

ABSTRACT

This part of the paper deals with a typical Dutch manner of brickmaking: the soft mud process. An investigation into the possibilities of shortening the drying time of paving bricks 8 x 12 x 22 cm by means of hot pressing is described. Drying was performed at two wet bulb temperatures: 25 and 45 °C. The bricks were made of a not too lean river clay from which commonly paving bricks are made. At soft mud consistency the content of tempering water is about 32 % of dry weight. Artificial drying of this type of bricks is normally performed in chamber dryers at a low wet bulb temperature in 4 days.

It was found that soft mud bricks behave quite different during artificial drying from bricks made on a pug mill. Wet bulb temperature did not appear to be of any interest for the maximum safe rate of drying, whether the bricks were dried immediately after pressing (temperature 50 or 20 °C) or before cooling down from 50 to 20 °C. On the other hand there was a remarkable difference in maximum safe rate between hot and cold pressed bricks. This difference being about 100 %, bricks which had cooled down before drying could stand about 50 % higher drying rates than bricks which were pressed cold. However, cooling occurs by losing about  $1\frac{3}{4}$  % of dry weight so that the drying time can be shortened by the time needed to lose this amount of water in the dryer. Thanks to this and the 50 % higher maximum safe rate of drying, there is no practical difference in drying time between bricks dried immediately after pressing at 50 °C and bricks which quietly cool from 50 to 20 °C before being exposed to the drying air. Finally there is to be expected a possible shortening of the drying time of 10 - 12 hours. As kneading of hot clay has a favourable effect on homogeneity the practical gain in drying time can be higher since the cold kneaded clay had also a good homogeneity. It was not found with this relatively lean clay that hot pressing could be done with less tempering water.

Cold pressed bricks 5 x 12 x 22 cm of a very lean clay (water content 27 %) did not stand warming up to 45 °C, but when these bricks were pressed from clay with temperatures up to 60 °C very good products were obtained.

A fat clay (tempering water 43 %) could not be dried in less time than cold pressed bricks when they were cooled down to room temperature before drying, because of a strong crust formation which takes place when the surface is drying out. It appeared that these fat clays have to be dried immediately after hot pressing at a high wet bulb temperature so that the formation of the crust is prevented.

### KURZFASSUNG

Der zweite Teil dieses Aufsatzes handelt von einem typischen holländischen Verfahren in der Ziegelindustrie und zwar von der Weichverpressung. Es wurde untersucht in wie weit durch Heissaufbereitung und Heissverpressung Verkürzung der Trockenzeit von Rohlingen 8 x 12 x 22 cm erreicht werden konnte. Die Versuche wurden durchgeführt bei zwei Temperaturen des Nassthermometers: 25 und 45 °C. Die Rohlinge wurden geformt aus einem nicht zu mageren Flusston aus dem normal Strassensteine hergestellt werden. Der Anmachwassergehalt beträgt etwa 32 % des Trockengewichtes. Diese Rohlinge werden normal in 4 Tagen in Kammertrocknerreien mit niedrigen Nassthermometerwerten getrocknet.

Es wurde gefunden dass Streichsteine ein anderes Trockenverhalten zeigen als entlüftete Strangpressiegel. Zum Beispiel wurde wie bei Strangpressiegeln der Fall ist, kein Einfluss des Nassthermometerwertes auf die höchstzulässige Trockengeschwindigkeit gefunden. Es war ganz gleich ob die Rohlinge bei der Fertigungstemperatur (50 oder 20 °C) oder nach abkühlung von 50 bis 20 °C der Trockenluft ausgesetzt wurden. Es wurde aber eine wichtige Differenz gefunden zwischen den höchstzulässigen Trockengeschwindigkeiten der heiss- und kaltgeformte Rohlinge. Diese Differenz betrug sogar 100 %. Zuerst von 50 bis 20 °C abgekühlte Rohlinge konnten aber nur eine 50 % höhere Trockengeschwindigkeit vertragen. Weil bei Abkühlung ein Gewichtsverlust von  $1\frac{3}{4}$  % des Trockengewichtes auftritt, kann die Trockenzeit abgekühlte Rohlinge zuerst gekürzt werden um die Zeit die sonst benötigt ist zur Verdunstung dieses Wassers in der Trocknerrei. Zusammen mit der 50 % höheren zulässigen Trockengeschwindigkeit für abgekühlte Rohlinge gibt es keine praktische Differenz in Trockenzeit

