

Vormbakstenen uit vette klei en zand

door J. H. van der Velden
Werkgroep Grofkeramiek, MT—TNO, Apeldoorn

Het artikel beschrijft een laboratorium-onderzoek naar de gebruiksmogelijkheden van zeer vette klei voor de fabricage van vormbakstenen. De klei wordt daartoe verschaald met relatief grote hoeveelheden zand.

In het bijzonder wordt nagegaan welke gevolgen die sterke verschraling heeft voor het bakgedrag.

De onderzoeksresultaten geven aan, dat het technisch mogelijk is uit zeer vette klei en fijn zand kwalitatief goede vormbakstenen te maken.

Soft mud bricks from fat clays and sand

The paper describes a laboratory investigation of the possibilities for the use of very fat clays for the manufacture of soft mud bricks. The clay is reduced in fatness for that purpose with large relative amounts of sand. The consequences on firing behaviour of this reduction are examined in particular.

The test results show, that it is technically possible to make sound soft mud bricks from very fat clays and fine sand.

1. Inleiding

Vormbakstenen worden, ter voorkoming van moeilijkheden bij de vormgeving, alsmede ter beperking van de droogkrimp, de hoeveelheid te verdampen water en de droogtijd, meestal vervaardigd uit kleimassa's met een leemgehalte lager dan 45%, bij voorkeur zelfs lager dan 40%. Het gewenste leemgehalte wordt gewoonlijk door onderlinge menging van gronden van verschillende vetheid, dan wel door bijmenging van liefst zo fijn mogelijk zand verkregen.

Het gebruik van relatief grote hoeveelheden mengzand ter verschraling van kleien met een leemgehalte van bijvoorbeeld 55% en hoger, tot massa's met een leemgehalte van circa 40%, wordt in het algemeen vermeden op grond van een gevreesde aantasting van de kwaliteit van het gebakken produkt. Die vrees wordt door een aantal praktijkervaringen bevestigd.

Het gebruik van zeer vette kleien en zand voor de fabricage van vormbakstenen zou het grondstoffenareaal voor de Nederlandse baksteenindustrie evenwel verruimen. Dit was aanleiding op laboratoriumschaal te onderzoeken in hoeverre en onder welke omstandigheden het gebruik van de bedoelde grondstoffen voor de fabricage van kwalitatief goede vormbakstenen toch verantwoord zou kunnen zijn.

2. De grondstoffen

Het onderzoek werd uitgevoerd met een vette rivierklei uit de omgeving van Elden (Gelderland) en met uit de Maas gewonnen relatief fijn zand. Tabel II vermeldt enkele karakteristieke eigenschappen van de grondstofcomponenten. Beide grondstoffen werden bij 40°C gedroogd. De klei werd daarna tot een stukgrootte kleiner dan 4 mm gemalen.

3. Samenstelling van de proefmassa's

Uit de in hoofdstuk 2 bedoelde grondstoffen werden in een planeetmenger homogene proefmassa's vervaardigd volgens tabel I.

De korrelgrootteverdelingen van deze massa's zijn in figuur 1 met onderbroken lijnen aangegeven.

Alle proefmassa's werden aangemaakt op een vormbakconsistentie van 6 mm Pfefferkornresthoogte, waarbij een inweektijd van twee etmalen werd aangehouden. De massa's werden vervolgens verwerkt tot proefblokjes.

4. Metingen

Van elk van de bij een consistentie van 6 mm P.r. vervaardigde proefblokjes werden vastgesteld:

- het vormgevingswatergehalte;
- de lineaire droogkrimp;
- de dilatometercurve van de ongebakken blokjes;
- de dilatometercurve van de gebakken blokjes;
- van enkele geselecteerde gebakken proefblokjes werden voorts de lineaire bakkrimp, de volumieke massa van de vrijwillige wateropneming gemeten.

5. Meetresultaten

De relatie tussen het vormgevingswatergehalte en het zandgehalte van massa's met een consistentie van 6 mm P.r. is met een ononderbroken lijn weergegeven in figuur 2.

Het verloop van de lineaire droogkrimp met het zandgehalte van de bedoelde massa's is met een ononderbroken lijn in figuur 3 getekend.

Figuur 4 toont de dilatometercurven. De curven van de blokjes uit pure klei en die met 10% zand lopen slechts tot een temperatuur van 650°C, aangezien de betreffende proefobjecten van 25 x 20 x 20 mm, bij de gekozen opwarmingssnelheid van 30°C per uur, boven 800°C opzwellen.

Tabel III bevat gegevens van gebakken proefsteentjes.

6. Analyse van de meetresultaten

6.1 Het vormgevingswatergehalte

Het watergehalte, dat nodig is voor een vormgeving van de massa met een vormbakpers daalt door verschraling van de vette klei met zand aanzienlijk en is 28% in massa's bestaande uit 60% zand en 40% klei (figuur 2).

