

Verwarming van klei met stoom

1. Algemeen

2. Voordelen van het gebruik van stoom

2.1 Kwaliteitsverbetering van het eindprodukt

2.1.1 Plasticiteit

2.1.2 Homogenisatie

2.1.3. Scheurgevoeligheid

2.2 Produktiviteitsverhoging door verkorting van de droogtijd

2.3 Energiebesparing

2.3.1 Droogkosten

2.3.2 Opgenomen elektrisch vermogen

3. Besluit

Geraadpleegde literatuur :

Gegevens betreffende de verwarming van klei met stoom,
Publikatie van het keramisch Instituut T. N. O. Gouda,
overdruk uit "Klei", nr. 5, mei 1955.

1. Algemeen

Klei, zoals die wordt gedolven, is zelden onmiddellijk geschikt om te worden geperst tot vormlingen, waarvan dan later stenen, buizen of pannen worden gebakken.

De groeveklei dient te worden behandeld, zodat hij een juiste bewerkingsconsistentie krijgt (plasticiteit). Deze plasticiteit wordt verkregen door toevoeging van water. De hoeveelheid water die moet worden toegevoegd, is afhankelijk van de eigenschappen van de klei (eigenschappen die op hun beurt worden beïnvloed door de aanwezigheid van toeslagstoffen of weekmakers).

De produktieklare klei wordt verwerkt tot vormlingen, via strengpersen of vormbakpersen. Deze vormlingen worden gedroogd en daarna gebakken. In de produktiecyclus van klei tot afgewerkt produkt is het droogprocédé een belangrijke fase, met een rechtstreekse invloed op opbrengst en kwaliteit.

Bij gelijksoortige vormlingen wordt het drooggedrag beïnvloed door de temperatuur van de klei bij het persen.

De temperatuur van de klei wordt verhoogd (40 tot 70°C) door rechtstreekse injectie van droge verzadigde stoom in de klei, voor het persen.

Het verhogen van de temperatuur van de klei heeft als gevolgen:

- beïnvloeding van de plasticiteit (minder water nodig);
- minder opgenomen elektrisch vermogen in de persen;
- vormlingen zijn minder scheurgevoelig;
- lager energieverbruik tijdens het persen en het drogen;
- grotere maximaal toelaatbare droogsnelheid.

De belangrijke voordelen van het gebruik van stoom zijn:

1. kwaliteitsverbetering van het eindprodukt;
2. produktiviteitsverhoging;
3. energiebesparing.

2. Voordelen van het gebruik van stoom

2.1. Kwaliteitsverbetering van het eindprodukt

2.1.1. Plasticiteit

Afhankelijk van de toegepaste produktiemethode, zal de klei een bepaalde verwerkingsconsistentie moeten hebben. Die wordt normaal verkregen door het toevoegen van een hoeveelheid water. Hoe vetter de klei, hoe meer water er zal moeten worden toegevoegd.

Binnen bepaalde grenzen kan de plasticiteit worden beïnvloed door de temperatuur. Door het verhogen van de vormgevings-temperatuur is 3 à 4 % minder aanmaakwater nodig om een zelfde plasticiteit te bekomen.

De stoomtoevoer schommelt tussen 30 en 50 kg stoom/ton droge klei, afhankelijk van het productieproces en van de aard van de klei (zie tabel 1).

2.1.2. Homogenisatie

Onder bepaalde bedrijfsomstandigheden, kunnen er bij een koude verwerking veel onverwerkte vette kleipitten in de vormling overblijven. Die geven gemakkelijk aanleiding tot scheurvorming tijdens het persen en het drogen. Doordat de onverwerkte vette pitten niet goed hechten, krijgt men een eindprodukt met een ongelijkmatige en verzwakte structuur.

Door het verwarmen van de klei (via rechtstreekse stoominjectie), wordt het aantal niet gehomogeniseerde kleipitten tot een minimum beperkt. Dit betekent meteen een heel belangrijke garantie voor de kwaliteit van het eindprodukt.

