3</sup>. Het is bestemd voor het bekleden van ovens, ovendeuren, chemische reactors, aardoliereactors, e.d. Het andere mengsel heeft een dichtheid van ongeveer 95 kg/m<sup>3</sup>. Het kan met een troffel worden verwerkt en leent zich bijv. voor het bekleden van aluminium gietpannen.

### *Tentoonstelling Potterij en Potterie*

Van 28 januari tot 3 maart vindt in het Museum Boymans van Beuningen te Rotterdam de tentoonstelling 'Potterij en Potterie' — Meindert Zaalberg vijftig jaar pottebakker — plaats. De expositie omvat twee groepen t.w. 1. geschiedenis en techniek van pottebakken, 2. keuze uit eigen werk.