Tabel I:
Samenstelling proefmassa's

zand- percentage	massadelen droge klei	massadelen droog zand
0	100	0
10	90	10
20	80	20
30	70	30
40	60	40
50	50	50
60	40	60

Colofon

Klei/Glas/Keramik
 officieel orgaan van de
 Nederlandse Keramische Federatie.
 Verschijnt 10 maal per jaar.

redactieraad:

R. Metselaar —
*electrokeramik en
 speciale materialen*

J. T. van Konijnenburg
voorzitter

N. W. Schellingerhout —
redacteur

C. A. M. Siskens —
fijnkeramik

H. J. Timmers —
*produktiemiddelen
 en grondstoffen*

J. H. van der Velden —
grofkeramik

H. de Waal —
glas en email

adres redactie:

dr. ter Braaklaan 1,
 4002 WN Tiel,
 tel. 03440-15763

advertenties en abonnementen:

IntroPers,
 dr. ter Braaklaan 1,
 4002 WN Tiel,
 tel. 03440-15763

Voor leden van bij de NKF
 aangesloten verenigingen
 (NKV en VKI) is het abon-
 nementsgeld inbegrepen in
 de contributie. Abonnement
 niet-leden binnen de Benelux
 f 60,— per jaar.

sluitingsdatum advertenties:

4 weken vóór verschijnen.

Klei/Glas/Keramik wordt
 uitgegeven door IntroPers
 in opdracht van de
 Nederlandse Keramische Federatie.

Druk: Verschoor Offset, Culemborg

kleiglas keramik

Derde dinsdag

Omstreeks deze tijd zal bekend zijn wat de beleidmakers voor Nederland in het volgende begrotingsjaar in petto hebben. Werd er vroeger nog gestreden om het verdelen van de steeds kleinere groei, nu gaat het meer om het verdelen van het tekort. Wie het meeste krijgt, is niet gelukkig. Voor de keramische industrie is het vooral van belang welke maatregelen de overheid denkt te nemen om de stagnerende woningbouw te stimuleren.

Het voorspellen van de sociaal-economische gevolgen van beleidsmaatregelen behoort helaas niet tot de exacte wetenschappen, al wekte J. M. Keynes wel ooit die indruk. Hij stelde immers niet alleen een algemene economische theorie op, maar wist bovendien theorie en praktijk met elkaar te verzoenen door zich een fors vermogen te verwerven. Ruim dertig jaar na zijn dood blijken de zaken toch wat ingewikkelder. De theoretische uitrusting van de economen is niet toereikend om op dit terrein voorspellingen te doen die voldoende basis bieden aan een bedrijfsstrategie voor de komende jaren. Wie het overheidsbeleid in die zin wil interpreteren zal zich verwant voelen met de geologen die aardbevingen en vulkaanuitbarstingen trachten te voorspellen. Naar verluidt hechten de Chinezen in deze veel waarde aan jankende honden en vluchtende slangen. Wellicht verdienen vergelijkbare symptomen ook in de economie wat meer aandacht. Ze zouden het voorspellend vermogen van de ongetwijfeld fraaie wiskundige modellen waarop het Centraal Planbureau de economische toekomst structureert, kunnen versterken.

Inhoud	pag.
Derde dinsdag	9
Vormbakstenen uit vette klei en zand	10
Fabricage van emails en glazuren	16
Agenda	21
Samenvatting voordrachten	
Technische Dagen	22
Producten	23
Cristobaliet in gecalcineerde fire clay	25
Uit de vakpers	27

Indien het watergehalte bij een gegeven consistentie recht evenredig ware geweest met de relatieve hoeveelheid van de kleicomponent in het mengsel, zou het in figuur 2 door de onderbroken lijn aangegeven verloop hebben gegolden. Zoals reeds bij vroegere onderzoeken werd geconstateerd heeft toevoeging van droog zand aan een kleimassa tot samenstellingen met 30% zand en 70% klei derhalve in het geheel geen opstijvend effect. Toevoeging van vochtig zand zal de massa slapper maken [2], [3].

6.2 De lineaire droogkrimp

Het in figuur 3 weergegeven verloop van de droogkrimp geldt bij langzame droging. Pas bij verschraling van de vette klei tot vormbakmassa's bestaande uit tenminste 40% zand en hoogstens 60% klei verkrijgt men een in droogtechnisch opzicht aanvaardbare droogkrimp gelijk of lager dan 10%. Het leemgehalte van de massa is dan teruggebracht van 66% tot ten hoogste 42% (figuur 1). Het vormgevingswatergehalte is gelijk of hoger dan 35%.

Indien de droogkrimp recht evenredig ware geweest met de relatieve hoeveelheid van de kleicomponent in het mengsel, zou het door de onderbroken lijn aangegeven verloop hebben gegolden. Tot zandpercentages van 20% in het mengsel, blijkt de droogkrimp recht evenredig te zijn met de relatieve hoeveelheid klei in het mengsel.