zwischen Rohlingen welche bei der Formgebungstemperatur getrocknet und heissgepresst wurden und Rohlingen welche nach Abkühlung getrocknet wurden. Es konnte also festgestellt werden dass durch Heissaufbereitung und -Formgebung des betreffenden Rohlinge eine Verkürzung der Trockenzeit um etwa 10 - 12 Stunden erreicht werden kann. Vielleicht ist das Effekt in der Praxis noch grösser durch die bessere Erschliessung und durch die bessere Auflösung der fetten Tonklümpchen, denn der bei den Versuchen kaltverpresster Ton war auch sehr gut homogenisiert. Es wurde nicht gefunden dass die Heissverpressung dieses relativ mageren Tones mit geringerem Wassergehalt geschehen kann.

Kaltgeformte Rohlinge 5 x 12 x 22 cm eines sehr mageren Tones (Wassergehalt 27 %) konnten nicht bis 45 °C aufgewärmt werden. Bei Heissverpressung bis zu 60 °C konnten nach Abkühlung nicht schneller getrocknet werden als kaltgeformte Rohlinge wegen der Formung einer starken Kruste während der Abkühlung. Es wurde gefunden dass diese fetten Tone sogleich nach der Verpressung bei 50 - 60 °C getrocknet werden müssen unter möglichst hoher Temperatur des Nassthermometers um Abkühlung und Formung der Kruste zu verhindern.

## B. VORMBAKPROCÉDÉ

### 1. Methodiek

De klei werd op de reeds eerder beschreven wijze in deszelfde puzlaboratorium planeetmenger met behulp van stoom van 0,5 atc en heet of koud water op vormbakoonsistentie (ca 5 mm Pfefferkornstuikhoogte) gebracht.

De voralingen werden stuk voor stuk gemaakt. Hierbij werd een enkele vorm uitgespeeld en besand. Vervolgens werd een bal klei van voldoende grootte uit de menger genomen en in de vorm van een brood geslagen. Dit "Kleibrood" werd met kracht in de vorm geworpen. Na afsnijden van de overtollige klei met behulp van een draad en na besanden van het oplegvlak werd de voraling op een glasplaat gelost en in plastic verpakt naar de drogerij gebracht. De aldus verkregen voralingen waren van goede kwaliteit.

## 2. Gegevens

- Type vormlingen: ~~strikformaat~~
  - dik formaat, gemiddeld nat gewicht = 4130 gram
  - dik formaat, gemiddeld droog gewicht = 3130 gram
  - gemiddeld watergehalte = 1000 gram (32 % dr.st.)
- Type klei: niet te magere straatstenklei van de Grote Rivieren (klei F supplement)
- Verwerkingstemperaturen: 15 - 20 °C en 50 - 55 °C
- Ordening in drogerij: 3 etages bij 3 bladen
  - bladafstand: 3 bladen/meter
  - stage-afstand: 20 cm
  - afstand hart op hart: 14 cm
- Richting van de drooglucht: horizontaal en evenwijdig lengte-richting vormlingen
- Snelheid drooglucht: 0,9 m/sec in de lege doorsnede
- Ondersteuning: houten platen in 3 delen

## 3. Verloop van een droogproef

De vormlingen werden in de vooraf geconditioneerde drogerij geplaatst en konden dus direct in gaan drogen of werden eerst al dan niet door condensatie opgewarmd.

Het gewichtsverlies van de middelste vormling van de inset werd geregistreerd. De proeven werden uitgevoerd bij natteboltemperaturen van 25 en 45 °C. De condities bleven per proef constant. De proeven werden voortgezet tot het gewichtsverlies minstens 10 % van het drooggewicht bedroeg (tenzij eerder scheuren ontstonden).