2.1.3. Scheurgevoeligheid

Zowel aan het begin van, als tijdens het droogproces, kunnen scheurtjes in de vormlingen ontstaan. Deze scheurtjes zijn bekend als begin -en eindscheuren.

De scheurgevoeligheid van de vormling is afhankelijk van de droogsnelheid.

Beginscheuren ontstaan door een te snelle opwarming van de vormling bij het begin van het droogproces. Deze beginscheuren manifesteren zich aan de buitenkant van de vormling.

Eindscheurtjes ontstaan in de kern van de vormling, wanneer een bepaalde vochtgradiënt in de vormling wordt overschreden.

De droogsnelheid is op haar beurt afhankelijk van de begintemperatuur van de vormling en van de natteboltemperatuur van de droogtunnel of droogkamer.

Het is de vochtgradiënt tijdens het drogen die de krimp-snelheid bepaalt. De totale grootte van de krimp is vooral afhankelijk van het initiële watergehalte. Een te grote krimpsnelheid leidt tot spanningen die op hun beurt resulteren in scheurtjes in de kern van de vormling.

Zowel begin- als eindscheuren kunnen aanleiding geven tot breuk bij het bakken, en zo leiden tot produktieverlies.

2.2 Produktiviteitsverhoging door verkorting van de droogtijd

Bij de produktie van baksteen, waarbij voornamelijk volgens het vormbakprocédé wordt gewerkt, overtreft de capaciteit van de ovens dikwijls de capaciteit van de droogkamers. Het drogen van de vormlingen is dan ook de "bottle-neck" in de produktieketen.

Uit tabel II blijkt dat men, bij vergelijkbare droogregimes en bij continu werken, bij warm verwerkte klei een droogtijdverkorting kan bekomen van ongeveer 40 %. Dat is het gevolg van de 40 % hogere maximum toelaatbare droogsnelheid.

Bij warm verwerkte klei heeft men nog het bijkomende voordeel dat een periode van langzame opwarming niet nodig is; wat wel het geval is wanneer koude vormlingen in de drooginrichting worden geplaatst.

DUS: door het verwarmen van de klei kan de droogsnelheid worden opgevoerd, waardoor meteen de totale produktietijd wordt verkort.

2.3 Energiebesparing

2.3.1 Droogkosten

Een hoge vormgevingstemperatuur is perfect te combineren met hoge natteboltemperaturen in de drooginrichting.

Wij illustreren dit aan de hand van een rekenvoorbeeld.

	KOUD VERWERKTE KLEI	WARM VERWERKTE KLEI
1. Vochtgehalte (kg water / ton droge stof)	: 350 kg	350 - 40 = 310 kg
2. Restvocht	: 6 %	6 %
3. TN ($\Delta T = 10^{\circ}C$)	: 25 $^{\circ}C$	70 $^{\circ}C$
4. Energieverbruik voor vochtverdamping (fig. 3)	: 1800 kcal per kg water	800 kcal per kg water
5. Totaal energie- verbruik	: (350 - 60) x 1800 = 522.000 kcal/ton	(310 - 60) x 800 = 200.000 kcal/ton
6. Stoomverbruik	: 0 kg (koud)	20 à 50 kg stoom / ton droge stof of 13000 à 33000 kcal / ton (gemiddeld : 23000)

Besparing bij de warm verwerkte vormlingen :
 $522.000 - 200.000 - 23.000 = 299.000$ kcal/ton droge stof.

Dit betekent :
 299.000

$\frac{299.000}{7.600 \times 0,9} = 43,7$ Nm³ aardgas / ton droge stof

2.3.2 Opgenomen elektrisch vermogen

Doordat de vormgevingstemperatuur wordt verhoogd (door injectie van stoom), is er minder aanmaakwater nodig om tot de vereiste plasticiteit te komen.

Hoe lager het percentage water, hoe minder de klei kleeft en, bijgevolg, hoe lager het opgenomen elektrisch vermogen van de persen zal zijn. Het opgenomen vermogen daalt met 10 à 20 %.

