



Aplikacje transportu pneumatycznego w odlewnictwie

D. Homa^b, K. Janerka^{a,*}, J. Szajnar^a, J. Jezierski^a

^a Katedra Odlewnictwa, Politechnika Śląska, ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice, Polska

^b Kooperacja POLKO, 43-195 Mikołów, ul. Rybnicka 75

*Kontakt korespondencyjny. E-mail: krzysztof.janerka@polsl.pl

Otrzymano 22.07.2010; zaakceptowano do druku 05.08.2010

Streszczenie

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z zastosowaniem transportu pneumatycznego w odlewnictwie. Omówiono pneumatyczne przemieszczanie materiałów sypkich (piasku i masy formierskiej) w poszczególnych etapach cyklu produkcyjnego. Przedstawiono także zastosowania technologiczne obejmujące wdmuchiwanie proszków do ciekłego metalu, bentonitu do mieszarek oraz pneumatyczną regenerację mas formierskich. Podano również schematy stanowisk, opisy technologiczne oraz parametry niektórych materiałów sypkich.

Słowa kluczowe: Transport pneumatyczny, Wdmuchiwanie proszków, Regeneracja mas formierskich

1. Wprowadzenie

Coraz szersze stosowanie transportu pneumatycznego w różnych gałęziach przemysłu implikuje konieczność wprowadzenia najnowszych technologii i rozwiązań konstrukcyjnych. Instalacje te muszą spełniać wygórowane i zróżnicowane technicznie wymagania inwestora, odpowiadać kryteriom ekonomicznym oraz spełniać warunki ochrony środowiska.

Problematyka transportu pneumatycznego jest rozwijana w Katedrze Odlewnictwa Politechniki Śląskiej od 50 lat. Początkowe zainteresowania, których inspiratorem był prof. Zbigniew Piątkiewicz, obejmowały konstrukcje urządzeń i ich sprawdzenie na stanowiskach doświadczalnych Katedry Odlewnictwa oraz w przemyśle [1, 2]. Dotyczyło to urządzeń dozujących (komory mieszania, zamknięcia dozowników, układy sterowania), elementów rurociągów (łuki z materiałów trudnościeralnych, lance nawilżające dla górnictwa), konstrukcji stacji przerzutowych strumienic i ssaw. Wspólnie z biurami konstrukcyjnymi opracowano szereg nowoczesnych rozwiązań systemów transportu pneumatycznego w wielu gałęziach przemysłu. Ścisła współpraca między konstruktorami

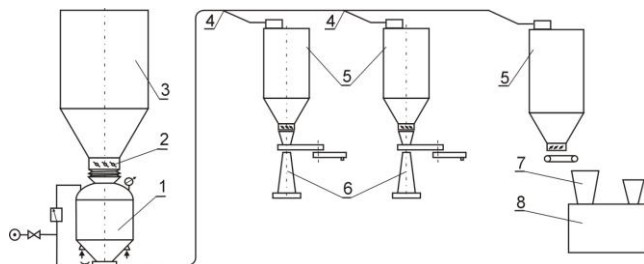
i technologami doprowadziła do zastosowania układów transportu pneumatycznego w wielu procesach technologicznych w odlewnictwie, górnictwie, przemyśle chemicznym, energetyce. Efektem tej współpracy jest szereg uzyskanych patentów oraz kilkaset wdrożeń w różnych zakładach przemysłowych.

Od wielu lat Kooperacja POLKO z Mikołowa, producent urządzeń i kompletnych linii technologicznych transportu pneumatycznego, współpracuje w zakresie badań i zastosowań przemysłowych transportu pneumatycznego z Katedrą Odlewnictwa Politechniki Śląskiej [3].

W ostatnich latach ta dyscyplina wiedzy rozwija się bardzo dynamicznie. Wynika to z rozwoju i unowocześniania urządzeń dozujących oraz elektronicznych układów sterowania, które umożliwiają pracę w całkowicie zautomatyzowanych cyklach. Pozwala to na budowę stanowisk realizujących rozładunek oraz przemieszczenie materiałów do urządzeń odbiorczych bez ingerencji człowieka. Również niewątpliwą zaletą transportu pneumatycznego jest możliwość zapewnienia hermetyczności układów przemieszczania i odbioru materiałów sypkich. Przedstawione powyżej zalety powodują, że znajduje on szerokie zastosowanie przemysłowe. Jednym z zastosowań w odlewnictwie jest wdmuchiwanie proszków do ciekłego metalu.