## 4. Kriterium voor de beoordeling van het droogresultaat

Bij deze klei en dit type vormlingen bleek scheurvorming bij droging onder constante condities voor te komen zolang de klei aan het oppervlak nog vochtig was. De scheuren kunnen bij vormbakprodukten optreden aan de kop, de zijkanen, in het midden van het oplegvlak dwars op de lengterichting van de vormling en in het oplegvlak in de lengterichting van het grondvlak. Welk type scheuren ontstaat hangt af van de wijze van lossen, verontreinigingen, het ondersteuningsmiddel en de wijze van ongelijkmatige droging ten gevolge van de ordening in de drogerij (optrekken van de onderkant van de vormling aan de einden of aan de zijkanen).

### 5. Resultaten van het onderzoek

In de praktijk zullen de warm vervaardigde vormlingen in het algemeen onder verdamping afkoelen alverens in de drogerij in droging te worden genomen. Teneinde hiervan de consequenties te onderzoeken werden de volgende series droogproeven verricht.

- a) Vorlageving bij lage temperatuur: 15 - 20 °C. Vormlingen direct in droging (K).
- b) Vorlageving bij hoge temperatuur: 50 - 55 °C. Vormlingen direct in droging (W).
- c) Vorlageving bij hoge temperatuur: 50 - 55 °C. Vormlingen gedurende 24 uur in windstille ruimte met hoge relatieve vochtigheid onder verdamping afgekoeld tot 15 - 20 °C (A). Gewichtsverlies gemiddeld  $1\frac{3}{4}$  % van het droge gewicht (warmteverbruik uit de vorling ca 1100 kcal/kg water).

Zoals reeds vermeld werd elke serie proeven verricht bij 2 natteboltemperaturen, namelijk 25 en 45 °C.

In fig. 8 zijn de resultaten van het onderzoek gegeven in de droogcurven die in de verschillende gevallen bij constante condities van de lucht nog juist werden verdragen. Als maat voor de toelaatbare droogsnelheden is weer de droogsnelheid gekozen, die door extrapolatie van de maximaal toelaatbare droogcurve wordt gevonden bij het initiaal watergehalte. Deze droogsnelheden zijn gegeven in tabel 1.

Tabel 1 : Maximaal toelaatbare initiale droogsnelheden  $\hat{Q}_1$  van df-vormlingen die warm, afgekoeld en koud in droging worden genomen bij natteboltemperaturen  $t_n$  van 25 en 45 °C.

Soort df	$\hat{Q}_1$	
	$t_n = 25$ °C	$t_n = 45$ °C
W	33	33
A	25	25
K	15	17

Hieruit zijn de volgende 2 belangrijke conclusies te trekken:

- 1) Het maakt bij df-vormlingen kennelijk geen verschil of de droging wordt uitgevoerd bij hoge of lage natteboltemperatuur, althans niet wanneer de vormlingen direct aan tevoren ingestelde kritische droogcondities werden blootgesteld.

2) Door de vormlingen in plaats van bij 15 - 20 °C bij 50 - 55 °C te vormen en ze bij deze temperatuur direct in droging te nemen, wordt de toelaatbare initiale droogsnelheid met ca 100 % verhoogd. Voerafgaande afkoeling geeft een reductie van de toelaatbare initiale droogsnelheid ten opzichte van warm in droging genomen vormlingen, maar de winst ten opzichte van bij lage temperatuur gevormde vormlingen bedraagt toch nog ca 50 %.

Deze resultaten zijn geheel in tegenstelling tot de resultaten die werden gevonden bij het onderzoek aan strengpersvormingen. Hierbij werd namelijk als belangrijkste middel om de droogtijd te bekorten de invloed van de natteboltemperatuur gevonden, terwijl het verder ook niet uitmaakte of de vormlingen vooraf al dan niet waren afgekoeld. Behalve het effect van het al dan niet afkoelen werden reeds vroeger door het Keramisch Instituut T.N.O. overeenkomstige resultaten verkregen, zoals uit tabel blijkt. Helaas werd de invloed van de natteboltemperatuur niet onderzocht bij wf. Wel trad ook hierbij de verbetering van de droogeigenschappen op. In al deze gevallen werden de vormlingen echter bij de aangegeven natteboltemperatuur rustig afgekoeld respectievelijk opgewarmd alvorens de droogkracht van de lucht verhoogd werd.

Tabel 2 : Aan eerdere publikaties ontleende resultaten betreffende de invloed van de vormgevingstemperatuur op de toelaatbare initiale droogsnelheid van vormbakprodukten.

