

Gegevens betreffende de verwarming van klei met stoom

(Publicatie van het Keramisch Instituut T.N.O., Gouda)

SAMENVATTING

In dit artikel treft men een grafiek aan, waaruit men in individuele gevallen het stoomverbruik voor de verwarming van klei tot verschillende temperaturen kan aflezen.

Voorts wordt in een tabellarisch overzicht, geldend voor Nederlandse kleisoorten naast gegevens over het stoomverbruik per 1000 wj ook een raming gegeven van de kosten van de stoomproductie, terwijl enkele in aanmerking komende stoomaggregaten worden besproken.

De resultaten van binnen- en buitenlandse onderzoekingen naar het effect van verwarming van de klei door middel van verzadigde stoom hebben de belangstelling van de grofkeramische industrie in Nederland. Het leek ons daarom mede naar aanleiding van een suggestie van de contactcommissie voor de baksteenindustrie nuttig een overzicht samen te stellen van een aantal gegevens, die in het bijzonder bij een kostencomputatie van de stoomopwekking ten behoeve van het verwarmen van klei van belang zijn. In dit artikel zullen wij uitsluitend de verwarming van klei met geïnjecteerde verzadigde stoom aan een beschouwing onderwerpen.

Verwarming van klei met geïnjecteerde stoom impliceert een bevochtiging van deze klei. Het zal daarom duidelijk zijn, dat men bij toepassing van het stomen in de praktijk over voldoende droge grond dient te beschikken.

Is het watergehalte, waarbij een klei juist de goede verwerkingsconsistentie bezit, bekend, dan kan men de hoeveelheid te injecteren stoom nodig voor het bereiken van een bepaalde gewenste temperatuurstijging berekenen en daarmee ligt dan tevens het maximum toelaatbare watergehalte van de onbewerkte klei vast.

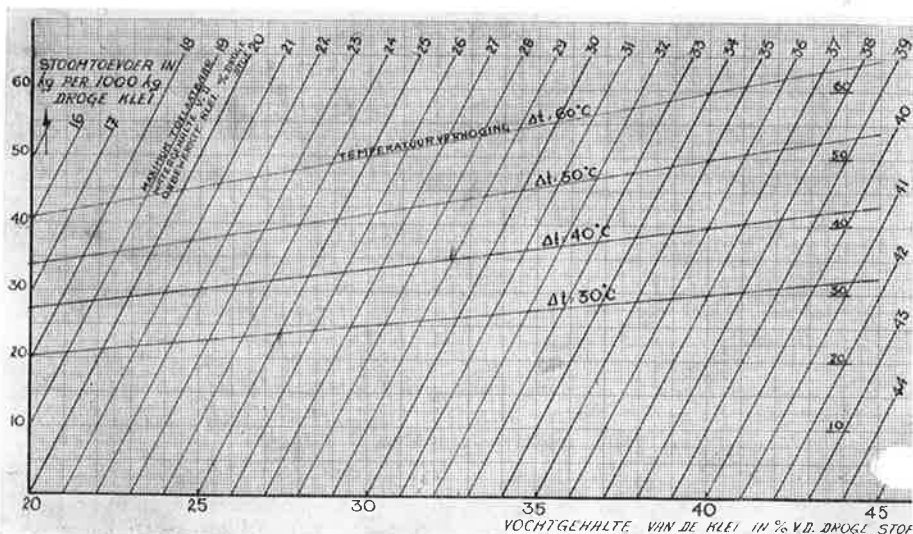
In figuur 1 werden de resultaten

van dergelijke berekeningen in grafiek gebracht, zodat hieruit nu direct de hoeveelheid stoom, nodig voor het bereiken van een bepaalde gewenste temperatuurverhoging en een bepaald gewenst watergehalte kan worden afgelezen. Tevens is in de grafiek het maximum toelaatbare watergehalte van de nog onbewerkte klei afleesbaar.

De grafiek is gebaseerd op de veronderstelling, dat de verwarming van de klei geschiedt met verzadigde stoom van 1,5 ata zonder stoom- en warmteverliezen. De soortelijke warmte van de droge klei werd op 0,23 gesteld, terwijl voor de temperatuur van de onbewerkte grond 10° C werd gekozen.

Het stoomverbruik werd op de verticale as uitgezet en uitgedrukt in kg verzadigde stoom per 1000 kg klei (droog gewogen). Op de horizontale as werd het watergehalte van de klei uitgezet in % (op de droge stof berekend).

Het gebruik van de grafiek is als volgt: Stel, dat een fabriek beschikt over klei, die in koude toestand bij een watergehalte van 32,5% (op droge stof berekend) dient te worden verwerkt. Het gewenste eindwatergehalte van de verwarmde klei zal dan eveneens 32,5% moeten bedragen, indien men althans de invloed van de



Figuur 1

temperatuur op het initiaalwatergehalte bij de vormgeving verwaarloost.

