



Patent dodatkowy  
do patentu nr \_\_\_\_\_

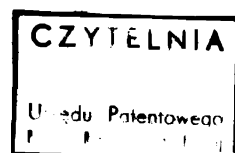
Zgłoszono: 12.05.78 (P. 206728)

Pierwszeństwo: 14.05.77 Republika Federal-  
na Niemiec

Zgłoszenie ogłoszono: 12.02.79

Opis patentowy opublikowano: 15.07.1982

Int. Cl.<sup>2</sup>  
C10K 1/02



Twórca wynalazku \_\_\_\_\_

Uprawniony z patentu: STEAG Aktiengesellschaft, Essen (Republika  
Federalna Niemiec)

### Sposób granulowania pyłu lotnego oraz urządzenie do stosowania tego sposobu

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób granulowania pyłu lotnego, w którym pył lotny stapia się a stop rozdrabnia się na granulaty, oraz urządzenie do stosowania tego sposobu.

Wynalazek ma zastosowanie zwłaszcza do palenisk na pył węglowy a w szczególności do palenisk na pył z węgla kamiennego dla dużych kotłów stosowanych w elektrowniach. W tychże urządzeniach kotłowych uzyskuje się popiół w postaci pyłu o miakkości mąki. Przechowywanie tego rozpuszczalnego w pewnej mierze w wodzie pyłu sprawia duże trudności.

Wiadomo, że pył lotny otrzymywany w paleniskach na pył węglowy poddaje się zmieszaniu z węglem i spalaniu w odrębnym kotle parowym przy czym uzyskuje się temperaturę wyższą od temperatury topnienia popiołu. Następuje więc stopienie popiołu, który w postaci roztopionej masy wprowadza się do kąpieli wodnej. Powstaje przy tym granulot wykazujący w swej zestalonej postaci niewielką wytrzymałość. Tego rodzaju granulatu nie można zastosować jako półproduktu bez dalszej przeróbki. Ponadto utrudnieniem jest konieczna do tego celu instalacja, gdyż musi być ona stosunkowo duża i może pracować tylko razem z kotłem głównym.

Znane są również tak zwane kotły z komorą stapiania, w których otrzymuje się ciekły żużel. Żużel ten spływa do kąpieli wodnej, w której zestala się na kruche szkło krzemionkowe. W takich kotłach

2

z komorą stapiania prawie połowa pyłu lotnego wiązana jest przez otrzymywany żużel zaś druga połowę wytrąca się za pomocą urządzenia filtrującego z gazów spalinowych i zawraca do kotła.

Oblicza się, że dla stopienia pyłu potrzeba około 6% wagowych węgla. Wadą jest to, że substancja wytworzona opisaną metodą z pyłu węglowego z powodu swej skłonności do pękania na małe kawałki również nie daje się bezpośrednio stosować jako półprodukt. Ponadto sposób nie jest zadowalający pod względem ekonomicznym gdyż ciepło topnienia żużla jest poważnie stracone. Z drugiej strony praca tego rodzaju instalacji kotłowych była dotychczas stosunkowo bezproblemowa. Konieczna do wyłożenia komory paleniskowej ogniotrwała wymurówka chroniąca rury wyparne przed korozją ze strony agresywnego żużla okazała się bowiem trwałą w pracy ciągłej i wytrzymywała eksploatację w okresie pomiędzy przeglądami.

Wystąpiły obecnie zmiany polegające na uwzględnieniu ochrony środowiska, podrożeniu węgla kamiennego, i na tym, że z powodu tej ostatniej okoliczności następuje często odwrót od uzyskiwania prądu z węgla kamiennego w przypadku średniego i słabego obciążenia. Powoduje to często uruchamianie i zatrzymywanie kotła a przez to naprężenia cieplne w wymurówce, co poważnie zmniejsza jej trwałość. Nadto panująca dotychczas w kotłach z komorą stapiania wysoka temperatura spalania do 1800°C prowadzi m. in. do tego, że część azotu

z powietrza utlenia się do tlenku azotu, który zwłaszcza w rejonach o dużym zagęszczeniu przemysłowym przyczynia się w poważnej mierze do zanieczyszczenia powietrza. Z tego względu przy nowych wielkich blokach energetycznych powracano do stosowania kotłów omówionych we wstępie opisu. Temperaturę spalania utrzymuje się przy tym tak niską, że cząstki popiołu pozostają poniżej temperatury topnienia a zatem można zrezygnować z wykładziny szamotowej. Oprócz tego znacznie obniżone jest tworzenie się tlenku azotu i stąd wynika potaniecie inwestycji kotłowych.