6.3 De dilatometercurven

6.3.1 Vergelijkingsmaatstaf.

Voor de beoordeling van de in figuur 4 afgebeelde dilatometercurven is de dilatometercurve gekozen van een magere lössleem uit Noord-Brabant en wel op grond van het feit, dat de korrelgrootteverdeling van een lössleem veel overeenkomst vertoont met de korrelgrootteverdeling van de sterk met zand verschraalde vette klei.

In figuur 1 is de korrelgrootteverdeling van de gekozen lössleem met een onderbroken lijn weergegeven.

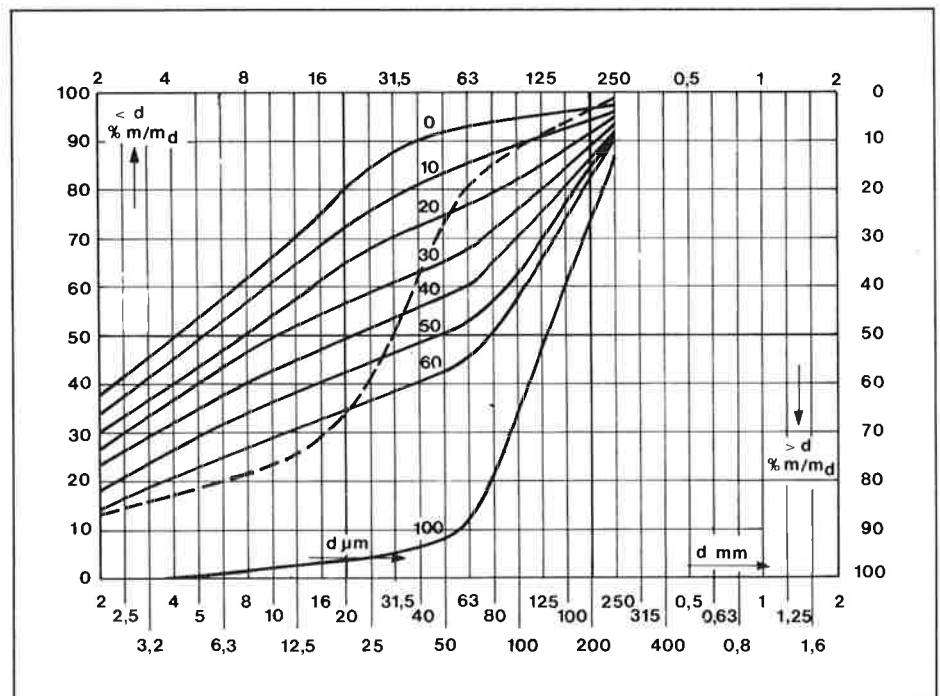
In figuur 5 zijn enige analysegegevens, waaronder de dilatometercurve, van de lössleem opgenomen. De gekozen lössleem wordt daadwerkelijk voor de fabricage van gevelbakstenen gebruikt. Het produkt wordt in een vlamoven gebakken.

Tabel II: Analysegegevens van de grondstofcomponenten.

Massapercentages zijn betrokken op de droge massa		
Eigenschappen	klei	zand
Korrelfractie		
>250 μm	3%	13%
>125 μm	5%	54%
> 63 μm	7%	89%
< 20 μm	80%	3%
< 10 μm	66%	2%
< 2 μm	38%	—
Fe ₂ O ₃	4,8%	
CaO (uit carbonaat)	1,0%	
gloeiverlies	10,6%	
humus + plantenresten	3,7%	
totaal specifiek oppervlak	148 m ² /g	

Tabel III: Eigenschappen van gebakken proefsteentjes.

Eigenschappen	20% zand	60% zand
lineaire bakrimp	2,8%	2,3%
volumieke massa	1860 kg/m ³	1780 kg/m ³
vrijwillige wateropneming	24,5% (v/v)	26,4% (v/v)



Figuur 1: Korrelgrootteverdeling in klei-zandmengsels met 0-10.....100% zand in het droge mengsel.

Figuur 2: Invloed van de zandcomponent in klei-zandmengsels op het vormgevingswatergehalte.

