

LE DEFUMAGE DES AGGLOMERES AU BRAI EN LIT DE SABLE FLUIDISE

Synthèse des recherches réalisées
à la station d'essai de l'Institut National
de l'Industrie Charbonnière

M. MARCOURT,

Ingenieur principal à Inchar.

HET ONTROKEN VAN EIERKOLEN MET PEK IN BEWEGEND ZANDBED

Overzicht van de opzoekingen verricht
in het proefstation van het Nationaal Instituut
voor de Steenkolenijverheid

M. MARCOURT,

Eerstaanwezend Ingenieur bij het Nationaal Instituut
voor de Steenkolenijverheid.

RESUME

Le défumage oxydant des agglomérés au brai peut être réalisé dans un lit de sable chaud fluidisé à l'air en continu ou par intermittence.

La température optimum de traitement se situe au voisinage de 350°, mais des résultats satisfaisants peuvent être obtenus dans toute la zone comprise entre 300 et 350°.

En fluidisation continue, le traitement dure de 20 à 40 minutes et il en résulte une certaine dégradation de la surface de l'aggloméré.

En fluidisation intermittente (5 secondes de fluidisation pour 60 à 90 secondes de lit fixe), la durée de traitement peut varier de 45 à 90 minutes; l'érosion superficielle de l'aggloméré est négligeable et le rendement pondéral sec/sec dépasse généralement 98 %.

Les boulets à base de charbons maigres (MV de 10 à 14 %) se défument plus difficilement que les boulets anthraciteux. La durée du traitement dépend également dans une large mesure du diamètre des agglomérés et de leur teneur en brai; ceci conduit à conseiller une teneur en liant limitée à 7 % et un poids d'aggloméré compris entre 10 et 20 grammes.

Dans le cas des boulets au bitume, le traitement de défumage doit être de très longue durée; il s'accompagne d'une forte réduction des qualités mécaniques des agglomérés et d'une perte de poids de l'ordre de 4 à 5 %.

SAMENVATTING

Het oxyderend ontroken van eierkolen met pek kan plaats vinden in heet zandbed dat door middel van lucht op doorlopende wijze of bij tussenpozen wordt in beweging gebracht.

De optimale behandelingstemperatuur ligt rond de 350°, maar bevredigende resultaten kunnen bekomen worden in gans de zone gelegen tussen 300 en 350°.

Met doorlopende beweging duurt de behandeling 20 tot 40 minuten en geeft ze aanleiding tot een zekere aftakeling van het oppervlak der agglomeraten.

Met een onderbroken beweging (5 seconden beweging voor 60 tot 90 seconden rust) kan de behandelingsduur variëren van 45 tot 90 minuten; de verwerking aan het oppervlak van de agglomeraten is te verwaarlozen en het gewichtsrendement droog voor en na bedraagt over het algemeen meer dan 98 %.

Het ontroken van eierkolen op basis van magere kolen (Vl. B. van 10 tot 14 %) is minder gemakkelijk dan dat van eitjes van antraciet. De duur der behandeling hangt ook in ruime mate af van de afmetingen van de agglomeraten en hun gehalte aan pek; praktisch is het aan te raden zich te beperken tot 7 % pek en een gewicht van het agglomeraat begrepen tussen 10 en 20 gram.

Zijn de eierkolen gebonden met bitumen dan duurt de behandeling zeer lang; ze gaat gepaard met een sterke achteruitgang van de mechanische eigenschappen der agglomeraten en een gewichtsverlies van de orde van 4 tot 5 %.

L'observation du temps d'apparition de la première fumée noire, qui se dégage lorsque le boulet traité est introduit dans un four à moufle préchauffé à 950°, constitue un moyen d'estimation de la profondeur de défumage. Ce test, valable pour les agglomérés à base d'anhracite, conduit à des résultats aberrants lorsque l'on tente de l'appliquer aux agglomérés à base de charbon maigre.

ZUSAMMENFASSUNG

Die oxydierende Behandlung von Pechbriketts um sie rauchfrei zu machen kann in einem heissen Sandbett erfolgen, welches durch ständigen oder intermittierenden Luftstrom verwirbelt wird.

Die optimale Arbeitstemperatur dieses Verfahrens liegt bei etwa 350° C. Befriedigende Ergebnisse liefert aber der ganze Bereich zwischen 300 und 350° C.

Bei ständiger Verwirbelung dauert die Behandlung 20 bis 40 Minuten und ist mit einer gewissen Abwertung der Oberfläche des Gutes verbunden.

Bei intermittierender Verwirbelung (5 sec Wirbelbett auf 60 bis 90 sec Festbett) kann die Behandlungsdauer zwischen 45 und 90 Minuten schwanken; die oberflächige Erosion des agglomerierten Gutes ist dabei unerheblich und das Gewichtsausbringen trocken auf trocken liegt allgemein über 98 %.

Briketts auf Magerkohlenbasis (fl. Bestandteile 10 bis 14 %) sind schwieriger zu behandeln als anhracitisches Brikettiergut. In beiden Fällen hängt die Einsatzdauer weitgehend vom Durchmesser der Briketts und ihrem Pechgehalt ab; dies lässt einen Grenzgehalt an Bindemittel von 7 % und ein Gewicht der Briketts zwischen 10 und 20 Gramm als angemessen und ratsam erscheinen.

Wenn Bitume als Bindemittel gebraucht ist muss die Behandlung von sehr langer Dauer sein; sie ist begleitet von einer starken Abnahme der mechanischen Brikettseigenschaften und einem Gewichtsverlust in der Höhe von 4 bis 5 %.

Die zeitliche Beobachtung der ersten schwarzen Rauchbildung, welche eintritt wenn die behandelten Briketts in einen auf 950° C voverhitzten Muffelofen eingeführt werden, ermöglicht eine Schätzung der Tiefe der Oxydierung. Dieser Test, gültig für die anhracitischen Briketts, führt zu abweichenden Ergebnissen, wenn man ihn auf Brikettiergut aus Magerkohlen zu übertragen versucht.

De tijd die er verloopt tussen het inbrengen van een behandeld agglomeraat in een oven voorverwarmd op 950°, en het verschijnen van de eerste zwarte rook, geeft een goed middel om de diepte van de ontroking te schatten. Deze proef geldt echter alleen voor eitjes op basis van anhraciet en geeft afwijkende resultaten als men ze toepast op eitjes uit vette kolen.

SUMMARY

The oxydizing de-smoking of pitch briquettes may be carried out in a hot sand bed, air-fluidized continuously or intermittently.

The optimum temperature for the treatment is about 350°, but satisfactory results may be obtained in the entire range between 300 and 350°.

In continuous fluidization, the treatment lasts 20 to 40 minutes and results in some degradation of the surface of the briquettes.

In intermittent fluidization, (5 seconds fluidization for 60 to 90 seconds fixed bed), the duration of the treatment may vary between 45 and 90 minutes; the superficial erosion of the briquette is negligible and the ponderal output dry/dry generally exceeds 98 %.

Briquettes made basically from lean coal (MV 10 to 14 %) are more difficult to de-smoke than anthracite briquettes. The duration of the treatment also depends to a large extent on the diameter of the ovoids and the proportion of pitch; this makes it advisable to limit the proportion of binder to 7 % and for the weight of the ovoid to be between 10 and 20 grammes.

If bitumen is used as binder, the de-smoking treatment must be of very long duration; it is accompanied by a considerable reduction in the mechanical qualities of the briquettes and a loss of weight of about 4 to 5 %.

The observation of the time of the appearance of the first black smoke, which is given off when the briquette treated is put into a muffle-oven preheated to 950° constitutes a means of assessing the depth of de-smoking. This test, valid for anthracite briquettes, produces inaccurate results when applied to briquettes made from lean coal.

1. HISTORIQUE

Les agglomérés au brai de charbon anthraciteux ou maigre dégagent en brûlant des fumées combustibles qui diminuent le rendement calorifique des poêles. Ces matières goudronneuses présentent de plus l'inconvénient d'être malodorantes et de se déposer dans les récupérateurs des foyers domestiques et dans les cheminées, augmentant ainsi les risques d'incendie. Pour l'usager, le boulet au brai constitue un combustible de second choix comparé aux classés anthraciteux qui conservent sa préférence.

L'idée de « défumer » les agglomérés au brai, par un traitement thermique en présence de fumées oxydantes, est apparue vers les années 1930 et il semble que sa première application industrielle ait été tentée, vers cette époque, dans une usine d'agglomération de la région de Nantes.

Le procédé de défumage « Nantes charbons » est toujours utilisé à l'heure actuelle ; les boulets, contenus dans des paniers métalliques, sont traités pendant deux heures dans des fours à cuves parcourus par les fumées chaudes et oxydantes provenant d'un foyer attenant.

Ce type de traitement discontinu se prête mal au développement d'une large production industrielle et ce n'est qu'en 1954 que les recherches entreprises par les Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais aboutirent au développement d'un premier four de défumage à fonctionnement continu. Ce four a la forme d'un tunnel, d'environ 60 m de longueur ; les boulets, chargés sur des wagonnets à fond perforé, sont soumis à un traitement progressif par soufflage de fumées chaudes contenant environ 10 % d'oxygène, la durée de l'opération, y compris les périodes de préchauffage et de refroidissement, est de l'ordre de 5 h 30.

Un nouveau progrès devait être réalisé quelques années plus tard par la création d'un nouveau modèle de four tunnel avec bande transporteuse métallique, qui simplifie la manutention des agglomérés et qui ramène à deux heures la durée totale de traitement.

Les premières recherches d'Inichar dans le domaine du traitement thermique des agglomérés de houille visaient à réaliser le séchage rapide de boulets de charbon gras agglomérés au lignosulfite.

Dès 1957, il nous était apparu que cette opération pourrait être réalisée de façon plus rapide et plus sûre en utilisant un lit de sable chaud, fluidisé par un courant ascensionnel d'air ou de fumées, et qui servirait tout à la fois de thermophore et de moyen de transport des agglomérés. Les avantages du lit de sable fluidisé sont multiples : coefficient de transfert de chaleur très supérieur à celui des

1. HISTORIEK

De agglomeraten vervaardigd met pek uit antraciet of vette kolen geven bij het branden brandbare rookgassen die het thermisch rendement der kachels verminderen. Deze pekachtige bestanddelen bieden bovendien het nadeel dat ze onwelriekend zijn en zich neerzetten in de economisers der vulhaarden en in de schouwen en aldus het gevaar voor brand verhogen. Voor de verbruiker betekenen eitjes met pek een tweederangsbrandstof in vergelijking met de geklasseerde antraciet die zijn voorkeur blijft genieten.

De gedachte de pekagglomeraten rookloos te maken door middel van een thermische behandeling in aanwezigheid van oxyderende rookgassen is verschenen rond de jaren 1930 en het schijnt dat een eerste poging op industriële schaal in deze periode gewaagd werd in een agglomeratenfabriek van de streek van Nantes.

Het ontrotingsprocédé « Nantes charbons » wordt thans nog gebruikt ; de eitjes worden geborgen in metalen korven en gedurende twee uren behandeld in een kuipoven die doorlopen wordt door de hete en oxyderende gassen van een aangebouwde haard.

Een dergelijke discontinu behandeling leent zich slechts tot een grote produktie op industriële schaal en het heeft geduurd tot in 1954, vooraleer de opzoekingen gedaan door de Houillères du Nord et du Pas-de-Calais leidden tot de bouw van een eerste oven voor het doorlopend ontrokken van eierkolen. Deze oven heeft de vorm van een tunnel, met een lengte van ongeveer 60 m ; de eitjes worden geladen in wagens met doorboorde bodem en blootgesteld aan een geleidelijk opgedreven behandeling met een hete stroom van rookgassen die ongeveer 10 % zuurstof bevatten ; met inbegrip van de perioden van voorverwarming en afkoeling bedraagt de duur van de operatie nagenoeg 5 h 30.

Enkele jaren later werd een nieuwe stap vooruit gezet door de oprichting van een nieuw model tunneloven uitgerust met een metalen vervoerband, waardoor de behandeling werd vereenvoudigd en de duur van verblijf verminderd tot twee uren in totaal.

De eerste opsporingen van Inichar op het domein van de thermische behandeling der kolenagglomeraten beoogden vooral het snelle drogen van eitjes uit vette kolen gebonden met lignosulfiet.

Sinds 1957 wisten wij dat deze operatie sneller en beter kon verricht worden door middel van een heet zandbed, dat door een stijgende lucht- of gasstroom in beweging wordt gebracht, dat tegelijkertijd dient om de warmte aan te brengen en om de agglomeraten te transporteren. De voordelen van het bewegend zandbed zijn talrijk : de voortplantingscoëfficiënt van de warmte is veel beter dan die van de gassen ; - grote gelijkmatigheid van tem-

gaz - grande uniformité des températures qui évite la formation de points chauds susceptibles d'enflammer la charge - possibilité de réaliser un four de traitement continu, de grande capacité, dans lequel le transport de la charge puisse être assuré sans l'intervention d'aucune pièce mécanique mobile.

Il nous est apparu rapidement que les propriétés du lit fluidisé pourraient également être mises à profit pour la réalisation du traitement de défumage des boulets au brai et que la présence d'une grande masse de sable inerte entourant les agglomérés permettrait de réaliser l'oxydation avec de l'air non dilué, ce qui aurait pour mérite de simplifier la conduite du four et d'accélérer l'opération.

Dès l'année 1958, nous avons abordé l'étude de ce problème; cette étude a abouti à la réalisation d'une série d'installations de capacités industrielles qui seront décrites dans les exposés du Dr. Peters, de M. Jamouille et de M. Dufour.

Avant de passer à ces applications à grande échelle, il nous a paru intéressant de commenter quelques documents relatifs aux recherches réalisées à la station d'essai d'Inichar afin de mettre en évidence quelques-uns des facteurs qui peuvent influencer sur les résultats du défumage.

2. ETUDE DU DEFUMAGE EN FLUIDISATION CONTINUE

Nos premiers essais de défumage des boulets au brai ont été réalisés dans un lit de sable fluidisé de façon continue.

L'agent de fluidisation a été, dans la majorité des cas, de l'air, mais quelques essais témoins ont été effectués avec de l'azote en vue de mettre en évidence l'influence de l'oxygène.