Formaat	Kleisoort %<2μ/%<10μ	Vormgevings- temp. °C	Nattebol- temp. °C	Max.toelaatbare initiale droeg- snelheid g/h/v	Litera- tuur
K.K.	22,5/42,5	50 - 60	15	30 - 35	
"	"	15 - 20	15	20 - 24	
"	"	50 - 55	35	34	
"	"	15 - 20	35	24	
w.f.	"	50 - 55	35	34	
"	"	15 - 20	35	20	
"	16/31	50 - 55	35	49	
"	"	15 - 20	35	35	

Een afdoende verklaring voor deze effecten is zeer waarschijnlijk pas mogelijk wanneer nog een aanzienlijk aantal proeven (niet alleen droogproeven) zou worden uitgevoerd. Onderstaande verklaringen zijn dan ook in hoge mate speculatief en pretenderen sterk

niet de juiste te zijn. Zij worden slechts gegeven om enigszins een indruk te geven van het ingewikkelde mechanisme dat bij het drogen van kleiprodukten werkt.

De volgende verschijnselen vragen dus om een verklaring:

- a) In tegenstelling tot bij het strengprodukt is de viscositeit van het aanmaakwater binnen een temperatuurvariatie van ca 20 °C niet van invloed op de maximaal toelaatbare, initiale droog snelheid  $\hat{Q}_1$  of valt het effect buiten de nauwkeurigheid van de waarnemingen.
- b) In tegenstelling tot bij het strengprodukt geeft aan de droging voorafgaande voorsichtige afkoeling tot de natteboltemperatuur waarbij de droging plaatsvindt of tot een temperatuur lager dan de natteboltemperatuur, waarna de vormling weer tot de natteboltemperatuur wordt opgewarmd, een aanzienlijk verschil in  $\hat{Q}_1$  ten opzichte van  $\hat{Q}_1$  voor vormlingen die bij de vormgevingstemperatuur ~~xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx~~ direct in drooglucht werden geplaatst met een natteboltemperatuur lager dan de temperatuur van de vormlingen op het moment van in droging nemen.

De verklaring van deze punten zal zich moeten baseren op de verschillen die ter sake tussen het vormbak- en het (geëvacueerde) strengpersprodukt zijn aan te wijzen. Deze verschillen zijn:

- 1) De textuur van het strengpersprodukt is een geheel andere en in veel meer uitgesproken vorm aanwezig dan die van het vormbakprodukt.
- 2) Het strengpersprodukt wordt in het algemeen gevormd uit klei die een groter gehalte aan kleisubstantie besit dan de klei waaruit het vormbakprodukt wordt vervaardigd. Hierdoor is de strengpersklei stijf bij een ongeveer gelijk watergehalte als waarbij de vormbakklei slap is.
- 3) Het strengpersprodukt wordt bij hogere druk gevormd dan het vormbakprodukt. Aanwezige lucht in de strengpersklei wordt hierdoor zeer fijn verdeeld of zal bij toepassing van vacuum min of meer geheel verwijderd worden, terwijl de lucht in het vormbakprodukt in zeer veel, relatief grote, ballen aanwezig is.
- 4) Door de stijfheid van het pas gevormde strengpersprodukt kan dit op een relatief klein deel van het totale oppervlak ondersteund worden. Het vormbakprodukt wordt echter op een groot vlak ondersteund en zal hierdoor aan dit vlak niet of aanzien-

lijk minder sterk verdampen dan op de andere vlakken, terwijl het strengpersprodukt een meer alsijdige droging heeft.

Het volgende zal zich beperken tot de punten 3 en 4, omdat een eventueel verband van 1 en 2 met de te verklaren waarnemingen in het geheel niet duidelijk is. Het is aannemelijk dat grootte, aantal en verdeling van de luchtbelllen in de vormbakklei in hoge mate de treksterkte van het materiaal bepalen en dus ook de spanningen die bij het drogen maximaal kunnen worden verdragen. Bij praktijkproeven met geëvacueerde vormbakklei vond Hisschenüller