6.3.2. De dilatatie bij opwarming en koeling.

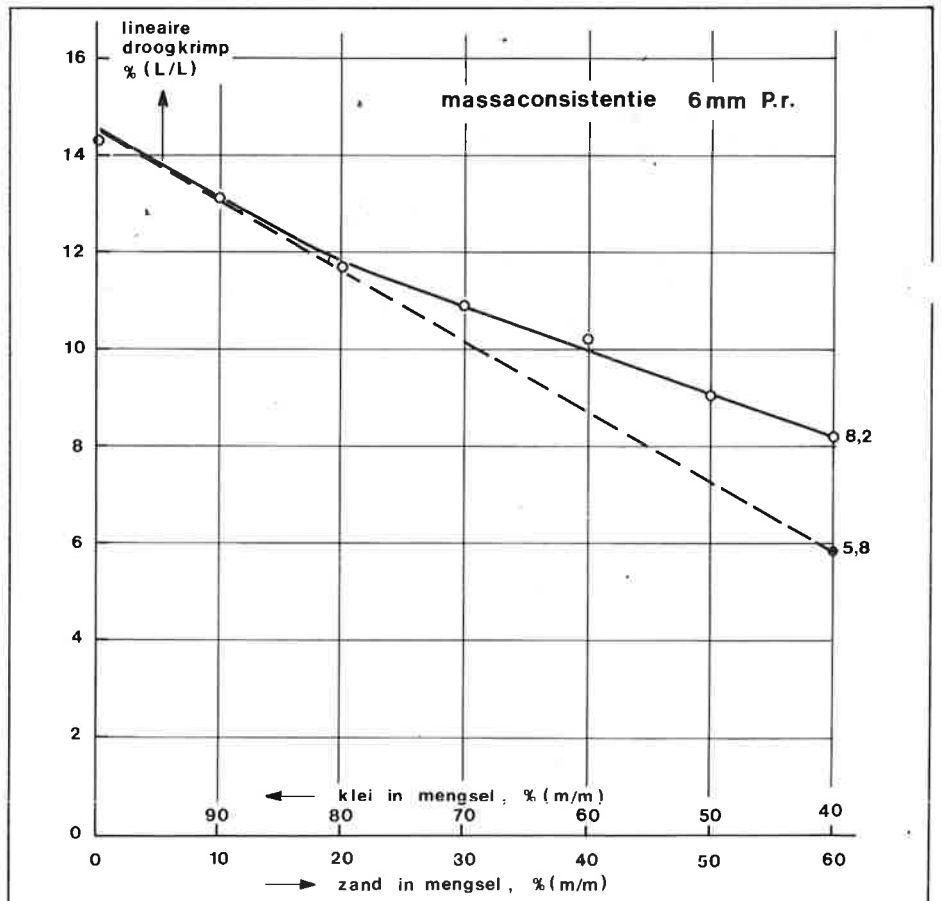
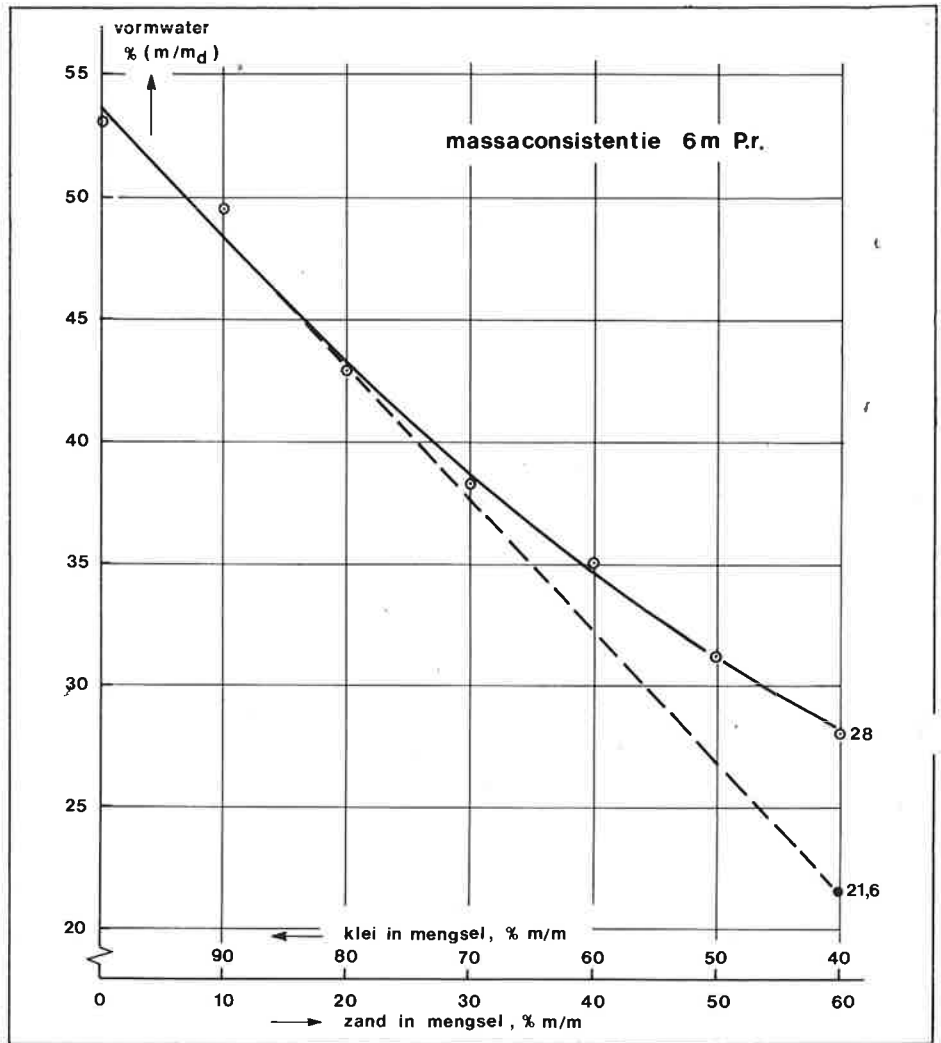
In figuur 6 is de dilatatie bij 500°C en 650°C van ongebakken proefsteentjes uitgezet tegen de relatieve hoeveelheid zand in de massa. Het verloop blijkt praktisch rechtlijnig te zijn. De dilataties blijken bij een verschraling tot 40% klei en 60% zand ongeveer gelijk te zijn aan de dilatatie van de lössleem bij die temperaturen. De koelgevoeligheid van bakstenen vervaardigd uit deze sterk verschraalde vette klei zal waarschijnlijk ongeveer gelijk zijn aan die van uit magere lössleem vervaardigde baksteen. De grote koelgevoeligheid van dit type produkt is bekend, doch blijkt in de industriële praktijk, bij een goed geleid koelproces in de oven, niet tot het ontstaan van koelscheuren te leiden. Op grond hiervan mag worden verwacht, dat ook het gebruik van de bedoelde sterk verschraalde klei niet a priori tot koelscheurvorming aanleiding behoeft te geven. Ook de dilatatie in de gebakken proefsteentjes bij 575°C (figuur 4) is niet absurd hoog.