Uit een groot aantal praktijkmetingen bleek, dat dit voor dit soort calculaties bij verwarming tot 50 à 60° C is toegestaan. Wenst men nu bijvoorbeeld de klei tot een temperatuur van 50° C te verwarmen en is de aanvankelijke grondtemperatuur 10° C, dan bedraagt de gewenste temperatuurstijging 40° C. De bij de curve $\Delta t = 40$ behorende ordinat geeft dan een stoomtoevoer aan van 35 kg verzadigde stoom per 1000 kg droge klei. Indien waalformaatmetselsteen wordt vervaardigd, waarvan het gewicht van een geheel droge vormling 2 kg bedraagt, dan betekent dit een stoomverbruik van $35 \times 2 = 70$ kg per 1000 w.f.

Zou de aanvankelijke grondtemperatuur 0° C in plaats van 10° C bedragen (b.v. in de winter), dan geeft de grafiek in dit geval voor het bereiken van een eindtemperatuur van 50° C een stoomverbruik van 43,5 kg stoom per 1000 kg droge klei aan of 87 kg stoom per 1000 w.f.

Bij een temperatuurstijging van 40° C, een stoomverbruik van 35 kg/

1000 kg droge klei en een eindwatergehalte van 32,5% dient het watergehalte van de onbewerkte klei 29% (op de droge stof berekend) te bedragen, hetgeen afleesbaar is langs de schuin-oplopende rechten in de grafiek. Dit watergehalte van 29% is tevens het maximum toelaatbare watergehalte om bij de gegeven stoomtoevoer nog het juiste eindwatergehalte op te leveren.

Is het watergehalte van de onbewerkte grond lager dan 29%, bijvoorbeeld 25%, dan dient 4% water (op de droge klei berekend) als koud water te worden gesuppleerd. Bij suppletie van warm water, dat niet door stoominjectie is verwarmd wijzigt het stoomverbruik zich enigszins.

De mogelijkheden en de wenselijkheid van een dergelijke extra warmwatersuppletie zijn vanzelfsprekend sterk afhankelijk van de hoeveelheid extra suppletiewater, die nodig is en van het feit of een geschikte warmtebron voor de verwarming van het water beschikbaar is.

Bij het begin van de bespreking van de grafiek is opgemerkt, dat geen rekening werd gehouden met mogelijk

TABEL I	Temperatuursverhoging 40° C.								Temperatuursverhoging 50° C.					
	Vormgeving procédé	Aanduiding product	Aanduiding klei	Leemgehalte < 10 μ %	Vereist initiaal watergehalte % droge stof	Stoom- toevoer per 1000 kg droge klei in kg	Stoom- toevoer per 1000 vorm- lingen in kg	Max- toelaat- baar water- gehalte in % droge stof	Kosten stoom- produc- tie per 1000 vorm- lingen f.	Stoom- toevoer per 1000 kg droge klei in kg	Stoom- toevoer per 1000 vorm- lingen in kg	Max toelaat- baar water- gehalte in % droge stof	Kosten stoom- produc- tie per 1000 vorm- lingen f	Produc- tie van vorm- lingen per uur.
Vorm- bak- proces	w. f.	zeer	20	24	29,6	59	21	0,77	36,8	74	20,3	0,96	6000 wf	442
	w. f.	mager	35	33	35,2	70	29,5	0,91	43,8	88	28,6	1,14	6000 wf	526
	d. f.	↓	35	33	35,2	92	29,5	1,19	43,8	114	28,6	1,48	6000 df	684
	k. f.	↓	35	33	35,2	141	29,5	1,83	43,8	175	28,6	2,27	6000 kf	1051
	w. f.	vet	50	42	41,-	82	37,9	1,07	51,5	103	36,9	1,34	6000 wf	681
Strengpers- proces	w. f.	mager	30	20	27,2	54	17,3	0,71	33,9	68	16,6	0,88	6000 wf	407
	w. f.	↓	45	26	30,9	62	22,9	0,80	38,3	77	22,2	1,00	6000 wf	460
	w. f.	vet	60	32	34,5	69	28,6	0,90	43,-	86	27,7	1,12	6000 wf	516

optredende warmte- en stoomverliezen. Uit metingen op een straatsteenfabriek, waar stoom werd geïnjecteerd in een voormaler, bleek, dat deze verliezen in de voormaler zelf inderdaad bij globale calculaties te verwaarlozen zijn. De temperatuurverlaging van de klei als gevolg van de afkoeling tijdens het verdere transport van de kleimassa en tijdens het vormgevingsproces bleek bij deze metingen ca 2 à 3° C te bedragen.

Voorts leert een berekening, dat de grafiek voor globale vaststelling van het stoomverbruik ook geldig blijft bij andere stoomdrukken dan 1,5 ata en andere grondtemperaturen dan 10° C.