De grafiek in figuur 3 geeft aan dat het luchtverbruik daalt van 70 naar 15 kg droge lucht/kg te verdampen water, of een minderverbruik van $(350 - 60) \times 70 - (310 - 60) \times 15 = 16.550$ kg droge lucht.

3. Algemeen besluit

De grote voordelen van warm verwerkte klei zijn: enerzijds de gunstige invloed op het drooggedrag en anderzijds de hogere kwaliteit van het eindprodukt.

Door de hoge temperatuur van de vormlingen kan er worden gedroogd bij een hoog TN niveau. Hierdoor nemen warmte- en luchtverbruik af. Tegelijkertijd wordt ook de droogtijd verkort.

Gestoomde klei geeft een betere homogenisatie, is minder scheurgevoelig en heeft minder krimp. Daardoor wordt een eindprodukt bekomen van een hogere en meer uniforme kwaliteit, dan dat het geval is bij koud verwerkte klei.

Een bijkomend voordeel is de aanzienlijke energiebesparing die wordt gerealiseerd. Naast het verminderde opgenomen vermogen in de persen en in het ventilatiesysteem van de drooginstallatie, werd in het rekenvoorbeeld aangetoond dat de rechtstreekse energiebesparing 10 keer meer bedraagt dan de toegevoegde energie.