De lineaire uitzettingscoëfficiënt tussen 20°C en 200°C van uit de verschraalde vette klei gebakken produkten, blijkt onafhankelijk van het zandpercentage $6,7 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ te bedragen.

6.3.3 Contractie tijdens de sintering.

Uit figuur 4 blijkt, dat de sintering van de proefmassa's met 20% tot 60% zand bij ongeveer 800°C inzet. De figuur laat verder zien, dat de temperatuur, waarbij de verschillende massa's in gelijke mate zijn gesinterd, hoger is naarmate de massa meer zand bevat. In het relevante bakkrimptraject van 1% tot 2% verhogen 10 absolute procenten meer zand in het mengsel de te kiezen baktemperatuur met 20 à 30°C.

Een ander belangrijk facet van het sinterproces van meer of minder sterk verschraalde massa's is de temperatuurgevoeligheid van de sintering. Hieronder wordt de baktemperatuurspreiding verstaan, die één procent spreiding in de lineaire bakkrimp van een massa veroorzaakt. De getalwaarde wordt bepaald door de helling van de dilatometercurve. Uit figuur 4 blijkt dat deze helling sterk afhankelijk is van de mate van sintering en tevens wordt beïnvloed door de mate, waarin de klei wordt verschraald. Figuur 7 laat zien hoe de getalwaarde voor de



Figuur 3: Invloed van de zandcomponent in klei-zandmengsels op de droogkrimp.

Figuur 4: Dilatometercurven van klei-zandmengsels met 0 tot 60 massaprocenten zand in het mengsel.

temperatuurgevoeligheid van verschillende massa's afneemt naarmate de lineaire contractie groter wordt. De contractie is hier van 800°C af gemeten. In een massa met 20% zand, die gesinterd is tot een contractieniveau van bijvoorbeeld 3%, bewerkstelligt een temperatuurverschil van circa 25°C een spreiding in de contractie van 1%. Wil men in een tot 3% contractie te sinteren massa met 60% zand de verschillen in de contractie tot 1% beperken, dan is slechts een temperatuurspreiding van 15°C toelaatbaar. Dit is een aanmerkelijk vaardere eis.

Het gekozen contractieniveau van 3% komt overeen met een lineaire bakkrimp van 2,8% voor de massa met 20% zand en een lineaire bakkrimp van 2,3% voor de massa met 60% zand. Tabel 2 vermeldt de volumieke massa en de vrijwillige wateropneming van de gebakken proefsteentjes. Het zijn voor baksteen geheel aanvaardbare waarden.