dat de vormlingen vervaardigd uit deze klei hogere droegsnelheden konden verdragen dan vormlingen vervaardigd uit dezelfde, niet-ontluchte klei. Uit dezelfde publikatie blijkt, dat bij het aannaken van vormbakklei bij hogere temperatuur, het luchtgehalte aanzienlijk kan afnemen. De betreffende waarnemingen zijn hierbij in fig. 9 nog eens weergegeven. Aannaken van vormbakklei bij hogere temperatuur kan dus een ontluuchtende werking hebben en hierdoor neemt de sterkte toe, terwijl de weerstand tegen diffusie afneemt. Samen met betere homogeniteit van de vormling door betere ontlasting van de klei, kan dit effect dus de oorzaak zijn van de hogere  $Q_1$  die bij de <sup>bij</sup> hogere temperatuur vervaardigde vormlingen na afkoeling verkregen wordt ten opzichte van de koud vervaardigde vormlingen.

Aan de luchtbelllen zou men tevens een belangrijke functie kunnen toekennen bij het vochttransport. Wanneer aan twee zijden van een luchtbel namelijk een verschil in watergehalte bestaat (vochtgradiënt in de klei), dan zullen de capillaire mondjes aan de drogere zijde kleiner en dientengevolge de menisci sterker gekromd zijn, dan aan de vochtiger zijde. Met de kromming der menisci hangt een verlaging van de dampspanning boven de menisci samen. Aangesien de dampmoleculen zich van hoge naar lage concentratie zullen bewegen, ontstaat hierdoor een diffusiestroom van de kern naar het oppervlak. Wanneer aantal en verdeling der luchtbelllen nu zodanig is dat geen enkel watermolecuul het oppervlak kan bereiken zonder minstens eenmaal een luchtbel in de dampfase te zijn gepasseerd, dan is, aangesien capillaire vloeistofstroming gemakkelijker verloopt dan <sup>damp</sup>diffusie bij hetzelfde concentratieverschil, de diffusie bepalend voor het gehele vochttransport. Volgens Gilliland is nu de diffusiecoëfficiënt een functie van de absolute temperatuur tot de macht 1,5,



Ten opzichte van bij 25 °C verloopt de diffusie bij 45 °C dus  $\left(\frac{318}{298}\right)^{1,5} = 1,10$  maal beter. Dit zou dus een verbetering van 10 % in  $\dot{Q}_1$  kunnen geven. Zo deze verbetering al niet buiten de nauwkeurigheid van de waarnemingen valt, kunnen andere nadelige effecten (verlies van sterkte bij hogere temperatuur bijv.) het geringe effect geheel verdoezelen.

Evenals er een watertransport kan zijn door de luchtbelllen ten gevolge van de diffusie door verschillende kromming der menisci, kan er ook diffusie ten gevolge van een verschil in temperatuur aan beide zijden van een luchtbel (temperatuur gradiënt) zijn. Bij hogere temperatuur hoort hogere waterdampspanning, zodat in de richting van de temperatuur gradiënt ook een dampspanningsgradiënt verloopt. Als gevolg van het geheel of gedeeltelijk ontbreken van verdamping aan het oplegvlak van een vormbakvermling kan, doordat via het ondersteuningsmiddel wel warmte wordt toegevoerd, de temperatuur van het oplegvlak hoger zijn dan die van de verdampende oppervlakken (natteboltemperatuur). Bij een verschil tussen droge- en natteboltemperatuur van 5 °C werd in een dikformaat vormling ca 1 cm boven het oplegvlak een 2,8 °C hogere temperatuur gemeten dan ca 1 cm onder het bovenzvlak. De vormling werd hierbij door een 1,5 cm dikke houten plaat ondersteund. De vormling die bij een kerntemperatuur van ca 50 °C in droging wordt genomen, heeft een van nature reeds aanwezige temperatuur gradiënt ten opzichte van het snel afkoelende geëxposeerde oppervlak. Door de hieruit extra verkregen watertoevoer ~~kan~~ kunnen de extra hoge begindroog snelheden verdragen worden die ontstaan doordat de temperatuur van het oppervlak aanvankelijk hoger is dan de natteboltemperatuur van de drooglucht. Ten gevolge van deze gunstige beginsituatie kan de drooglucht, <sup>Kracht van de lucht</sup> dat wil zeggen het verschil tussen droge en natteboltemperatuur, kennelijk nog meer verhoogd worden, waardoor de warmtetoevoer door het ondersteuningsmiddel extra groot wordt. Hierdoor wordt de eerder van nature aanwezige temperatuur gradiënt dus geheel of gedeeltelijk in stand gehouden op het moment dat ze anders zou verdwijnen met het onttrekken van de aanvankelijk aanwezige warmte. Zodoende kan de hogere droog snelheid dus zonder scheurvorming gehandhaafd blijven. Hiermee zou dus het verschil in  $\dot{Q}_1$  ten opzichte van de vooraf <sup>af-</sup>gekoelde vormlingen verklaard zijn.