Pneumatyczne dozowanie składników bezpośrednio do kąpieli metalowej znacznie intensyfikuje prowadzone procesy metalurgiczne (nawęglanie, odsiarczanie, wprowadzanie dodatków stopowych). Drobnziarnisty reagent wprowadzony w strumieniu gazu nośnego powoduje, że powierzchnia kontaktu metal – wdmuchiwany proszek jest bardzo duża. Następuje szybka wymiana masy, wzmagana dodatkowym ruchem kąpieli metalowej wymuszonym przez gaz nośny. Przyczynia się to do intensywnego odprowadzania substratów ze strefy reakcji zwiększając szybkość danego procesu metalurgicznego. Kolejne aplikacje odlewnicze to regeneracja mas formierskich, rafinacja stopów oraz wytwarzanie ciekłych dyspersji kompozytowych. W przemyśle spożywczym, chemicznym i farmaceutycznym transport ten służy do przemieszczania materiałów, ich mieszania i dozowania. W górnictwie i budownictwie wykorzystywany jest do nanoszenia torkretu oraz wytwarzania zapraw i klejów budowlanych. Rozwój tych aplikacji jest uzależniony także w dużej mierze od intensywnie prowadzonych badań polegających na określeniu przydatności poszczególnych materiałów do transportu pneumatycznego, doborze optymalnych parametrów przemieszczania (natężenie przepływu gazu i materiału) i wprowadzeniu ulepszonych rozwiązań konstrukcyjnych dozowników, zaworów sterujących, urządzeń odbiorczych, filtrów itd. Badania te realizowane są w Katedrze Odlewnictwa Politechniki Śląskiej.

Zalety transportu pneumatycznego powodują, że jest stosowany coraz szerzej [1]. Podstawowy obszar zastosowań obejmuje przemieszczanie masy formierskiej obiegowej wybitej z form na różnych etapach jej przetwarzania (po kruszeniu lub przesiewaniu) lub piasku formierskiego do zbiorników znajdujących się nad urządzeniami technologicznymi (rys. 1 i rys. 2). Bardzo często w takich przypadkach pneumatyczne przemieszczanie odbywa się z jednego miejsca nadawy do kilku odbiorników lub z wielu miejsc nadawy do wielu odbiorników.



Rys. 1. Schemat stanowiska do pneumatycznego przemieszczania piasku ze zbiornika magazynowego do mieszarko-nасыpywarek i mieszarki

Fig. 1. The setup of sand pneumatic conveying from container into continuous foundry sand mixer and typical mixer

Instalacje do przemieszczania materiałów sypkich składają się z urządzeń dozujących (podajników) 1, przewodów transportowych i urządzeń odbiorczych znajdujących się na zbiornikach 3 i 5. Urządzenia odbiorcze połączone są najczęściej z cyklonami oraz filtrami rozdzielającymi mieszaninę dwufazową i oczyszczającymi powietrze transportujące. Zbiorniki najczęściej posiadają w dolnej części zamknięcia żaluzjowe 2 lub zasuwę obrotową zapewniającą dostawę piasku do mieszarko насыpywarek 6 lub wag

dozujących 7 znajdujących się nad mieszarkami 8. Przekazywanie piasku do odpowiedniego urządzenia zapewniają rozdzielacze 4.



Rys. 2. Transport materiałów sypkich w warunkach odlewni z wielu punktów nadaw do wielu punktów odbioru

Fig. 2. The loose materials pneumatic conveying under foundry conditions from many start to many end points.

Podajniki w zależności od przyjętego rozwiązania transportu (nisko-, średnio- lub wysokociśnieniowy) mogą być grawitacyjne lub ciśnieniowe. Analizując parametry pneumatycznego przemieszczania może występować transport przez unoszenie, porcjowy, przetłaczający i fluidyzacyjny. Dobór tych parametrów zależy przede wszystkim od zastosowań technologicznych transportu pneumatycznego. Najczęściej przy przemieszczaniu materiałów sypkich decydujące znaczenie posiadają wskaźniki ekonomiczne. Oznacza to, że parametry transportowe powinny zapewniać przepływ strumienia dwufazowego o dużych stężeniach mieszaniny oraz małych prędkościach. W aplikacjach technologicznych decydujące znaczenie ma zapewnienie odpowiednich wskaźników danego procesu technologicznego (prędkości, przenikania strumienia).