21. Dispositif expérimental et mode opératoire.

Le dispositif utilisé est schématisé à la figure 1. Le sable est contenu dans une cuve cylindrique garnie de réfractaire, d'un diamètre intérieur de 28 cm et d'une hauteur de 1,05 m. La base de cette cuve, constituée d'un diffuseur métallique, surmonte une chambre de combustion dans laquelle débouchent deux brûleurs Meker alimentés en air et en gaz à moyenne pression; deux autres brûleurs, disposés dans deux petites chambres de combustion latérales, peuvent également être mis en service lorsqu'on désire porter le sable à haute température.

Après pesée, les agglomérés sont placés dans un panier en treillis métallique à mailles de 20 mm.

peratuur, zodat er geen hete punten worden gevormd en de lading geen gevaar loopt te ontvlammen; - de mogelijkheid om een oven te bouwen met doorlopende werking en grote capaciteit, waarin de lading wordt vervoerd zonder tussenkomst van enig bewegend mechanisch onderdeel.

Wij kwamen weldra tot de bevinding dat de eigenschappen van het bewegend zandbed eveneens konden ten nutte gemaakt worden bij het ontroken van eierkolen met pek en dat het mogelijk was, wegens de aanwezigheid van een grote massa inert zand rond de agglomeraten, deze te oxyderen met onverdunde lucht, hetgeen dan weer toeliet de werking van de oven te vereenvoudigen en de operatie te versnellen.

Wij bestuderen dit probleem sinds 1958; het resultaat van deze studie was een reeks installaties met industriële capaciteit, die straks zullen beschreven worden door de heren Dr. Peters, M. Jamouille en M. Dufour.

Vooraleer over deze toepassingen op grote schaal te spreken, menen wij dat het niet zonder belang is uit te weiden over enkele gegevens ons verstrekt door de opsporingen in het proefstation van Inichar, waardoor de aandacht gevestigd wordt op enkele factoren die invloed hebben op het resultaat van het ontroken.

2. STUDIE VAN HET ONTROKEN IN VOORTDURENDE BEWEGING

Onze eerste proeven voor het ontroken van eierkolen met pek werden uitgevoerd in een zandbed met voortdurende beweging.

Men bekomt de beweging in het merendeel der gevallen met lucht; in enkele speciale gevallen heeft men echter stikstof genomen, ten einde de invloed van de zuurstof na te gaan.

21. Proefmaterieel en werkwijze.

Het gebruikte toestel wordt voorgesteld in fig. 1. Het zand zit in een cilindrische met vuurvaste stenen beklede kuip, met een inwendige doormeter van 28 cm en een hoogte van 1,05 m. De bodem van de kuip bestaat uit een metalen rooster en bevindt zich boven een verbrandingskamer waarin twee branders Meker, gevoed met lucht en gas onder gemiddelde druk, uitmonden; twee andere branders die aangebracht zijn in kleinere zijdelings geschikte verbrandingskamers kunnen eveneens in gebruik genomen worden wanneer het gewenst is het zand op hoge temperatuur te brengen.

Na weging worden de agglomeraten geplaatst in een metalen korf in gevlochten draad met mazen van 20 mm. Zodra de temperatuur van het zand,

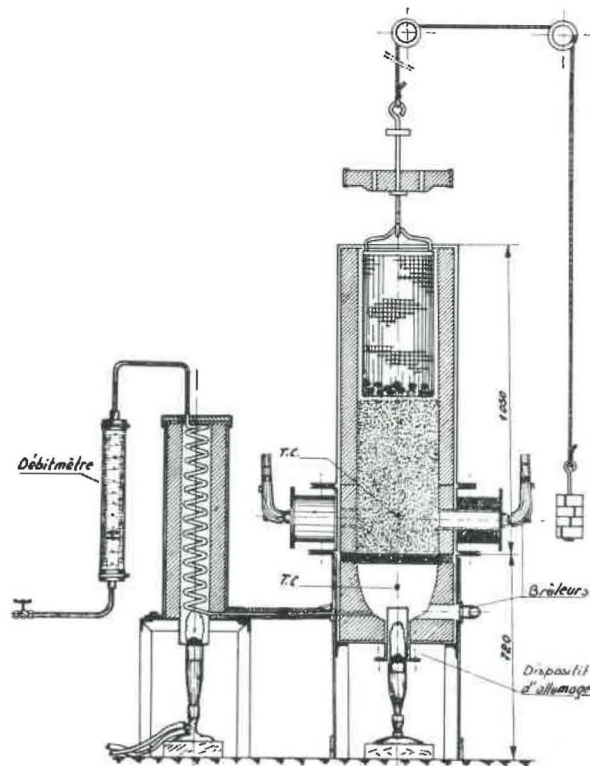


Fig. 1.

Dispositif expérimental de défumage en lit de sable fluidisé.
Proefmateriael voor het ontroken in bewegend zandbed.

Dès que la température du sable mesurée par un thermocouple T_1 , fixé à 10 cm au-dessus du diffuseur, atteint la valeur choisie, les brûleurs sont arrêtés, la fluidisation est maintenue à l'air à une vitesse de 8 cm/s et les boulets placés en panier sont immergés dans le bain de sable pendant un temps exactement mesuré.

L'enfournement du produit froid provoque une diminution rapide de la température ; après quelques minutes, la décroissance se fait plus lente, mais la chaleur dégagée par les réactions d'oxydation des boulets reste insuffisante pour compenser le rayonnement du four vers l'extérieur.

Les températures reprises dans la discussion sont les moyennes des observations faites depuis la fin de la première minute jusqu'à l'achèvement de l'essai.

Immédiatement après leur sortie du four, les boulets sont recouverts par une couche de sable froid jusqu'au lendemain matin, moment à partir duquel ils sont soumis aux différentes déterminations.

22. Programme des essais.

Le traitement thermique en lit de sable fluidisé a été effectué sur deux types d'agglomérés caractérisés au tableau I : des boulets maigres et des boulets anthraciteux.

gemeten met een thermokoppel op 10 cm van de rooster de gekozen waarde heeft bereikt, worden de branders stilgelegd en het zand in voortdurende beweging gehouden door middel van lucht die zich verplaatst met een snelheid van 8 cm/s, en worden de eitjes in hun korf gedurende een precies gemeten tijd in het zandbed ondergedompeld.

Het laden van dit koude produkt veroorzaakt een plotselinge daling van de temperatuur ; na enkele tijd valt de temperatuur minder snel maar de reactiewarmte van de oxydatie der eitjes is onvoldoende om het stralingsverlies van de oven naar buiten te compenseren.

Wanneer in de verdere discussie sprake is van een temperatuur is dat de gemiddelde van de temperaturen opgenomen na verloop van een minuut en op het einde van de proef.

Onmiddellijk na het verlaten van de oven worden de eitjes bedekt met een laag koud zand ; dit blijft zo tot 's anderendaags, 's morgens, op welk ogenblik ze aan de verschillende testen worden onderworpen.

22. Programma der proeven.

De thermische behandeling in bewegend zandbed werd toegepast op de volgende twee typen van agglomeraten, gegeven in tabel I, voortkomend het ene van magere, het andere van antracietkolen.

TABLEAU I.
Caractéristiques des agglomérés traités en
fluidisation continue.

	Boulets maigres	Boulets anthraciteux
Poids moyen (g)	20	32
Dose de brai (%)	6,25	6,25
Résistance à l'écrasement (kg)	29	38
Cendres s/sec : C's (%)	9 à 10	9 à 10
Matières volatiles s/sec : MV' (%)	15,1	12,1

23. Influence de la température et de la durée.

La figure 2 illustre la variation de la résistance en fonction de la durée de traitement. Les courbes des deux types de boulets expérimentés présentent les mêmes allures complexes traduisant les différentes phases de traitement. Pour des températures de 250 à 350° C, les boulets subissent une sorte de recuit d'homogénéisation qui élève fortement leur résistance malgré la distillation partielle du liant. Cette résistance est maximale pour des durées de traitement de l'ordre de 5 à 10 minutes. Elle diminue ensuite du fait de l'hétérogénéité du boulet formé d'une mince couche oxydée en surface et d'une partie interne non traitée. Elle se relève ensuite en raison de l'épaississement et de la cristallisation de la couche externe transformée par oxydation et atteint une valeur égale ou supérieure à la résistance des boulets crus d'origine pour des durées dépendant de la nature et du poids des agglomérés : 30 minutes pour les boulets anthraciteux et 40 minutes pour les boulets maigres.

Lorsque la température est de 450° C et au-delà, la zone maximale obtenue par homogénéisation est masquée par la distillation plus rapide du brai. La remontée de la résistance est particulièrement accentuée pour les boulets maigres par suite de la cokéfaction progressive du charbon.

Le degré de défumage est mesuré par le temps d'apparition de la première fumée du boulet placé dans un four à moufle ouvert maintenu à 950° C. Les résultats obtenus sont également reportés à la figure 2 en fonction de la durée de traitement. L'observation des courbes indique que le défumage progresse plus rapidement pour les boulets anthraciteux que pour les boulets maigres. Pour ces derniers, la durée minimale de traitement à 350° C doit être de 40 à 50 minutes, alors qu'elle est de moins de 20 minutes pour les agglomérés anthraciteux en raison vraisemblablement de la nature différente du charbon et de la meilleure porosité des agglomérés.

TABEL I.
Karakteristieken van de in voortdurende beweging
behandelde agglomeraten.

	Eierkolen uit magere kolen antraciet	
Gemiddeld gewicht (g)	20	32
Gehalte aan pek (%)	6,25	6,25
Weerstand tegen ver- gruizing (kg)	29	38
Asgehalte (%)	9 tot 10	9 tot 10
V.B. (%)	15,1	12,1

23. Invloed van tijd en temperatuur.

Fig. 2 toont de verandering van weerstand in functie van de behandelingsduur. De krommen van beide typen van eitjes vertonen dezelfde ingewikkelde vorm die een weerspiegeling is van de verschillende fasen der behandeling. Voor een temperatuur van 250 tot 350° C worden de eitjes als het ware door uitgloeïng gehomogeniseerd waardoor hun weerstand sterk toeneemt ondanks het feit dat het bindmiddel gedeeltelijk destilleert. Deze weerstand bereikt zijn grootste waarde voor een behandelingsduur van de orde van grootte van 5 tot 10 minuten. Vervolgens neemt hij af omdat het eitje, met zijn dunne geoxydeerde buitenlaag en zijn niet behandelde kern heterogeen wordt. Later stijgt hij opnieuw wegens de kristallisatie en de toenemende dikte van de buitenlaag die door oxydatie wordt getransformeerd; hij bereikt of overtreft de oorspronkelijke weerstand van het rauwe agglomeraat na een tijdsverloop dat afhangt van de aard en het gewicht van de agglomeraten: 30 minuten voor antracietachtige en 40 minuten voor magere eitjes.

Wanneer de temperatuur 450° C of meer bedraagt wordt de zone van maximale weerstand, bekomen door homogenisatie, aan het oog onttrokken door de snellere destillatie van de pek. Vooral bij de magere eitjes is een duidelijke stijging van de weerstand zichtbaar als gevolg van de geleidelijke omzetting van de kolen in cokes.

De graad van ontroking wordt gemeten door het tijdsverloop tussen het plaatsen van het eitje in een open moffeloven op een temperatuur van 950° C en het verschijnen van de eerste rook. Fig. 2 geeft de resultaten van deze meting in functie van de duur van de behandeling. De krommen leren ons dat het ontrokken vlugger gebeurt bij antraciet- dan bij magere eitjes. Voor deze laatsten ligt de minimum behandelingsduur aan een temperatuur van 350° C rond de 40 tot 50 minuten; voor de antracietachtige agglomeraten integendeel bedraagt hij minder dan 20 minuten; de reden moet vermoedelijk gezocht worden in de verschillende natuur van deze kolen en in de grotere porositeit van het agglomeraat.

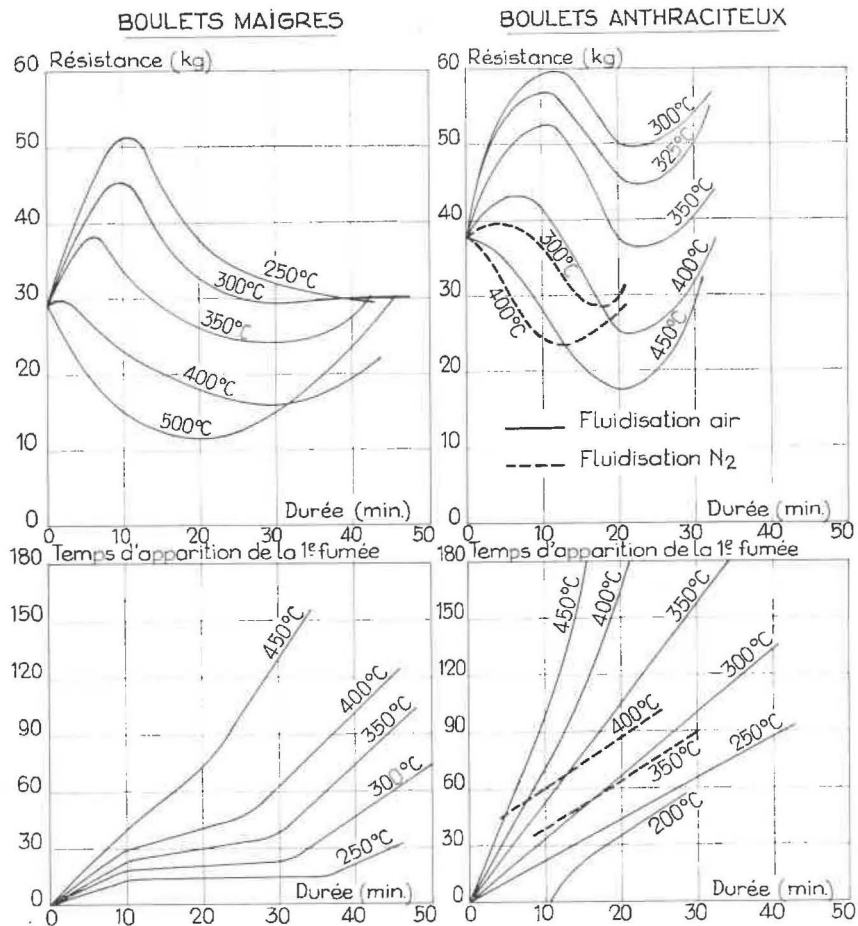


Fig. 2.

