

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 242640 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **433100**

(22) Data zgłoszenia: **2020.02.28**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.08.30 BUP 22/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.03.27 WUP 13/2023**

(51) MKP:

**B02C 19/06 (2006.01)**

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW  
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,  
Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**MICHAŁ JAKUB MARIJNISSEN, Warszawa, PL  
ROBERT KONOWROCKI, Otwock, PL  
TOMASZ SZOLC, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Anna Grzelak, Warszawa, PL**

(54) Tytuł:

**Sposób intensyfikacji procesu rozdrabniania surowców mineralnych oraz urządzenie do rozdrabniania surowców mineralnych**

**PL 242640 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób intensyfikacji procesu rozdrabniania surowców mineralnych oraz urządzenie do rozdrabniania surowców mineralnych zawierające konstrukcję wsporczą oraz układ mielący. W związku powyższym przedmiot wynalazku kwalifikuje się do Inżynierii Mechanicznej wg klasyfikacji OECD.

Stan techniki obejmuje różnorodne sposoby przemiału i rozdrabniania surowców mineralnych przy wykorzystaniu młynów wentylatorowych.

Przykładowo w 2011 roku Kozić S, i współpracownicy przedstawili analizę wykorzystania młyna wentylatorowego do mielenia węgla w elektrowni. Przedstawiono przepływ wewnątrz maszyny zarówno dla powietrza, jak i dla cząstek węgla. Porównując otrzymane teoretyczne rezultaty z wynikami doświadczalnymi, sprawdzono poprawności modelu numerycznego oraz oceniono sprawności separatorów odśrodkowych mieszczących się poza młynem. Porównano różne modele komputerowe stosowane w przepływach wielofazowych, pozwalające na przesłedzenie rudy w młynach tego typu, z wcześniej niespotykaną dokładnością (Kozić MS, Ristić SS, Puharić MA, Katavić BT. *Numerical simulation of multiphase flow in ventilation mill and channel with louvers and centrifugal separator*. Thermal Science, 2011; 15(3): 677–689, DOI:10.2298/TSCI101203018K).

Podobnie Ataş i współpracownicy w 2014 roku przedstawili analizę pracy odsiewacza młyna wentylatorowego wykonaną na potrzeby wzrostu jakości przemiału. W tym celu zaproponowano modyfikacje kształtu, lokalizacji i ilości dodatkowych kierownic wewnątrz odsiewacza. Przebadano różne ułożenie kierownic i ich wpływ na rozkład ziarnistości finalnego przemiału. W tym przypadku także dokonano walidacji otrzymanych numerycznie wyników za pomocą testów doświadczalnych (Ataş S, Tekir U, Paksoya MA, Çelik A, Çam M, Tahsin S. *Numerical and experimental analysis of pulverized coal mill classifier performance in the Soma B Power Plant*. Fuel Processing Technology, 2014; 126: 441–452, DOI:10.1016/j.fuproc.2014.05.016).

Z europejskiego opisu patentowego EP2732879 B1 znany jest wielowirnikowy wysokowydajny młyn do rozdrabniania odpadków różnego rodzaju, w którym wspomniane wirniki są zaopatrzone w łańcuchy. Młyn zawiera co najmniej dwa wirniki umieszczone w jednej lub wielu komorach rozdrabniania oraz zawiera jedną lub większą liczbę komór zasysających oddzielonych od komory rozdrabniania za pomocą krat. Przy czym wspomniane komory zasysające przystosowane są do utrzymywania w nich podciśnienia za pomocą instalacji ssącej.

W zgłoszeniu WO2019096669 A1 przedstawiono koło bijakowe do młyna wentylatorowego i metodę montażu tego koła bijakowego. Montaż następuje poprzez przyspawanie bijaków w pierwszej kolejności do dolnego pierścienia, a potem do górnego pierścienia koła bijakowego. Pierścienie mają otwory współosiowo rozstawione, co umożliwia dostęp do spawów. Otwory te umożliwiają dokonanie inspekcji spawów, w celu weryfikacji ich poprawnego wykonania. Bijaki posiadają otwory radialnie do osi obrotu ułatwiające dostęp do podzespołów. Zastosowanie takiego podejścia ułatwia montaż, demontaż i kontrolę podzespołów, wpływając na skróceniu czasu i kosztów poświęconego na serwis. To spowoduje obniżenie całkowitych kosztów pracy instalacji, a więc ograniczenie kosztów związanych z mieleniem.

Z opisu patentowego USD847224 S znana jest komora kruszenia będąca podzespołem kruszarki uderzeniowej z wałem pionowym (ang. VSI). Różnice między młynem wentylatorowym i tą kruszarką są dwie: a) oś, na której osadzono koło napędzające w przypadku młyna wentylatorowego jest pozioma, a w przypadku kruszarki pionowa, b) pierwsze rozdrobienie w przypadku młyna wentylatorowego jest dokonane na kole bijakowym, podczas gdy w kruszarce koło bijakowe służy tylko i wyłącznie rozpędzeniu materiału rozdrabnianego, a sam proces rozdrobienia jest dokonywany przy zderzeniu z komorą kruszenia. W komorze kruszenia w wymienionym patencie występują przegrody radialnie dzielące komorę na mniejsze elementy oraz w niektórych tych komarach występują prostopadłościennymi elementy mające za zadanie zintensyfikować proces rozdrabniania, a zarazem ograniczenie zużycia elementów napędzających kruszarki. Zastosowanie takiej komory kruszenia zintensyfikuje proces rozdrabniania, co sprowadzi się do ograniczenia kosztów operacyjnych kruszarki.