W wielu zastosowaniach technologicznych brak jest urządzeń odbiorczych (filtrujących) strukturalnie związanych z konwencjonalnymi liniami przemieszczania materiałów sypkich. Materiał sypki na wylocie instalacji wprowadzany jest do cieczy lub przestrzeni roboczej gazowej. Przyjmując za podstawę klasyfikacji ośrodek, do którego wdmuchiwany jest materiał sypki możemy wprowadzić następujący podział technologii na:

1. Wdmuchiwanie materiałów sypkich do cieczy (wdmuchiwanie proszków do ciekłego metalu, wprowadzenie flokulantów w oczyszczalniach ścieków, zagęszczanie cieczy w technologiach górniczych, wprowadzanie pigmentów i wypełniaczy do disolwerów w przemyśle farb i lakierów, wprowadzanie sypkich materiałów do reaktorów inżynierii chemicznej).
2. Wdmuchiwanie materiałów sypkich do gazowej przestrzeni roboczej (wdmuchiwanie rozdrobnionych materiałów do żeliwiaków i wielkich pieców, opylanie wyrobisk górniczych, wdmuchiwanie sorbentów i mieszanin popiołowych w instalacjach odsiarczania spalin, recykulacja popiołów do palenisk, wprowadzanie materiałów do reaktorów instalacji recyklingu, wdmuchiwanie paliw np. biomasy do kotłów, czyszczenie strumieniowe i inne)

Zastosowanie drobnoziarnistych materiałów powoduje powstanie dużej powierzchni kontaktu cząstek z ośrodkiem, do którego są wprowadzane, a w konsekwencji uzyskanie wysokich szybkości reakcji. Przy wprowadzaniu cząstek do ośrodków ciekłych dodatkowo proces jest intensyfikowany wzajemnym ruchem cząstek i cieczy wymuszonym strumieniem transportującym, co powoduje zwiększenie szybkości reakcji fizykochemicznych.

Niektóre z przedstawionych aplikacji przemysłowych są wynikiem współpracy Katedry Odlewnictwa Politechniki Śląskiej i Kooperacji POLKO z Mikołowa. Poniżej omówiono zastosowania metody wdmuchiwania proszków do ośrodków ciekłych i gazowych w odlewnictwie i metalurgii.

2. Wdmuchiwanie materiałów sypkich do cieczy

Jak już wcześniej wspomniano technologia wprowadzania materiałów sypkich do cieczy pozwala na znaczną intensyfikację prowadzonych procesów. Umożliwia również wprowadzanie materiałów do ośrodków ciekłych, które są trujące lub toksyczne. Może to również być ciekły metal, który posiada wysoką temperaturę. Hermetyzacja i automatyzacja układów transportowych powoduje, że są one stosowane bardzo często w wielu takich ekstremalnych przypadkach.

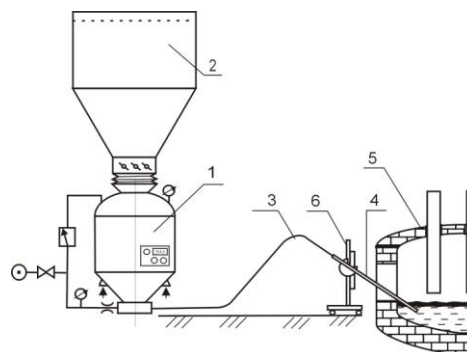
2.1. Nawęglanie ciekłego metalu

Jednym z problemów przy wytopie żeliwa w piecach elektrycznych łukowych jest uzyskanie odpowiedniej zawartości węgla w ciekłym metalu. Jest to zagadnienie bardzo istotne w wielu nowoczesnych odlewniach, które ograniczyły lub zrezygnowały z udziału surówki w materiałach wsadowych, zastępując ją tańszym złomem stalowym. Wynikający stąd niedobór węgla próbuje się korygować metodami tradycyjnymi (dodawanie nawęglacza do wsadu lub późniejsze uzupełnianie w końcowym etapie wytopu, przez narzucanie na powierzchnię). Są to jednak metody czasochłonne i mało efektywne, wydłużające znacznie czas wytopu. Znacznie skuteczniejszym rozwiązaniem jest metoda pneumatycznego wprowadzania nawęglacza do ciekłego metalu.

Głównym elementem stanowisk do realizacji procesu nawęglania jest zbiornik ciśnieniowy 1 (rys. 3) o pojemności w zakresie 0,25–1,0 m³ (zależnej od wielkości pieca) [4,5,6]. W górnej części zbiornik ten posiada zamknięcie dzwonowe, natomiast w części dolnej komorę mieszania. Nawęglacz jest przemieszczany przewodem transportowym 3 zakończonym lancą 4 wprowadzaną do pieca łukowego 5 i zanurzoną w ciekłym metalu. Lancę można umieścić na manipulatorze 6, umożliwiającym jej automatyczne wprowadzanie do ciekłego metalu. Ułatwia to obsługę, zapewniając jednocześnie bezpieczeństwo oraz gwarantując większą powtarzalność procesu.