Influence de la température et de la durée de traitement sur la résistance et le degré de défumage des boulets traités en lit de sable fluidisé.

Invloed van de temperatuur en de behandelingsduur op de weerstand en de ontrotingsgraad van de in bewegend zandbed behandelde eitjes.

Boulets maigres : magere eitjes
 Boulets anthraciteux : antracietachtige eitjes
 Résistance : weerstand (kg)
 Durée : duur (min)

Temps d'apparition de la première fumée : tijdsverloop voor het verschijnen van de eerste rook
 Fluidisation air : beweging verkregen met lucht
 Fluidisation N₂ : beweging verkregen met N₂

24. Influence du gaz de fluidisation.

Les boulets traités thermiquement en lit de sable fluidisé subissent des pertes par abrasion et par distillation du brai. L'observation de la figure 3 montre que c'est entre 300 et 350° C que les boulets anthraciteux traités à l'air ont une perte totale minimale. Cette zone de température est favorable en raison de la transformation du brai par fixation d'oxygène qui consolide la couche de brai enrobant les particules du charbon.

L'azote utilisé comme agent de fluidisation ne réagit pas avec la molécule de brai et ne l'empêche pas de distiller ou de se cracker, ce qui engendre le décolllement des grains de charbon, plus particulièrement lorsqu'ils sont de grosses dimensions. Ce manque de réaction entre l'azote et le brai apparaît nettement sur les courbes de la figure 2. A 300° C,

24. Invloed van het voor de beweging gebruikte gas.

Tijdens hun thermische behandeling in bewegend zandbed ondergaan de eitjes een gewichtsverlies tengevolge van het schuren en van de destillatie van de pek. Figuur 3 toont aan dat het totale verlies het kleinst is voor antracietachtige eitjes behandeld met lucht tussen de 300 en de 350° C. Deze temperatuurzone heeft het voordeel dat de pek door het opnemen van zuurstof omgezet wordt in een vaste laag die de kooldeeltjes omgeeft.

Wanneer men stikstof gebruikt om de beweging te veroorzaken zal deze niet met de pekmolekulen reageren; deze ondergaan destillatie en cracking, hetgeen aanleiding geeft tot de afscheiding van de kooldeeltjes, vooral de dikkere. Dit gebrek aan reactie tussen stikstof en pek is duidelijk zichtbaar op

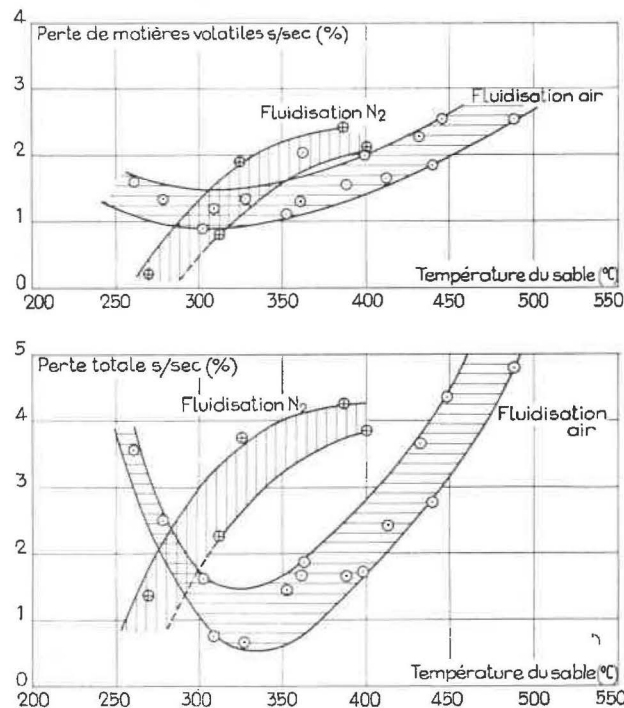


Fig. 3.

Perte de matières en cours du traitement thermique de boulets anthraciteux, en lit de sable fluidisé.

Gewichtsverlies van antracietachtige eitjes tijdens de thermische behandeling op bewegend zandbed.

Perte de matières volatiles : verlies van vluchtige bestanddelen

Température du sable : temperatuur van het zand
Perte totale s/sec : totaal verlies droog voor en na

Le recuit d'homogénéisation est masqué par la chute de résistance apportée par la distillation abondante du liant, alors que l'oxygène actif de l'air inhibait ce départ de brai. Cette transformation du brai contribue à rendre le produit beaucoup moins fumeux que s'il avait été traité en atmosphère d'azote. Il apparaît donc bien que la fixation d'oxygène constitue un facteur essentiel du défumage qui, au surplus, permet de maintenir et d'améliorer les propriétés mécaniques des boulets.

25. Aspect des boulets défumés.

L'examen des agglomérés traités au-delà de 350° C fait apparaître une tendance à l'abrasion qui s'accroît lorsque la durée de traitement augmente. Cette perte, jointe au dégagement plus abondant de matières volatiles au-delà de 400° C, contribue à réduire le rendement en produits solides de l'opération de défumage et à faire rejeter les traitements à température élevée, d'autant plus qu'ils favorisent la formation de fissures et d'ouvertures dans les boulets traités.

En deça de 300° C, les réactions d'oxydation trop lentes entraînent une certaine distillation pouvant

de krommen van figuur 2. Op 300° C is de homogénéiserende hergløeiing onmerkbaar tengevolge van de snelle vermindering van de weerstand, veroorzaakt door een massale destillatie van het bindmiddel, terwijl de actieve zuurstof van de lucht precies de ontsnapping van de pek belette. Dank zij deze omvorming van de pek wordt het produkt veel beter ontrookt dan wanneer het in een stikstofatmosfeer was behandeld. Men komt dus wel degelijk tot het besluit dat het fixeren van de zuurstof een actieve rol speelt in het rookloos maken terwijl men bovendien daardoor de mechanische eigenschappen van de eierkolen beschermt en zelfs verbetert.

25. Uitzicht van de rookloze eierkolen.

Bij het onderzoek van boven de 350° C behandelde agglomeraten bemerkt men een neiging tot gewichtsverlies door schuren, die meer uitgesproken wordt naarmate de duur der behandeling toeneemt. Dit gewichtsverlies samen met het ontwijken in massa van de vluchtige bestanddelen boven de 400° C leidt tot een vermindering van het rendement in vaste stof van de ontrookingsoperatie; het is een reden om af te zien van bewerkingen op hoge temperatuur, temeer daar deze de vorming van spleten en gaten in de behandelde eitjes bevorderen.

conduire au détachement des grains de charbons lorsque la granulométrie de ces derniers est trop grosse.

26. Conclusions.

De l'ensemble des essais réalisés en fluidisation continue, nous retiendrons :

- que la fixation d'oxygène joue un rôle essentiel dans le traitement de défumage ;
- qu'il existe une température optimale de traitement au voisinage de 350° C ; à température plus basse la vitesse de traitement diminue ; à température plus élevée les pertes de poids s'accroissent ;
- que malgré la quantité d'air mise en œuvre, du fait de la fluidisation continue, en vue d'accélérer les phénomènes d'oxydation, la durée de traitement est toujours relativement longue en raison de la faible vitesse de diffusion de l'oxygène à l'intérieur de l'aggloméré. Dans le cas très favorable d'un aggloméré anthraciteux très poreux et à faible teneur en brai (6,25 %), la durée de traitement pourrait être limitée à 20 minutes, mais dans le cas moins favorable d'agglomérés de charbon maigre et de boulets à plus forte teneur en brai, on doit s'attendre à des durées de traitement de 40 minutes et davantage.

Pour des durées aussi longues, l'abrasion subie par les agglomérés dans un lit de sable fluidisé de façon continue n'est plus négligeable.

Cette raison et des motifs accessoires d'économie de chaleur et d'énergie militent en faveur de l'adoption d'une autre forme de traitement plus progressif, dans un lit de sable fluidisé par intermittence.

3. ETUDE PRELIMINAIRE DU DEFUMAGE EN LIT DE SABLE FLUIDISE PAR INTERMITTENCE

Les premiers essais ont été effectués sur quelques kilos de boulets à l'aide du dispositif expérimental déjà décrit. Le panier en treillis est rempli de boulets au brai sur une hauteur de 35 cm et est introduit dans le bain de sable chaud. De l'air est soufflé sous le diffuseur à une vitesse juste inférieure à celle de la fluidisation afin de maintenir le mélange sable-boulets fixe. Toutes les minutes, le lit est fluidisé durant 5 à 10 secondes. Des analyses de fumées ont été réalisées après 15 minutes, 30 minutes et 45 minutes de traitement. La figure 4 illustre les résultats obtenus et montre que les teneurs en O₂ et en CO₂ sont pratiquement constantes en fonction de la durée de traitement dans les inter-

Beneden de 300° C zijn de oxydatieverschijnselen zodanig traag dat er zich een zekere destillatie voordoet waardoor korrels kool kunnen loskomen, vooral indien ze tamelijk grof zijn.

26. Besluiten.

Uit het geheel van de proeven met bewegend zandbed onthouden we wat volgt :

- het fixeren van de zuurstof speelt een voorname rol in het ontrokkingsproces ;
- de optimale behandelingstemperatuur is gelegen rond de 350° C ; daaronder duurt de behandeling te lang, daarboven wordt het gewichtsverlies te groot ;
- ondanks de hoeveelheid lucht die vereist is voor de continue beweging, met het doel de oxydatieverschijnselen te versnellen, is de duur van de behandeling steeds betrekkelijk groot, omwille van de geringe diffusiesnelheid van de zuurstof binnen in de agglomeraten. In het zeer gunstig geval van een antracietagglomeraat met hoge porositeit en kleinpek gehalte (6,25 %) kan de behandeling in 20 minuten afgelopen zijn, maar in het minder gunstig geval van een agglomeraat uit magere kolen en een hoger pekgehalte kan men zich verwachten aan 40 minuten en meer.

In een dergelijke tijdsperiode ondergaat het agglomeraat in een continu bewegend zandbed een slijtage die niet langer kan verwaarloosd worden.

Om deze en om bijkomende overwegingen in verband met brandstof- en energiebesparing moet men gaan denken aan een andere, meer geleidelijke behandeling, in een bij tussenpozen in beweging gebracht zandbed.

3. VOORAFGAANDE STUDIE VAN HET ONTROKEN IN EEN BIJ TUSSENPOZEN BEWEGEND ZANDBED

De eerste proeven werden gedaan op enkele kilogrammen eitjes door middel van het reeds beschreven proefapparaat. De metalen korf wordt gevuld met eitjes op basis van pek over een hoogte van 35 cm in het heet zandbad geplaatst. Langs de bodem wordt lucht ingeblazen aan een snelheid die juist niet voldoende is voor het in beweging brengen van het zand, en wel met het doel het mengsel zand-eitjes onbeweeglijk te houden. Met tussenpozen van 1 minuut wordt het bed gedurende 5 tot 10 seconden in beweging gebracht. Na 15, 30 en 45 minuten werden ontledingingen van de rookgassen verricht. De bekomen resultaten worden gegeven in figuur 4 en tonen aan dat het gehalte O₂ en CO₂

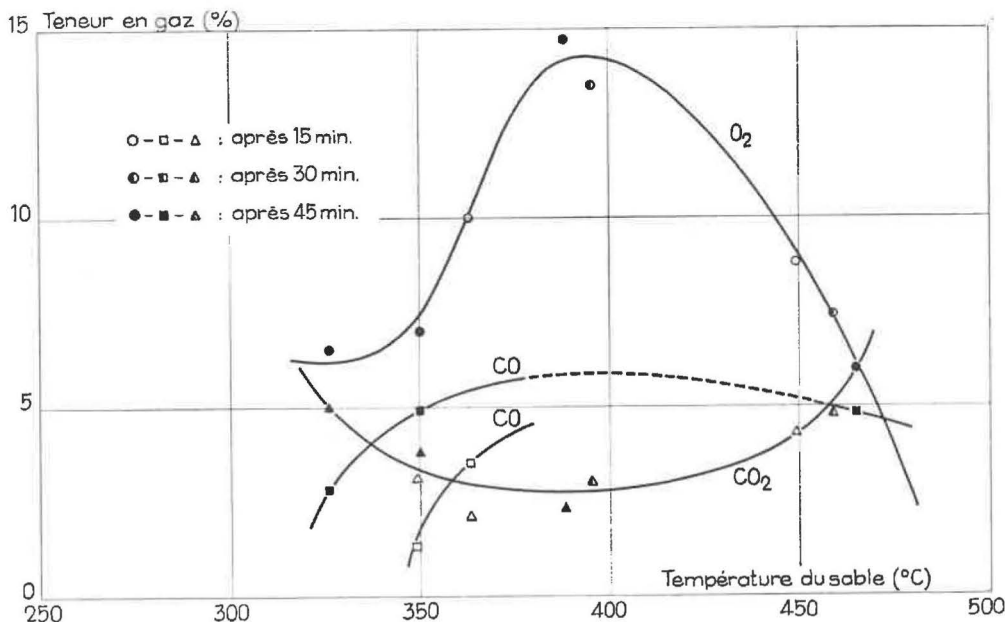


Fig. 4.

Analyse des fumées après 15, 30 et 45 min d'oxydation de boulets au brai en lit de sable fluidisé par intermittence.

Ontleding van de rookgassen na 15, 30 en 45 minuten oxydatie van eitjes van pek in bij tussenpozen bewegend zandbed.

Teneur en gaz : gasgehalte (%)
 après 15 min : na 15 min

valles de temps expérimenté, seule la teneur en CO évolue notablement en cours d'oxydation.

La consommation d'oxygène étant très importante entre 325 et 350° C, on peut admettre que le phénomène dominant est la fixation d'oxygène sur les boulets. Au-delà de cette température, la teneur en oxygène dans les fumées augmente et vers 400° C, la fixation d'oxygène est fortement contrariée par la distillation des matières volatiles du brai qui s'effectue à contre-courant.

Au voisinage de 450° C, les matières volatiles brûlent et le relèvement de la teneur en CO₂ montre que le phénomène se transforme en une véritable combustion. Du point de vue défumage, la zone de température intéressante se situe de 325° C à 350°.

Au cours de ces essais, l'analyse des produits traités durant une heure a donné des résultats encourageants du point de vue défumage et propriétés mécaniques.