## 6. Diverse waarnemingen

### a) Aanmaakwatergehalte:

Wanneer bij de klei F gestreefd werd naar een op het gevoel gelijke consistentie van de warme en de koude klei, dan blijkt het watergehalte van de klei van 50 °C gemiddeld slechts 0,6 % van de droge stof lager te liggen dan bij de koude klei. Deze geringe winst zal in de praktijk waarschijnlijk te verwaarlozen zijn, aangezien zowel op vormbak- als op strengpersbedrijven het aanmaakwatergehalte gedurende de dag  $\pm 1,5$  % van de droge stof blijkt te variëren.

### b) Gewichtsverlies bij afkoeling onder verdamping:

Een vorling die in rustige omgeving onder verdamping afkoelt van ca 50 °C tot 20 °C blijkt ca  $1\frac{1}{2}$  -  $1\frac{3}{4}$  % van zijn droge gewicht aan water te verliezen. Dit gaat gepaard met een warmte-onttrekking van ca 900 - 1100 kcal/kg verdampt water, hetgeen overeenkomt met het warmteverbruik van kunstmatige drogerijen.

### c) Warme vorgeving en kunstmatige droging van zeer vette klei (klei G supplement):

Onderzocht werd een klei met een gehalte  $\epsilon 2\mu - 34$  % en watergehalte van 43 % droge stof (krimp 13 % van de oorspronkelijke lengte!) bij verwerking tot een wf. Bij matige techt kon een vorlingtemperatuur van 60 - 65 °C worden verdragen zonder dat scheurvorming optrad. Wel ontstond zeer snel een stevige korst die het mogelijk maakte de vorlingen na 1,5 uur reeds op te snijden. Dit lijkt aantrekkelijk voor de buitendrogerij maar de kern bleef week en hierdoor ontstond zelfs bij zeer matige droogcondities gedurende het gehele droogproces op het eind van de droging nog scheurvorming (loskripen kern van buitenmantel). Met een droogtijd van 5 dagen konden de vorlingen in de laboratoriumdrogerij nog niet heel gehouden worden. Bij tussentijds stopsetten van de droging bleek de vorling te scheuren ten gevolge van vocht opneming van de mantel uit de kern. Na droging bleek de klei dan ook zeer gevoelig voor vocht opneming uit de lucht. Hoewel deze klei droogtechnisch in het geheel niet geschikt is voor vormbakverwerking, zou de aangewezen droogmethode in dit geval zijn: vorgeving bij 50 °C en droging bij ca 45 °C nattebeltemperatuur onder tamelijk milde condities (dit om korstvorming bij afkoeling tegen te gaan).

d) **Warme vorrgeving van een zeer magere klei uit Noord-Brabant (klei H supplement):**

Vormlingen die bij lage temperatuur uit deze klei werden vervaardigd, bleken opwarming bij hogere ~~en~~ natteboltemperatuur niet te verdragen. Bij enigszins trillen van de ondersteuning zakten ze in elkaar. Onderzocht werd of dit ook het geval zou zijn bij vorrgeving uit warme klei. Hiertoe werden vormlingen vervaardigd bij 40, 50 en 60 °C. De vormlingen bleken er alleen maar beter van te worden. Spontaan scheuren trad niet op (ook koude vormlingen van deze klei bezitten zeer goede droogeigenschappen) terwijl de vormlingen wel enigszins opstijfden, waarbij echter geen uitgesproken korst gevormd werd. Bij visuele inspectie van in droge toestand doormidden gebroken vormlingen leken bij vergelijking met de koud vervaardigde vormlingen dichter te zijn (kleinere luchtballen).

