

Deel 2

Expert III-systeem voor ovenoptimalisatie

Samenvatting

TCKI heeft in afstemming met TNO, in opdracht van KNB en SenterNovem, onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om het energieverbruik van tunnelovens te minimaliseren bij sterk wisselende ovenproducties. Productiewisselingen zoals bijvoorbeeld productsoort-wisseling en schuiftempowisselingen blijken een negatieve invloed te hebben op het oven-energieverbruik per ton product. In de meest ideale vorm zou de oven voortdurend opnieuw moeten worden ingeregeld bij wisselingen. Dit blijkt in de praktijk niet alleen tijdrovend en risicovol te zijn, maar ook zeer complex. Dit is een belangrijke reden waarom in de praktijk dit slechts beperkt (of veelal helemaal niet) gebeurt, met een hoger energieverbruik als gevolg.

Bij steenfabriek Huissenswaard te Angeren heeft TCKI gedurende anderhalf jaar continumetingen uitgevoerd om de procestechnische gedragingen van de tunneloven in verband te brengen met de product- en tempowisselingen. De energiebalans van de tunneloven raakt verstoord door wisselingen in massadoorzet. Bij een lage

ovenproductie kan de post rookgasverliezen verhoudingsgewijs groot worden. Gebleken is dat de zogenaamde specifieke rookgasstroom goed correleert met het gasverbruik van de oven. De specifieke rookgasstroom in [kg rookgas/kg product] is de hoeveelheid rookgassen [kg/h] gedeeld door de productiestroom [kg/h]. Gebleken is dat de tunneloven naar een minimum aardgasverbruik gaat, als – naast een aantal andere voorwaarden – de specifieke rookgasstroom ook optimaal is. Dit impliceert dat zowel een te lage als een te hoge waarde aanleiding geeft tot een verhoogd ovenverbruik. Tevens is vastgesteld dat naarmate het oventempo daalt, hogere specifieke rookgasstromen optimaal zijn. Bij onderzoek naar de optimale specifieke rookgasstromen per product kan de optimale rookgasstroom worden berekend en gebruikt om de oven te regelen. Bewaken van veilige procesgrenzen (temperaturen, drukken en ovenatmosfeer) blijft daarbij belangrijk. De volledige tekst van dit artikel is verdeeld over twee opeenvolgende KGK nummers (KGK 1 en 2).

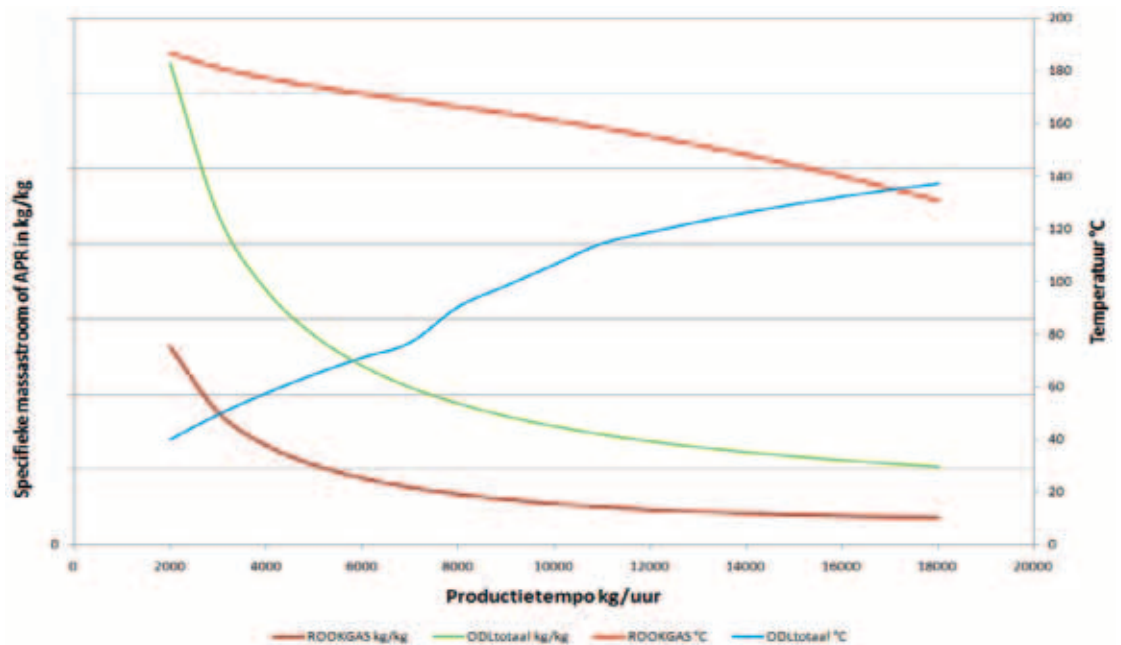
Hans (J.C.) Marks en
Coen (C.D.) van Mosseveld,
TCKI