Nowy problem pojawia się przy odprowadzaniu pyłu wskutek jego miakkości i rozpuszczalności w wodzie, gdyż w przypadku składowania bezpiecznego dla środowiska powstają znaczne koszty. Odpowiednio do tego celem wynalazku jest opracowanie ekonomicznego sposobu granulowania pyłu lotnego na produkt, dający się lepiej niż dotąd przechowywać lub na półprodukt, który można korzystnie poddawać dalszej przeróbce. Osiąga się to za pomocą sposobu według wynalazku, który polega na tym, że pył lotny ogrzewa się do temperatury około 1000°C, miesza ze strumieniem wstępnie ogrzanego do temperatury około 1000°C powietrza do spalania i stapia się, granulaty powstałe przez rozdrobnienie stopu wygrzewa się w temperaturze około 1300—1100°C i ciepło odlotowe z procesu stapiania stosuje się do wstępnego ogrzewania powietrza do spalania a ciepło odlotowe z procesu wygrzewania stosuje się do wstępnego ogrzewania pyłu lotnego. Granulat uzyskuje strukturę bazaltu lub podobną do bazaltu.

Wstępne podgrzewanie pyłu lotnego służy po pierwsze do natychmiastowego zapłonu resztkowego węgla w rurze do stapiania, by można było utrzymać krótki czas stapiania, a po drugie do zmniejszenia zapotrzebowania na węgiel do stapiania, które można obniżyć aż do resztkowej zawartości węgla w pyłe lotnym. W przypadku palenisk na pył węglowy z węgla kamiennego zawartość węgla resztkowego wynosi przeważnie od 3 do 5%.

Odprowadzanie ciepła jest operacją porównywalną z wygrzewaniem, które usuwa naprężenia cieplne w granulacie i umożliwia powstanie struktury krystalicznej odpowiadającej strukturze skał wylewnych lub zakrzepłych; w tym sensie należy rozumieć wskazówkę o strukturze bazaltu. Duża wytrzymałość oraz inne istotne dla przechowywania i dalszej przeróbki takiego granulatu właściwości tego rodzaju skał są dostatecznie znane.

Według dalszej cechy wynalazku pył lotny przeprowadza się korzystnie w stan ciekły bez dodatkowego węgla a konieczne do tego zapotrzebowanie na węgiel pokrywa się resztkami węgla we wprowadzonym pyłe lotnym. W tym przypadku w porównaniu do dotychczas przeprowadzanego stapiania pyłu lotnego uzyskuje się dużą oszczędność paliwa wynoszącą około 3%.

Według wynalazku można do pyłu lotnego przed jego wprowadzeniem dodać minerały lub mieszanke minerałów, pełniące rolę środków pomocniczych krystalizacji dla uzyskania właściwej struktury granulatu. Wchodzi tu w rachubę np. wapień ma-

jący właściwości skracania czasu krystalizacji lub czasu wygrzewania. Powstaje przy tym ciągliwa skała wylewowa o wysokiej wytrzymałości, którą można stosować jako pełnowartościowy surowiec w przemyśle budowlanym. Nadto okazało się skutecznym wstępne podgrzewanie pyłu lotnego przynajmniej do temperatury około 600°C oraz wygrzewanie stopionej masy w temperaturze około 1300—1100°C.

Sposób według wynalazku jest szczególnie ekonomiczny wtedy, gdy ciepło odlotowe ze stapiania pyłu lotnego służy dla wstępnego podgrzewania powietrza do spalania.

W szczególności, gdy zawartość węgla w pyłe lotnym jest różna lub zmienia się, to można w dalszej postaci wykonania sposobu według wynalazku końcową temperaturę ciekłej masy stosować jako wielkość wiodącą dla dodawania węgla do wprowadzonego pyłu lotnego o zbyt małej zawartości resztkowej węgla, albo dla redukującego spalania i częściowego doprowadzania powietrza przy zbyt dużej zawartości resztkowej węgla.