**7. Samenvatting en bespreking**

Bij het onderzoek naar de invloed van warme vorrgeving op de droogeigenschappen van vormbakprodukten, werd bepaald welke condities van de droogluicht door de vormlingen nog juist zonder scheurvorming werden verdragen wanneer zij bij de vorrgevingstemperatuur of na afkoeling tot kamertemperatuur aan droogluicht met bepaalde condities werden blootgesteld. Hierbij werden twee natteboltemperaturen namelijk 25 en 45 °C toegepast. Dit onderzoek werd in hoofzaak uitgevoerd aan een niet te magere straatsteenklei. Deze klei bezit in zoverre "normale" droogeigenschappen, dat droogscheuren ontstaan in het stadium van oppervlakteverdramping en niet zoals bij de vette en zeer vette vormbakklei helemaal aan het eind van het droogproces, doordat de kern te veel in droging achterblijft bij het oppervlak en niet kan krimpen wanneer de buitenkant reeds hard is. Verder werd onderzoek uitgevoerd aan zeer magere en zeer vette vormbakklei, waaruit wf-vormlingen werden vervaardigd. Uit de straatsteenklei werden die formaat vormlingen vervaardigd. Hierbij werd gevonden dat bij 50 °C vervaardigde vormlingen een twee maal zo hoge droogenelheid konden verdragen als bij kamertemperatuur vervaardigde vormlingen, wanneer zij direct bij de vorm-

gevingstemperatuur werden blootgesteld aan lucht met zodanige droogkracht dat deze kritische droognelheden konden ontstaan. Werden de bij 50 °C vervaardigde vormlingen vooraf rustig afgekoeld, dan verdroegen deze vormlingen slechts een circa 50 % hogere droognelheid als de koud vervaardigde vormlingen. Deze laatste verbetering werd toegeschreven aan de gunstige invloed van vormgeving bij hogere temperatuur op de sterkte en mogelijkheid van vochttransport, de extra verbetering door directe droging bij hogere vormlingtemperatuur dan de natteboltemperatuur van de drooglucht aan een extra bijdrage aan het vochttransport door thermodiffusie. Bij rustige afkoeling van 50 tot 20 °C onder verdamping, treedt een vochtverlies op van ca 1 $\frac{1}{2}$  % van het drooggewicht van de vormling bij een warateverbruik dat ongeveer gelijk is aan dat van een kunstmatige drogerij. Wanneer wordt aangenomen dat dit vochtverlies buiten de drogerij plaatsvindt (opstelspoortunneldrogerij), dan behoeft de vormling deze tijd minder in de drogerij te verblijven. Bepaalt men nu de tijd nodig om het totale vochtverlies vanaf het moment dat de vormling geperst werd onder kritische, constante condities in de drogerij op 10 % van het droog gewicht te brengen, in welke tijd wel de eventuele tijd voor opwarming door condensatie is begrepen (onder proefomstandigheden maximaal 1,5 uur) dan vindt men de waarden van tabel 3.

Tabel 3 : Tijden inclusief de opwarmtijd, benodigd voor een totaal gewichtsverlies van door verdamping van 10 % van het droog gewicht van dik formaat vormlingen onder kritische, constante droogcondities in de laboratorium-proefdrooginstallatie.

Temperatuur vormlingen	Droogtijd in uren	
	$T_n = 25\text{ °C}$	$T_n = 45\text{ °C}$
Vormgevingstemperatuur ca 50 °C (W)	9,5	10
Afgekoeld ca 20 °C (A)	12	12,5
Vormgevingstemperatuur ca 20 °C (K)	22,5	22

Uit deze tabel blijkt nu dat bij droging onder de gegeven omstandigheden in tegenstelling tot het strengpersprodukt, geen verschil in droogtijd ontstaat door droging bij hoge of lage natteboltemperatuur. Verder blijkt ook, dat het verschil in droogtijd

tussen direct warm in droging genomen en vooraf afgekoelde vormlingen praktisch te verwaarlozen is. Het verschil in droogtijd van de warm- en de koud vervaardigde vormlingen kan speciaal bij toepassing van een kamerdrogerij van groot belang zijn. Een verschil in droogtijd van 10 - 12 uur in effectieve droogtijd kan namelijk uitmaken of de droegecyclus een dag langer of korter gerekend dient te worden. Dit verschil bepaalt dan tenslotte hoeveel meer of minder kamers benodigd zijn om een bepaalde productie te halen.