Znane jest z opisu patentowego EP0261913A2 urządzenie będące kruszarką uderzeniową z wałem pionowym mogącą pracować w trybie zarówno kruszenia skał, jak i ich rozdrabniania, albo dowolną kombinacją powyższych opcji, uzyskane poprzez proste modyfikacje komory kruszenia. W tej konstrukcji obracający się bęben wyrzuca większe kawałki rudy w ruchu kaskadowym, który powoduje pęknięcie udarowe większych kawałków uderzanych o siebie i rozdrabnianie drobniejszych cząstek. Opcja kruszenia surowca mineralnego polega na umiejscowieniu elementów rozdrabniających-kowadeł

w komorze kruszenia. Proces kruszenia zachodzi poprzez zderzanie się skały o siebie samą. Proces ten jest mało energochłonny i powoduje powstanie rozkładu ziarnowego, w którym dominują duże i drobne skały. W trybie rozdrabniania skał, w komorze kruszenia umiejscowione są kowadła, na których następuje proces rozdrobnienia mniejszych frakcji skał znajdujących się pomiędzy nimi. Dowolne kombinacje powyższych wymienionych trybów (kruszenie i rozdrabnianie) w poszczególnych podsekcjach komory roboczej pozwala na dopasowanie rozkładu ziarnowego produktu, co wyklucza konieczność stosowania wielu różnych młynów.

Z polskiego patentu PL197913 B1 znany jest młyn wentylatorowy posiadający spiralę wyłożoną na całym obwodzie wykładziną pancerną, która w przekroju ma kształt prostokątnych trapezów. W tym rozwiązaniu intensyfikacja procesu rozdrabniania jest uzyskiwana poprzez prostopadłe kierowanie drobin wstępnie rozdrobnionych na kole bijakowym w stronę powierzchni roboczych wykładziny pancernej spirali młyna z prędkością powyżej 80 m/sek.

Z polskiego patentu PL197914 B1 znany jest młyn wentylatorowy zawierający koło bijakowe z bijakami wewnętrznymi i bijakami zewnętrznymi przylegającymi do siebie promieniowo zabudowanymi na obwodzie koła bijakowego między piastową tarczą i pierścieniem. W tym rozwiązaniu intensyfikacja procesu rozdrabniania jest uzyskiwana poprzez kierowanie strugi materiału stałego wraz ze strugą czynnika susząco-transportującego na wewnętrzne krawędzie pancernych bijaków wewnętrznych postawionych na rozpórkach, skąd po wstępnym pokruszeniu go, po zejściu z wewnętrznych krawędzi podczas obrotu koła bijakowego kieruje się w stronę pochylonych w kierunku obrotu koła bijakowego powierzchni pancernych bijaków zewnętrznych, rozdrabnia się powtórnie, uderzając o powierzchnie i poddaje się siłom tarcia o powierzchnie w kierunku zewnętrznych krawędzi bijaków zewnętrznych.

Natomiast w opisie wynalazku PL201337 B1 przedstawiono sposób intensyfikacji procesu przemiału w młynie wentylatorowym oraz konstrukcję takiego młyna wentylatorowego. Rozwiązanie to pozwala rozdrabniany materiał stały wprowadzać razem z czynnikiem susząco-transportującym do wnętrza koła bijakowego, w którym kruszy się on na opancerzonych płytach bijakowych oraz dodatkowo rozdrabnia się w wyniku uderzeń o powierzchnie wykładziny pancernej spirali komory roboczej. Konstrukcja tego młyna wentylatorowego zawierająca koło bijakowe z łopatom zabudowanymi między piastową tarczą i pierścieniem, oraz posiada od strony wlotu węgla i czynnika susząco-transportującego między łopatami długimi zabudowane promieniowo łopaty krótkie. Łopaty długie w tym młynie są w postaci płyt leżących na rozpórkach oraz zawierają zabudowane na łopatach długich zużywające się kryzy mieszające. Łopaty krótkie natomiast posiadają zabudowane na krawędziach zewnętrznych łopat od strony zewnętrznej średnicy koła bijakowego zużywające się kryzy mieszające. W tym rozwiązaniu kieruje się większą strugę rozdrabnianego materiału stałego na łopaty krótkie.

Celem wynalazku jest opracowanie nowego sposobu oraz urządzenia pozwalających uzyskać względnie najwyższą wydajność przemiału i kruszenia materiału w stosunku do zapotrzebowania energetycznego związanego z tym procesem.

Istotą wynalazku jest sposób intensyfikacji procesu rozdrabniania surowców mineralnych, charakteryzujący się tym, że obejmuje następujące etapy:

- a) wprowadzenie surowca mineralnego o średnicy do 40 mm z czynnikiem susząco-transportującym odpowiednio do komór roboczych;
- b) wstępne rozdrobnienie surowca mineralnego na kołach bijakowych;
- c) kierowanie strug powietrza, zawierających wstępnie rozdrobniony surowiec wraz z czynnikiem susząco-transportowym, do przeciwsobnych kanałów wylotowych wychodzących odpowiednio z komór roboczych;
- d) rozpędzanie do prędkości liniowej  $v$  i przepływ wstępnie rozdrobnionych małych i dużych frakcji cząstek surowca mineralnego z komory roboczej jednego młyna unoszących się w strudze przez kanał wylotowy oraz wstępnie rozdrobnionych małych i dużych frakcji cząstek surowca mineralnego z komory roboczej drugiego młyna unoszących się w strudze przez kanał wylotowy, który jest przeciwsobny do kanału wylotowego z pierwszego młyna;
- e) dotarcie przeciwstawnych strug do osi symetrii bocznego kanału wyjściowego, stanowiącej punkt graniczny, w którym strugi się przenikają i zostają skierowane do bocznego kanału wyjściowego; przy czym w etapie e) do bocznego kanału wyjściowego unoszone są bezpośrednio małe frakcje rozdrobnionego surowca pochodzące z młynów, natomiast duże frakcje surowca mineralnego ze strugi powietrza pochodzącej z jednego młyna zderzają się z dużymi frakcjami cząstek unoszonych w przeciwsobnej strudze powietrza pochodzącej z drugiego młyna i ulegają rozdrobnieniu na najmniejsze frakcje surowca, które są unoszone do bocznego kanału wyjściowego, przy czym prędkość dużych frakcji cząstek

surowca mineralnego w momencie zderzenia wzrasta w stosunku do ich prędkości  $v$  przed zderzeniem osiągając wartość  $2v$  równą ich sumie.