Uzyskane za pomocą wynalazku główne korzyści polegają przede wszystkim na tym, że pył lotny z wielkich wytwornic pary opalanych stałymi, kopalnymi paliwami a zwłaszcza węglem kamiennym, całkiem niezależnie od zakresu, w którym odpowiednio do programu siłowni pracuje instalacja kotłowa, może być przekształcony w wysokowartościowy półprodukt, np. materiał budowlany bez powstawania przez to zwiększonych kosztów. W przypadku trudności ze zbytym tak wytworzony materiał można również magazynować bez problemów występujących przy zwykle stosowanym przechowywaniu pyłów.

Do przeprowadzenia sposobu według wynalazku najodpowiedniejszym jest urządzenie, którego istotną cechą jest działający jak dysza mieszająca iniektor, przeznaczony do zawirowania powietrza do spalania i pyłu lotnego, umieszczony przed komorą spalania, za którą znajduje się bęben obrotowy i z nim włączony pojemnik wygrzewczy.

Urządzenie do granulowania pyłu lotnego, drogą stapiania pyłu lotnego i rozdrabniania stopu na granulaty, według wynalazku ma wyposażony w grzejnik podgrzewacz pyłu, który poprzez iniektor dla powietrza do spalania łączy się z komorą spalania, przeznaczoną do stapiania pyłu lotnego, za komorą spalania ma włączony pojemnik wygrzewczy ze spustem dla granulatu, oraz ma przewody do zwracania ogrzanego powietrza odlotowego z pojemnika wygrzewczego do podgrzewacza pyłu i z komory spalania do iniektora, przy czym korzystnie ma komorę spalania w postaci pionowo ustawionej rury oraz korzystnie za pomocą zaworu sterującego dodatkowym paliwem ma regulację temperatury końcowej w komorze spalania przy stałym doprowadzeniu pyłu lotnego przez dozownik oraz powietrza do spalania i powietrza chłodzącego przez odpowiednie dmuchawy.

Przykład wykonania urządzenia do stosowania sposobu według wynalazku przedstawiono w schemacie technologicznym na rysunku. Schemat ten dotyczy warunków w przypadku siłowni 2×700 MW na węgiel kamienny, w której otrzymuje się

300 000 t/rok pyłu węglowego. Ponadto przedstawiona instalacja jest w założonych warunkach celem uniknięcia naprężeń termicznych w wymurówce rury do stapiania przy równomiernym obciążeniu 20 t/godz. Zimny początkowo pył lotny podaje się z przewodu 1 poprzez dozownik 2 do wstępnego podgrzewacza pyłu 3. Jest to zbiornik z wykonanymi z rur węzownicami grzejnymi 3a. Wewnątrz rur przepływa podgrzane powietrze do chłodzenia. W zbiorniku 3 zimny pył lotny ogrzewa się i zgodnie z przedstawionym przykładem wykonania nagrzewa się na podstawie wartości założonej do temperatury 1000°C. Pył o tej temperaturze spływa pod wpływem siły ciężkości do iniektora 10. Iniektor zasilany jest wstępnie podgrzanym powietrzem zasilającym.

Według przedstawionego przykładu wykonania powietrze zasilające jest nagrzewane także do temperatury 1000°C. Odpowiednio do zawartości węgla resztkowego w pyłe lotnym ilość powietrza zasilającego ustalona jest na 5380 m³/godz., tak że stechiometrycznie wystarcza ono dla spalania węgla do CO₂. Oprócz tego iniektor działa jako dysza mieszająca, w której wskutek dużej burzliwości następuje dokładne zmieszanie pyłu lotnego z powietrzem zasilającym. Wskutek tego dochodzi do natychmiastowego zapalenia gorącego węgla zawartego w pyłe lotnym. Mieszanina pyłu z powietrzem przepływa centrycznie z góry na dół do komory spalania 11 wykonanej jako cylindryczna rura o średnicy około 2 m. W rurze do spalania prędkość powietrza z pyłem zostaje zmniejszona do około 3 m/sek., tak więc przy wysokości 30 m czas przebywania wynosi około 10 sekund. Jest to względnie długi okres czasu powodujący to, że wszystkie cząstki pyłu zostają stopione. Ciekła stopiona masa osadza się na wbudowanym ruszcie chwytającym 11a w dolnym końcu rury do spalania 11 i spływa spoistym strumieniem do leja zbiorczego 11b. Gorące gazy spalinowe o temperaturze około 1400°C dopływają poprzez nie narysowany na schemacie oddzielnik kropel do wstępnego podgrzewacza 9 dla ogrzewania powietrza do spalania 7.