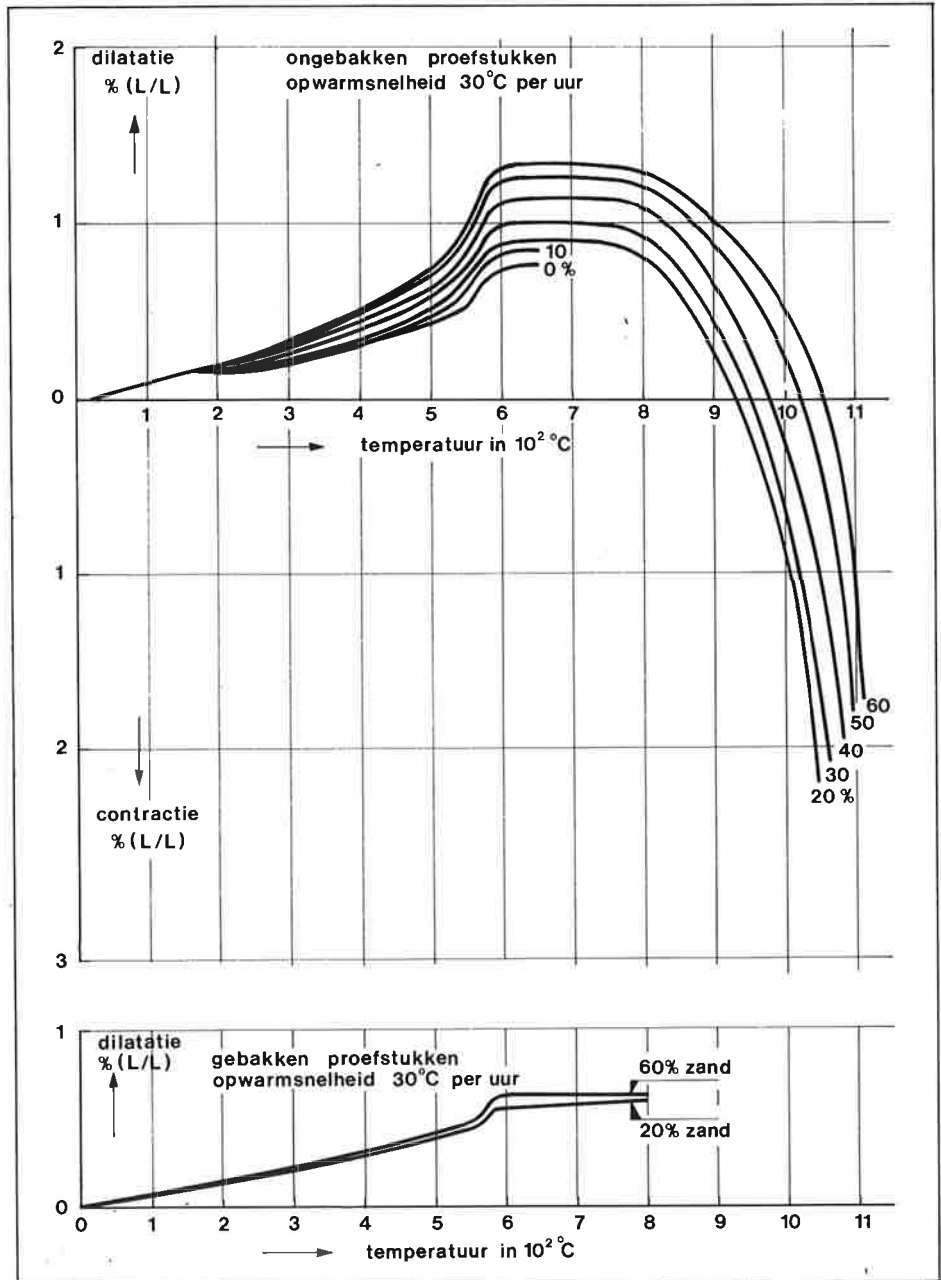
De onderbroken lijn in figuur 7 heeft betrekking op de als vergelijkingsmaatstaf gekozen magere lössleem. De contractie is hier gemeten van de bij 1000°C liggende top van de dilatometercurve af (figuur 5). De uit deze massa vervaardigde bakstenen worden in een vlamoven tot een bakkrimpniveau van ongeveer 1% gebakken, hetgeen bij deze grondstof overeenkomt met een contractie van 1,9%. Bij dit contractieniveau hoort als punt M in de figuur laat zien een grote temperatuurgevoeligheid als die van een massa met 60% zand met een bakkrimp van 2,3%. Dit is een geruststelling voor wat betreft de uitvoerbaarheid van sinterprocessen van sterk verschaalde massa's in de praktijk.

7. Verschraling met zand in de praktijk

Op grond van het vorenstaande mag worden verwacht, dat ook uit sterk verschaalde vette kleien in de praktijk goede vormbakstenen vervaardigd kunnen worden.

Voorwaarde is in de eerste plaats, dat de door menging van vette klei en zand verkregen vormmassa homogeen en constant van samenstelling is.

Op laboratoriumschaal kan aan deze voorwaarde door intensieve menging van de gemalen droge componenten gemakkelijk worden voldaan. Op industriële schaal blijkt de menging van brokken vochtige vette klei met relatief grote



hoeveelheden zand, tot een homogene vormmassa voor een vormgeving in vormbakken, althans op de tot nu toe toegepaste manieren, uiterst moeilijk te zijn. De voorbereide massa is meestal nog doorspekt met vette kleipitten en onvoldoende constant van samenstelling, hetgeen tot een onaanvaardbare steenkwaliteit leidt. In figuur 8 is een massabereidingswijze voorgesteld, die nadere overweging en uitwerking verdient.