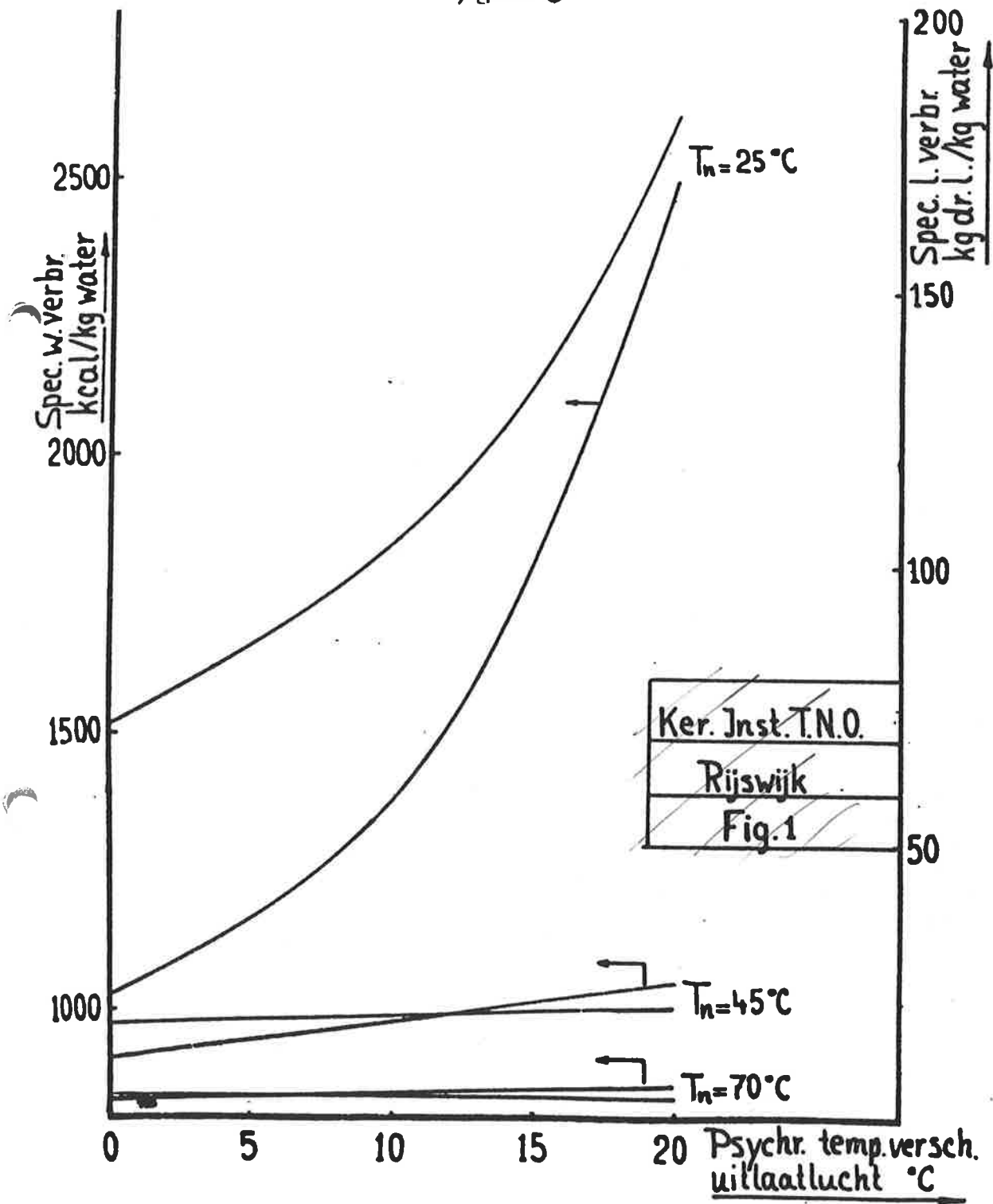
TABEL I

			Temperatuursverhoging 40 °C		Temperatuursverhoging 50 °C	
Vormgeving procédé	Aanduiding produkt	Aanduiding klei	Stoomtoevoer per 1000 kg droge klei in kg	Stoomtoevoer per 1000 vormlingen in kg	Stoomtoevoer per 1000 kg droge klei in kg	Stoomtoevoer per 1000 vormlingen in kg
Vormbak-proces	w.f.	zeer	29,6	59	36,8	74
	w.f.	mager	35,2	70	43,8	88
	d.f.	↓	35,2	92	43,8	114
	k.f.	↓	35,2	141	43,8	175
	w.f.	vet	41	82	51,5	103
Strengpers-proces	w.f.	mager	27,2	54	33,9	68
	w.f.	↓	30,9	62	38,3	77
	w.f.	vet	34,5	69	43	86

Tabel II

	waalformaatvormlingen				keiformaatvormlingen	
	magere klei 1		vette klei 2.		vette klei 2.	
	koud verwerkt	warm verwerkt	koud verwerkt	warm verwerkt	koud verwerkt	warm verwerkt
1. Gehalte aan deeltjes $< 10 \mu$ van de klei in %.	31,1	31,1	42,3	42,3	42,3	42,3
2. Consistentie van de verse vormlingen in mm Pfefferkornstuikhoogte.	4,5 à 5	4,5 à 5	4,5 à 5	4,5 à 5	4,5 à 5	4,5 à 5
3. Begin vochtgehalte van de vormlingen in % v. d. droge stof.	30	30	35	35	35	35
4. Eind vochtgehalte van de vormlingen in % v. d. droge stof.	6	6	6	6	6	6
5. Gewicht van een geheel droge vormling in gram.	2161	2187	2003	1986	4363	4356
6. Aantal per proef onderzochte vormlingen.	12	12	12	12	6	6
7. Gemiddelde luchtsnelheid t.o.v. de vormlingen in m/sec.	1,35	1,35	1,35	1,35	1,2	1,2
8. Natteboltemperatuur van de drooglucht tijdens de proef in ° C.	35,3	28,8	35,3	35,3	34,8	35,1
9. Drogeboltemperatuur van de lucht behorende bij de max. toelaatbare droogsnelheid in ° C.	53,8	58,5	45,9	53,7	43,8	49,5
10. Maximum toelaatbare droogsnelheid in gram per uur per vormling.	35	49	20	34	24	34
11. Maximum toelaatbare droogsnelheid in gram per uur per cm. ² aan verdamping blootgesteld oppervlak.	0,05	0,07	0,03	0,05	0,02	0,03
12. Droogtijd in uren onder bovengenoemd droogregiem.	25	18,5	47	31	95	54

figuur 3



PRODUKTVERBETERING EN KOSTENBESPARING IN DE GROF KERAMISCHE INDUSTRIE

DOOR DIRECTE STOOMINJECTIE BIJ DE KLEI-VOORBEREIDING

1. INLEIDING

Het stomen van klei in de baksteen- en andere grofkeramische- industrie ter verbetering van de kwaliteit van het eind produkt is niet nieuw. In veel bedrijven wordt deze techniek reeds toegepast. Toch zijn de resultaten niet altijd zo gunstig als men had verwacht. De oorzaken hiervan kunnen o.a. worden gevonden in het toepassen van:

- een slechte kwaliteit stoom (te nat) en
- een verkeerde stoominjectie methode (slechte menging)

In dit artikel gaan we nader op deze aspecten in. Tevens geven we aan de hand van een voorbeeld aan dat het juist toepassen van stoomverwarming directe besparingen kan opleveren. Besparingen die binnen 1 à 2 jaar de investeringskosten voor een compleet stoomsysteem kunnen terug verdienen.

2. DE INVLOED VAN STOOM OP KLEI EN DE VERWERKING DAARVAN.

Het doel van stoominjectie in klei is de optimale verwerkingseigenschappen van de klei te verkrijgen bij een zo laag mogelijk vochtgehalte. Om dit te bereiken heeft men een hoogwaardige kwaliteit stoom nodig. Hieronder wordt verstaan droge verzadigde stoom met een constant laag vochtpercentage van minder dan 0,5 %

Droge verzadigde stoom heeft een zeer grote warmte inhoud en dringt diep in de kleiporiën door. Hierdoor warmt de klei snel op terwijl de vochtigheidsgraad relatief weinig toeneemt.

Droge stoom voorkomt dus dat van oorsprong reeds vochtige klei te nat wordt bij het verwarmen.

Afhankelijk van de kleisoort en de uitgangsvochtigheidsgraad wordt de temperatuur van de klei verhoogd tot minimaal 40°C en tot maximaal 70°C.

Deze temperatuursverhoging heeft de volgende gunstige invloed op de klei en het verwerkingsproces:

- de gewenste plasticiteit wordt bereikt met minder water;
- de klei wordt beter ontsloten, dus homogener van samenstelling;
- de vormlingen zijn minder scheurgevoelig;
- de vormvastheid verbetert;
- door het minder kleven van de klei in de persen is het opgenomen elektrisch vermogen lager;
- de maximaal toelaatbare droogsnelheid wordt verhoogd, waardoor de droogtijd sterk kan worden verkort;
- de benodigde hoeveelheid energie voor het droogproces neemt af;
- de gestoomde klei gedraagt zich in vergelijking met een zelfde niet gestoomde klei als een vettere kleisoort. Daardoor kan een minder vette klei verwerkt worden voor een zelfde eindprodukt.

3. DE JUISTE METHODE VAN STOOMINJECTIE

Behalve de kwaliteit van stoom is de manier waarop stoominjectie in de klei plaatsvindt van groot belang voor het behalen van de gewenste resultaten.

In de praktijk komt het volgende nogal eens voor:

In verband met de voordelen schakelt men over op het stomen van klei. De investeringskosten moeten echter zo laag mogelijk zijn. Stoom is stoom denkt men en de meest simpele manier om het in de klei te brengen is het via gaatjes in de wand van de menger te injecteren. Men schaft een goedkope tweedehands stoomketel aan, brengt een aantal injectoren in de wand van de menger aan die verbonden zijn met de stoomleiding en zie daar; een teleurstellend resultaat.

Stoom geproduceerd met een klassieke (groot waterruim) ketel zonder stoom/waterafscheider bevat 10% tot 25% vocht, natte stoom dus. Bij het injecteren van de stoom via de wand van de menger vormt zich door condensatie en het reeds aanwezige vocht in de stoom een waterfilm tussen de kleimassa en de mengerwand. Het gevolg is dat de kleimassa gaat rollen (als een klomp gaat meedraaien met de mengers). De stoom dringt dus niet diep in de klei door en het mengen en homogeniseren van de massa verloopt slecht. Goedkoop blijkt dus ook hier duurkoop. Een aanvankelijk duurder lijkende oplossing die zich echter snel terug betaald is het toepassen van een goede stoomgenerator gekoppeld aan een holle stoomas in de kleimenger.