Tijdens een goed bezochte Voorjaarsbijeenkomst van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging (KNCV) hield mr. Ewald L.J. van Hal, directeur van brancheorganisatie VKO, een voordracht over de onverwachte mogelijkheden van baksteen, keramische dakpannen en al die andere vertrouwde keramische producten op het gebied van duurzaamheid. Hiermee gaf Van Hal vanuit de keramische industrie een antwoord op de vraag die de organisatie had neergelegd: 'Nederland duurzaam; wat biedt de chemie?'

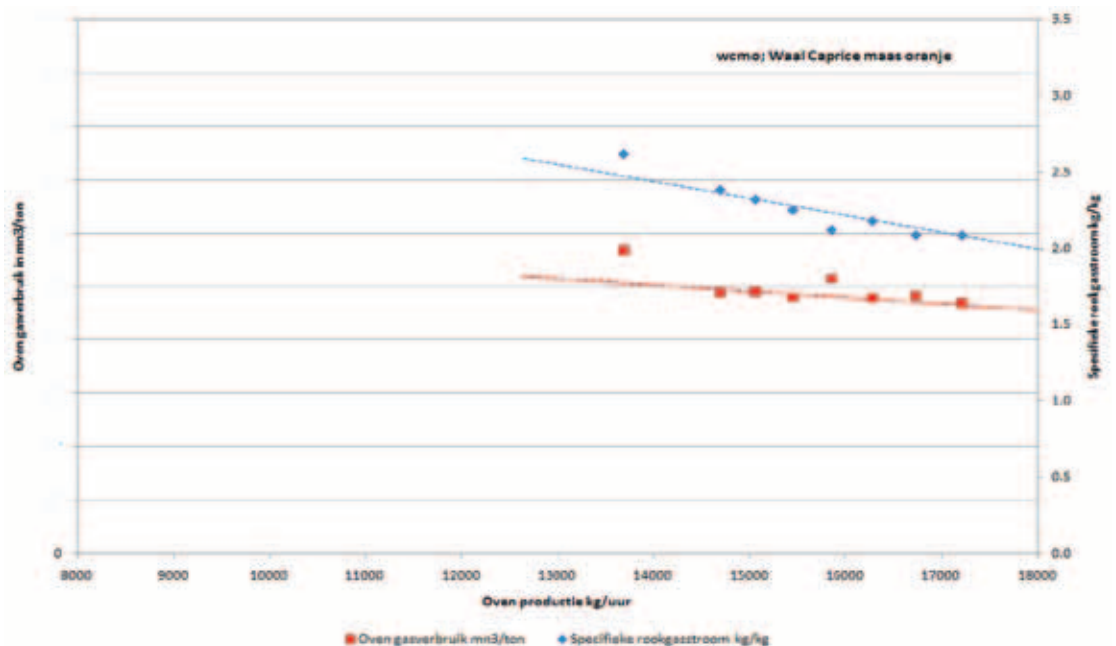
In deel 1 (in KGK 1) is de zogenaamde dynamische energiebalans beschreven, gevolgd door een beschrijving, inclusief grafieken, waarin de relatie van de diverse energiegrootheden van de tunneloven met het productietempo wordt beschreven. Dit artikel (deel 2) begint met een uitleg wat de oven procesgrootte 'Rookgas APR' inhoudt en hoe deze zich gedraagt in relatie tot het oventempo. In het daaropvolgende gedeelte wordt uitgelegd op welke manier de rookgas-APR kan worden gebruikt om het aardgasverbruik van de tunneloven te optimaliseren. Deel 2 eindigt met een beschrijving van een Expert III-regelstrategie en de mogelijkheden voor energiebesparing. De complete tekst (deel 1 en 2) is te vinden op de KGK-website. Uit het eerste deel van het artikel is het belang van het rookgas-energieverlies duidelijk gewor-

