

Energiebezuiniging in de keramische industrie*

door J. CLAUS en J. H. VAN DER VELDEN

Centraal Technisch Instituut TNO, Apeldoorn

Een overzicht wordt gegeven van potentiële energiebesparingen die in de keramische industrie op korte en middellange termijn realiseerbaar zijn. Aan de orde komen: beperking van de warmteverliezen van installaties, gebruik van afvalwarmte, beperking van het warmteverbruik van het produkt, toepassing van goedkopere energiedragers, alsmede potentiële besparingen bij een ingrijpende wijziging van de structuur van de fabricage-eenheid.

Energy savings in the ceramic industry

The paper reviews the potential short term and medium term energy savings in the ceramic industry. The subjects under discussion are: limitation of the heat losses of installations, use of waste heat, limitation of the heat consumption of the product, application of cheaper energy carriers, as well as potential savings in case of a radical change of the structure of the manufacturing unit.

1. Inleiding

De ontwikkelingen in de energievoorziening zijn de laatste jaren in een stroomversnelling geraakt. Na de publicaties van de Club van Rome en de eerste tekenen van energieschaarste in de wereld kort daarna, heeft vooral de boycot van de olieproducerende landen duidelijk gemaakt, dat een hernieuwde bezinning op het nuttig gebruik van de beschikbare energiebronnen noodzakelijk is. Uit een uitgebreide studie, die de Stichting Toekomstbeeld der Techniek een energiebesparing heeft gewijd (1), blijkt onder meer, dat door bepaalde maatregelen in 1985 een besparing van ongeveer 15% op het nationale energieverbruik mogelijk wordt geacht. Hierdoor kan de tot dat jaar verwachte stijging van het energieverbruik tot 182% van het verbruiksniveau van 1972, dat bij 2281.10¹⁵J lag, tot 155% worden beperkt.

Tabel 1 — Potentiële besparingen op het totale nationale energieverbruik in 1985

Energieverbruikers	Besparingen tot 1985 (in %)
Industrie	+ 2,1
Elektriciteitsopwekking	+ 1,0
Woningen	+ 9,0
Dienstgebouwen	+ 1,0
Transport en verkeer	+ 1,9
Milieuzorg	— 1,0
Totaal	+ 14,0%

In tabel 1 is het aandeel van de verschillende energieverbruikers in de realiseerbaar geachte besparing weergegeven. Het blijkt dat ongeveer tweederde deel van de potentiële besparingen voortvloeit uit de verlaging van het energieverbruik van woningen. De besparing van 2,1% in de industrie komt overeen met een potentiële bezuiniging van 7,5% op het totale industriële energieverbruik van 1985. Bij de schatting van de industriële besparingen is verondersteld, dat tot 1985 een aanzienlijk deel van de industriële installaties nog van een thans gebruikelijke conceptie zullen zijn. Men spreekt in dit verband van potentiële besparingen op korte termijn.

* Voordracht, door de heer J. H. van der Velden op 2 oktober 1974 tijdens de Technische Dagen van de Vereniging Klei Industrie te Breda gehouden.

Op middellange termijn, waarmee de periode van 1985 tot 2000 wordt bedoeld, zal het grootste deel van de huidige installaties kunnen zijn vervangen. Er worden voor deze periode slechts dan grotere besparingen in de industrie mogelijk geacht, wanneer de eisen inzake de zorg voor het milieu inmiddels niet zouden worden verzaamd.

De genoemde potentiële besparing van slechts 7,5% op het industriële energieverbruik op korte termijn is teleurstellend en behoedt ons voor niet gefundeerde te optimistische verwachtingen ten aanzien van de in de keramische industrie te realiseren bezuiniging.

Het nastreven van energiebesparingen behoeft niet uitsluitend op ideologische gronden te geschieden. Het zal naar verwacht, worden gestimuleerd door de prijsontwikkelingen op de nationale en internationale brandstofmarkt en wel des te sterker, naarmate het aandeel van de energiekosten in de totale kostprijs van het gefabriceerde produkt groter is. In de keramische industrie geldt deze stimulans in het bijzonder voor de grofkeramische bedrijfstak, temeer daar het aandeel van de energiekosten in de kostprijs van grofkeramische produkten groter is dan in die van vervangende bouwmaterialen.