W przedstawionym przykładzie wykonania gazy spalinowe ulegają przy tym ochłodzeniu z 1400°C do temperatury 565°C. Z tego powodu wymiennik ciepła 9 jest w części nagrzewanej do temperatury 1200°C zbudowany z materiału odpornego na wysoką temperaturę np. z molibdenu, tytanu lub materiału ceramicznego. Od 1200°C wystarczająco będące w handlu odporne na żar i zgorzalinę stałe o dużej zawartości chromu.

W przedstawionym przykładzie wykonania ciekła stopiona masa o temperaturze 1400°C wypływa przez przewód 12 z leja 11b i dostaje się do lekko chłodzonego z zewnątrz bębna obrotowego 13. Strumień napotykający wewnętrzną ściankę bębna zostaje rozerwany tak, że tworzą się kulki, które najpierw twardnieją powierzchniowo, ale wewnątrz mają jeszcze konsystencję ciastową. Grubość strumienia stopionej masy określa się przy tym średnicę kulek. Jeśli średnica kulek nadal się zmniejsza to wtedy należy proporcjonalnie zmniejszyć czas przebywania w bębnie obrotowym. Para-

metry te umożliwiają więc dostosowanie uziarnienia granulatu do każdorazowej sytuacji rynkowej bez dodatkowego podłączania instalacji do rozdrabniania.

W służącym jako granulatore bębnie obrotowym 13 traci się około 20% zawartości ciepła w stopionej masie. Powierzchniowo utwardzony granulatu o średniej temperaturze w przedstawionym przykładzie wykonania około 1250°C (odpowiadającej 320 kcal/kg) spada z bębna przez przewód 14 do naczynia 15 przeznaczonego do wygrzewania. W naczyniu do wygrzewania granulatu zostaje powoli schłodzony korzystnie w zakresie 1300—1100°C. Tworzy się przy tym krystaliczna struktura podobna do struktury bazaltu lub odpowiadająca bazaltowi. Celem wygrzewania jest jednakże uniknięcie kruchego szkła glinowo-krzemianowego.

Powietrze chłodzące, które w przedstawionym przykładzie wykonania doprowadzane jest w miejscu 17 w ilości 14500 m³/godz. i za pomocą dmuchawy 16 tłoczone poprzez pojemnik wygrzewczy z dołu do góry nagrzewa się wreszcie do temperatury 1200°C po odciągnięciu z granulatu tejże ilości ciepła. Tak powstałe gorące powietrze w przedstawionym przykładzie wykonania wykorzystane jest do tego, aby zimny pył lotny nagrzać w przeciwnym kierunku we wstępnym podgrzewaczu pyłu 3 do podanej temperatury około 1000°C. Po wyjściu ze wstępnego podgrzewacza pyłu powietrze chłodzące ma temperaturę końcową około 300°C. Łączy się je z mającymi temperaturę 565°C gazami spalinowymi ze wstępnego podgrzewacza powietrza 9 w komorze zmieszania 21 i odprowadza powyższą mieszaninę gazów o temperaturze około 400°C poprzez wylot 20 do atmosfery.

Zadaniem komory zmieszania jest oprócz tego dopalenie za pomocą nadmiaru powietrza niespalonego tlenku węgla z komory stapiania 11. Jest to konieczne wtedy gdy zawartość węgla w pyłe lotnym jest większa niż 2,88% wagowych. Jeśli tego rodzaju skład występuje częściej w trakcie pracy to energicznie celowym jest rozszerzenie instalacji o kocioł na ciepło odpadkowe, który włącza się przed przedstawionym jako 20 kominem gazów odlotowych. Na przykład gdy pył lotny zawiera 5% wagowych węgla, to można w kotle na ciepło odpadkowe uzyskać jeszcze około 5 Gcal/godz.