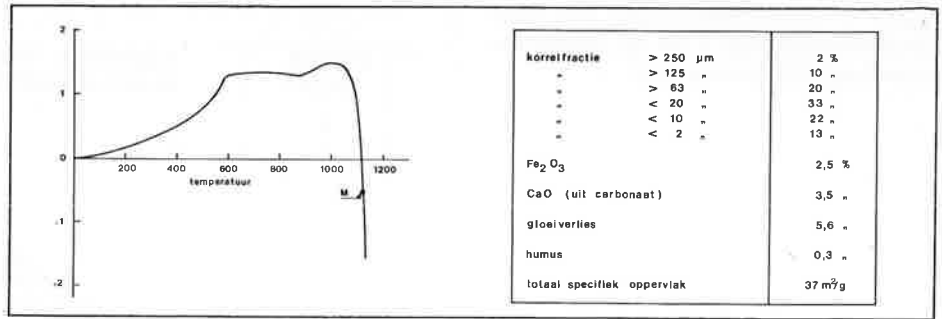
Door de voorbereiding van de vette klei met water en stoom tot een hogere temperatuur dan 70°C, komt een brei ter beschikking, die op grond van de resultaten van stoomproeven in het verleden vrij zal zijn van vette kleipitten. De hete kleibrei wordt tezamen met de gewenste hoeveelheid koud zand op een verzamelschotel geleid. De componenten worden vervolgens grondig gemengd. Door de menging van de hete klei met het koude zand ontstaat een warme massa, die de bij het vormbakproces

hoogst toelaatbare temperatuur van 50°C niet overschrijdt.

Een ander belangrijk facet van het gebruik van sterk met zand verschaalde vette kleien is, dat de samengestelde magere grondstofmassa in technologisch opzicht een geheel eigen karakter bezit. De in de praktijk te realiseren nieuwe droog- en bakregimes zullen sterk kunnen afwijken van de regimes waarmee men gewend was te werken. Vooral bij het bakproces dient men rekening te houden met correcties, zoals verruiming van de koelzone, verbetering van de gelijkmatigheid van de baktemperatuur in de ovenruimte, wijziging van de baktemperatuur en aanpassing van de mate van sintering van het produkt. Ervaringen met het stoken van baksteen uit magere lössleem zijn in dit opzicht waardevol.

Het gebruik van vette kleigronden voor de fabricage van vormbakstenen veruimt het voor ontgroning in aanmer-

Figuur 5: Karakteristiek van magere lössleem, in gebruik op een steenfabriek in Noord-Brabant.



king komende kleiareaal maar vereist tevens de beschikbaarheid van voldoende fijnkorrelig mengzand. Wellicht kan dit soort zand als bijproduct van de metselzandbereiding gewonnen worden.

Ofschoon een vaste beoordelingsmaatstaf voor mengzanden vooralsnog ontbreekt, verdient het voorzichtigshalve aanbeveling zeker geen grover zand te gebruiken dan het mengzand, dat bij dit laboratoriumonderzoek werd gebruikt.

De voorlopige specificatie van mengzand wordt dan:

Korrelfractie >250 μm : <15%

Korrelfractie >125 μm : <55%

Korrelfractie > 63 μm : <90%

De mengverhouding van klei en zand zal in de praktijk van geval tot geval aan de hand van korrelgrootteanalyses en enkele onderkeningsproeven gekozen moeten worden.

Voor een verantwoorde specificatie van de massabereiding zijn ook betrouwbare gegevens nodig van het watergehalte en van de volumieke massa van de componenten.