Nad urządzeniem może znajdować się zbiornik magazynowy 2 materiału nawęglającego o pojemności zapewniającej dobowe lub zmianowe zużycie nawęglacza. W górnej części zbiornika powinno być umieszczone sito, eliminujące nadziarno i zanieczyszczenia znajdujące się w nawęglaczu. Dolną część zbiornika stanowi zasuwa (szczelinowa lub obrotowa), napędzana siłownikiem

pneumatycznym. Pomiedzy zasuwą a podajnikiem komorowym konieczny jest montaż kompensatora eliminującego oddziaływanie zbiornika magazynowego na układ ważący.



Rys. 3. Schemat stanowiska do nawęglania kąpieli metalowej w piecu elektrycznym łukowym

Fig. 3. The setup of metal bath recarburization in electric arc furnace

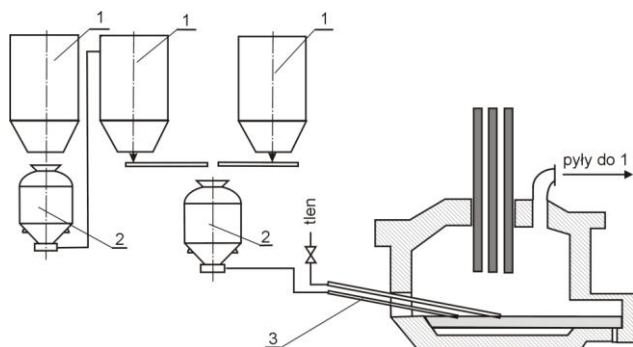
Materiał nawęglający dostarczany jest przez producentów najczęściej w big-bagach o pojemności 1 m³. Jako materiały nawęglające stosuje się grafit syntetyczny, grafit naturalny, antracyt kalcynowany i koks naftowy kalcynowany. Dobry nawęglacz powinien charakteryzować się dużą zawartością węgla (> 95% C), niską zawartością popiołu, małą zawartością siarki (< 0,3% S), zwłaszcza dla żeliwa sferoidalnego i części lotnych (< 1%) oraz jego wilgotność nie powinna przekraczać wartości 0,9%.

2.2. Spienianie żużla i wdmuchiwanie pyłów piecowych

Metoda ta polega na wprowadzeniu sproszkowanego koksiku, węgla lub grafitu w strudze powietrza, niekiedy z dodatkowym doprowadzeniem tlenu. Wykorzystywana jest w niej chemiczna zasada zwiększenia objętości fazy gazowej w fazie ciekłej, a więc produktów reakcji tlenu i węgla, pozostających na granicy międzyfazowej metal-żużel. W tym przypadku strumień dwufazowy wprowadzany jest na granicę styku żużla z ciekłym metalem. Ekonomiczna eksploatacja pieca łukowego w czasie roztopiania stali wymaga pracy przy możliwie największych napięciach transformatora i najmniejszych napięciach prądu na elektrodach, czyli na tzw. „długich łukach”. Praca w tych warunkach wpływa niekorzystnie na obciążenie cieplne wymurówki pieca powodując wzrost zużycia materiałów ogniotrwałych. Rozwiązaniem tego problemu jest ukrycie łuków elektrycznych pod warstwą żużla, której wysokość można zwiększyć poprzez sztuczne jego spienienie. Tym samym zyskuje się ciepło z reakcji chemicznej, co chroni elektrody przed utlenianiem bocznym oraz obniża ich zużycie. Dodatkową zaletą tego procesu jest redukcja FeO z żużla i przechodzenie Fe do ciekłego metalu [7]. Zużycie materiału węglowego wynosi do 5 kg na 1Mg ciekłego metalu.

Coraz częściej pneumatyczny sposób przemieszczania materiałów sypkich wykorzystywany jest również dla utylizacji szkodliwych odpadów. Każdy proces metalurgiczny prowadzony w piecu dowolnego rodzaju generuje duże ilości pyłów, które

zawierają znaczne ilości pierwiastków możliwych do odzyskania w procesie powtórnego przetopu. Materiałem takim są pyły stalownicze pochodzące z suchego odpylania gazów odlotowych zawierające szkodliwe związki Zn, Pb oraz znaczne ilości związków Fe (30÷55%). Na rys. 4 przedstawiono schematycznie układ urządzeń wykonanych w Kooperacji POLKO, wykorzystywanych dla realizacji procesu spieniania żużla i wprowadzenia do ciekłego metalu pyłu z odpylania pieca łukowego [8]. Badania mające na celu określenie parametrów transportowych tych pyłów przeprowadzono w Katedrze Odlewnictwa Politechniki Śląskiej. Materiał (pyły i antracyt) ze zbiorników 1 jest dozowany do podajnika komorowego 2 i przewodem transportowym zakończonym lancą 3 jest wprowadzany na granicę żużel – metal do pieca łukowego.