4. ETUDE SEMI-INDUSTRIELLE DE DEFUMAGE EN LIT DE SABLE FLUIDISE PAR INTERMITTENCE

Les déperditions calorifiques dans le petit four à panier étaient trop importantes pour se faire une idée de l'évolution des températures et de l'exothermicité de l'opération d'oxydation.

praktisch constant is en onafhankelijk van de duur van de behandeling althans in het bereik van de proeven, terwijl alleen het CO-gehalte merkbaar verandert in de loop van de oxydatie.

Tussen 325 en 350° C neemt men een zeer belangrijk zuurstofverbruik waar; dit wordt waarschijnlijk vooral veroorzaakt door het fixeren van de zuurstof op de eitjes. Bij stijging van de temperatuur vermeerderd het zuurstofgehalte in de rookgassen en op 400° C wordt het fixeren van de zuurstof sterk tegengewerkt door de destillatie van de pek die in tegenovergestelde richting plaats vindt.

Rond de 450° komen de vluchtige bestanddelen tot ontbranding en het CO₂-gehalte toont aan dat men nu met een werkelijke verbranding te doen heeft. De interessante zone uit oogpunt van ontroking is gelegen tussen 325 en 350° C.

Het onderzoek van de produkten die bij gelegenheid van deze proeven gedurende een uur aan de behandeling werden onderworpen heeft bemoedigende resultaten opgeleverd uit oogpunt ontroking en mechanische eigenschappen.

4. HALFINDUSTRIELE STUDIE VAN HET ONTROKEN IN BIJ TUSSENPOZEN BEWEGEND ZANDBED

Zolang men de kleine korf gebruikte werd er zodanig veel warmte verspild dat men zich geen idee

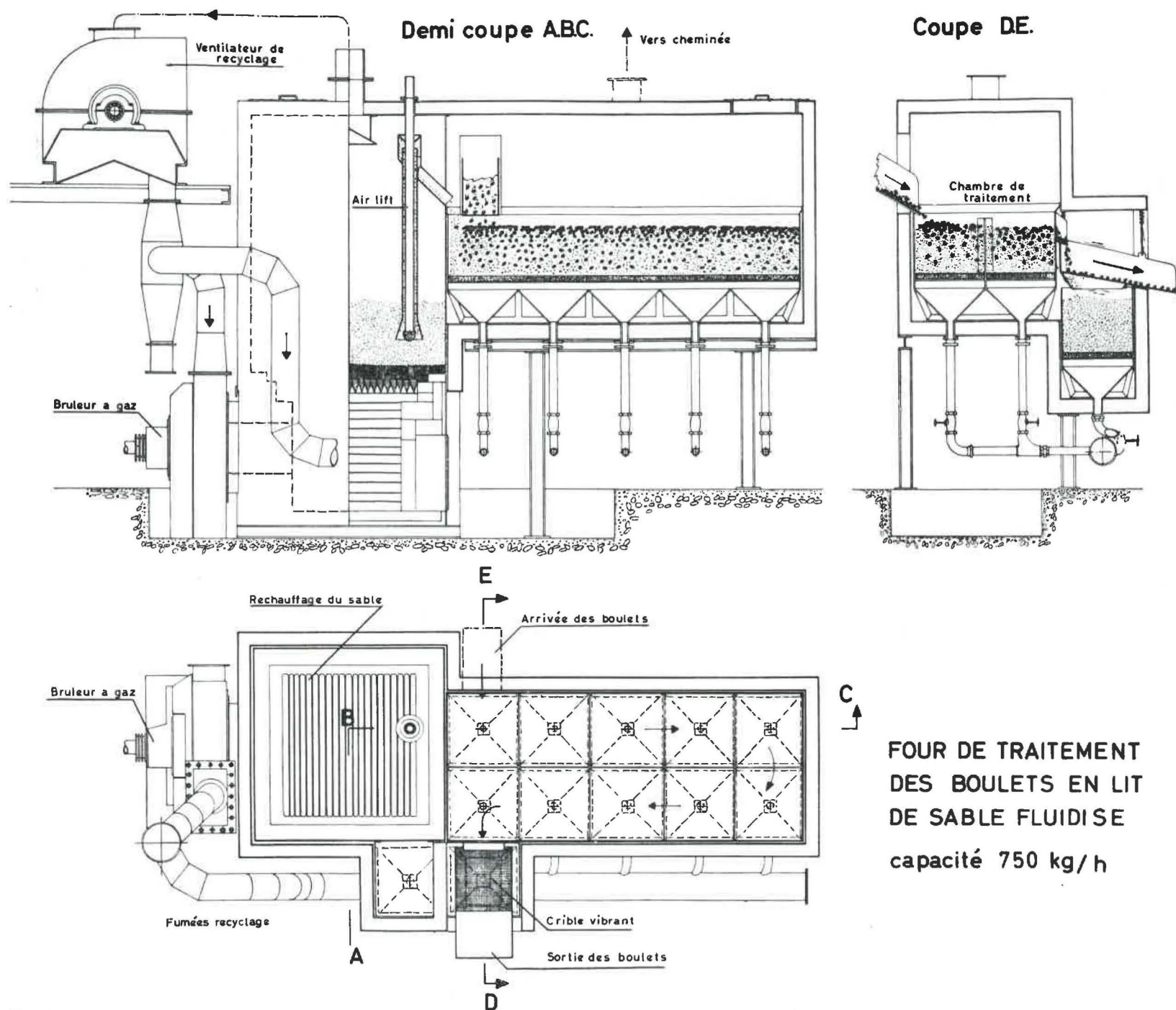


Fig. 5. — Four de traitement des boulets en lit de sable fluidisé par intermittence. — Oven voor de behandeling van eitjes in bij tussenpozen bewegend zandbed. Ventilateur de recyclage: herwinningsventilator — Vers cheminée: naar de schouw — Air lift: air lift — Brûleur à gaz: gasbrander — Demi coupe ABC: halve doorsnede ABC — Coupe DE: doorsnede DE — Chambre de traitement: behandelingskamer — Préchauffage du sable: heropwarming van het zand — Arrivée des boulets: aankomst van de eitjes — Fumées recyclage: herwonnen rookgassen — Crible vibrant: trilzeef — Sortie des boulets: uitgang der eitjes — Four de traitement des boulets en lit de sable fluidisé: oven voor de behandeling van eitjes in bewegend zandbed.

Il a été décidé de poursuivre les essais dans le four de séchage semi-industriel décrit précédemment dans le Bulletin Technique n° 18 du mois d'avril 1960 (1).

Ce four n'étant pas conçu pour des opérations de défumage, on a procédé à des essais répétés mais discontinus.

41. Mode opératoire.

La disposition d'ensemble du four est reprise à la figure 5. Il est constitué d'une chambre de réchauffage du sable et d'un chenal de traitement. Un brûleur alimenté en gaz de ville fournit la chaleur nécessaire. Les fumées de combustion ramenées à 1000° C par mélange à des fumées recyclées pénètrent dans la chambre de réchauffage, à travers un diffuseur métallique, fluidisent et réchauffent le sable à la température de 400° C.

Elles sont reprises par un ventilateur de recyclage, une partie du débit servant à fluidiser le sable du chenal de traitement des boulets, l'autre retournant à la chambre de combustion. Un dispositif pneumatique de relevage déverse le sable chaud dans le chenal où il s'écoule par gravité jusqu'au déversoir.

Les essais d'oxydation ont été réalisés en discontinu ; ils comportent les phases suivantes :

- Préchauffage du four à la température initiale souhaitée, par circulation rapide de sable chaud en couche fluidisée.
- Arrêt du débit de sable, arrêt de la fluidisation et fermeture de la vanne de sortie du chenal de traitement.
- Chargement des boulets à travers les hublots aménagés dans le plafond du chenal de traitement, ce chargement étant réalisé rapidement en 5 minutes en l'absence de toute fluidisation.
- Démarrage de la fluidisation par de l'air préchauffé au voisinage de 250° C. Cet instant est considéré comme origine des temps pour l'estimation de la durée de l'essai.
- Après quelques secondes de fluidisation active, réglage du soufflage d'air suivant son cycle normal, à savoir : soufflage permanent à une vitesse un peu inférieure à la vitesse de fluidisation et périodes de fluidisation active, une fois par minute durant trois secondes.
- Au bout de 55 minutes ou de 1 h 25 minutes (suivant la durée prévue pour l'essai), ouverture de la vanne de sortie du chenal de traitement et rétablissement du débit de sable afin de pro-

kon vormen van het verloop der temperatuur en de warmteontwikkeling tijdens de oxydatie.

Er werd dan ook besloten de proeven voort te zetten in de halfindustriële droogoven beschreven in de technische mededelingen n° 18 van april 1960 (1).

Deze oven was echter niet gebouwd voor het ontroken, zodat men een reeks proeven heeft uitgevoerd, overigens op discontinue wijze.

41. Werkwijze.

De globale schikking van de oven wordt gegeven door fig. 5. Hij bestaat uit een opwarmingskamer voor het zand en een behandelingskanaal. Een brander met stadsgas geeft de nodige warmte. De verbrandingsgassen worden gemengd met herwonnen gassen tot een temperatuur van 1000° C bereikt is, waarna ze langsheen een metalen rooster in de opwarmingskamer worden toegelaten, waardoor het zand wordt in beweging gebracht en verwarmd op 400° C. Ze worden door een ventilator opgevangen, gedeeltelijk gebruikt voor het in beweging brengen van het zand waarin de eitjes worden behandeld, en gedeeltelijk teruggevoerd naar de verbrandingskamer. Het heet zand wordt door een stijgende luchtstroom in het kanaal gebracht waar het zich door zwaartekracht verplaatst tot aan de overloop.

De oxydatieproeven werden op discontinue wijze uitgevoerd en bevatten de volgende fasen :

- Voorverwarming van de oven op de gewenste begintemperatuur door versnelde omloop van een bewegende hete zandlaag.
- Stopzetten van de zandstroming en de gasstroom en sluiten van de afsluiter aan de uitgang van het operatiekanaal.
- Laden van de eitjes langsheen de vensters in het plafond van het behandelingskanaal, laden dat snel wordt uitgevoerd, gedurende vijf minuten, bij afwezigheid van elke beweging.
- In gang zetten van de beweging door middel van voorverwarmde lucht op een temperatuur van ongeveer 250° C. Dit ogenblik wordt beschouwd als vertrekpunt voor de bepaling van de duur der bewerking.
- Na enkele seconden van actieve beweging : regelen van de luchtstroom in normaal regime, dit wil zeggen : doorlopend blazen met een snelheid die juist onvoldoende is om de beweging te veroorzaken, met perioden van actieve beweging, gedurende drie seconden eenmaal per minuut.
- Na 55 minuten of na 1 uur 25 minuten (naargelang de totale duur die voor de proef voorzien wordt) : openen van de afsluiter aan de uitgang van het operatiekanaal en opnieuw in

(1) P. Ledent et M. Marcourt : Contribution à l'étude de l'agglomération par la lessive sulfiteuse.

(1) P. Ledent en M. Marcourt : Bijdrage tot de studie van het agglomereren door middel van het sulfietisch wassen.

voquer la sortie des boulets traités ; les agglomérés tombent ensuite sur un transporteur à marche lente sur lequel ils sont refroidis à l'atmosphère.

Pendant toute la durée de l'essai, la température du bain de sable est contrôlée de 5 à 5 minutes, au moyen de trois thermocouples situés respectivement à l'entrée, au milieu et à la sortie du chenal de traitement.

Le débit d'air de soufflage est réglé en fonction des indications d'un manomètre qui contrôle la pression d'alimentation de l'air sous les diffuseurs du chenal.

Pendant le soufflage, on entretient un léger mouvement « d'ébullition » du sable entre les boulets.

Pendant les périodes de fluidisation, le lit se soulève dans son ensemble et est soumis à des mouvements de brassage qui renouvellent les surfaces de contact entre sable et agglomérés.

42. Définition des tests de qualité.

Les boulets traités doivent se conformer à certains critères de qualité caractérisant leur aptitude à se substituer aux classés anthraciteux. Les tests principaux retenus sont définis comme suit :

Résistance à l'écrasement.

Elle est déterminée à la presse dynamométrique, le boulet étant placé entre deux surfaces planes et parallèles.

Cohésion et abrasion.

Ces deux grandeurs sont déterminées sur 5 kg de boulets dans un tambour Micum de longueur réduite à 10 cm.

Les boulets y effectuent 50 rotations à la vitesse de 25 tr/min. L'indice de cohésion est le pourcentage de refus obtenu sur un tamis à perforations carrées de 20 × 20 mm. L'indice d'abrasion est le pourcentage de fines qui traversent un tamis à mailles de 5 mm.

Degré de défumage.

Un premier test qualitatif consiste à apprécier le degré de défumage en chronométrant le temps d'apparition de la première trace de fumée qui se manifeste lorsque les boulets sont introduits dans un four à moufle préchauffé à 950° C.

Une mesure plus quantitative des goudrons qui se dégagent à la cheminée est obtenue par un essai de combustion en poêle domestique effectué sur 5 kg de boulets, suivant des normes définies dans le Bulletin Technique n° 23 du mois de juin 1961 (2).

beweging brengen van het zand om de behandelde eitjes te verwijderen ; de agglomeraten vallen daarna op een traaglopende transporteur waarop ze aan de lucht worden afgekoeld.

Gedurende gans de duur van de proef wordt de temperatuur van het zand om de 5 minuten gecontroleerd door middel van drie thermokoppels die respectievelijk aan de ingang, in het midden en nabij de uitgang van het operatiekanaal zijn aangebracht.

Het debiet van de luchtstroom wordt geregeld in functie van de aanduidingen van een manometer die de luchtstroom meet vlak onder de roosters van het kanaal.

Tijdens het blazen zorgt men er voor dat het zand tussen de eitjes lichtjes blijft « koken ».

Bij het in beweging zetten wordt het zandbed in zijn geheel opgeheven en omgeroerd zodat tussen zand en agglomeraten verse contactoppervlakken ontstaan.

42. Bepaling van de kwaliteitsproeven.

De behandelde eitjes moeten voldoen aan bepaalde eisen in verband met hun geschiktheid om de plaats in te nemen van de geklasseerde antraciet. Men is tot het besluit gekomen dat voornamelijk de volgende proeven moeten uitgevoerd worden :

Weerstand tegen vergruizing.

Hij wordt bepaald door middel van de dynamometrische pers ; het eitje wordt tussen twee vlakke evenwijdige platen gelegd.