8. Conclusies

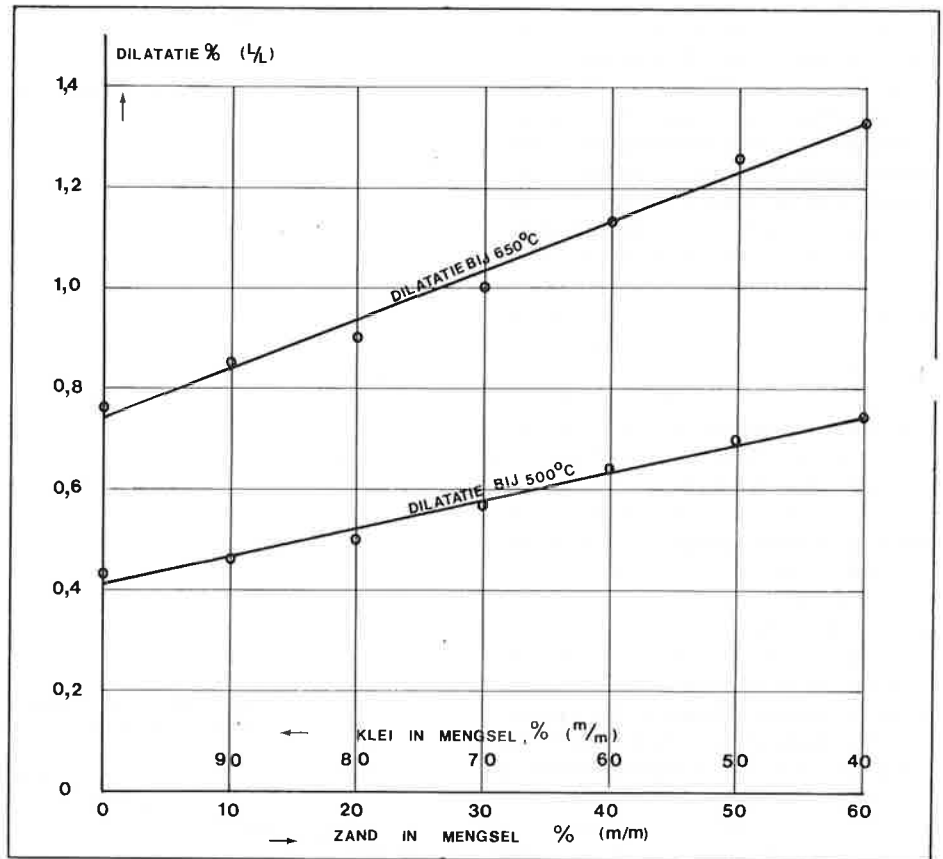
Onder bepaalde voorwaarden is het technisch mogelijk vormbakstenen van goede kwaliteit te vervaardigen uit zeer vette klei en fijn zand.

Die voorwaarden zijn:

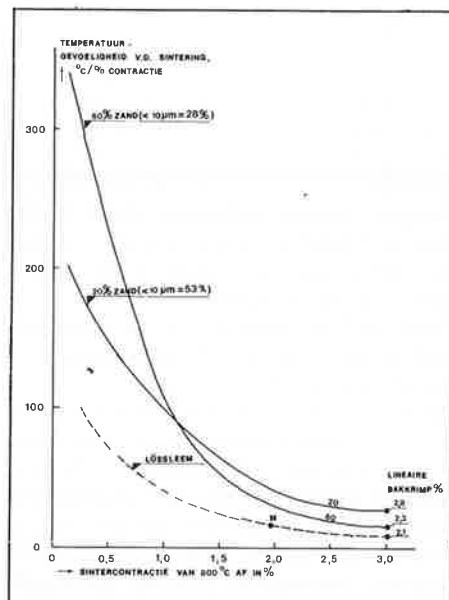
- een zodanige massabereiding, dat een homogene vormmassa ontstaat, die constant van samenstelling is. Aanbevolen wordt het zand te mengen met de door stoom bevochtigde en tot 70 à 90°C verwarmde en gehomogeniseerde kleipasta.
- het toepassen van een droog- en baktechniek die rekening houdt met de geheel eigen technologische karakteristiek van de uit klei en zand samengestelde vormmassa. Het bakgedrag zal overeenkomst vertonen met dat van magere lössleem.

9. Literatuur

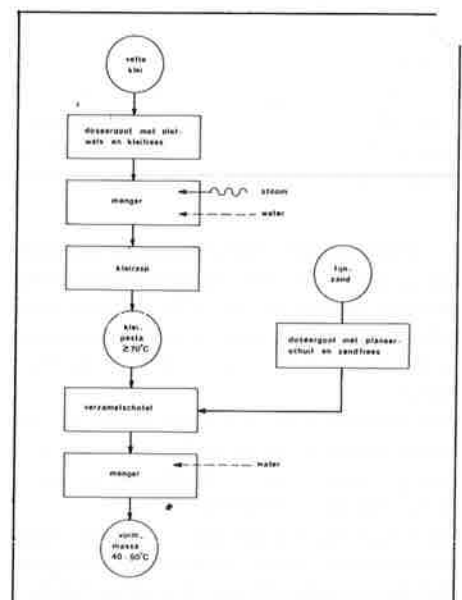
- [1] Anoniem: 'Hoe grof mag mengzand voor metselsteen zijn.' Bijlage II van Verslag van het Proefstation en de Voorlichtingsdienst ten bate van de klei- en aardewerkindustrie 1932.
- [2] Klugt, L. J. A. R. van der: 'Verschralen van vette klei.' Klei en Keramiek 18 (1968), 1, pag. 2-8.
- [3] Douma, G. H.: 'Vermageren van klei met gecalcineerde klei of zand.' Klei en Keramiek 18 (1968), 2, pag. 30-42.



Figuur 6: Invloed van de zandcomponent in klei-zandmengsels op de dilatatie van ongebakken proefstukken.



Figuur 7: Temperatuurgevoeligheid van de sintering van enkele massa's.



Figuur 8: Massabereiding bij sterke verschraling met zand.