Rys. 4. Schemat stanowiska do wdmuchiwania węgla i pyłów do pieca elektrycznego łukowego

Fig. 4. The setup of powdered coal and dusts injection into electric arc furnace

2.3. Modelowanie fizyczne procesu wdmuchiwania cząstek do cieczy

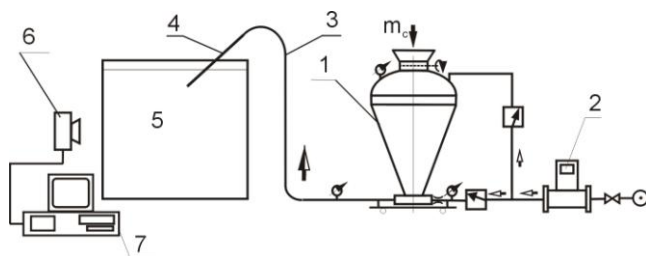
Obserwacja strumienia dwufazowego, wprowadzanego do kąpieli metalowej jest w wielu przypadkach niemożliwa. Czynnikiem ograniczającym bezpośrednią obserwację jest wysoka temperatura ciekłego metalu. Dlatego prowadzone są badania modelowania fizycznego, które w pewnym stopniu pozwalają na wyjaśnienie zjawisk zachodzących w procesach wdmuchiwania proszków.

Obserwując strumień gazu lub mieszaniny gazu z proszkiem, wprowadzanym do kąpieli metalowej, prawie wszyscy autorzy wyróżnili dwa stany przepływu: barbotaż i przepływ strumieniowy. Pierwszy jest charakterystyczny dla małych wartości natężenia przepływu materiału i prędkości wylotowej z lancy. Transport masy odbywa się jedynie na powierzchni pęcherzy, które ulegają deformacji i rozpadowi dopiero pod samą powierzchnią ciekłego ośrodka, do którego są wprowadzane. Drugi stan jest charakterystyczny dla dużych natężeń przepływu materiału i prędkości wylotowych z lancy. Deformacja i rozpad dużych pęcherzy występuje już na wylocie z lancy, przez co zwiększa się powierzchnia reakcji cieczy z wprowadzanym materiałem stałym. Jest to przypadek znacznie korzystniejszy od barbotażu i należy dążyć do osiągnięcia u wylotu z lancy parametrów zapewniających przepływ strumieniowy. Trudność rozwiązania zagadnienia wynika z braku wyraźnej granicy rozdziału tych dwóch rodzajów stanu

i dlatego istnieje wiele teorii dotyczących wartości tych parametrów i powiązania ich z różnymi liczbami kryterialnymi.

Celem badania modelowania fizycznego bywa również określenie powierzchni strumienia dwufazowego wprowadzonego do cieczy, będącej obszarem intensywnej wymiany masy między nawęglaczem a kąpielą metalową, oraz zasięgu przenikania strumienia. Istotą tych badań jest wskazanie jakie parametry i w jakim stopniu wpływają na kształt i rozmiary obszaru strumienia w ośrodku ciekłym. Modelowanie fizyczne procesu wdmuchiwania proszków do ciekłego metalu pozwala na wnikliwą i dokładną obserwację zjawisk towarzyszących temu procesowi oraz umożliwia rejestrację obrazów strumienia dwufazowego.

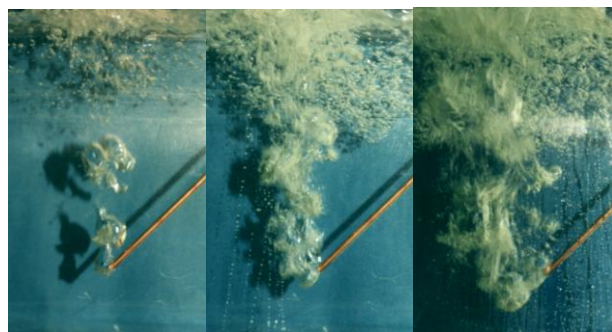
Przykładowe stanowisko do realizacji badań modelowania fizycznego przedstawiono na rys 5 [9]. Zostało ono skonstruowane na bazie podajnika komorowego transportu pneumatycznego wysokociśnieniowego. Układem nadawczym jest zbiornik ciśnieniowy 1 o pojemności 3,0 dm³. Do pomiaru nadciśnienia w poszczególnych punktach stanowiska zamontowano manometry sprężynowe. Do pomiaru natężenia przepływu gazu zastosowano termiczny miernik przepływu 2. Układ bezpośredniego wprowadzania proszków do cieczy składa się z przewodów transportowych 3 zakończonych lancą 4 wprowadzaną do zbiornika 5 wykonanego ze szkła organicznego (wymiary 1000x500x100 mm). Przebieg każdego eksperymentu był rejestrowany na aparacie cyfrowym 6, skąd obraz przenoszono do komputera PC 7.