Droge verzadigde stoom (minder dan 0,5 % vocht) van de stoomgenerator wordt via de perforaties in de holle stoomas van binnenuit in de malende kleimassa geïnjecteerd. Op deze wijze dringt de stoom diep in de klei door, zodat deze snel en gelijkmatig op de juiste temperatuur komt. Men verkrijgt hierdoor een zeer goede menging en homogenisatie terwijl de gewenste plasticiteit met 3 a 4 % minder aanmaakwater wordt bereikt.

4. VOORDELEN VAN HET GEBRUIK VAN STOOM

De in paragraaf 2 beschreven gunstige invloeden van stoom op kleien de verwerking daarvan leiden tot drie belangrijke voordelen, namelijk:

- kwaliteitsverbetering van het eindprodukt;
- produktiviteitsverhoging;
- energie besparing

Voor een beter begrip gaan we kort in op deze drie voordelen.

4.1 KWALITEITSVERBETERING VAN HET EINDPRODUKT

4.1.2 HOMOGENISATIE

Onder bepaalde bedrijfsomstandigheden kunnen er bij een koude verwerking veel onverwerkte vette kleipitten in de vormling overblijven. Die geven gemakkelijk aanleiding tot scheurvorming tijdens het persen en het drogen. Doordat de overwerkte vette pitten niet goed hechten, krijgt men een eindprodukt met een ongelijkmatige en verzwakte structuur.

Door het verwarmen van klei (via rechtstreekse stoominjectie) wordt het aantal niet gehomogeniseerde kleipitten tot een minimum beperkt. Dit betekent een heel belangrijke garantie voor de kwaliteit van het eindprodukt.

4.1.3 SCHEURGEVOELIGHEID

Zowel aan het begin als tijdens het droogproces kunnen scheurtjes in de vormlingen zijn ontstaan. Deze scheurtjes zijn bekend als begin- en eindscheuren.

De scheurgevoeligheid van de vormling is afhankelijk van de droogsnelheid. Beginscheuren ontstaan door een te snelle opwarming van de vormlingen bij het begin van het droogproces. Deze beginscheuren manifesteren zich aan de buitenkant van de vormling. Eindscheurtjes ontstaan in de kern van de vormling, wanneer een bepaalde vochtgradiënt in de vormling wordt overschreden.

De droogsnelheid is op haar beurt afhankelijk van de begintemperatuur van de vormling en van de temperatuur van de droogtunnel of droogkamer. Het is de vochtgradiënt tijdens het drogen die de krimpsnelheid bepaalt. De totale grootte van de krimp is vooral afhankelijk van het initiële watergehalte.

Een te grote krimpsnelheid leidt tot spanningen die op hun beurt resulteren in scheurtjes in de kern van de vormling. Zowel begin- als eindscheuren kunnen aanleiding geven tot breuk bij het bakken en zo leiden tot productieverlies.

Door het verwarmen van klei met stoom is bij gelijke plasticiteit het vochtgehalte beduidend lager en hebben de vormlingen bij het verlaten van de pers een relatief hoge temperatuur. Om optimaal gebruik te maken van deze situatie dienen de vormlingen na het persen zo snel mogelijk in de droogkamer geplaatst te worden.

Echter ook indien dit om bedrijfsorganisatorische redenen niet mogelijk is en de vormlingen eerst worden opgeslagen en geheel afkoelen voordat ze de droogkamer ingaan levert dit toch voordeel op.

Tijdens het afkoelen in het magazijn dampt veel vocht uit, zodat later in de droogkamer de droogtijd toch relatief kort zal zijn.

4.2 PRODUCTIVITEITSVERHOOGING DOOR VERKORTING VAN DE DROOGTIJD

Bij de produktie van baksteen, waarbij voornamelijk volgens het vormbakprocédé wordt gewerkt, overtreft de capaciteit van de ovens dikwijls de capaciteit van de droogkamers.

Het drogen van de vormlingen is dan ook vaak de "bottle-neck" in de produktieketen.