Deze publicatie wil een algemeen overzicht geven van de wegen die mogelijk kunnen leiden tot een energiebesparing in de keramische industrie. Vooral voor wat betreft de grofkeramische industrie is een nadere verkenning van deze wegen in de naaste toekomst gewenst.

2. *Analyse van het probleem*

Bij het ontwikkelen van bedrijfsinitiatieven tot bezuiniging op energie zijn de volgende basisgegevens van belang.

- een kostprijsanalyse van het gefabriceerde produkt, rekening houdend met te verwachten ontwikkelingen in de kostprijsopbouw.
- de prijs en de prijsontwikkelingen van de verschillende energiedragers.
- een specificatie van het totale energieverbruik naar bestemming in de betreffende fabricage-eenheid en naar energiedrager.
- de energiebalansen van bewerkingen of diensten met een relatief hoog energieverbruik.

Deze gegevens zijn onontbeerlijk voor het bepalen van de urgentie van de bezuiniging en van het terrein van actie, alsmede bij de economische evaluatie van potentiële energiebesparingen.

De voornaamste posten op de energierekening van een keramisch fabricageproces zijn de verbruiken voor de processen drogen en bakken. Daarbij is het energieverbruik voor de warmte-opwekking, ook in kosten uitgedrukt, in het algemeen belangrijk groter dan het verbruik voor de levering van mechanische energie aan bijvoorbeeld ventilatoren. Bezuinigingen zullen derhalve in eerste instantie gezocht moeten worden in een verbetering van de warmte-economie van drooginrichtingen, van ovens en van inrichtingen voor het opwekken van warmte.

Hierbij dient onderscheid gemaakt te worden tussen besparingen, die op korte termijn met de reeds aanwezige drooginrichtingen en ovens, zonder ingrijpende wijzigingen in de grondstoffsamenstelling, de fabricagetechniek en het ontwerp van het eindprodukt bereikbaar zijn en besparingen op middellange termijn, waarbij het treffen van ingrijpende maatregelen wel kan worden overwogen.

3. *Potentiële besparingen op korte termijn*

3.1 HET BEPERKEN VAN DE WARMTEVERLIEZEN VAN INSTALLATIES

Tot de meest voor de hand liggende maatregelen, die op korte termijn tot een besparing van energie leiden, behoort het beperken van de warmteverliezen van drogers, ovens, ketelinstallaties en luchtverhitters. Bedoeld worden de warmte-

verliezen in een installatie met een constant veronderstelde produktie. Op de warmtebalans van de betreffende installatie komen ze voor als schoorsteenverlies, transmissieverlies e.d. Buiten beschouwing blijven hier het eventueel nuttig gebruik van afvalwarmte en — voor wat betreft ovens en drooginrichtingen de reactiewarmte van het produkt en mogelijke wijzigingen in het ontwerp of de groepeeringswijze van de produkten.

In de eerste plaats is in dit verband de onderhoudstoestand van de installaties van belang. Lekkages kunnen door goede afdichtingen of door afzuiging van lekluicht worden geëlimineerd. Door periodieke onderhoudsbeurten kan worden gezorgd voor het optimaal functioneren van de verschillende inrichtingen.

Voorts kan een verspilling van energie worden tegengegaan door bewaking en automatische regeling van de warmteverbruikende processen. Ook door verbetering van de warmte-isolatie van de transportleidingen, de ventilatoren, de oventeuren en het oven- en drogerijlichaam zijn besparingen mogelijk.

Verder kunnen de warmteverliezen van drooginrichtingen en ovens worden beperkt door een meer effectief gebruik van de aan deze installaties toegevoerde warmte. Van belang zijn bijvoorbeeld:

- een nuttiger gebruik van de voelbare warmte in de rookgassen van continue ovens voor de opwarming van de halffabrikaten door een verlenging van de effectieve voorwarm-zone,
- een optimaal gebruik van in de koelzone van continue ovens tot hoge temperatuur voorgewarmde lucht voor het bakproces,
- een zuinig gebruik van relatief koude verbrandingslucht voor stookinrichtingen van ovens,
- een in warmte-economisch opzicht optimale keuze van de positie van en de luchttoevoer naar snelkoelsystemen op tunnelovens,
- een nuttiger gebruik van de voelbare warmte en de droogkracht van drooglucht in drooginrichtingen door bestaande mogelijkheden tot recirculatie van deze lucht intensiever toe te passen,
- een beperking van de warmtetoevoer aan drogers tot de kortst mogelijke effectieve droogtijdsduur.