Rys. 5. Stanowisko do badań modelowania fizycznego

Fig. 5. The physical modeling experimental stand

Na rys. 6. przedstawiono obrazy wdmuchiwania samego powietrza do ośrodka ciekłego przy różnej prędkości, natomiast na rys. 7 wdmuchiwanie strumienia dwufazowego.



Rys. 6. Wdmuchiwanie strumienia jednofazowego do ośrodka ciekłego przy prędkościach $w = 6,8$ m/s, $w = 37,1$ m/s oraz $w = 78,5$ m/s

Fig. 6. The monophasic jet injection into liquid with velocity $w = 6.8$ m/s, $w = 37.1$ m/s and $w = 78.5$ m/s

Zasięg strumienia jednofazowego powiększa się ze zwiększeniem natężenia przepływu gazu. Jest on jednak kilkukrotnie mniejszy niż w przypadku wdmuchiwania strumienia dwufazowego dla tych samych parametrów pneumatycznego przemieszczania. Wynika to z faktu, że strumień dwufazowy ma znacznie większą energię, głównie kinetyczną. Wprowadzanie strumienia dwufazowego powoduje znaczne zmniejszenie niekorzystnych zjawisk na powierzchni ciecicy (rozprysk).



Rys. 7. Obraz strumienia dwufazowego wprowadzanego do ośrodka ciekłego

Fig. 7. The view of diphase jet introduced into liquid

Analizując wyniki badań modelowych, prowadzonych dla cząstek o różnej ziarnistości i gęstości można stwierdzić, że większy zasięg strumienia uzyskuje się przy wprowadzaniu drobnych cząstek. Może wynikać to z faktu, iż mniejsze cząstki mają większą prędkość u wylotu z lancy, a z kolei opór ośrodka ciekłego dla tych cząstek jest mniejszy. Jest to przypadek korzystny z punktu widzenia prowadzonego procesu, gdyż mniejsze cząstki zapewniają większą powierzchnię rozwinięcia wdmuchiwanego proszku, przy tej samej ogólnej objętości cząstek wdmuchiwanym do ośrodka ciekłego. Drobnoziarniste proszki o małej gęstości mogą stwarzać jednak problemy przy pneumatycznym przemieszczaniu, gdyż mają tendencję do zawieszania się w podajnikach komorowych i nierównomiernego zsypywania się.

3. Wdmuchiwanie materiałów sypkich do gazowej przestrzeni roboczej

Zastosowanie wdmuchiwania materiałów sypkich do gazowej przestrzeni roboczej jest bardzo szerokie. Poniżej przedstawiono tylko aplikacje odlewnicze i metalurgiczne, ale znacznie większe wykorzystanie tego typu układów występuje w kotłach fluidalnych.

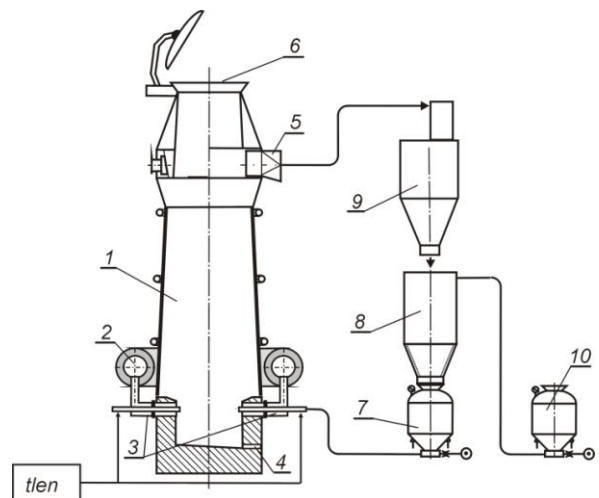
3.1. Wdmuchiwanie mielonego węgla i pyłów do żeliwiaka

W procesie żeliwiakowym koks stanowi nośnik energii do topienia wsadu oraz materiał do nawęglania żeliwa. Wzrost zapotrzebowania na stopy o wyższej zawartości węgla wymusił konieczność nawęglania ciekłego metalu również w żeliwiaku. Najczęściej wykorzystuje się do tego pneumatyczne wprowadzanie

materiałów nawęglających (antracyt, grafit syntetyczny, miął koksowy) przez lance umieszczone w dyszach żeliwiaka (rys. 8). Zagadnienie to jest szczególnie istotne w żeliwiakach bezkoksowych, gdzie paliwem najczęściej jest gaz ziemny.