Tabel I geeft een overzicht van de nodige stoomhoeveelheden in kg stoom per 1000 kg klei (drooggewoven) cq per 1000 vormlingen voor het bereiken van een temperatuurstijging van de klei van 40° respectievelijk 50° C voor verschillende Nederlandse kleisoorten bij het vormbak- en strengpersproces. Wij zien uit deze tabel, dat dit stoomverbruik voor het bereiken van een temperatuurstijging van 40° C varieert van ca 55 tot 80 kg stoom per 1000 w.f. en voor het bereiken van een temperatuurstijging van 50° C van ca 70 tot 100 kg stoom per 1000 w.f. Ook is in deze

tabel het initiaal watergehalte bij de vormgeving en het maximum toelaatbare watergehalte van de onbewerkte klei voor de verschillende gevallen weergegeven. In de laatste kolom van tabel I is de vereiste stoomproductie in kg/uur opgenomen bij een vormlingproductie van 6000 vormlingen per uur en een gewenste temperatuurverhoging van de klei van 50° C.

Deze cijfers bepalen onder de gegeven omstandigheden dus de vereiste capaciteit van het stoomaggregaat.

De stoom wordt bij de stoombewerking van de klei volledig verbruikt, zodat in het stoomaggregaat bij gebruik van niet onthard water ketelsteenafzetting zal optreden. Zonder de toepassing van een wateronthardingsinstallatie kan men dan ook voor dit doel geen waterpijpketels en andere ketelsteen-gevoelige apparaten voor de stoomopwekking gebruiken en is men aangewezen op een eenvoudig type ketel zoals bijvoorbeeld de Cornwallketel (één vuurgang). Dit keteltype is weinig gevoelig voor de hardheid van het voedingwater. De stoomproductie van dit type bedraagt voor een normaal ketelbedrijf 20 kg stoom per uur per m² V.O., zodat het vereiste V.O. van de ketel gevonden kan worden door deling van de gewenste uurproductie door 20. Dit be-

tektent bij een productie van 6000 w.f. per uur een ketel met een V.O. van 20 à 30 m² (laatste kolom tabel I).

Bij de Cornwall-ketel is een keuze mogelijk tussen handstoken en olie-stoken. Het verdampingscijfer over een geheel jaar, dus inclusief het extra brandstofverbruik bij afdekken en opstoken, kan men voor de Cornwall-ketel stellen op ca 7 kg stoom per kg steenkool à 7500 kcal/kg of ca 9,5 kg stoom per kg olie à 10.000 kcal/kg. Zo zal dus bijvoorbeeld bij een stoomverbruik van 70 kg per 1000 w.f. het gemiddeld brandstofverbruik (bij stoken met steenkool met een verbrandingswarmte van 7500 kcal/kg) ca 10 kg per 1000 w.f. bedragen.

Kiest men in plaats van een Cornwall-ketel bijvoorbeeld een Clayton-stoomgenerator, dan is een zeer goede eventueel volautomatisch uitgevoerde, wateronthardingsinstallatie noodzakelijk.

De bediening van een Clayton-stoomgenerator, die met olie wordt gestookt, is daarentegen eenvoudiger, terwijl de vereiste plaatsruimte gering is. Het verwarmingscijfer voor de Clayton-generator kan op ca 11 kg stoom per liter olie (10.000 kcal/kg) gesteld worden.

De stoomprijs is sterk afhankelijk van de brandstofsoort, die verstoekt

wordt en van de stookwijze (handstoken of mechanisch stoken). Als gangbaar gemiddelde en om de gedachten te bepalen kan men een stoomprijs van *f* 13,— per ton stoom aanhouden. In deze prijs zijn dan betrokken de verliezen, die ontstaan door het opstoken en eventueel afdekken van het vuur, terwijl daarin tevens is opgenomen stookloon, onderhoud, reparatie en de rente en afschrijving van ketelhuis, ketel en schoorsteen.

Een scherpere vaststelling van de stoomprijs is natuurlijk alleen mogelijk als de keuze van ketel en brandstof bepaald is.

In tabel I zijn op basis van een stoomprijs van *f* 13,— per ton stoom de kosten van de stoomproductie per 1000 w.f. opgenomen voor temperatuurverhogingen van de klei van 40° en 50° C.

Deze kosten blijken daarbij dus voor een te bereiken temperatuurstijging van 40° C te variëren van *f* 0,70 tot *f* 1,10 per 1000 w.f. en voor een temperatuurstijging van 50° C van *f* 0,90 tot *f* 1,30 per 1000 w.f.

N.B. De gegevens betreffende de stoomketels werden verkregen van het Centraal Technisch Instituut T.N.O. Afdeling Warmtetechniek te Delft.