Cohesie en sleet.

Deze twee waarden worden bepaald door 5 kg eitjes te bewerken in een Micum trommel waarvan de lengte gebracht is op 10 cm.

De eitjes maken daarin 50 omwentelingen mee, aan een snelheid van 25 omw/min. De cohesieindex wordt gegeven door het gewicht, in procenten uitgedrukt, van hetgeen achterblijft op een zeef met vierkante mazen van 20 op 20 mm. De sleetindex is het gewicht, in procenten uitgedrukt, van hetgeen door de zeef met mazen van 5 mm gaat.

Ontrotingsgraad.

Een eerste kwalitatieve proef bij het schatten van de graad van ontroking bestaat in het chronometren van het tijdsverloop tussen het inbrengen van eitjes in een moffeloven op een temperatuur van 950° C en het verschijnen van de eerste rook.

Een meer kwantitatieve meting van de pek die langs de schouw ontwijkt is mogelijk door middel van een verbrandingsproef uitgevoerd met 5 kg eitjes in een huiskachel volgens de normen bepaald in de technische mededeling n° 23 van juni 1961 (2).

(2) P. Ledent et M. Marcourt : Etude des aérosols émis par différents types de combustibles lors de leur combustion dans un poêle domestique.

(2) P. Ledent en M. Marcourt : Studie van de aerosols afgegeven door verschillende typen van brandstoffen bij verbranding in een huiskachel.

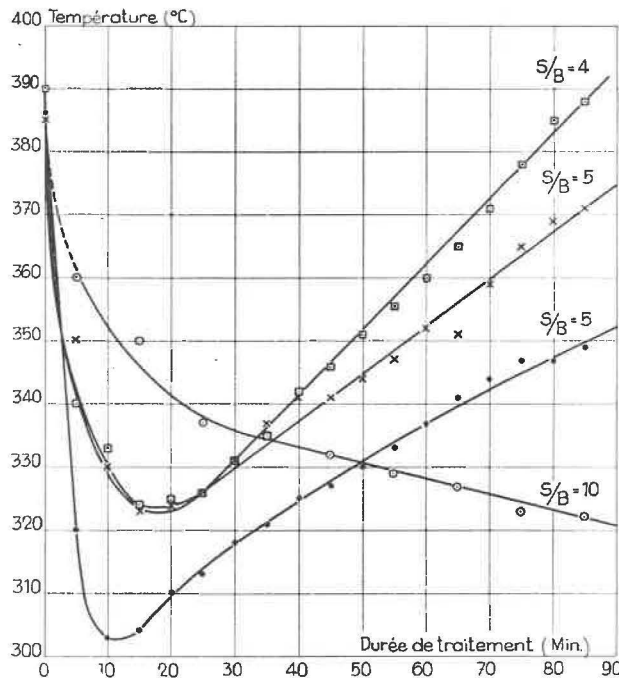


Fig. 6.

Evolution des températures moyennes du sable pour différents rapports sable sur boulets, au cours de l'oxydation dans un lit fluidisé par intermittence.

Evolutie van de gemiddelde temperatuur van het zand voor verschillende verhoudingen zand tot eitjes, in de loop van de oxydatie in bij tussenpozen bewegend zandbed.

Température : température
 Durée de traitement : behandelingsduur
 S/B : Z/E

Les quantités de produits fumigènes obtenues suivant ce test s'expriment en g par kg de combustible. L'appréciation du degré de défumage peut se comparer à l'échelle des valeurs suivantes :

- Anthracite : 1 à 3 g/kg
- Charbon maigre : 5 g/kg
- Boulets anthraciteux : 25 à 30 g/kg
- Boulets maigres : 30 à 50 g/kg suivant la nature du charbon.

431. Influence du rapport sable sur boulets.

L'évolution des températures moyennes du sable relevées au cours des essais est reportée en fonction de la durée de traitement à la figure 6. Ces courbes montrent les deux étapes principales du traitement. Une première période de 15 à 20 minutes marque le refroidissement du sable au contact des boulets introduits froids, jusqu'à équilibre thermique des phases solides. La deuxième étape consiste généralement en une remontée progressive de la température sous l'effet du dégagement de chaleur apportée par la réaction exothermique de l'air sur les boulets préchauffés. La vitesse de réchauffage dépend princi-

De hoeveelheid rookvormende produkten, zoals ze tijdens deze proef gevormd worden, wordt uitgedrukt in g per kg brandstof. Men kan zich een gedacht vormen van de ontrotingsgraad aan de hand van de volgende tabel :

- Antraciet : 1 tot 3 g/kg
- Magere kool : 5 g/kg
- Eitjes uit antraciet : 25 tot 30 g/kg
- Magere eitjes : 30 tot 50 g/kg naargelang de natuur van de kolen.

431. Invloed van de verhouding zand-eitjes.

De evolutie van de gemiddelde temperaturen van het zand, opgenomen tijdens de proeven, wordt gegeven in functie van de duur der behandeling in fig. 6. Deze krommen tonen de twee stadia van de bewerking. In een eerste periode van 15 tot 20 minuten koelt het zand af door de aanraking met de koud aangevoerde eitjes, en dit tot dat er zich tussen beide vaste stoffen een thermisch evenwicht heeft ingesteld. Het tweede stadium vertoont in het algemeen een geleidelijke stijging van de temperatuur onder invloed van de warmte der exothermische reactie tussen de lucht en de voorverwarmde eitjes. De snelheid der heropwarming hangt voornamelijk

palement de la température minimale dans le chenal et de la densité de chargement.

A la figure 6, les courbes ont été reportées pour différentes proportions de boulets dans le sable. Lorsque le rapport sable sur boulets (S/B) est égal à 10, la température diminue progressivement sans qu'il apparaisse de tendance à la remontée. La quantité de chaleur dégagée est insuffisante pour compenser les pertes calorifiques du four. Lorsque ce rapport passe à 5 et à 4 parts de sable pour une de boulets, la température du mélange remonte d'autant plus rapidement que ce rapport est plus faible. Les courbes montrent également que la température minimale réalisée dans le lit influe sur la vitesse de réchauffage. D'autres essais ont fait apparaître que la température minimale de 300° C constitue un seuil en dessous duquel les réactions d'oxydation se font à une vitesse insuffisante.

432. Influence de la nature du charbon.

La grande variété de boulets au brai, qui se présentent dans le pays, nous a permis d'expérimenter une gamme de produits fabriqués à partir de charbon allant de l'antracite jusqu'au charbon maigre.

4321. Boulets anthraciteux.

Rappelons que le contrôle du défumage des agglomérés est habituellement réalisé par le test utilisé à l'usine de Douai qui consiste à introduire l'aggloméré dans un four à moufle préchauffé à 950° C et à chronométrer le temps au bout duquel apparaît la première trace de fumée noire. Pour donner à ce test toute sa valeur, il importe que le boulet expérimenté soit froid et sec; si le cœur du boulet est encore chaud, l'émission de fumée se produit plus tôt et, si le boulet est humide, l'émission est sensiblement retardée.

Pour des boulets anthraciteux où le charbon ne donne pas de fumée noire à la combustion, le test constitue un moyen assez précis d'estimation de la profondeur de défumage du brai. En effet, on peut admettre que, dans les conditions de l'essai en four à moufle, les coefficients de transfert de chaleur sont assez reproductibles et que la première trace de fumée apparaît lorsque la zone interne non défumée atteint la température de distillation des produits fumigènes. Il convient cependant d'observer que la loi de propagation de l'onde calorifique n'est pas une loi linéaire. Pour autant que l'épaisseur de la couche défumée reste assez faible en comparaison du rayon de l'aggloméré, la relation entre la profondeur de défumage et le temps d'apparition de la première trace de fumée peut se mettre sous la forme quadratique :

$$x = C_1 \sqrt{t} \quad [1]$$

af van de minimum temperatuur in het kanaal en de dichtheid van de lading.

In fig. 6 ziet men dezelfde krommen voor verschillende verhoudingen van het gewicht van het zand tot dat der eitjes. Wanneer deze verhouding zand tot eitjes (Z/E) gelijk is aan 10 vermindert de temperatuur geleidelijk en stelt men geen neiging tot verhoging vast. De afgegeven warmte is onvoldoende om de verliezen van de oven te compenseren. Wanneer de verhouding daalt tot 5 of 4 delen zand voor één deel eitjes stijgt de temperatuur en wel sneller naarmate de verhouding lager ligt. De krommen tonen ook aan dat de minimum temperatuur die in het bed vastgesteld wordt een invloed heeft op de snelheid van de heropwarming. Uit andere proeven is gebleken dat de temperatuur van 300° C een drempel vormt onder dewelke de oxydatie verloopt met een onvoldoende snelheid.

432. Invloed van de samenstelling van de kolen.

Dank zij de grote verscheidenheid in de kolen die voor eitjes met pek worden gebruikt in dit land, hebben wij proeven kunnen doen met een ganse reeks van produkten, gaande van antraciet tot magere kool.

4321. Antracieteitjes.

We hebben reeds gezien dat de graad van ontroking meestal wordt geschat aan de hand van de testproef toegepast in de fabriek van Douai die bestaat in het inbrengen van het agglomeraat in een moffeloven op 950° C en het meten van het tijdsverloop tussen dit ogenblik en het ontsnappen van de eerste zwarte rook. Om aan deze testproef haar volledige waarde te geven moet men er voor zorgen dat het agglomeraat koud en droog is; wanneer de kern van het eitje nog warm is gebeurt de afscheiding van de rook veel eerder; is het eitje vochtig, dan wordt ze merklijk vertraagd.

Gaat het om antracieteitjes waar de kolen zelf bij het verbranden geen rook geven, dan laat de test een tamelijk goede schatting van de diepte der ontroking toe. Men mag inderdaad aannemen dat in de omstandigheden waarin een moffeloven werkt de warmte voortplantingscoëfficiënten tamelijk regelmatig zijn, en dat de eerste rook verschijnt op het ogenblik dat de inwendige niet-ontrookte zone de temperatuur bereikt waarop de rookverwekkende produkten destilleren. Toch moet er op gewezen worden dat de wet van de warmtevoortplanting niet rechtlijnig is. Voor zover de ontrookte laag betrekkelijk dun is ten opzichte van de doormeter van het agglomeraat, bestaat er tussen de diepte van de ontroking en het tijdsverloop voor het verschijnen van de eerste rook een betrekking die onder volgende kwadratische vorm kan geschreven worden :

$$x = C_1 \sqrt{t} \quad [1]$$

où x est la profondeur de la zone défumée en mm
 t le temps obtenu dans le test du four à moufle
 en secondes

C_1 une constante de l'ordre de 0,7.

Il est admis à l'usine de Douai que, pour des agglomérés de 40 g, le défumage peut être considéré comme satisfaisant lorsque t atteint 90 secondes. En appliquant la formule [1], on voit que cette valeur correspond à une profondeur de défumage de l'ordre de 6,6 mm. Si l'on observe que le rayon moyen de l'aggloméré est de l'ordre de 20 mm, le rapport du volume défumé au volume total se situerait au voisinage de 70 %.

Nous avons reporté au tableau II les temps d'apparition des fumées correspondant à différents rapports volume défumé sur volume total (v/V) et à différents poids d'agglomérés. Deux conclusions importantes peuvent être tirées de ce tableau :

- il n'y a pas proportionnalité entre les volumes défumés et les temps observés dans le test du four à moufle ;
- le temps correspondant au défumage correct, soit à un volume défumé égal à 70 % du volume total, est fonction du poids de l'aggloméré.

Nous proposons de le fixer à 35, 57 et 90 secondes pour des agglomérés de 10, 20 et 40 grammes.

En fait, l'efficacité réelle du défumage est supérieure à 70 %, car lors de la combustion en poêle domestique, une partie des fumées qui pourraient provenir du cœur de l'aggloméré sont éliminées par cracking ou par combustion lorsqu'elles traversent la zone périphérique défumée.

Si le test de Douai permet d'estimer la profondeur de défumage, cette dernière n'est pas la même pour tous les boulets anthraciteux de même volume et de même porosité. En effet, tout charbon est susceptible de consommer de l'oxygène à une vitesse qui dépend de son degré de houillification. On comprend dès lors que c'est avec un anthracite très évolué, qui peut être considéré comme inerte, que la profondeur de défumage du brai sera maximum.

4322. Boulets maigres.

Dans le cas de boulets maigres, le charbon donne des fumées à la combustion en poêle. Il fixe de l'oxygène, mais à une vitesse beaucoup moindre que le brai, de sorte qu'un aggloméré de ce genre peut présenter après traitement oxydant deux couches défumées. L'une est profonde et correspond au défumage du brai, l'autre est superficielle et a trait à l'oxydation du charbon.

waarin x diepte van de ontrookte zone in mm
 t de tijd bekomen in de moffeloven in
 seconden

C_1 een constante ongeveer gelijk aan 0,7.

In de fabriek van Douai neemt men aan dat voor een agglomeraat van 40 g de ontroking voldoende is wanneer de tijd 90 seconden bereikt. Uit de formule [1] volgt dat de diepte van de ontroking ongeveer 6,6 mm bedraagt. Vermits de doormeter van het agglomeraat ongeveer 20 mm bedraagt, wordt nagenoeg 70 % van het totale volume ontrookt.

Op de tabel II hebben wij het tijdsverloop aangebracht voor het verschijnen van de rook voor verschillende verhoudingen van het ontrookte tot het totale volume (v/V) en voor agglomeraten van verschillende gewicht. Uit deze tabel kunnen twee belangrijke besluiten getrokken worden :

- er is geen evenredigheid tussen het ontrookte volume en de tijden die in de moffeloven worden waargenomen ;
- de tijd die overeenkomt met een goede ontroking, 't is te zeggen van 70 % van het totale volume, hangt af van het gewicht van het agglomeraat.

Wij stellen voor 35, 57 en 90 seconden te kiezen voor agglomeraten van 10, 20 en 40 gram.

In werkelijkheid is meer dan 70 % van het eitje rookvrij, want tijdens het verbranden in een huis-kachel wordt een gedeelte van de rook die nog door de kern van het agglomeraat zou kunnen vrijgegeven worden geëlimineerd door cracking of door verbranding terwijl hij de buitenste ontrookte zone doorbreekt.