Korzystnie czynnikiem susząco-transportowym jest powietrze.

Kolejną istotą wynalazku jest urządzenie do rozdrabniania surowców mineralnych zawierające konstrukcję wsporczą oraz układ mielący, charakteryzujące się tym, że ten układ mielący stanowią co najmniej dwa młyny wentylatorowe wyposażone w komory robocze zawierające robocze elementy obrotowe w postaci kół bijakowych, z komór roboczych wychodzą odpowiednio kanały wylotowe, które przechodzą w jeden wspólny kanał wyjściowy, którego oś symetrii jest zlokalizowana w linii przenikania eksploatacyjnych strug powietrza składających się z czynnika susząco-transportującego i cząstek przerabianego surowca mineralnego, przy czym kanały wylotowe z komór roboczych są skierowane przeciwsośnie.

Korzystnie osie kół bijakowych znajdujących się odpowiednio w komorach roboczych są zorientowane równolegle względem siebie.

Wynalazek dostarcza następujących korzyści:

- sposób według wynalazku oraz urządzenie według wynalazku o wskazanej orientacji wylotowych kanałów przy wykorzystaniu dwóch młynów wentylatorowych we wskazanej orientacji pozwala na uzyskanie dwukrotnie większej wydajności przemiału przy tym samym zapotrzebowaniu energetycznym, jaki jest niezbędny do zasilania pojedynczego młyna wentylatorowego obracającego się z dwukrotnie większą prędkością kątową;
- użycie dwóch młynów wentylatorowych o prędkości obrotowej  $\omega/2$ , zamiast obrotową pojedynczego młyna, w którym koło bijakowe by wirowało z prędkością  $\omega$ , powoduje ograniczenie stosunku mocy zużytej do wydatku młyna o połowę jego wartości.
- zastosowanie konstrukcji urządzenia według wynalazku powoduje ograniczanie zużycia (erozji) elementów roboczych układu mielącego, z powodu zmniejszenia prędkości zderzeń z owymi elementami. Wydłuży to czas, jaki urządzenie może pracować bez konieczności serwisu, co przekłada się na zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych.

Wynalazek przedstawiono na rysunku, na którym fig. 1 pokazuje linie strug powietrza w kanałach wylotowych obu młynów wentylatorowych i bocznym kanale wyjściowym urządzenia według wynalazku wraz z różnymi frakcjami cząstek surowca mineralnego z oznaczonymi wektorami prędkości linowej tych cząstek; fig. 2 przedstawia powiększony fragment kanałów wylotowych urządzenia według wynalazku, w których pokazano kierunki, zwroty i wartości wektorów prędkości frakcji cząstek surowca mineralnego o różnym rozdrobieniu; fig. 3 pokazuje przykładową konfigurację dwóch młynów wentylatorowych stanowiących układ mielący w urządzeniu według wynalazku z kanałami wylotowymi ustawionymi przeciwsośnie oraz z bocznym kanałem wyjściowym, fig. 4 przedstawia przykładową konfigurację czterech młynów wentylatorowych w urządzeniu według wynalazku z kanałami wylotowymi ustawionymi przeciwsośnie oraz z pionowym kanałem wyjściowym.

Wynalazek opisano szczegółowo w poniższych przykładach wykonania.

#### Przykład 1

Sposób efektywnej intensyfikacji procesu rozdrabniania surowców mineralnych według wynalazku bazuje na idei zwiększenia wydajności kruszenia i przemiału surowca, rozumiany jako obniżenie wydatku energetycznego związanego z tym procesem.

W tym nieograniczającym przykładzie wykonania surowcem mineralnym jest piaskowiec, ale sposób według wynalazku umożliwia rozdrabnianie innych surowców mineralnych, np. rudy węgla lub innych rud.

W tym przykładzie wykonania do urządzenia według wynalazku realizującego sposób według wynalazku wprowadzono piaskowiec o średnicy około 25 mm średnicy (maksymalny dopuszczalny rozmiar to surowiec o średnicy do 40 mm). Przybliżone parametry piaskowca wynoszą odpowiednio:  $\rho = 2580 \text{ kg/m}^3$ ,  $E = 18,69 \text{ GPa}$ ,  $\nu = 0,18$ ,  $\sigma_c = 50 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_t = 5 \text{ MPa}$ , gdzie:

$\rho$  – oznacza gęstość

$E$  – moduł Younga

$\nu$  – (grecka litera nu) określa liczbę Poissona

$\sigma_c$  – wytrzymałość na ściskanie

$\sigma_t$  – wytrzymałość na rozciąganie

Natomiast po rozdrobieniu przeprowadzonym sposobem według wynalazku otrzymano piaskowiec, którego mediana średnicy wynosi około 0,1–0,2 mm.

Aby klarowniej opisać prezentowany sposób, odniesiono się do zjawisk fizycznych występujących podczas eksploatacji maszyn wirnikowych, do jakich należą np. młyny wentylatorowe, tj.:

- a) prędkość zderzeń jest liniową funkcją prędkości obrotowej koła bijakowego młyna wentylatorowego,  
 b) stosunek mocy do wydatku, przeliczalny na kWh/Mg, jest wprost proporcjonalny do kwadratu prędkości obrotowej koła bijakowego młyna wentylatorowego.