den. Het energieverlies is een combinatie van het rookgasdebiet in m³/uur of kg/uur met de uittreed-temperatuur. Een lager debiet en een lagere uittreedtemperatuur doen het energie-rookgasverlies verlagen. Uit diverse correlatiestudies is gebleken dat de zogenaamde rookgas-APR het beste matcht met het oven aardgasverbruik. Met een APR wordt Air Product Ratio of specifiek rookgasverlies bedoeld. Deze wordt bepaald door het debiet uit te drukken in kg/uur en deze te delen door het productietempo van de oven eveneens in kg/uur. Hiermee ontstaat een dimensieloos getal die het aantal kg rookgassen aangeeft per kg geproduceerd product. In de Duitstalige gebieden wordt dit ook wel LZ-verhouding genoemd (Luft-Ziegel Verhältnis). Voor de oven van Steenfabriek Huissenswaard is zowel de APR-waarde van de rookgasstroom

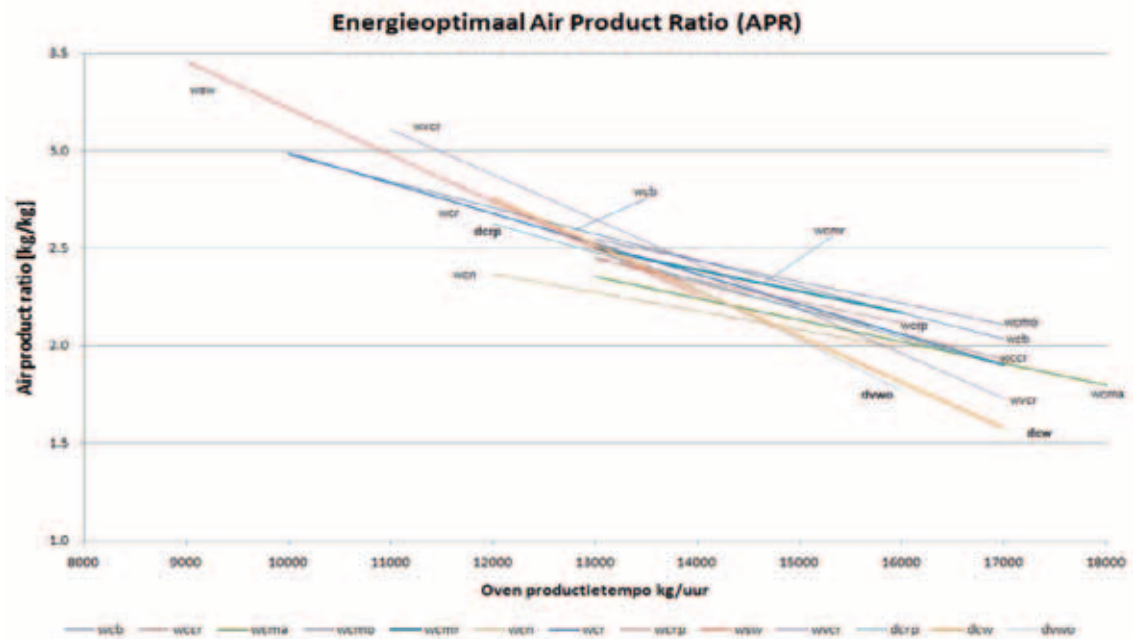
Grafiek 5: Ovendebieten uitgedrukt als APR-waarden in relatie tot productietempo



Grafiek 6: Relatie rookgas-APR en ovenaardgasverbruik



Grafiek 7: Energie-optimale rookgas-APR-waarden per productsoort in relatie tot oventempo



(RG-APR) als ook van de APR van ovendroge-rijlucht (ODL-APR) bepaald op basis van langdurige metingen van debieten en productietempo. Deze relatie is samen met de bijbehorende gemiddelde temperaturen weergegeven in grafiek 5.