Proces reguluje się prostą metodą. W tym celu należy utrzymywać stałą wartość dopływu surowego pyłu z dozownika 2. Także dopływ powietrza do spalania z 7 oraz powietrza chłodzącego z 17 poprzez odpowiednią dmuchawę powinien być stały.

Jeśli zawartość węgla w pyłe lotnym spadnie poniżej podanej granicy to wtedy nie osiąga się temperatury końcowej 1400°C odpowiadającej założonej wartości instalacji. W takim przypadku poprzez czujnik temperatury 24 zostaje uruchomiony zawór regulacyjny 22. Wskutek tego dodatkowe paliwo 23 może poprzez dyszę mieszającą 10 dochodzić do komory spalania 11 aż ponownie uzyska się żadaną temperaturę 1400°C, którą utrzymuje się za pomocą obwodu regulacyjnego 24—22.

Gdy zawartość węgla w pyłe lotnym jest zbyt duża, to z powodu stałej ilości powietrza spala się

tylko część węgla i powstaje tlenek węgla, przy czym temperatura obniża się. Poniżej porównano stan założony oraz stan roboczy w przypadku zbyt dużego udziału węgla:

$C + O_2 = CO_2 - 94 \text{ kcal}$  (przypadek założony)

$2C + O_2 = 2CO - 52 \text{ kcal}$  (zbyt duży udział węgla)

Odchylenie 42 kcal.

Za pomocą dodatkowego powietrza część powstającego tlenku węgla musi być spalona na dwutlenek węgla a mianowicie:

$0,62 CO + 0,31 O_2 = 0,62 CO_2 - 0,62 \times 68 = -42 \text{ kcal}$ .

Jeśli wynikiem nadmiar tlenku węgla, to zawór regulacyjny 26 jest tak sterowany czujnikiem temperatury 25, że gorące powietrze z pojemnika wygrzewczego 15 dopływa do komory spalania 11 aż do osiągnięcia żądanej temperatury.  $1400^\circ C$  i temperaturę utrzymuje się poprzez obwód regulacyjny 25—26. Rozruch opisanego urządzenia w stanie zimnym przebiega następująco: Najpierw poprzez dozownik pyłu 2 napełnia się podgrzewacz pyłu 3 zimnym pyłem lotnym 1. Zasuwą odcinającą 4 jest przy tym zamknięta. Następnie włącza się dmuchawę powietrza chłodzącego 16. Zimne powietrze do chłodzenia przepływa poprzez opróżnione naczynie do wygrzewania 15 i dochodzi do rozruchowej komory spalania 5, w której za pomocą paliwa rozruchowego 6 powoli nagrzewa się do temperatury  $1200^\circ C$ . Po kilku godzinach surowy pył zostaje podgrzany do temperatury około  $1000^\circ C$ . Podczas okresu nagrzewania dozownik 2 jest zamknięty. Czas trwania rozruchu dobiera się tak, żeby uniknąć niebezpiecznych naprężeń termicznych. Do tego celu można przeznaczyć okres czasu około 8 godzin. Ponadto wynika z tego, że opisanie urządzenie w miarę możliwości powinno pracować w sposób ciągły. Teraz włącza się dmuchawę powietrza do spalania 8 i powietrze to poprzez iniektor 10, do którego przez zawór regulacyjny 22 doprowadza się i zapala paliwo dodatkowe, wdmuchuje się do komory spalania 11. Dopływ paliwa reguluje się tak, żeby komora spalania 11 w ciągu kilku godzin nagrzała się do temperatury  $1400^\circ C$ . Tak jak w opisanym na wstępie stanie roboczym (stan ustalony) gazy odlotowe podgrzewają świeże powietrze w wymienniku ciepła 9. Gdy osiągnięta zostanie temperatura żądana (pył  $1000^\circ C$ ) to otwiera się zasuwę odcinającą 4, tak aby teraz pył mógł być zasypany poprzez iniektor 10. Równocześnie włącza się dozownik 2.