Enkele van de genoemde maatregelen kunnen tot gevolg hebben dat de produktiecapaciteit van de bestaande oven of drooginrichting kleiner wordt. Uiteraard dient de eventueel daaruit voortvloeiende noodzaak tot uitbreiding van de betreffende installaties dan in de overwegingen te worden betrokken. Bij elke verandering van de produktiecapaciteit van een gegeven installatie moet rekening gehouden worden met de hierdoor optredende wijzigingen in de gehele structuur van de warmtebalans. Afhankelijk van het type installatie en de concrete bedrijfsomstandigheden kan bijvoorbeeld vergroting van de produktie in veel gevallen tot vermindering van het warmteverbruik per eenheid gefabriceerd produkt leiden.

3.2 HET GEBRUIK VAN AFVALWARMTE

Naast maatregelen ter beperking van de warmteverliezen kan het nuttig gebruik van de onvermijdelijke afvalwarmte een verbetering in de warmte-economie binnen de fabricage-eenheid opleveren.

Uit warmtebalansen van met brandstof gestookte continue ovens blijkt dat in het algemeen een kwart tot een derde van de in de vorm van brandstof aan de oven toegevoerde warmte met de schoorsteengassen wordt afgevoerd. In met brandstof gestookte periodieke ovens is dit deel dikwijls groter dan de helft.

Terugwinning van althans een gedeelte van deze warmte en het nuttig gebruik ervan bij het droog- of bakproces is een belangrijke doelstelling bij het streven naar energiebesparing. In aanmerking komen het directe gebruik van een deel van de rookgassen elders en het toepassen van warmtewisselaars zoals regene-

ratoren en recuperatoren. Regeneratoren zijn warmtewisselaars, waarin een keramische vulmassa afwisselend door rookgas en lucht wordt doorstroomd. In recuperatoren zijn het warmte-afgevend en het warmte-opnemend medium door een goed geleidende dunne wand gescheiden.

Milieuaspecten, een mogelijke aantasting van de kwaliteit van het halffabrikaat, vervuiliings- en corrosieverschijnselen bepalen mede de mogelijkheden van een nuttig gebruik van de warmte in de rookgassen van ovens. De rookgassen van met aardgas gestookte ketelinstallaties kunnen zonder bezwaar tezamen met van elders aangevoerde lucht direct voor het droogproces worden gebruikt.

De met de afgewerkte lucht uit drooginrichtingen afgevoerde hoeveelheid warmte is eveneens aanzienlijk. De lage temperatuur en de hoge vochtigheid maken terugwinning van deze warmte bij de gebruikelijke droogsystemen meestal niet verantwoord.

Warme lucht, die voor een sneller verloop van het koelproces uit een oven gezogen wordt heeft men steeds al voor droogdoeleinden gebruikt. Ter besparing op het krachtverbruik van de ventilator dienen de drukverliezen in het leidingnet door een verantwoorde dimensionering te zijn beperkt.

Het transmissieverlies van een ovenlichaam naar de lucht in de bedrijfsruimte en de door natuurlijke convectie uit een oven ontwijkende warme lucht zijn dikwijls ook belangrijke posten op de warmtebalans. De laatstgenoemde vorm van warmteafvoer wordt bij continue kamerovens het openpottenverlies genoemd. Ofschoon de op deze wijze verwarmde omgevingslucht een lage temperatuur heeft, kan zij dikwijls door afzuiging van onder het plafond van de bedrijfsruimte toch nuttig voor mengdoeleinden worden gebruikt.

In een concrete bedrijfssituatie kan worden overwogen het transmissieverlies naar de omgeving en naar het ovenfundament ten dele op een hoger temperatuurniveau terug te winnen, door deze warmte af te voeren via spouwen en ventilatiekanalen in het ovenlichaam. Men denke bijvoorbeeld aan een afsluitbaar ventilatiesysteem in de vloer en op het gewelf van de kamers van een continue kameroven.