Kolejne zagadnienie to wdmuchiwanie pyłów wychwytywanych w procesie topienia w żeliwiaku [10,11]. Pył jest jednym z głównych odpadów w procesie żeliwiakowym. Wielkość emisji pyłów zależy od typu żeliwiaka i najczęściej wynosi 8-10 kg/Mg ciekłego żeliwa. Pyły te podobnie jak w przypadku pieców elektrycznych łukowych zawierają znaczne ilości związków Fe (do 60%) oraz związków Zn (do 20 %). Stanowią więc źródło surowców, które można powtórnie wykorzystać. Istnieją jednak pewne ograniczenia. Zbyt duża ilość pyłu podawana do żeliwiaka może powodować obniżanie temperatury ciekłego metalu. Stąd konieczność prawidłowego doboru parametrów transportowych urządzeń dozujących.

Na rys. 8 przedstawiono stanowisko do wdmuchiwania różnych materiałów do żeliwiaka. Wokół żeliwiaka 1 znajduje się skrzynia powietrzna 2 do rozprowadzania powietrza dmuchu do dysz 3 pieca (ich ilość zależy od średnicy pieca i wynosi od 4 – 12). W dolnej części żeliwiaka znajduje się otwór spustowy 4 ciekłego metalu, a w górnej okno wsadowe 6. Pyły z gazami odlotowymi wychwytywane są w czepni gazów 5 i po przejściu przez rekuperator (urządzenie pozwalające na odzysk zawartego w nich ciepła) i filtry, składowane są w zbiorniku 9. W zbiorniku 8 przy wykorzystaniu zjawiska fluidyzacji następuje mieszanie odpowiedniej ilości pyłów ze zbiornika 9 oraz FeSi i CaO transportowanych z dozownika 10. Mieszanka tych materiałów przesypanywana jest do podajnika komorowego 7, a stąd poprzez przewody transportowe i lance umieszczone w dyszach żeliwiaka wprowadzana jest do pieca.



Rys. 8. Schemat stanowiska do wdmuchiwania węgla i pyłu do żeliwiaka

Fig. 8. The setup of coal and dust injection into cupola

Przykładem zastosowania jest układ wprowadzania odpowiedniego materiału sypkiego do żeliwiaka bezkoksowego zrealizowany przez Kooperację POLKO dla warunków odlewni KDŽ- Kraluv Dvur oraz odlewni żeliwa Kralovskie Železarny w Krnovie (Czechy) [12]. Opracowany układ współpracuje z opatentowanym przez firmę Air Products systemem palników montowanych w dyszy dmuchu.

System palnika tlenowo-paliwowego wytwarza płomień o temperaturze powyżej 20000 C w osłonie którego wdmuchiwane są materiały sypkie wprost do żeliwiaka. Ten innowacyjny system daje możliwości zagospodarowywania materiałów odpadowych z metalurgii (jak pyły z żeliwiaka, z obróbki odlewów oraz innych odpowiednio przystosowanych), eliminując tym samym wysokie koszty ich wywozu i składowania. Umożliwia również wdmuchiwanie materiałów sypkich pochodzących z innych źródeł niż procesy metalurgiczne.

Materiały sypkie wprowadzane są pneumatycznie do dyszy dmuchu żeliwiaka, którego średnica wynosi $D=800$ mm i wydajność ok. 6 Mg/h ciekłego żeliwa. Przed przystąpieniem do pracy napełniano zbiornik magazynowy urządzenia POLKO materiałem który jest dozowany. Po załadunku z panelu operatorskiego wybierana jest wydajność oraz dokładność dozowania. Wybór ten polega na zadeklarowaniu odpowiedniej wartości z listy wyświetlanej na panelu. Wartości te zawierają się w granicach od 0,5÷5 kg/min. Regulacja odpowiedniej wydajności dozowania w urządzeniu realizowana jest poprzez odpowiednio zaprogramowaną wartość nadciśnienia oraz układy dysz i fluidyzacji w podajniku komorowym. Powietrze do podajnika podawane jest przez zawór analogowy sterowany ze sterownika napięciem 4-20 mA. Ciśnienie powietrza w podajniku mierzone jest przez przetwornik ciśnienia i informacja podawana jest do sterownika, dzięki czemu system cały czas sprawuje kontrolę nad nim i w razie konieczności koryguje natężenie przepływu na zaworze analogowym. Tak zbudowany układ pozwala na stabilizację wartości przepływu i równomierny wypływ z dyszy wylotowej. W razie braku materiału w podajniku system automatycznie kończy proces dozowania i rozpoczyna proces załadunku ze zbiornika magazynowego umieszczonego nad podajnikiem. Po zasypie system automatycznie powraca do procesu dozowania.