Pierwszy pył ze szczytu podgrzewacza 3 jest jeszcze zimny. Dlatego dopływ paliwa 23 pozostaje w ruchu tak długo, aż pył osiągnie temperaturę  $1000^\circ C$ . Wtedy uruchamia się bęben granulacyjny 13. W opisanych warunkach wyłącza się dmuchawę powietrza chłodzącego na okres około jednej godziny a dopływ paliwa rozruchowego 6 zamyka się na cały okres pracy. Gdy pojemnik wygrzewczy napełni się mniej więcej do połowy wtedy ponownie włącza się dmuchawę powietrza chłodzącego 16. Po żądanym napełnieniu się pojemnika wygrzewczego 15 uruchamia się zasuwę żużla 18. Przez to osiąga się objaśniony na wstępie stan roboczy (stan ustalony). Wytworzony granulata ma

postać kawałków o wielkości około 10—100 mm tak, że na ogół dodatkowe jego rozdrabnianie jest zbędne. Z uwagi na duży stopień mechanizacji obsługa jest stosunkowo niewielka (1 człowiek/zmienną).

Całkowite zapotrzebowanie powietrza wynosi około 0,5% zapotrzebowania siłowni, z którego całą otrzymywaną ilość pyłu lotnego przerabia się w tej instalacji na opisany produkt. Wynikają z tego względnie niewielkie rozmiary instalacji na którą wystarczają odpowiednio małe nakłady inwestycyjne.

#### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób granulowania pyłu lotnego, w którym pył lotny stapia się a stop rozdrabnia się na granulata, **znamienny tym**, że pył lotny ogrzewa się do temperatury około  $1000^\circ C$ , miesza ze strumieniem wstępnie ogrzanego do temperatury około  $1000^\circ C$  powietrza do spalania i stapia się, granulata powstały przez rozdrabnianie stopu wygrzewa się w temperaturze około  $1300—1100^\circ C$ , ciepło odlotowe z procesu stapiania stosuje się do wstępnego ogrzewania powietrza do spalania a ciepło odlotowe z procesu wygrzewania stosuje się do wstępnego ogrzewania pyłu lotnego.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w przypadku stosowania lotnego pyłu o resztkowej zawartości węgla stapia się go bez dodawania węgla.

3. Sposób według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że do pyłu lotnego przed jego wprowadzeniem dodaje się minerały, pełniące rolę środków pomocniczych krystalizacji dla uzyskania struktury granulatu.

4. Sposób według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że pył lotny wstępnie ogrzewa się przynajmniej do temperatury zapłonu węgla resztkowego około  $600^\circ C$  i stopioną masę wygrzewa się w temperaturze około  $1300—1100^\circ C$ .

5. Sposób według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że temperaturę końcową gazów spalinowych stosuje się jako wielkość wiodącą dla dodawania węgla do wprowadzonego pyłu lotnego o małej zawartości resztkowej węgla, albo dla redukującego spalania i częściowego doprowadzania powietrza przy zbyt dużej zawartości resztkowej węgla.

6. Urządzenie do granulowania pyłu lotnego, drogą stapiania pyłu lotnego i rozdrabniania stopu na granulata, **znamiennie tym**, że ma wyposażony w grzejnik (3a) podgrzewacz pyłu (3), który poprzez iniektor (10) dla powietrza do spalania łączy się z komorą spalania (11), przeznaczoną do stapiania pyłu lotnego, za komorą spalania (11) ma włączony bęben obrotowy (13) do rozdrabniania stopu na granulata a za bębniem obrotowym (13) ma włączony pojemnik wygrzewczy (15) ze spustem dla granulatu, oraz ma przewody do zwracania ogrzanego powietrza odlotowego z pojemnika wygrzewczego (15) do podgrzewacza pyłu (3) i z komory spalania (11) do iniektora (10).

10

kowym paliwem ma regulację temperatury końcowej w komorze spalania (11) przy stałym doprowadzeniu pyłu lotnego przez dozownik (2) oraz powietrza do spalania (7) i powietrza chłodzącego (17) przez odpowiednie dmuchawy.