Voor een optimaal gebruik van de in de vorm van warme lucht ter beschikking komende afvalwarmte moet er steeds een nuttig gebruiksdoel voor de totale warmtestroom aanwezig zijn, tenzij men voorzieningen kan treffen voor een tijdelijke opslag van deze warmte in warmte-accumulatoren, waarvoor bijvoorbeeld steenmassa's dienst kunnen doen.

Een direct gebruik van de totale warmtestroom veronderstelt onder meer een synchronisering van het droog- en bakproces. In concrete bedrijfssituaties zal nagegaan dienen te worden in hoeverre de vraag naar warmte op het aanbod ervan kan worden afgestemd.

3.3 HET BEPERKEN VAN HET WARMTEVERBRUIK VAN HET PRODUKT

Tot de maatregelen, die op dit vlak genomen kunnen worden behoort in de eerste plaats een zodanige correctie en bewaking van grondstofsamenstelling en vormgevingsconsistentie, dat er tijdens het droogproces zo weinig mogelijk water behoeft te worden verdampt.

Voorts kan worden nagegaan of het produkt wat vorm en afmetingen betreft, zonder afbreuk te doen aan de geschiktheid voor het gebruiksdoel, zodanig kan worden gewijzigd dat warmtebesparingen ontstaan. Gewichtsvermindering levert zowel bij het droogproces als bij het bakproces warmtebesparing op. Een lager gewicht van het eventueel bij het bakproces te gebruiken stapelmateriaal heeft eveneens een gunstig effect op het energieverbruik. Perforaties of holten in het produkt en vooral ook een open zetwijze leveren een vergroting van het warmte-uitwisselingsoppervlak op. De droog- en baktijden kunnen dan worden verkort, wat eveneens tot warmtebesparingen kan leiden.

3.4 HET GEBRUIK VAN GOEDKOPERE ENERGIEDRAGERS

Overschakeling op het gebruik van een andere energiedrager levert als zodanig geen energiebesparing op. Door een lagere prijs van de gebruikte energie kan een dergelijke wijziging echter toch kosten besparen.

Bij de fabricage van grofkeramische produkten verdient toevoeging van uitbrandstoffen aan de kleimassa zeker nadere overweging. Het gebruik van brandbare toeslagstoffen zal het brandstofverbruik bij het bakken in het algemeen gunstig beïnvloeden.

3.5 DE REALISEERBAARHEID VAN ENERGIEBESPARINGEN

In het vorenstaande werd een aantal mogelijkheden tot besparing van energie op korte termijn aangestipt. Zij hadden achtereenvolgens betrekking op het beperken van de warmteverliezen van installaties, het gebruik van afvalwarmte, het beperken van het warmteverbruik van het produkt en het gebruik van goedkopere energiedragers.

Het zal duidelijk zijn, dat de door bepaalde maatregelen te bereiken besparingen dienen te worden afgewogen tegen alle daarvoor te brengen offers. Ook eventuele besparingen op het energieverbruik in de vorm van warmte ten koste van het verbruik aan elektriciteit voor krachtopwekking dienen in de beschouwingen te worden betrokken.

4. *Energiebesparingen op middellange termijn*

Ten aanzien van maatregelen die op middellange termijn ter besparing van energie genomen kunnen worden is men minder afhankelijk van de huidige bedrijfs-situatie. Bij het opstellen van bedrijfsplannen voor de wat verder verwijderde toekomst kunnen meer ingrijpende wijzigingen in de structuur van de fabricage-eenheid worden overwogen en kan ruimer aandacht worden besteed aan de energieaspecten dan tot nu toe noodzakelijk was. Deze veranderingen zullen betrekking kunnen hebben op nagenoeg alle onderdelen van de fabricage-eenheid en bijna alle beslissingen zullen het energieverbruik van het totale systeem meer of minder beïnvloeden.

Zo zal bij een groter gekozen productiecapaciteit het energieverbruik per eenheid gefabriceerd produkt meestal iets dalen, aangezien de warmteverliezen van grote installaties per eenheid produkt in het algemeen wat geringer zijn dan die van kleine installaties.