W rozpatrywanym sposobie intensyfikacji procesu kruszenia i rozdrabniania surowców mineralnych, zwiększenie wydajności następuje poprzez ograniczenie prędkości obrotowej to elementu roboczego młyna wentylatorowego o połowę, a następnie przekierowanie wylotu z tego układu prosto na wylot z drugiego młyna wentylatorowego, w taki sposób by obie strugi zderzały się czołowo. Ograniczeniu prędkości obrotowej  $\omega$  pojedynczego układu wirującego towarzyszy redukcja stosunku mocy do wydatku o  $\frac{1}{4}$  oraz zmniejszenie prędkości zderzeń  $v$  o  $\frac{1}{2}$ .

W rozpatrywanym przykładzie wykonania czynnikiem susząco-transportującym jest powietrze, a sposób według wynalazku jest prowadzony w układzie mielącym zawierającym dwa młyny wentylatorowe **17** i **18** ustawione tak, aby wyloty (tj. kanały wylotowe **3** i **4**) z ich komór roboczych **5** i **6** zawierające w czasie pracy zarówno powietrze, jak i rudę, skierowane były przeciwsobnie.

Zgodnie z wynalazkiem, sposób intensyfikacji procesu rozdrabniania surowców mineralnych w młynach wentylatorowym obejmuje następujące etapy:

**Etap a)** Wprowadzenie surowca mineralnego z czynnikiem susząco-transportującym odpowiednio do komór roboczych **5** i **6**. W tym etapie surowiec mineralny razem z powietrzem jest wprowadzany do komór roboczych **5** i **6**, z których każda zawiera po jednym kole bijakowym (**1** albo **2**).

**Etap b)** Wstępne rozdrobnienie surowca mineralnego na kołach bijakowych **1** i **2**.

**Etap c)** Kierowanie strug powietrza **15** i **16**, zawierających wstępnie rozdrobniony surowiec wraz z czynnikiem susząco-transportowym, do przeciwsobnych kanałów wylotowych **3** i **4** wychodzących odpowiednio z komór roboczych **5** i **6**.

**Etap d)** Rozpędzanie do prędkości liniowej  $v$  i przepływanie wstępnie rozdrobnionych małych **9** i dużych **10** frakcji cząstek surowca mineralnego z młyna **17** unoszących się w strudze powietrza **15** przez kanał wylotowy **3** oraz wstępnie rozdrobnionych małych **11** i dużych **12** frakcji cząstek surowca mineralnego z młyna **18** unoszących się w strudze powietrza **16** przez kanał wylotowy **4**, który jest przeciwsobny do kanału wylotowego **3**.

W tym etapie, przez konstrukcję kanałów wylotowych **3** i **4** młynów **17** i **18** przepływają z prędkością liniową  $v$  wstępnie rozdrobnione małe **9** i duże **10** frakcje cząstek mielonego surowca mineralnego z młyna **17** oraz małe **11** i duże **12** frakcje cząstek z młyna **18**.

Przy czym, zastosowany podział na małe i duże frakcje rozdrabnianych cząstek oparto o bezwymiarową liczbę Stokesa ( $Stk$ ), gdzie:

- małe frakcje to cząsteczki o małej liczbie Stokesa (tj.  $Stk \ll 1$ ), które podążają za liniami prądu powietrza (Fig. 1),
- duże frakcje to cząsteczki o dużej liczbie Stokesa (tj.  $Stk \gg 1$ ), których ruch jest definiowany głównie przez własną inercję i napotkane przeszkody (Fig. 1).

Przy czym, wszystkie te frakcje **9**, **10**, **11** i **12** cząstek surowca mineralnego rozpędzone są w tych kanałach **3** i **4** do liniowej prędkości  $v$  poprzez ich oddziaływanie udarowe z kołami bijakowymi oraz unoszone strugami powietrza. Uszczegóławiając, odpowiednio małe **9** i duże **10** frakcje cząstek udarowo oddziaływają z kołem bijakowym **1** w komorze roboczej **5**, a małe **11** i duże **12** frakcje cząstek z kołem bijakowym **2** w komorze roboczej **6**, jak również małe **9** i duże **10** frakcje cząstek unoszone są odpowiednio przez linie strug powietrza **15** powstałych w wyniku ruchu obrotowego koła bijakowego **1** z prędkością obrotową  $\omega$  a małe **11** i duże **12** frakcje cząstek unoszone są przez linie strug powietrza **16** powstałych w wyniku ruchu obrotowego koła bijakowego **2** z prędkością obrotową  $\omega$ .

**Etap e)** Dotarcie przeciwstawnych strug powietrza **15** i **16** do osi symetrii **7** bocznego kanału wyjściowego **8**, stanowiącej punkt graniczny, w którym te strugi powietrza **15**, **16** się przenikają i zostają skierowane do bocznego kanału wyjściowego **8**.

Przy czym, na skutek przeciwstawnej orientacji kanałów wylotowych **3** i **4** uzyskano przeciwstawny kierunek linii obu strug powietrza **15** i **16**, które przenikają się na punkcie granicznym i zostają skierowane do bocznego kanału wyjściowego **8**. Tak skierowany przepływ strugi powietrza unosi ze sobą małe frakcje **9** i **11** cząstek surowca mineralnego, kierując je do bocznego kanału wyjściowego **8** (fig. 1). Frakcje obrabianego/rozdrabnianego surowca o większej granulacji, tj. duże frakcje **10** i **12** cząstek surowca mineralnego w wyniku oddziaływania wywołanego przez zakrzywienie linii obu strug powietrza **15**, **16** na tej granicy oraz siły odśrodkowej na nie działającej zmieniają kierunek i ruch tych cząstek, skutkując ich wzajemnym zderzaniem się. W chwili ich wzajemnego kontaktu/zderzenia

(którego moment oznaczono na fig. 2 numerem **13**) wzajemna ich prędkości liniowa równa jest  $2v$ . Wynika to z faktu pseudo-przeciwstawnego kierunku ich ruchu w tej chwili, pozwalającego zsumować ich prędkości  $v$ . Na skutek takich zderzeń duże frakcje **10** i **12** cząstek surowca mineralnego doznają rozdrobnienia na najmniejsze frakcje **14** surowca mineralnego, które przy powstałej granulacji są unoszone przez linie obu strug powietrza **15** i **16** do bocznego kanału wyjściowego **8**.