De test van Douai leert ons ook dat de diepte der ontroking niet dezelfde is voor alle antracietitjes met hetzelfde volume en dezelfde porositeit. In feite zal een bepaalde kolensoort de zuurstof verbruiken met een snelheid die afhangt van haar inkolingsgraad. Men begrijpt dan ook dat de diepte waarover de pek ontrookt wordt het grootst is met een ver geëvolueerde antraciet die als inert kan beschouwd worden.

4322. Magere eitjes.

Bij magere eitjes geeft de kool zelf rook bij de verbranding in een kachel. Deze kool zet zelf zuurstof vast doch met een veel kleinere snelheid dan de pek, zodat een dergelijk agglomeraat na een oxyderende behandeling twee ontrookte zones kan vertonen ; de diepste heeft betrekking op het ontrokken van de pek, de andere is oppervlakkig en komt overeen met de oxydatie van de kolen.

TABLEAU II.

Temps d'apparition des fumées au four à moufle.

Poids de l'aggloméré	10 g	20 g	40 g
Rayon moyen de l'aggloméré (mm)	12,6	16	20
<u>Volume défumé</u>	Valeur de t en secondes		
<u>Volume total</u>			
30 %	4	6	10
50 %	14	22	34
70 %	35	57	90
90 %	93	150	235

L'épaisseur et le degré de défumage de cette fine couche dépendent de la nature du charbon maigre, de sa granulométrie et de sa proportion de grains moins évolués et plus réfractaires à l'oxydation. On comprend dans ces conditions que le test du four à moufle soit peu significatif, l'émission de fumées qui traversent la croûte superficielle ou qui proviennent de la couche elle-même à partir de grains non transformés, masquant la progression du défumage du brai.

L'importance réelle du défumage obtenu sur ce type de boulets ne peut donc être précisée que par le dosage direct des aérosols émis lors de leur combustion en foyer domestique.

Le tableau III groupe, pour différents combustibles défumés, les valeurs du degré de défumage obtenues par les deux méthodes.

Pour les boulets anthraciteux, le temps d'apparition de la première fumée traduit bien le degré de défumage, si on le compare à l'indice d'aérosols obtenus dans un essai de combustion en foyer domestique.

Pour les boulets maigres, les temps d'apparition sont tout à fait fantaisistes et ne correspondent pas au degré de défumage réel du boulet. Les trois premiers boulets maigres donnent en 60 minutes de traitement un défumage égal à celui d'un charbon maigre, mais sont pour la plupart parfaitement défumés pour des durées d'oxydation de 1 h 30 min. Par contre pour le boulet maigre IV, le charbon est plus réfractaire à l'oxydation. L'indice d'aérosols est réduit à 20 % de sa valeur initiale et il paraît peu probable qu'une durée de traitement portée au-delà de 2 h puisse conduire à un résultat plus favorable.

On remarquera également l'intérêt qu'il y aurait à utiliser des mélanges d'anthracite et de charbon

TABEL II.

Tijdsverloop voor het verschijnen van de rook in de moffeloven

Gewicht van het agglomeraat	10 g	20 g	40 g
Gemiddelde straal v. h. agglomeraat	12,6	16	20
<u>Ontrookt volume</u>	Waarde van t in sec		
<u>Totaal volume</u>			
30 %	4	6	10
50 %	14	22	34
70 %	35	57	90
90 %	93	150	235

De dikte en de ontrookingsgraad van deze dunne laag hangt af van de natuur van de magere kolen, van hun korrelgrootte en van het gehalte aan minder geëvolueerde korrels die meer weerstand bieden aan de oxydatie. Men begrijpt dat de test met de moffeloven in die omstandigheden weinig betekenis heeft, vermits de vordering gemaakt in het ontrooken van de pek volkomen aan de waarneming onttrokken wordt door rook die door de buitenste laag heendringt of door deze laag zelf wordt voortgebracht, namelijk door de korrels die niet getransformeerd werden.

Bij dit type eitjes kan bijgevolg de ontroking alleen bepaald worden door rechtstreeks doseren van de aerosols die ze bij het verbranden in een huiskachel voortbrengen.

In tabel III worden voor verschillende typen van ontrookte brandstoffen de uitslagen van de bepaling van de ontrookingsgraad volgens de twee methoden gegroepeerd.

Voor de antracieteitjes geeft de tijd voor het verschijnen van de eerste rook een juist beeld van de ontrookingsgraad, als men de vergelijking maakt met de index der aerosols bekomen bij verbranding in een huiskachel.

Met de magere eitjes geeft deze tijd geen enkel houvast en komt hij niet overeen met de ontrookingsgraad. De eerste drie eitjes uit magere kolen geven na een behandeling van 60 minuten een ontroking die te vergelijken is met die van magere kolen, maar ze zijn meestal volledig ontrookt na een oxydatie van 1 h 30. De kolen van het staal n^o IV zijn daarentegen meer weerstandbiedend tegen oxydatie. De index der aerosols kan op 20 % van zijn oorspronkelijke waarde gebracht worden en het ziet er niet naar uit dat het rekken der behandeling langer dan 2 uur een beter resultaat zou geven.

Het blijkt ook dat mengsels van antraciet en magere kolen zeer interessante uitslagen kunnen geven.

TABLEAU III.

Degré de défumage de différents boulets oxydés en lit de sable fluidisé par intermittence.

TABEL III.

Ontrotingsgraad van verschillende eitjes, geoxydeerd in bij tussenpozen bewegend zandbed.

Combustibles Brandstoffen	Boulets crus M.V. s/sec Rauwe eitjes V.B. droog %	Traitement Behandeling		Degré de défumage Ontrotingsgraad	
		T moy. Gem. temp. °C	Durée Duur min	Première fumée Eerste rook s	Indice d'aérosols Aerosolindex g/kg
Boulets anthracit. - Antracietachtige eitjes	12,5	340	60	130	2,0
		339	90	≥ 178	1,2
Boulets maigres I - Magere eitjes I	14,5	334	60	18	4,4
		339	90	35	4,0
Boulets maigres II - Magere eitjes II	15,5	343	60	85	6,2
		350	90	95	2,2
Boulets maigres III - Magere eitjes III	16,7	341	60	10	6,6
		337	90	12	2,8
Boulets maigres IV - Magere eitjes IV	16,4	344	90	11	8,6 à 10,8
		338	120	14	8
Boulets mélange I - Gemengde eitjes I (50 % Ant. + 50 % maigre) (50 % Ant. + 50 % magere)	14,7	346	60	20	4,2
		340	90	63	1,8
Boulets mélange II - Gemengde eitjes II (75 % Ant. + 25 % maigre) (75 % Ant. + 25 % magere)	12,1	345	60	52	2,6
		345	90	134	1,2

maigre. Les résultats obtenus sur des mélanges à 50 % et 25 % de charbon demi-gras sont significatifs. Dans ce cas, il faut signaler cependant que la granulométrie du charbon a été réduite en vue d'augmenter les surfaces de réaction. On remarquera encore que l'indice de matières volatiles sur sec ne constitue pas le paramètre d'aptitude du boulet à se défumer. Les boulets maigres types III et IV possèdent le même indice de matières volatiles et se comportent différemment au traitement d'oxydation.

De proeven gedaan met 50 % en 25 % halfvette kool zijn in dat opzicht van veel betekenis. Wel heeft men in dat geval de korrelgrootte verminderd ten einde een groter reactieoppervlak te bekomen. Men ziet ook nog dat het gehalte aan vluchtige bestanddelen in droge toestand geen maatstaf is voor de geschiktheid tot ontroking. De magere eitjes van type III en IV hebben dezelfde index van vluchtige bestanddelen en gedragen zich verschillend tijdens de oxydatie.

433. Influence du diamètre de l'aggloméré.

Le diamètre de l'aggloméré n'influe pas seulement sur la définition du temps de défumage dans l'essai du four à moufle, mais il a également une grande importance dans le déroulement même du traitement. Toutes les constatations que l'on peut faire dans l'étude expérimentale du défumage portent à penser que le facteur déterminant du traitement est la diffusion de l'oxygène de la surface vers l'intérieur de l'aggloméré.

Du fait de la grande similitude qui existe entre le phénomène de conduction de la chaleur et le phénomène de diffusion, on peut admettre cette fois encore et pour autant que la profondeur de défumage reste faible en comparaison du rayon de l'aggloméré, que la relation entre la profondeur de défumage et la durée du traitement est également de la forme :

$$X = C_2 \sqrt{T} \quad [2]$$

ou X est la profondeur de la zone défumée en mm et T la durée du traitement oxydant en lit de sable en min.

La valeur de C_2 dépend du type d'aggloméré et plus particulièrement de sa porosité, de sa teneur en brai et de la nature plus ou moins réactive du charbon qui le constitue.

La comparaison des formules [1] et [2] montre au surplus que, pour un type de charbon donné, il doit exister une relation de proportionnalité entre la durée de traitement T et le temps d'apparition des fumées t dans l'essai du four à moufle. Nous avons déjà eu l'occasion de la vérifier pour les boulets de 20 g très poreux et à faible teneur en brai. Par contre, il n'en est pas de même pour les gros boulets de 45 g où le degré de défumage tend à se stabiliser à une valeur pratiquement constante lorsque la durée de traitement en lit de sable augmente. Du fait de la grosseur de l'aggloméré, le noyau central non défumé peut encore distiller une quantité appréciable de goudron. Ce phénomène de contre-diffusion pourrait être responsable du retard de la pénétration de l'oxygène à l'intérieur du boulet.

De l'ensemble des relations qui précèdent, on peut encore déduire que, pour un type de charbon donné et pour une même teneur en brai, la durée de traitement nécessaire pour obtenir un défumage satisfaisant est proportionnelle au carré du diamètre de l'aggloméré.

L'application du défumage à des boulets de petit calibre présente donc un grand intérêt au point de vue de la réduction de la durée de traitement et de l'accroissement de la capacité des fours. Dans le cas particulier du marché belge, l'utilisation de petits

433. Invloed van de doormeter van het agglomeraat.

De doormeter van het agglomeraat beïnvloedt niet alleen het tijdsverloop bij de proef in de moffeloven tot bepaling van de ontrotingsgraad, maar hij heeft ook veel belang voor de behandeling zelf. Alle vaststellingen die tijdens de experimentele studie van het ontroken worden gedaan leiden tot de gevolgtrekking dat het bij deze behandeling vooral aankomt op de diffusie van de zuurstof van de oppervlakte naar de kern van het agglomeraat.

Wegens de gelijkenis die er bestaat tussen het verschijnsel der warmtegeleiding en het verschijnsel der diffusie, kan men nogmaals en ook voor zover de diepte van het ontroken klein is ten opzichte van de straal van het agglomeraat veronderstellen dat er tussen deze diepte en de behandelingsduur een betrekking bestaat van de vorm :

$$X = C_2 \sqrt{T} \quad [2]$$

waarin X diepte van de ontrookte zone in mm

T duur van de behandeling in zand in min.

De waarde van C_2 hangt af van het type van agglomeraat en meer bepaald van zijn porositeit, zijn gehalte aan pek en de min of meer grote reactiviteit van de kolen.

Uit de vergelijking van de formules [1] en [2] volgt ook nog dat er voor een bepaalde kolensoort een zekere evenredigheid moet bestaan tussen de duur van de behandeling en het tijdsverloop het verschijnen van de rook tijdens de proef in de moffeloven. Wij hebben dit reeds eerder kunnen controleren voor de zeer poreuze eitjes van 20 g met weinig pek. Daarentegen bestaat deze evenredigheid niet bij dikke eitjes van 50 g waar de ontrotingsgraad schijnt te streven naar een constante waarde ook al verlengt men het verblijf in het zandbed. Wegens de dikte van het agglomeraat kan de centrale niet ontrookte kern nog een belangrijke hoeveelheid rook destilleren. Dit verschijnsel van diffusie in tegengestelde richting zou in zekere mate verantwoordelijk kunnen zijn voor het feit dat de zuurstof met vertraging tot de kern van het eitje doordringt.

Uit de verschillende betrekkingen die tot hertoe werden opgesteld kan men nog afleiden dat de duur der behandeling nodig voor een voldoende ontroking, voor een bepaald type van kool en een gegeven pekgehalte, evenredig is met de tweede macht van de doormeter van het agglomeraat.

Het ontroken van eitjes van klein kaliber is dus van bijzonder groot belang omdat daardoor de duur der behandeling wordt verkort en de capaciteit van de ovens toeneemt. Ook kan het gebruik van kleine

boulets peut encore être recommandée pour un autre motif d'ordre purement commercial ; en effet, le boulet défumé s'adresse à une clientèle équipée de poêles à feu continu et, dans les dernières années, la majeure partie des constructeurs se sont orientés vers des appareils destinés à brûler des anthracites de petit calibre.

434. Influence de la température et de la durée de traitement.

La figure 7 illustre le degré de défumage de boulets anthraciteux en fonction de la température moyenne du sable. Les courbes révèlent l'importance de la température moyenne sur la progression du défumage. Il paraît aléatoire cependant d'aller au-delà de 350° C, car l'obtention de températures plus élevées peut être préjudiciable aux propriétés mécaniques des agglomérés.

eitjes, meer speciaal wat de Belgische markt betreft, nog voor een andere louter commerciële reden worden aanbevolen. Inderdaad zijn deze ontrookte eitjes bestemd voor een clientèle die gebruik maakt van vulhaarden, en nu is het zo dat in de laatste jaren de meeste constructeurs de weg zijn opgegaan van de vulhaarden voor antraciet van klein kaliber.

434. Invloed van de temperatuur en de duur van de behandeling.

Fig. 7 geeft de graad van ontroking van antraciet-eitjes in functie van de gemiddelde temperatuur van het zand. Men bemerkt welk belang de gemiddelde temperatuur heeft voor de vordering van het ontroken. Toch lijkt het gewaagd de 350° C te overschrijden omdat te hoge temperaturen schadelijk kunnen zijn voor de mechanische eigenschappen van de agglomeraten.