Naast de grondstofkeuze en het produktontwerp heeft ook de keuze van de voorbereidings- en vormgevingstechniek invloed op het energieverbruik. Het ligt voor de hand een vormgevingstechniek waarbij weinig water uit het gevormde halffabrikaat behoeft te worden verdampt toe te passen. Uiteraard dient daarbij de besparing op het warmteverbruik te worden afgewogen tegen een eventueel hoger verbruik aan elektrische energie.

De invloed van de groeperingswijze op de droog- en baktijdsduur en daarmee op het energieverbruik van de betreffende processen is reeds aangestipt. Potentiële besparingen zullen in nieuwe aangepaste drogers en ovens het best realiseerbaar zijn. Bij het installeren van nieuwe ovens en drooginrichtingen kan in het bijzonder op de energie-economische aspecten van een bepaalde keuze worden gelet. Vooral voor een aantal produkten uit de grofkeramische industrie zal de toepassing van continue systemen in dit opzicht de voorkeur verdienen.

Met de tunneloven is in het algemeen een lager energieverbruik bereikbaar dan met de continue kameroven.

De inrichting van de drooginrichtingen en ovens kan in de komende jaren in warmte-economisch opzicht nog verder worden verbeterd. Voor wat de constructie betreft kan gelet worden op een betere thermische isolatie en op het vermin-

deren van het warmte-accumulerend vermogen van periodiek opgewarmde en gekoelde tunnelovenwagens, droogkamerwanden en ovenwanden.

Het gebruik van brandbare toeslagstoffen in klei zal ook op middellange termijn bezien voor verschillende grofkeramische produkten aantrekkelijk zijn.

Ten slotte kan bij het projecteren van een geheel nieuwe fabricage-eenheid gezorgd worden voor een goede synchronisering van de warmtestromen van ovens en drogers. In bepaalde gevallen kan zelfs een synchronisering van het warmte- en krachtverbruik worden overwogen, waarbij de afvalwarmte van een eigen elektriciteitsproductie nuttig voor droogdoeleinden wordt gebruikt.

In de naaste toekomst zal het inzicht in de vele mogelijkheden tot energie-bezuiniging verder verdiept moeten worden. Ter coördinatie van de inspanning die hiervoor nodig is, dienen de verschillende wegen die mogelijk tot bezuiniging leiden aan de hand van te voren op te stellen vaste regels en maatstaven te worden verkend.

5. LITERATUUR

1. Energy Conservation: Ways and Means.
Uitgave van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek
Koninklijk Instituut van Ingenieurs no. 19, 12 juni 1974.

Mededelingen van de secretariaten

Internationale vergadering over Elektro- en Magnetokeramik

De Deutsche Keramische Gesellschaft zal in samenwerking met de Nederlandse Keramische Vereniging op 12, 13, en 14 november 1974 in Baden-Baden een conferentie over elektro- en magnetokeramiek organiseren.

De opzet van deze bijeenkomst is het samenbrengen van de vakmensen uit diverse landen om discussies te houden over de problemen van de twee vakgebieden. Ook in 1970 is dit al eens gebeurd, de vergadering van nu wordt dan ook als de 2e Internationale Gezamenlijke Conferentie over Elektro- en Magnetokeramiek aangekondigd.

De tekst die de sprekers als inleiding neerschreven zal te voren aan de deelnemers worden toegezonden. Op de bijeenkomst zelf krijgt de auteur een kwartier spreektijd om zijn betoog nader toe te lichten. Daarna is er een kwartier gelegenheid voor discussie. Duits en Engels zijn de congrestatealen.

Op 12 november is er alleen 's avonds een officiële ontvangst. Op 13 november wordt het eigenlijke congres door Dr N. Fasolt en Ir D. J. Perduijn, voorzitters van de organiserende verenigingen, om 9.00 uur geopend. Daarna wordt op deze en de volgende dag het volgende programma afgewerkt:

Woensdag 13 november:

Magnetokeramiek

- 9.10— 9.40 N. A. Mansour, A. M. Gadalla, H. W. Hennicke: Oxidation-reduction reactions for oxides of barium and iron in air.
- 9.40—10.10 F. Petzi: Hochtemperaturöfen zum Sintern von elektronischen Massen in Schutzgasatmosphäre.
- 10.10—10.40 H. E. M. Stassen, J. G. M. de Lau, D. Veeneman; The fabrication of dense Mn-Zn ferrites for recording head applications.
- 11.00—11.30 J. G. M. de Lau, P. F. G. Bongaerts, J. L. H. M. Wijggangs, A. L. Stuijts; Investigation of the chemical inhomogeneities of ferrite powders by means of continuous hot pressing.
- 11.30—12.00 F. J. Esper, G. Kaiser: Substituierte Hartferrite mit geändertem Temperaturverhalten einiger magnetischer Kenngrößen.
- 12.00—12.30 F. Kools: Characterization of hexaferrite powders and suspensions.

Ferro-elektrika

- 14.30—15.00 A. J. Burggraaf, K. Keizer: On the dielectric properties of La-substituted PbTiO_3 and $\text{Pb}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ ceramics. Part 1: Effects of microstructure (grain size).
- 15.00—15.30 M. Wolters, A. J. Burggraaf: (onderwerp als boven). Part 2: Relaxational polarization.
- 15.30—16.00 K. Carl: Ferroelectric properties and degradation effects of PbTiO_3 ceramics.
- 16.00—16.30 D. Hennings: Microstructure and mechanical stability of doped lead titanate ceramics.
- 17.00—17.30 R. Zeyfang, B. Hardiman, G. Grabe: Struktur und elektrische Eigenschaften pyroelektrischer keramischer Werkstoffe.
- 17.30—18.00 K. Okazagi: Microstructures and electrical properties of ferroelectric ceramics.
- 18.00—18.30 K. Okazagi: Recent ferroelectric ceramic industry in Japan.

Donderdag 14 november:

- 8.30—9.00 K. Carl, K. H. Härdtl: Nachwirkungserscheinungen in Mn-dotierten $\text{Pb}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ -Keramiken.
- 9.00—9.30 D. J. Perduijn, H. Ch. Verjans: Betrachtungen über Alterungsmechanismen von Cr-haltigen $\text{Pb}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ -Keramiken.
- 9.30—10.00 H. Thomann: Piezokeramik für mechanische Filter.
- 10.30—11.00 M. N. Swilam, A. M. Gadalla: Effect of additions of the sinterability of BaTiO_3 .
- 11.00—11.30 M. N. Swilam, A. M. Gadalla: Decomposition of barium titanyl oxalate and assessment of barium titanate produced at various temperatures.
- 11.30—12.00 P. Gerthsen, G. Krüger: Koerzitivkraft in feinkörniger PLZT-Keramik.
- 12.00—12.30 K. Handschuh, K. Tzschentke, N. Nink; Piezoelektrische Keramik zur Anwendung in Hochleistungswandlern, speziell für piezoelektrische Transformatoren.
- 14.30—15.00 H. W. Grueninger, R. Zeyfang, M. Gauntlett: Strukturelle und dielektrische Eigenschaften von Lithiumniobat-Mischkristallen.

Halfgeleiderkeramiek

- 15.00—15.30 R. Wernicke: Bestimmung des Diffusionskoeffizienten der Sauerstoffleerstellen aus dynamischen Leitfähigkeitsmessungen an BaTiO_3 und SrTiO_3 .
- 15.30—16.00 K. Lubitz: Die Temperaturverteilung in Kaltleitern.
- 16.30—17.00 H. P. Klein, S. Strässler. A simple model of a zinc oxide variator.
- 17.00—17.30 J. T. C. van Kemenade, R. K. Eijnthoven: Sintering of ZnO for voltage dependent resistors.
- 17.30—18.00 R. Einzinger: Mikrokontaktmessungen an ZnO -Variatoren.
- 18.00—18.30 Slotdiscussie.

Op woensdagavond wordt de wijn van 'Klostergut Fremersberg' geproefd.

De congreskosten zijn vastgesteld op DM 150,— voor leden van een van de organiserende verenigingen en op DM 190,— voor andere deelnemers. Studenten, auteurs en medeauteurs betalen niets.

Aanmeldingsformulieren zijn te krijgen bij de Geschäftsstelle der Deutschen Keramischen Gesellschaft, D-5340 Bad Honnef 1, Postfach 129, West-Duitsland.