Duidelijk is in de grafiek te zien dat zowel de rookgas- als de ODL-APR-waarden oplopen bij lager tempo. Dat betekent dat voor elke kg geproduceerde baksteen de hoeveelheid rookgas toeneemt. Hetzelfde geldt voor de ODL-stroom. Tevens is in de grafiek te zien dat de gemiddelde rookgastemperatuur oploopt bij afnemend oventempo. De ODL-temperatuur daalt daarentegen gestaag.

Grafiek 6 onderzoekt toont aan dat het aardgasverbruik van de tunneloven het laagste is wanneer de rookgas-APR een optimale waarde bereikt. Dit impliceert dat een te lage RG-APR, en dus een te laag rookgasdebiet, het tunneloven aardgasverbruik doet verhogen, maar ook een te hoge waarde heeft hetzelfde tot gevolg.

De punten van grafiek 6 zijn gemiddelden van een veel groter aantal waarnemingen, behorende bij een specifiek oventempo. De gestippelde lijnen vertegenwoordigen de optimale rookgas-APR, behorende bij het minimale aardgasverbruik van de tunneloven op dat moment. De optimale rookgas-APR is sterk afhankelijk van het productsoort en zal daarom ook proefondervindelijk per productsoort moeten worden bepaald. Wat eveneens uit de grafiek valt af te leiden is dat met het dalen van het oventempo hogere rookgas-APR's optimaal blijken te zijn. Dit impliceert dat het rookgasdebiet anders moet worden ingesteld als het tempo daalt of stijgt. Deze conclusie is de

basis voor de Expert III-regelstrategie. De reden hiervoor moet worden gezocht in het volgende. Als het rookgasdebiet te hoog is ingesteld zal het hogere debiet, dat vanuit de koelzone via de vuurzone de opwarmzone instroomt, ondersteuning geven aan de opwarming van de producten. Hierdoor heeft het voorvuur het makkelijker, echter de brandergroepen direct achter de snelkoelingen en hoge temperatuurafzuiging moeten meer koude lucht opwarmen tot deze de stooktemperatuur bereikt. Deze groepen gebruiken meer aardgas dan het minderverbruik dat de opwarmzone spaart door het hogere rookgasdebiet. In deze situatie neemt de rookgastemperatuur toe, maar eveneens de rookgas-APR, waardoor het energieverlies door de schoorsteen toeneemt.

In de situatie dat het rookgasdebiet te laag staat ingesteld is de omgekeerde situatie aan de orde. Het voorvuur gebruikt meer aardgas dan het achtervuur kan sparen, door het feit dat er minder koude lucht moet worden opgewarmd. Hiertussen bevindt zich dus het optimum. Waar het optimum ligt is sterk afhankelijk van het productsoort (stook-curve) en de ovenconstructie. Ook de aanwezigheid van lekstromen via de zandafdichting tussen wagen en oveninwendige spelen hierin een rol. Per oven en per productsoort zal hiervoor een optimale instelling gevonden dienen te worden. Dat de optimale rookgas-APR toeneemt bij afnemende productie heeft te maken met de vaste verliezen. Hiermee wordt bedoeld het warmteverlies door de wanden en het dek. Omdat de curve van de oven veelal niet verandert bij geringe tempowisselingen blijft de verliespost door de wanden en het dek gelijk, terwijl de ovendebieten in absolute zin wel afnemen. De emissieverliezen nemen relatief gezien dus toe en die moeten worden

gecompenseerd door hogere debieten. In grafiek 7 zijn voor verschillende producten van steenfabriek Huissenswaard optimale rookgas-APR-waarden weergegeven op basis van langdurige meting en analyse.