Zgodnie z powyższym, względna prędkość zderzeń cząstek rozdrabnianego surowca mineralnego wzrasta dwukrotnie, osiągając w przybliżeniu wartość  $2v$ . To wpływa na uzyskanie tego samego efektu, jaki byłby osiągnięty przy większej prędkości obrotowej koła bijakowego pojedynczego młyna. Jednocześnie poprzez użycie dwóch młynów wentylatorowych o prędkości obrotowych dwukrotnie mniejszych  $\omega/2$ , zamiast pojedynczego młyna, w którym koło bijakowe by wirowało z prędkością obrotową  $\omega$  spowoduje ograniczenie stosunku mocy zużytej do wydatku młyna o połowę jego wartości. Dodatkowo, zastosowanie takiej konstrukcji spowoduje ograniczanie zużycia (erozji) elementów roboczych maszyny, z powodu zmniejszenia prędkości zderzeń z owymi elementami. Wydłuży to czas, jaki urządzenie może pracować bez konieczności serwisu, co przekłada się na zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych.

### **Przykład 2**

Urządzenie do rozdrabniania surowców według wynalazku zawiera konstrukcję wsporczą **19** oraz układ mielący zawierający koła bijakowe. W tym przykładzie wykonania układ mielący stanowią dwa młyny wentylatorowe **17** i **18** wyposażone w komory robocze **5** i **6** zawierające robocze elementy obrotowe w postaci kół bijakowych **1** i **2**.

Przy czym, z komór roboczych **5** i **6** wychodzą odpowiednio kanały wylotowe **3** i **4**, które przechodzą w jeden wspólny boczny kanał wyjściowy **8**, którego oś symetrii **7** jest zlokalizowana w linii przenikania eksploatacyjnych strug powietrza **15**, **16** składających się z czynnika susząco-transportującego i cząstek przerabianego surowca mineralnego. Przy czym kanały wylotowe **3** i **4** są skierowane przeciwsośnie.

Taka konfiguracja elementów składowych urządzenia umożliwia realizację sposobu według wynalazku poprzez ukierunkowanie przeciwsośnie strug roboczych w wyjściowych kanałach takich młynów wentylatorowych.

W tym nieograniczającym przykładzie koła bijakowe **1** i **2** posiadają osie zorientowane względem siebie równolegle i oba z nich są prostopadłe względem konstrukcji wsporczej **19**.

Natomiast, dopuszczalne są inne orientacje osi roboczych elementów wirujących (tj. kół bijakowych **1**, **2**) rozpatrywanych młynów wentylatorowych **17** i **18**. Niemniej jednak należy tutaj zaznaczyć, że niedopuszczalne są takie ustawienia orientacji osi, w których osie kół bijakowych **1**, **2** będą tak skierowane, że struga cząstek zderzy się z ścianą zanim zderzy się z drugą strugą z naprzeciwka (np. gdy oś skierowana ku podstawie kanału wylotowego **8**).

W urządzeniu można zastosować dowolne pary młynów wentylatorowych pod warunkiem przeciwsobnego umieszczenia ich kanałów wylotowych z komór zawierających koła bijakowe. Przy czym, przy zastosowaniu bardzo energowydajnych młynów w układzie podwójnym, jak np. przedstawiony w wynalazku, spodziewamy się ograniczyć zużycie energii do 7 kWh/Mg (kWh na tonę produktu mielenia).

Ponadto w urządzeniu można zastosować dowolne układy mechaniczny rozpędzające przemiał za pomocą sił odśrodkowych.

### **Przykład 3**

W tym przykładzie wykonania urządzenie według wynalazku zawiera układ mielący stanowiący przez cztery młyny wentylatorowe **17**, **18**, **20** oraz **21**, z których każdy jest wyposażony w komorę roboczą zawierającą element obrotowy w postaci koła bijakowego. Przy czym, jak wskazano na fig. 4, pary młynów wentylatorowych **17** i **18** (para 1) oraz **20** i **21** (para 2) są ustawione względem siebie w taki sposób, że kanał wylotowy z komory młyna **17** jest przeciwsobny do kanału wylotowego z komory młyna **18**, a kanał wylotowy z komory młyna **20** jest przeciwsobny do kanału wylotowego z komory młyna **21**. Przy czym, wszystkie cztery kanały wylotowe łączą się w jeden boczny kanał wyjściowy **8**.

### **Przykład 4**

Porównanie działania urządzenia według wynalazku z młynem wentylatorowym znanym ze stanu techniki. Proces rozdrobnienia surowca mineralnego w urządzeniu według wynalazku realizowanego sposobem według wynalazku zapewnia dwukrotną oszczędność energii dostarczonej do urządzenia rozdrabniającego względem ilości energii wymaganej dla pojedynczego młyna wentylatorowego. Efekt ten jest uzyskiwany w wyniku poniższych zjawisk.

Przykładowo, przyjmując, że znany ze stanu techniki młyn wentylatorowy kręci się z prędkością  $\omega$  i wyrzuca cząsteczki o prędkości  $v$ . Po ograniczeniu prędkości obrotowej  $\omega$  młyna o połowę prędkość cząstek spada również o połowę ( $v/2$ ), ale za to stosunek mocy do wydatku spada czterokrotnie.

Natomiast w urządzeniu według wynalazku, wylot młyna **17**, którego koło bijakowe **1** obraca się z prędkością  $\omega/2$  łączymy z wylotem drugiego młyna **18**, którego koło bijakowe **2** obraca się z prędkością  $\omega/2$ . Stosunek mocy do wydatku układu wzrasta dwukrotnie (ponieważ zasilamy drugi młyn), ale cząsteczki zderzają się ze sobą czołowo z prędkością  $v/2 + v/2 = v$ . Zgodnie z powyższym w rozwiązaniu według wynalazku sumarycznie stosunek mocy do wydatku został zmniejszony o połowę, zachowując prędkości zderzeń  $v$ .