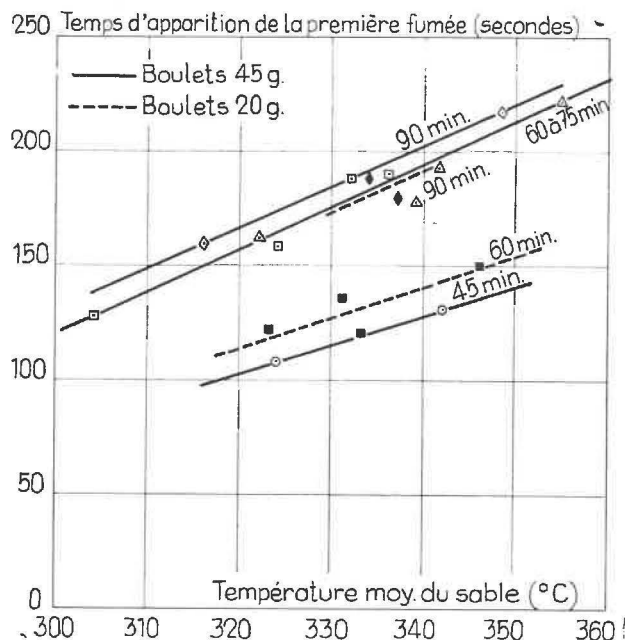


Fig. 7.

Evolution du degré de défumage en fonction de la température.

Evolutie van de ontrotingsgraad in functie van de temperatuur.

Temps d'apparition de la première fumée (sec) :
Tijdsverloop voor het verschijnen van de eerste rook (sec)

Boulets : eitjes
Température moy. du sable : gemidd. temperatuur van het zand

Il est à noter également que des durées de traitement supérieures à 60 minutes améliorent favorablement les caractéristiques mécaniques des agglomérés alors qu'elles ne sont pas indispensables au défumage, celui-ci étant habituellement correct en une heure d'oxydation.

Het is ook zo dat een behandelingsduur van meer dan 60 minuten een zeer goede invloed heeft op de mechanische eigenschappen van de agglomeraten al is hij niet vereist voor de ontroking, vermits deze gewoonlijk voldoende is na een oxydatie van een uur.

435. Influence de la granulométrie du charbon.

Si la granulométrie du charbon n'est pas d'importance primordiale dans le traitement de boulets au brai, elle peut conditionner favorablement ces derniers et conférer au produit fini des qualités d'aspect et un meilleur défumage.

Les raisons qui militent en faveur d'une fine granulométrie sont de deux ordres. Tout d'abord, qu'il s'agisse de boulets anthraciteux ou maigres, la température optimale de réaction requise par le boulet demande une température initiale de sable relativement élevée qui provoque la distillation du brai superficiel, ce qui tend à libérer les grains de charbon. Si ceux-ci sont trop gros, ils peuvent se détacher et conduire à une perte de matières tout en ternissant l'aspect du produit traité. En second lieu, comme il a été vu plus haut, le défumage du charbon maigre est en relation avec la réduction des dimensions des particules.

D'un autre côté, si la granulométrie du charbon est trop fine, elle conduit à une moins bonne porosité du boulet fermant les chemins d'accès de l'oxygène et contribue ainsi à augmenter la durée de traitement et à limiter l'exothermicité de l'opération nécessaire à l'échauffement du lit.

Il convient donc de rechercher un compromis.

436. Influence de la dose de liant.

Les résultats obtenus, après défumage en lit de sable fluidisé par intermittence, sur des boulets anthraciteux agglomérés avec des teneurs en brai différentes, sont illustrés aux figures 8 et 9.

Ces diagrammes mettent en évidence l'influence prépondérante de la teneur en brai sur la réactivité de l'aggloméré, laquelle est liée à la porosité, qui est d'autant plus grande que la dose de brai est plus faible.

L'oxydation de boulets à 7 % de brai s'accompagne de réactions exothermiques plus importantes, faisant apparaître un écart systématique entre les températures moyennes de sable qui s'amplifie lorsque la durée de traitement augmente (fig. 8).

La vitesse de défumage est également améliorée par la diminution de la teneur en brai comme le montre la figure 9. En 45 min de traitement, le défumage est pratiquement total pour des boulets à 5,65 % de brai, correct pour ceux à 7 % et insuffisant lorsque la teneur est de 8 %. Un défumage correct pour les agglomérés à 8 % de brai exige une durée minimale de traitement de 75 minutes.

Au cours du traitement thermique d'oxydation, les propriétés mécaniques de l'aggloméré se modifient généralement dans le sens favorable. Pour les boulets à 7 % de brai, l'oxydation rapide en profondeur consolide la couche externe et entraîne une

435. Invloed van de korrelgrootte van de kolen.

Alhoewel de korrelgrootte bij de behandeling van eitjes met pek niet van primordiaal belang is kan ze de geschiktheid van de eitjes gunstig beïnvloeden en zorgen voor een beter uitzicht en een vollediger ontroking van het eindprodukt.

De argumenten in het voordeel van een fijne granulometrie zijn tweërlei: ten eerste kan de optimale temperatuur voor de reactie der eitjes slechts bekomen worden dank zij een tamelijk hoge begintemperatuur in het zand, of het nu gaat om antraciet of magere kool; deze begintemperatuur veroorzaakt een destillatie in de buitenste peklagen, en kan het loskomen van korrels meebrengen. Indien de korrels te grof zijn kan men er verliezen, hetgeen een dof uiterlijk geeft aan het eitje en leidt tot gewichtsverlies. Ten tweede hebben we hoger gezien dat het ontroken van de magere kolen verband houdt met de vermindering van de afmetingen der samenstellende delen.

Is daarentegen de kool te fijn dan worden de eitjes te weinig poreus; de zuurstof vindt er haar weg niet meer in en de duur van de behandeling neemt toe terwijl het exothermisch karakter van de operatie, nodig voor het warm houden van het bed, afneemt.

Het komt er dus op aan een compromis te vinden.

436. Invloed van de hoeveelheid bindmiddel.

De resultaten bekomen door het ontroken op bij tussenpozen bewegend zandbed van antracieteitjes gebonden met verschillende gehalten aan pek worden gegeven door de fig. 8 en 9.

Daaruit blijkt de doorwegende invloed van het pekgehalte op de reactiviteit van het agglomeraat; deze houdt verband met zijn porositeit, die toeneemt naarmate de hoeveelheid pek kleiner is.

De oxydatie van eitjes met 7 % pek gaat gepaard met belangrijker exothermische reacties, vanwaar een systematisch verschil tussen de gemiddelde temperaturen van het zand, verschil dat toeneemt met de duur van de behandeling (fig. 8).

Het ontroken verloopt ook sneller wanneer de hoeveelheid pek kleiner is zoals blijkt uit fig. 9. Met een behandeling van 45 minuten verkrijgt men een praktisch volledige ontroking met eitjes met 5,65 % pek, een voldoende resultaat met eitjes met 7 en een onvoldoende resultaat met die van 8 % pek. Om eitjes met 8 % pek op voldoende wijze te ontroken moet men de behandeling 75 minuten rekken.

Tijdens de thermische oxydatie ondergaan de mechanische eigenschappen van de agglomeraten meestal een wijziging ten goede. Bij 7 % pek verstevigt de snel inwerkende oxydatie de buitenlaag en leidt tot een verbetering van al de mechanische

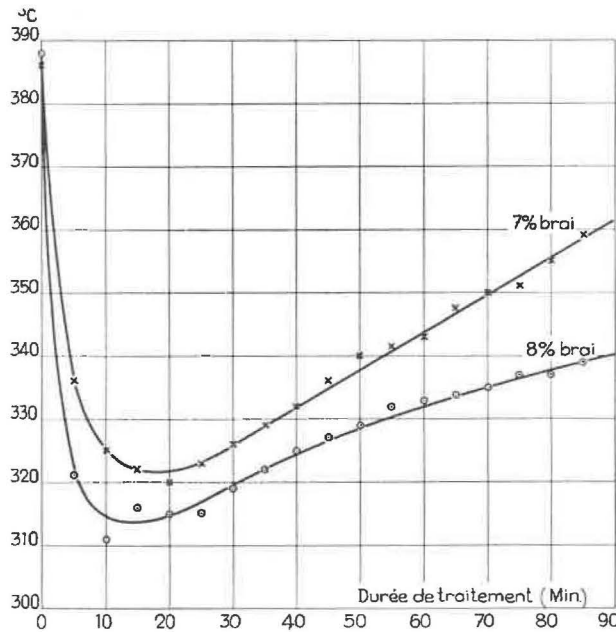


Fig. 8.

Evolution des températures au cours du défumage de boulets anthraciteux en lit de sable fluidisé par intermittence.
 Evolutie van de temperaturen in de loop van het ontroken van antracietachtige eitjes in een bij tussenpozen bewegend zandbed.

Brai : pek
 Durée de traitement : behandelingsduur

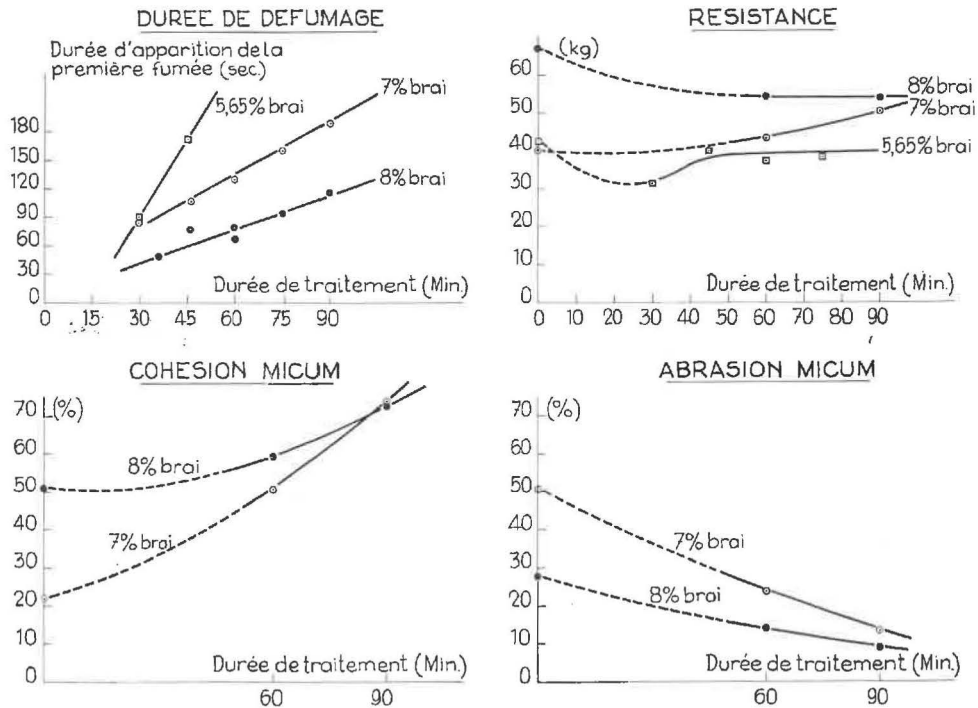


Fig. 9.

Evolution des caractéristiques de boulets anthraciteux défumés en lit de sable fluidisé par intermittence.

Evolutie der karakteristieken van de antracietachtige eitjes, ontrookt in een bij tussenpozen bewegend zandbed.

Durée de défumage : duur van het ontroken
 Durée d'apparition de la première fumée (s) : tijdsverloop voor het verschijnen van de eerste rook (s)
 Brai : pek

Durée de traitement (min) : behandelingsduur (min)
 Résistance : weerstand
 Cohesion Micum : Micum-cohesie
 Abrasion Micum : Micum-sleet

amélioration de toutes les caractéristiques mécaniques. Pour les boulets à 8 % de brai, l'amélioration des indices d'abrasion et de cohésion est sensible, mais la résistance à l'écrasement subit une réduction de l'ordre de 20 %. Lorsque la teneur en brai n'est que de 5,65 %, cette dernière est insuffisante pour que la transformation du liant conduise à une augmentation de la résistance.

En définitive, il existe une teneur en brai optimale voisine de 7 % qui permet le défumage rapide du liant et qui tend à donner aux produits traités des caractéristiques mécaniques maximales. Il n'est pas nécessaire de dépasser cette dose puisqu'on assiste à un regroupement des caractéristiques en fonction de la durée de traitement. Après 90 minutes dans le sable, les agglomérés à 7 et 8 % de brai présentent des qualités mécaniques à peu près identiques.

437. Influence de la nature du liant.

Le défumage de boulets anthraciteux agglomérés au bitume a été étudié en lit de sable fluidisé par intermittence. Les résultats obtenus sont illustrés à la figure 10.

eigenschappen. Bij 8 % pek worden de indices van sleet en cohesie merklijk verbeterd maar de weerstand tegen vergruizing wordt ongeveer 20 % kleiner. Wanneer het gehalte aan pek slechts 5,65 % is, is er niet voldoende bindmiddel aanwezig opdat de transformatie daarvan de weerstand zou doen toenemen.

Men komt dus tot het besluit dat er een optimaal pekgehalte bestaat, gelegen rond de 7 %, waarbij het ontrokken van het bindmiddel snel verloopt en het eindprodukt de beste mechanische eigenschappen bekomt. Hoger moet men met het gehalte niet gaan vermits bij toenemende behandelingsduur de eigenschappen van het eindprodukt weer worden gelijkgeschakeld. Na 90 minuten verblijf in het zand vertonen de agglomeraten van 7 en die met 8 % pek ongeveer dezelfde mechanische eigenschappen.

437. Invloed van de aard van het bindmiddel.

Men heeft het ontrokken van antracietachtige agglomeraten met bitumen in bij tussenpozen bewegend zandbed bestudeerd. De bekomen resultaten worden gegeven in fig. 10.