Beschrijving Expert III-regelstrategie

Het optimaliseren van het ovenverbruik bij wisselend oventempo is te realiseren door een goede inregeling van het ovendebiet. Of beter nog, de inregeling van de juiste rookgas-APR. Dat betekent dat de rookgas-APR bepaald of bekend zal moeten zijn. Om deze te bepalen is niet alleen een rookgasdebietmeting van belang, maar ook een bepaling van het oventempo in kg/uur. Als een continueregeling van de rookgas-APR wordt gevraagd, dan moet er dus een continu signaal van de ovenproductie voorhanden zijn. Het productietempo resulteert uit de schuiftijd per tunneloven-wagen en het gewicht van de belading erop. Het schuiftempo zal geen problemen opleveren, maar een continuebepaling van het productiegewicht is veelal niet voorhanden. Wanneer verandering van het oventempo niet te snel gaat, is handmatige controle of bepaling van de rookgas-APR dus ook een mogelijkheid. Voor zowel handmatige, dan wel automatische regeling van de rookgas-APR kan de volgende procedure worden gevolgd.

Voor zowel de handmatige als de automatische Expert III-regeling zijn een aantal zaken van belang. Ten eerste zal duidelijk moeten zijn welke rookgas-APR-waarde optimaal is. Deze wordt verkregen door eigen onderzoek. Daarnaast is een goede bepaling van de oventempo in kg/uur op vaste momenten of zelfs continu van gelang en goede (continue) meetgegevens van het rookgasdebiet in kg/uur. Het optimale rookgasdebiet wordt verkregen door het actuele oventempo te vermenigvuldigen met de optimale APR-waarde uit de tabel. Wanneer er verschil bestaat tussen de bepaalde optimale waarde en de actuele waarde van de rookgasstroom moet de rookgasregeling in actie komen om het verschil te elimineren. Tot slot is het van groot belang dat er geen onveilige situaties ontstaan, bijvoorbeeld ongewenste reductie of een veel te hoge rookgas-temperatuur. Belangrijke ovenparameters zullen daarom moeten worden bewaakt.

Als de ovenatmosfeer de bepalende factor is voor het ingestelde rookgasdebiet, dan kan het zo zijn dat het laagst haalbare rookgasdebiet, behorende bij de gewenste ovenatmosfeer, gelijk is aan de optimale waarde. Dit kan zich voordoen bij producten die gevoelig zijn voor reductie in relatie tot ongewenste verkleuring. In dat geval is optimalisatie gelijk aan minimalisatie van het rookgasdebiet en is in feite de ovenatmosfeer dominant in de regeling.

Het bewaken van veilige procesgrenzen is erg belangrijk. De rookgas-APR-regeling staat niet borg voor overschrijding van veilige procesgrenzen. Zo kan bijvoorbeeld de rookgastemperatuur veel te laag of veel te hoog worden. Eveneens is het mogelijk dat de ovenatmosfeer (CO₂ en O₂) niet gewenste waarden bereikt die de kleur van het product nadelig beïnvloeden. De regeling moet dus worden begrensd als onveilige situaties optreden.

Besparingen met Expert III

Energiebesparing in algemene zin

Het belangrijkste doel van het expertsysteem is energiebesparing en uiteindelijk kostenbesparing. Een goed werkend Expert III-systeem moet een keramisch bedrijf helpen een energieoptimale instelling voor de tunneloven te handhaven. Een belangrijke vraag in het kader van dit project is hoeveel energiebesparing mogelijk is wanneer een Expert III-systeem zou worden geïmplementeerd. Op deze vraag is in algemene zin geen eenduidig antwoord te geven. Hoeveel energiebesparing mogelijk is, hangt natuurlijk sterk af van het feit hoever de inregeling van de tunneloven uit het optimale punt is gepositioneerd. Voor een zeer slecht ingeregelde oven die bovendien nog te maken heeft met veel product- en tempo-wisselingen, is het besparingspotentieel veel groter dan bijvoorbeeld een zeer goed ingeregelde oven die te maken heeft met weinig tempowisselingen.