W tym porównawczym przykładzie wykonania przeprowadzono szereg analiz porównawczych potwierdzających, że urządzenie według wynalazku zapewnia oszczędność energii dostarczonej do urządzenia rozdrabniającego. Wyniki wybranych analiz przedstawiono poniżej.

#### Analiza 1

W analizie 1 wykorzystano następujące urządzenia:

- znany ze stanu techniki młyn wentylatorowy X, którego koło bijakowe porusza się z prędkością  $\omega$  równą 2200 obr./min,
- oraz urządzenie według wynalazku zaopatrzone w dwa młyny X, z których każdy pracuje na połowę prędkości obrotowych (tj.  $\omega = 1100$  obr/min).

Pomiar zużycia energii rzeczywistych porównywanych młynów wykazał, że w przypadku znanego ze stanu techniki młyna wentylatorowego X, rzeczywiste zużycie energii wynosiło 22 kWh/Mg przy prędkości to równej 2200 obr/min. Natomiast zastosowanie urządzenia według wynalazku pozwoliło na redukcję zużycia energii o połowę, tj. o 11 kWh/Mg.

#### Analiza 2.

W analizie 2 zastosowano następujące urządzenia:

- znany ze stanu techniki młyn wentylatorowy Z, którego koło bijakowe porusza się z prędkością  $\omega$  równą 2400 obr/min,
- oraz urządzenie według wynalazku zaopatrzone w dwa młyny Z, z których każdy pracuje na połowę prędkości obrotowych (tj.  $\omega = 1200$  obr/min).

Pomiar zużycia energii rzeczywistych porównywanych młynów wykazał, że w przypadku znanego ze stanu techniki młyna wentylatorowego Z, rzeczywiste zużycie energii wynosiło 27 kWh/Mg przy prędkości  $\omega$  równej 2400 obr/min. Natomiast zastosowanie urządzenia według wynalazku pozwoliło na redukcję zużycia energii o połowę, tj. o 13,5 kWh/Mg.

Przeprowadzone analizy potwierdzają teoretycznie skuteczność rozwiązania według wynalazku.

#### **Wykaz oznaczeń na rysunkach:**

- 1 – koło bijakowe pierwszego młyna wentylatorowego
- 2 – koło bijakowe drugiego młyna wentylatorowego
- 3 – kanał wylotowy pierwszego młyna wentylatorowego
- 4 – kanał wylotowy drugiego młyna wentylatorowego
- 5 – komora robocza pierwszego młyna wentylatorowego,
- 6 – komora robocza drugiego młyna wentylatorowego'
- 7 – oś symetrii bocznego kanału wyjściowego
- 8 – boczny kanał wyjściowy
- 9 – małe frakcje wstępnie rozdrobnionych cząstek surowca mineralnego pochodzące z pierwszego młyna
- 10 – duże frakcje wstępnie rozdrobnionych, cząstek surowca mineralnego pochodzące z pierwszego młyna
- 11 – małe frakcje wstępnie rozdrobnionych cząstek surowca mineralnego pochodzące z drugiego młyna
- 12 – duże frakcje wstępnie rozdrobnionych cząstek surowca mineralnego pochodzące z drugiego młyna
- 13 – moment kontaktu
- 14 – najmniejsze frakcje surowca mineralnego
- 15 – struga powietrza pochodząca z pierwszego młyna
- 16 – struga powietrza pochodząca z drugiego młyna
- 17 – pierwszy młyn wentylatorowy
- 18 – drugi młyn wentylatorowy

- 19 – konstrukcja wsporcza
- 20 – trzeci młyn wentylatorowy
- 21 – czwarty młyn wentylatorowy
- $v$  – prędkość liniowa
- $\omega$  – prędkość obrotowa

### Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do rozdrabniania surowców mineralnych zawierające konstrukcję wsporczą oraz układ mielący, **znamiennie tym**, że układ mielący stanowią co najmniej dwa młyny wentylatorowe (17) i (18) wyposażone w komory robocze (5) i (6) zawierające robocze elementy obrotowe w postaci kół bijakowych (1) i (2) o jednakowej średnicy, które to oba koła bijakowe (1) i (2) w trakcie pracy urządzenia wykonują ruch obrotowy z taką samą prędkością obrotową  $\omega$ ; z komór roboczych (5) i (6) wychodzą odpowiednio kanały wylotowe (3) i (4), które przechodzą w jeden wspólny boczny kanał wyjściowy (8), którego oś symetrii (7) jest zlokalizowana w linii przenikania eksploatacyjnych strug powietrza (15, 16) składających się z czynnika susząco-transportującego i cząstek przerabianego surowca mineralnego, przy czym kanały wylotowe (3) i (4) są skierowane przeciwsobnie w taki sposób by obie strugi zderzały się czołowo i przy czym osie kół bijakowych (1) i (2) znajdujących się odpowiednio w komorach (5) i (6) są zorientowane równolegle względem siebie i przy czym koła bijakowe (1) i (2) umieszczone są prostopadle względem konstrukcji wsporczej (19).
2. Sposób intensyfikacji procesu rozdrabniania surowców mineralnych, **znamiennie tym**, że obejmuje następujące etapy:
  - a) wprowadzenie surowca mineralnego o średnicy do 40 mm z czynnikiem susząco-transportującym odpowiednio do komór roboczych (5) i (6), z których każda zawiera po jednym kole bijakowym (1) i (2),
  - b) wstępne rozdrobnienie surowca mineralnego na kołach bijakowych (1) i (2),
  - c) kierowanie strug powietrza (15, 16), zawierających wstępnie rozdrobniony surowiec wraz z czynnikiem susząco-transportowym, do przeciwsobnych kanałów wylotowych (3) i (4) wychodzących odpowiednio z komór roboczych (5) i (6),
  - d) rozpędzanie do prędkości liniowej ( $v$ ) i przepływ wstępnie rozdrobnionych małych (9) i dużych (10) frakcji cząstek surowca mineralnego z młyna (17) unoszących się w strudze powietrza (15) przez kanał wylotowy (3) oraz wstępnie rozdrobnionych małych (11) i dużych (12) frakcji cząstek surowca mineralnego z młyna (18) unoszących się w strudze powietrza (16) przez kanał wylotowy (4), który jest przeciwsobny do kanału wylotowego (3), przy czym małe i duże frakcje cząstek (9) i (10) surowca mineralnego unoszone są odpowiednio przez linie strug powietrza (15) powstałych w wyniku ruchu obrotowego koła bijakowego (1) z prędkością obrotową  $\omega$ , a małe i duże frakcje cząstek (11) i (12) surowca mineralnego unoszone są przez linie strug powietrza (16) powstałych w wyniku ruchu obrotowego koła bijakowego (2) z taką samą prędkością obrotową  $\omega$ ;
  - e) dotarcie przeciwstawnych strug powietrza (15, 16) do osi symetrii (7) bocznego kanału wyjściowego (8), stanowiącej punkt graniczny, w którym strugi powietrza (15, 16) zderzają się czołowo, przenikają się i zostają skierowane do bocznego kanału wyjściowego (8), przy czym w etapie e) do bocznego kanału wyjściowego unoszone są bezpośrednio małe frakcje cząstek (9, 11) surowca mineralnego pochodzące z młynów (17, 18), natomiast duże frakcje cząstek (10) surowca mineralnego ze strugi (15) pochodzącej z młyna (17) zderzają się z dużymi frakcjami cząstek (12) surowca mineralnego unoszonych w przeciwsobnej strudze powietrza (16) pochodzącej z młyna (18), przy czym duże frakcje cząstek (10) surowca mineralnego zderzają się z dużymi frakcjami cząstek (12) surowca mineralnego w wyniku oddziaływania wywołanego przez zakrzywienie linii obu strug powietrza (15, 16) na granicy ich zetknięcia oraz siły odśrodkowej na nie działającej, przez co zmieniany jest kierunek ruchu dużych cząstek (10, 12) surowca mineralnego, skutkując ich wzajemnym zderzaniem się przez co ulegają rozdrobnieniu na najmniejsze frakcje (14) surowca, które są



unoszone do bocznego kanału wyjściowego (8), przy czym prędkość dużych frakcji cząstek (10, 12) surowca mineralnego w momencie zderzenia wzrasta w stosunku do ich prędkości ( $v$ ) przed zderzeniem osiągając wartość ( $2v$ ) równą ich sumie.