De bij het onderzoek onder de gegeven uitvoering van de droegproeven behaalde droogtijdverkorting is niet als een absolute maat voor de praktijk te hanteren. Ze dient zuiver om een indruk te geven van de mogelijkheden die er onder bepaalde omstandigheden kunnen zijn om met behulp van warme vorrgeving droogtijdverkorting te behalen. Immers, de praktisch te behalen droogtijdverkorting is van zeer veel factoren afhankelijk, zoals formaat en type van de vorraling, kleisoort, mate van ontsluiting en homogenisatie bij koude verwerking, het type van de drogerij en de bediening hiervan in verband met personeelsbezetting, capaciteit pers en/of oven, belasting van de bijstookinstallatie of de ovenaftrek ens. In verband hiermee werd het ook van weinig nut geacht minimale droogtijden te bepalen. In concrete gevallen waar met alle tersake doende factoren rekening kan worden gehouden heeft een dergelijk onderzoek echter wel zin, aangezien dan kan worden beoordeeld in hoeverre warme vorrgeving een bijdrage kan leveren voor het bereiken van een gesteld doel of welke resultaten onder bepaalde omstandigheden verwacht kunnen worden. Bovendien kunnen aanwijzingen worden verkregen die voor de eventuele praktische toepassing van groot belang kunnen zijn.

Aan de magere klei werd onderzocht in hoeverre de vorrgeving nadelig beïnvloed zou kunnen worden. Bij lage temperatuur uit deze klei vervaardigde vormlingen blijken namelijk bij opwarming tot 45 °C brokkelig te worden. Bij warme verwerking tot wf-vormlingen werd tot een temperatuur van 60 °C toe een prima produkt verkregen, dat bovendien nog enigszins opstijfde en hierdoor steviger werd. Bij een zeer vette klei (voor vorrabak althans) werd bij verwerking bij 60 °C tot wf-vormlingen, gevonden dat bij deze vormlingen bij afkoeling snel een stevige korst ontstond, die latere snelle droging onmogelijk maakte, doordat de kern in het laatste stadium van

drogen zich van de mantel lostrek. Scheurverming vond dus plaats van binnenuit. Om deze reden werd bij de toegepaste wijze van drogen, althans bij de aan de droging voorafgaande afkoeling, geen verbetering gevonden ten opzichte van koude vorstgeving. Als enige mogelijkheid werd geadviseerd vorstgeving bij ca 60 °C en direct aansluitende droging bij zo hoog mogelijke natteveldtemperatuur. Inmiddels werd deze werkwijze in de praktijk onderzocht en juist bevonden.

## 9. Supplement

### a) Granulometrische samenstellingen der genoemde kleisoorten.

Fractie	klei F	klei G	klei H
> 200 $\mu$	3 %	3 %	3 %
60 - 200 $\mu$	16 %	13 %	10 %
45 - 60 $\mu$	10 %	4 %	17 %
25 - 45 $\mu$	16 %	8 %	23 %
10 - 25 $\mu$	13 %	17 %	22 %
2 - 10 $\mu$	21 %	21 %	10 %
< 2 $\mu$	21 %	34 %	15 %
< 10 $\mu$	42 %	55 %	25 %

### b) Watergehalte bij vormbakconsistentie

Klei	Watergehalte % droge stof
F	32
G	43
H	27

## 10. Literatuurlijst

1. Praktische proeven met de verwerking van klei door steen en evacueren van klei voor het vormbakproces.

F.W. Nieschen-Silvers: Klei 1953, blz. 245.

2. Het kunstmatig drogen van vervormingen van gestoemde klei op laboratorium schaal.

Keramisch Instituut T.H.O.: Klei 1954, blz. 437

3. De scheurgevoeligheid van vormlingen van gestoomde en van koud-verwerkte klei bij een droogproces op een laag temperatuurniveau.

Keramisch Instituut T.N.O.: Klei 1955, biz. 111.

V&K/v

16-8-1963