Besparingen voor Steenfabriek Huissenswaard

De vraag die wel beantwoord kan worden is welke energieresultaten er geboekt zijn met de APR-inregelwerkwijze bij de oven van Steenfabriek Huissenswaard. Bij de gedeeltelijke nieuwbouw van het bedrijf in 2004 is alles erop gericht geweest om, met name de oven, goed te kunnen inregelen. Hiertoe is de oven voorzien van één van de meest geavanceerde meet- en regelsysteem die er beschikbaar is. Dit maakte het bedrijf ook uitermate geschikt om het brancheproject bij dit bedrijf uit te voeren. Er zijn standaard al veel meetgegevens beschikbaar. Wel is het zo dat bij dit bedrijf veel verschillende productsoorten worden geproduceerd, waardoor er maar weinig momenten van langdurige stabiele productie bestaan. Na aanvang van het project eind 2006 zijn er gaande het project meer inzichten beschikbaar gekomen en besproken met de bedrijfsleiding. Eind 2007 begin 2008 heeft het bedrijf actief, maar wel handmatig, het specifieke rookgasdebiet zo minimaal mogelijk gehouden. Becijferd is dat een besparing van 200.000 m_n³/jaar mogelijk is. Dit is een besparing van 3,5 %. Dit is naar beneden afgerond 3 % op het ovenaardgasverbruik en 2 % op het totaal aardgasverbruik van het bedrijf. Bij een aardgasprijs van

25 cent per m_n^3 aardgas geeft dit een financiële besparing van € 50.000,- per jaar.

Besparing op elektriciteit

De metingen en analyses tonen aan dat het specifiek ovenelektriciteitsverbruik (kWh/ton) bijna verdubbelt bij een halvering van het oventempo. Het gevonden verband tussen het oventempo en het specifiek ovenverbruik is tot een halvering bij benadering lineair. Dit impliceert dat bij elke verlaging van de productie vanaf het maximaal haalbare tempo tot een evenredige hoger elektriciteitsverbruik leidt. Er is geen specifiek onderzoek gedaan naar de oorzaken die hier aan ten grondslag liggen. Het vermoeden bestaat dat dit te maken heeft met veel vast (tempo-onafhankelijke) verbruikers.

Beheersing van het ovenelektriciteitsverbruik valt nu buiten het domein van de Expert III-regelstrategie, maar kan hier desgevraagd in de toekomst aan worden toegevoegd.

Besparing voor de branche

Het project biedt de branche meet- en analyse-technieken - inclusief een regelstrategie om ener-

gieverliezen van de oven in zijn algemeenheid en in het bijzonder bij tempo- en productwisselingen - tot een minimum te beperken.

Het voordeel van de Expert III-regelfilosofie is dat het mogelijk is de werkwijze handmatig uit te voeren zonder dat er grote investeringen in software en regelapparatuur nodig is.

Belang aangetoond

Het Expert III-project heeft veel meetinformatie over tunnelovens opgeleverd. Analyse van deze informatie heeft inzicht gegeven in het gedrag van met name de tunnelovens in relatie tot tempowisselingen. Meetinformatie van tunnelovens is niet uniek, maar wel in deze vorm. Deze informatie heeft het belang van beheersing van de tunnelovens-rookgasstroom bij tempowisselingen aangetoond. Zonder te weten hoe de responsies van tunnelovens verlopen is het niet mogelijk een Expertsysteem ter optimalisatie van het energieverbruik op te zetten. Dit onderzoek is een eerste aanzet daartoe. Aanvullende kennis zal uiteindelijk moeten worden geïmplementeerd in een door de jaren heen evoluerend operationeel Expertsysteem. ■

EXCELLENCE IN MACHINERY AND PARTS



Brick Presses



Special Shape Presses



Simulated Handmoulded Bricks

SOFT MUD SPECIALIST



Sand Dryers



Water Treatment



Dust Extraction



DE BOER

Machinefabriek De Boer B. V.
Koopvaardijweg 2
6541 B5 Nijmegen
The Netherlands

Phone +31(0)24 377 22 33
Fax +31(0)24 378 39 24

info@deboermachines.nl
www.deboermachines.nl



Machinefabriek Daanen B.V.
Kleine Broekstraat 24
5831 AP Boxmeer
The Netherlands

Phone +31(0)485 56 21 21
Fax +31(0)485 57 23 36

info@mfdaanen.nl