3. Sposób według zastrz. 2, **znamienny tym**, że czynnikiem susząco-transportowym jest powietrze.

### Rysunki

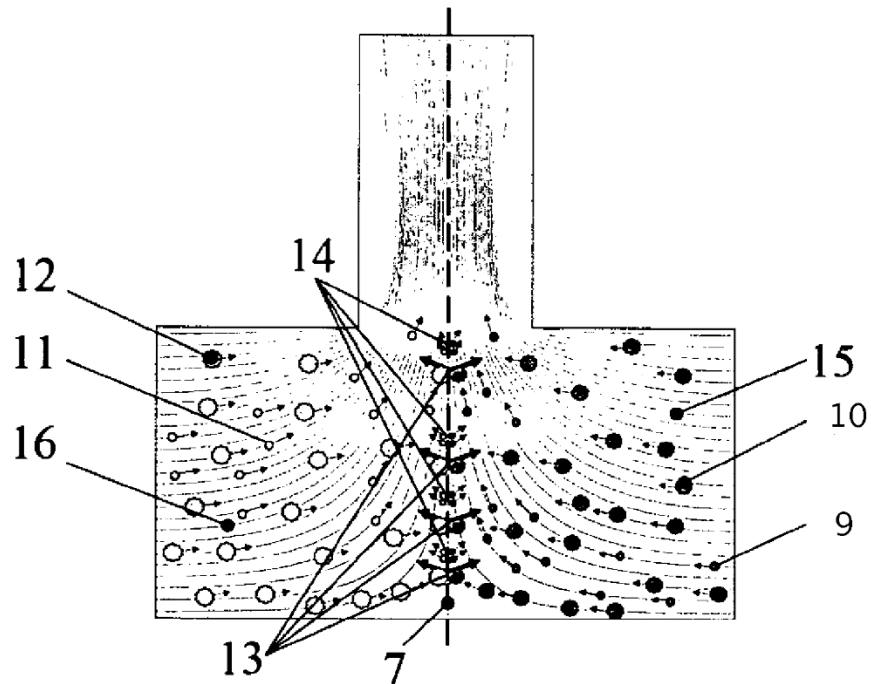


Fig. 1

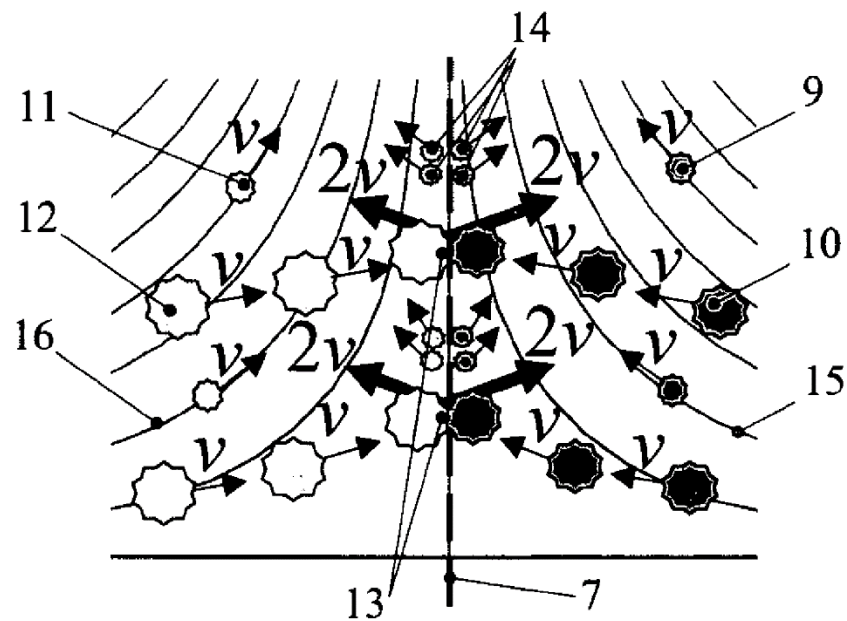


Fig. 2

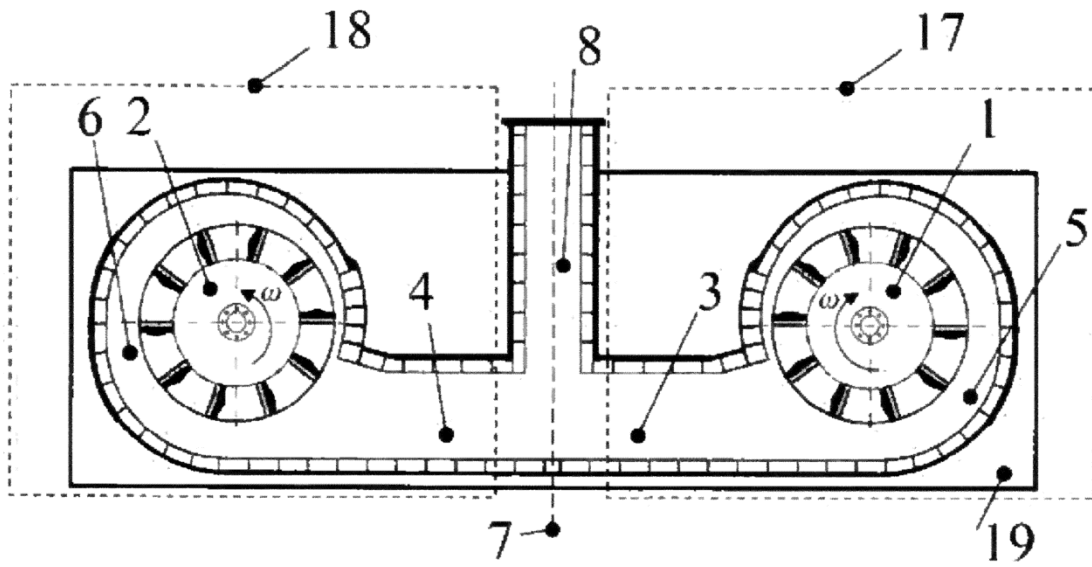


Fig. 3

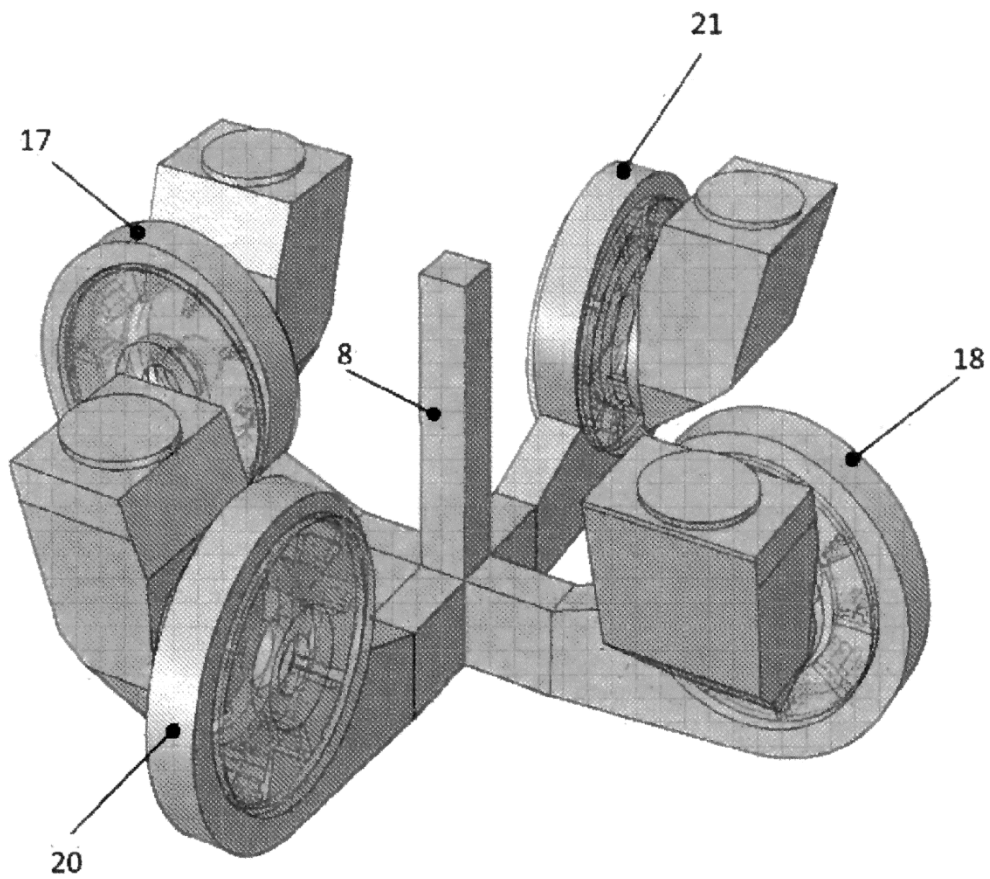


Fig. 4