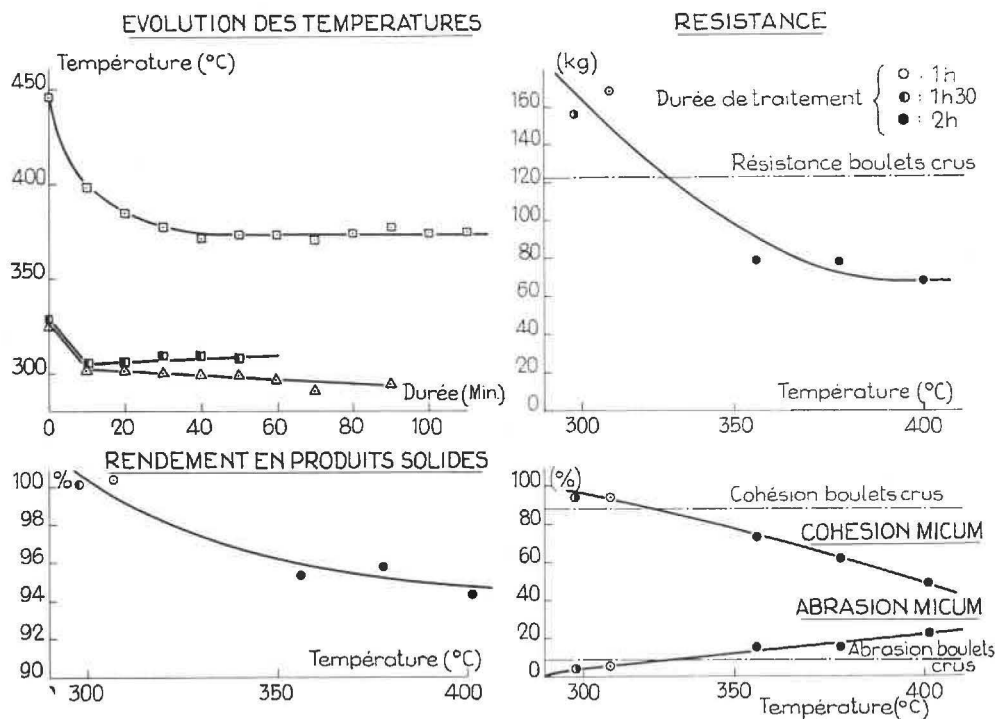


Fig.10.

Défumage de boulets anthraciteux agglomérés au bitume en lit de sable fluidisé par intermittence.
 Ontrokken van met bitumen gebonden antracietachtige eitjes in bij tussenpozen bewegend zandbed.

Evolution des températures : evolutie der temperaturen
 Résistance boulets crus : weerstand rauwe eitjes
 Rendement en produits solides : rendement in vaste stoffen
 Cohésion boulets crus : cohesie rauwe eitjes
 Abrasion : sleet

Les températures moyennes relevées au cours des essais indiquent que les boulets au bitume sont beaucoup moins réactifs que les boulets au brai et la chaleur dégagée suffit à peine à compenser les pertes calorifiques.

L'étude des propriétés des boulets traités indique que, au voisinage de 300° C, le traitement oxydant apparaît comme un simple recuit d'homogénéisation qui améliore la cohésion et la résistance des agglomérés mais qui ne s'accompagne que d'effets négligeables au point de vue défumage. Ce point se vérifie par un rendement en produits solides proche de 100 %, montrant une faible perte de matières volatiles. Pour des températures supérieures à 350° C, on enregistre une forte réduction des qualités mécaniques de l'aggloméré en même temps qu'une perte importante de matières limitant le rendement en produits solides de l'opération. Après 2 heures de séjour dans le lit de sable à 400° C de moyenne, la résistance et la cohésion Micum sont sensiblement réduites de moitié. Le rendement pondéral oscille entre 95 et 96 %, tandis que l'indice d'aérosols déterminé en foyer domestique est d'environ 5 g/kg de combustible, soit de l'ordre de celui d'un classé maigre.

Contrairement au défumage de boulets au brai, le traitement oxydant de boulets au bitume par immersion dans un lit de sable fluidisé par intermittence est une opération lente, demandant de hautes températures et qui s'accompagne d'un grand départ de matières volatiles.

Pour obtenir un produit défumé à 85 % de sa valeur initiale, il a fallu adopter une durée de deux heures à température de 370 à 400° C. Ces conditions opératoires conduisent à différents inconvénients : rendements en produits solides de 95 à 96 % seulement, forte diminution de la résistance à l'écrasement et de l'indice de cohésion.

Dans ces conditions, l'économie du traitement oxydant est douteuse et il serait peut-être plus avantageux d'envisager un défumage des boulets au bitume par carbonisation en atmosphère neutre à des températures de l'ordre de 550° C.

5. CONCLUSIONS

Pour conclure ce commentaire des résultats expérimentaux obtenus à la Station d'Essai d'Inichar, je tenterai de résumer brièvement les enseignements que l'on peut tirer de l'ensemble de nos essais.

51. Le défumage des agglomérés au brai peut être réalisé dans un lit de sable chaud fluidisé par intermittence dans lequel on effectue un soufflage d'air continu. Deux conditions doivent être remplies : tout d'abord, préchauffer les boulets à 300° C, température en dessous de laquelle la vitesse d'oxy-

De gemiddelde temperaturen die tijdens de proef werden opgenomen bewijzen dat de eitjes met bitumen veel minder reactief zijn dan die met pek ; de afgegeven warmte is nauwelijks in staat de thermische verliezen te compenseren.

Een studie van de eigenschappen der behandelde produkten leert dat de oxydatie rond 300° C beter te vergelijken is met een gewone homogeniserende hergloeïing waardoor de cohesie en de weerstand van de agglomeraten wordt verbeterd maar op het gebied van het ontroken geen noemenswaardige resultaten worden bekomen. Dit punt stemt overeen met een gewichtsrendement van nagenoeg 100 % en een klein verlies van vluchtige bestanddelen. Bij temperaturen boven de 350° C bestatigt men een sterke vermindering van de mechanische eigenschappen van het agglomeraat en terzelfdertijd een belangrijk gewichtsverlies waardoor het rendement van de operatie in vaste stof daalt. Na een verblijf van 2 uur in een zandbed op een temperatuur van 400° C gemiddeld, zijn de weerstand en de Micum-cohesie tot de helft gedaald. Het gewichtsrendement schommelt tussen 95 en 96 % en de aerosolindex bepaald in een huishoudkachel bedraagt ongeveer 5 g/kg hetzij ongeveer die van een geklasseerde magere kool.

In tegenstelling met wat het geval is voor de eitjes met pek, is de oxyderende behandeling van eitjes met bitumen in een bij tussenpozen bewegend zandbed een trage operatie die hoge temperaturen vereist en gepaard gaat met een groot verlies van vluchtige bestanddelen.

Voor een ontroking op 85 % van de beginwaarde is men moeten gaan tot een duur van 2 uur en een temperatuur van 370 tot 400° C. Een operatie in dergelijke omstandigheden biedt verschillende nadelen : het rendement in vaste stof bedraagt slechts 95 tot 96 %, de weerstand tegen vergruizing en de cohesieindex verminderen zeer gevoelig.

In die omstandigheden wordt het economisch belang van de oxyderende behandeling twijfelachtig en heeft men er misschien belang bij de eitjes met bitumen te ontroken door het carboniseren in neutrale atmosfeer bij een temperatuur van de orde van 550° C.

5. BESLUITEN

Tot besluit van dit commentaar op de resultaten der proeven uitgevoerd in het Proefstation van Inichar wil ik trachten een korte samenvatting te geven van hetgeen deze proefnemingen ons hebben geleerd.

51. Het ontroken van agglomeraten met pek kan gebeuren in een heet, bij tussenpozen bewegend zandbed waardoorheen op doorlopende wijze lucht geblazen wordt. Twee voorwaarden moeten vervuld worden : ten eerste moeten de eitjes op 300° C wor-

dation est faible, et ensuite adapter le rapport sable sur boulets à une valeur appropriée en vue de permettre une remontée progressive de la température du lit assurant la poursuite du processus d'oxydation. La température optimale moyenne du sable à atteindre est de l'ordre de 350° C, mais des résultats convenables peuvent être obtenus entre 300 et 350° C moyennant une certaine augmentation de la durée de l'opération.

52. Le traitement peut s'appliquer aux boulets au brai à base d'anhracite ou à base de charbon maigre.

La diffusion de l'oxygène constitue le paramètre principal régissant la vitesse d'oxydation du boulet. Néanmoins, d'autres facteurs peuvent modifier fortement la profondeur du défumage.

Parmi ceux-ci, la nature du charbon joue un rôle primordial en raison de sa plus ou moins grande affinité pour l'oxygène. Cette fixation de l'oxygène est d'autant moindre que le charbon est plus évolué. Toutefois, elle limite la profondeur de défumage du brai et, pour une même durée de traitement, un boulet à base d'anhracite russe peu réactif sera mieux défumé qu'un boulet à base d'anhracite belge et à plus forte raison qu'un boulet maigre. Pour ce dernier, l'effet du défumage devra porter sur les fumées provenant de la combustion du charbon. Cet effet est limité de nouveau par la nature du combustible, certains charbons maigres restant réfractaires au défumage.

Si l'on veut réaliser des durées de traitement normales, il s'avère nécessaire de mieux adapter les boulets maigres en limitant leur teneur en brai et en réduisant la granulométrie du charbon.

Ces conditions peuvent être satisfaites par l'adoption d'une nouvelle technique d'agglomération au brai mise au point par le Docteur Müschenborn (chef de la Station expérimentale d'Agglomération du Bergwerksverband à Essen Kray) et qui consiste à prétraiter le charbon à 60-70° C par une émulsion contenant de l'eau, de l'huile et du lignosulfite.

Un deuxième moyen permettant de réduire la durée du traitement oxydant consisterait à utiliser des boulets de plus petit calibre. En effet, pour un même degré de défumage, le temps de traitement est proportionnel au carré du diamètre de l'aggloméré. La capacité des fours en serait augmentée, tandis que le petit boulet pourrait mieux s'adapter aux poêles domestiques belges.

Il est à noter par contre qu'un allongement du traitement au-delà de la durée minimale indispensable au défumage correct a toujours une répercussion favorable sur les caractéristiques mécaniques

den voorverwarmd omdat de oxydatie onder deze temperatuur te traag verloopt, en vervolgens moet men zorgen voor de gepaste verhouding zand tot eitjes die zodanig moet zijn dat de temperatuur van het bed geleidelijk stijgt en het oxydatieproces regelmatig verloopt. De optimale temperatuur die door het zand moet bereikt worden is 350° C, doch ook tussen 300 en 350° C kunnen behoorlijke resultaten bereikt worden op voorwaarde dat de duur van de behandeling enigszins verlengd wordt.

52. De behandeling kan toegepast worden op pek-eitjes vervaardigd uit antraciet en uit magere kolen.

De diffusie van de zuurstof is de voornaamste factor voor de snelheid waarmee het eitje in de diepte wordt geoxydeerd. Niettemin kunnen andere factoren een diepgaande invloed uitoefenen op de dikte van de ontrookte laag.

Hierbij speelt de natuur van de kool een grote rol wegens het bestaan van een min of meer grote affiniteit voor zuurstof. Hoe meer de kolen geëvolueerd zijn, hoe minder zuurstof ze opnemen. Toch beperkt deze affiniteit in elk geval de diepte op dewelke de pek kan ontrookt worden zodat, bij gelijke duur van behandeling, een weinig reactieve Russische antraciet beter zal ontrookt zijn dan een Belgische antraciet, en a fortiori een magere kool. Bij deze laatste heeft men bij het rookloos maken ook af te rekenen met de rook voortkomend van de verbranding van de kool. Het resultaat is weerom beperkt door de natuur van de kolen, vermits zekere soorten zich weerbarstig tonen tegen de ontroking.

Als men de behandelingsduur binnen redelijke grenzen wenst te houden moet men noodzakelijkerwijze de geschiktheid van de eitjes uit magere kolen verbeteren door minder bindmiddel te gebruiken en de korrelgrootte te verminderen. Aan deze voorwaarden kan voldaan worden dank zij een nieuwe agglomerateertechniek uitgewerkt door Dokter Müschenborn (Hoofd van het Proefstation voor agglomeratie van het Bergwerksverband te Essen-Kray) en die bestaat in het vooraf bewerken van de kolen, op 60 tot 70° C, met een emulsie van water, olie en lignosulfiet.

Een ander middel om de duur van de oxydatie te beperken zou bestaan in het gebruik van kleinere eitjes. Voor eenzelfde ontrookingsgraad is de behandelingsduur immers evenredig met het kwadraat van de doormeter van het agglomeraat. De capaciteit der ovens zou op die manier verhoogd worden en de kleine eitjes zouden zeer geschikt zijn voor het gebruik in de Belgische kachels.

Daarentegen moet ook onderstreept worden dat het voortzetten van de behandeling boven de minimum tijd nodig voor een voldoende ontroking steeds

des agglomérés et plus spécialement sur les indices de cohésion et d'abrasion Micum.

53. Les bitumes de pétrole sont mal adaptés au traitement de défumage oxydant et, dans l'état actuel de la technique, ce traitement doit être réservé aux boulets agglomérés au brai de houille.

54. Le contrôle du degré de défumage par le test, consistant à chronométrer la première fumée noire qui s'échappe du boulet lorsqu'il est placé dans un four à moufle ouvert maintenu à 950° C, s'applique parfaitement aux boulets anthraciteux. Toutefois, le temps d'apparition correspondant au défumage correct dépend du poids de l'aggloméré et le temps normal de 90 s requis pour un boulet de 40 g devient de l'ordre de 60 s pour un boulet de 20 g. Quant aux boulets maigres, ils émettent, lorsqu'ils sont introduits dans le four à moufle, des fumées fugaces provenant de grains de charbon non défumés qui masquent la profondeur du défumage du brai. Nous nous proposons de rechercher une méthode simple et rapide qui engloberait tous les types de combustibles traités et qui permettrait d'estimer le seuil de défumage correct sans devoir faire appel à un dosage quantitatif par combustion en foyer domestique.

gunstige gevolgen heeft voor de mechanische karakteristieken van de agglomeraten, bijzonder voor de cohesieindex en de sleetindex Micum.

53. Petroleumbitumen maakt de behandeling voor het oxyderend ontroken moeilijk; in de huidige staat van de techniek moet de behandeling worden beperkt tot de eitjes vervaardigd met kolenpek.

54. Het controleren van de ontrotingsgraad door middel van het tijdsverloop tussen het inbrengen van het eitje in open moffeloven op 950° C en het ogenblik waarop de eerste zwarte rook ontsnapt lukt zeer goed met antracieteitjes. Toch hangt het tijdsverloop dat overeenkomt met een gepaste ontroking af van het gewicht van het agglomeraat; voor een eitje van 40 g bedraagt het 90 s, voor een eitje van 20 g is het 60 s. Past men de proef toe op eitjes van magere kolen, dan zullen deze eitjes vluchtige rook afgeven die voortkomt van niet ontrookte kooldeeltjes en die de waarnemer beletten de ontroking van de pek na te gaan. Wij willen een eenvoudige en snelle methode zoeken die geldig is voor alle typen van kolen en waarmee men kan bepalen of de ontroking voldoet, zonder dat men zijn toevlucht moet nemen tot de kwantitatieve dosering door verbranding in een huiskachel.