Uit ervaring blijkt dat door het overgaan naar het warmverwerken van klei een droogtijd verkorting van ongeveer 33 % behaald kan worden als gevolg van een hogere maximum toelaatbare droogsnelheid. Het zal duidelijk zijn dat hierdoor tevens de totale produktietijd aanmerkelijk wordt verkort.

4.3 ENERGIEBESPARING

Een hoge vormgevingstemperatuur is perfect te combineren met hoge natte bol temperaturen in de drooginrichting en kan leiden tot een aanzienlijke besparing op de stookkosten. Aan de hand van een rekenvoorbeeld, waarin een vergelijking wordt gemaakt tussen koud- en warmverwerking, zullen we dit illustreren.

	Koudverwerkte klei	Warmverwerkte klei
1. Vochtgehalte in kg water/ton droge stof	350	350-14=336
2. Restvocht in %	6	6
3. TN in °C	10	70
4. Energieverbruik voor vochtverdamping in kcal/kg water	1100	900
5. Totaal energieverbruik in kcal/ton droge stof	$(350-60) \times 1100 =$ 319.000	$(336-60) \times 900 =$ 248.400
6. Stoomverbruik: in kg stoom/ton droge stof in kcal/ton droge stof	0 0	20 à 50 13.000 à 33.000 gemiddeld: 23.000

De hieruit volgende besparing op warmte-energieverbruik in de droogkamer bij warmbewerkte vormlingen bedraagt $319.000 - (248.400 + 23.000) = 47.600$ kcal/ton droge stof.

Bij een verbrandingswaarde van aardgas van 7.600 kcal/Nm³ en een stookrendement van 90 %, betekent dit een besparing van :

$$\frac{47.600}{7600 \times 0,9} \approx 7 \text{ Nm}^3 \text{ aardgas/ton droge stof}$$

4.4 KOSTENBESPARINGEN EN TERUG VERDIEN TIJD.

Alle voornoemde voordelen kunnen uiteindelijk leiden tot niet alleen een verbeterd eindproduct, maar ook tot aanzienlijke kostenbesparingen. Om dit te illustreren gaan we uit van een denkbeeldige steenfabriek die 25 miljoen handvormstenen per jaar produceert.

De hoeveelheid droge klei die hiervoor per jaar wordt verwerkt is circa 45.000 ton.

Bij het gebruik van een juiste stoomvoorziening in de klei voorbereiding bespaart men volgens het rekenvoorbeeld in paragraaf 4.3 ongeveer 7 Nm³ gas per ton droge klei. Dit is jaarlijks 315.000 Nm³ gas, wat bij een gasprijs van hfl 0.25/Nm³ neerkomt op een besparing van hfl 78.750,--.

Door minder breuk zal het uitvalpercentage met circa 2-3% dalen. Uitgaande van een kostprijs van hfl 0,12 per gebroken steen (halffabrikaat) levert dit een besparing op van gemiddeld hfl 75.000,-- per jaar.

De totale directe besparing in dit voorbeeld bedraagt dus hfl 153.750,--.

De kosten voor een goede kwaliteit stoomgenerator met de voor deze fabriek benodigde stoomcapaciteit van 900 kg/uur inclusief alle randapparatuur en de installatie daarvan, bedraagt circa hfl 125.000,-- Een stoomas voor de bestaande menger en het ombouwen zal afhankelijk van het mengertype en de lagering tussen hfl 4.000 en hfl 25.000,-- kosten.

Gezien de besparing betaalt deze totale investering zich binnen ongeveer 1 jaar terug.

4.5 KONKLUSIE

Het voorgaande voorbeeld beschrijft een specifieke situatie. Nu is de situatie in elk bedrijf verschillend en zal in het ene bedrijf de toepassing van stoominjectie beter tot zijn recht komen dan in het andere bedrijf.

Dit artikel heeft echter als doel de lezer te attenderen op de mogelijke voordelen en hem ertoe te bewegen de situatie in het eigen bedrijf eens kritisch onder de loep te nemen.