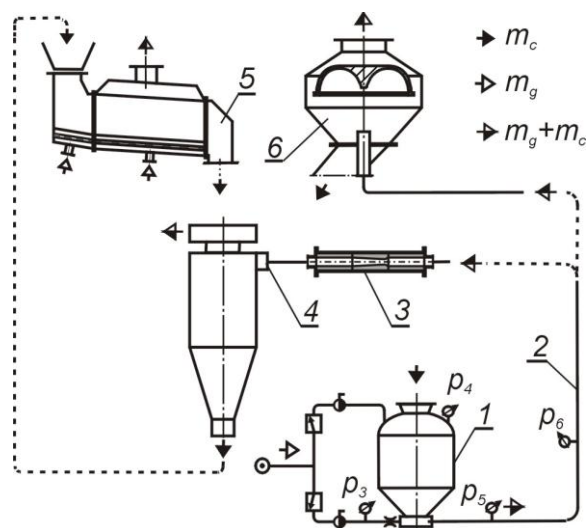
Niezależnie od systemu który sprawuje kontrolę nad prawidłowym przebiegiem procesu dozowania istnieje możliwość jego przerwania przez obsługę urządzenia w dowolnym momencie.

Urządzenie to jest przystosowane do naważania wraz z dozowaniem materiałów sypkich takich jak: żelazokrzem Fe-Si (ziarnistość $d=0\div3$ mm), pył węglowy /mielone elektrody grafitowe/ (ziarnistość $d=0\div0,05$ mm), - mieszanina żelazokrzemu i pyłu węglowego ($d=0\div3$ mm)

3.2. Regeneracja pneumatyczna masy formierskiej

Energię strumienia powietrza stosowanego do pneumatycznego przemieszczania materiałów sypkich wykorzystać można dla realizacji procesu regeneracji osnowy mas formierskich. Regeneracja osnowy mas formierskich jest procesem umożliwiającym odzyskanie materiału osnowy (najczęściej piasku kwarcowego) o parametrach technologicznych zapewniających jego wykorzystanie w kolejnym cyklu wykonywania form. Proces regeneracji polega na rozdrobnieniu (kruszeniu) zużytej masy formierskiej, oczyszczeniu powierzchni ziaren osnowy z pozostałości spoiwa oraz usunięciu zanieczyszczeń (powstałych pyłów i podziarn) z produktu regeneracji. Zakres wykorzystania regeneratu uzależniony jest od stopnia oczyszczenia ziaren osnowy tzn. usunięcia spoiwa zestalonego z powierzchni ziaren i klasyfikacji produktów

regeneracji. Istotną częścią procesu regeneracji jest usunięcie spoiwa, które może być realizowane poprzez ścierne wzajemne oddziaływanie między ziarnami osnowy. Dobór parametrów pracy układu urządzeń przystosowanego do realizacji procesu uwarunkowany jest od rodzaju stosowanego spoiwa oraz wymogów jakościowych stawianych produktom regeneracji. Najbardziej rozpowszechniona jest metoda sucha (mechaniczna i pneumatyczna). Pneumatyczna regeneracja osnowy mas formierskich wykorzystuje energię strumienia powietrza dla potrzeb przemieszczania materiałów sypkich. Może być ona realizowana w regeneratorze liniowym 3 lub kołpaku ściernym 6 (rys. 9 i rys. 10) [13,14].



Rys. 9. Schemat układu urządzeń pneumatycznej regeneracji osnowy mas formierskich

Fig. 9. The setup of used moulding sand pneumatic reclamation



Rys. 10. Kołpak ścierny

Fig. 10. The abrasive hood

W regeneratorze liniowym celowe wprowadzenie sterowanych zakłóceń przepływu pneumatycznie przemieszczanego strumienia w rurociągu transportowym intensyfikuje proces ściernego oczyszczania powierzchni ziaren osnowy z pozostałości spoiwa. Ruch przemieszczanych pneumatycznie cząstek określony jest

siłami oporów wywołanymi tarcieniem gazu i materiału o ścianki przewodów rurowych, tarcieniem cząstek między sobą oraz siłami ciężkości i bezwładności unoszonych cząstek. Dla pokonania oporów przepływu strumienia dwufazowego wywołana jest różnica ciśnień powodująca jego ruch w zadanych warunkach przemieszczania.

W kołpakach ściernio-udarowych na przebiegu usuwania (niszczenia) powłoki spoiwa największy wpływ ma prędkość strumienia dwufazowego.

O skuteczności działania regeneratora liniowego decydują parametry zasilania układu umożliwiające uzyskanie wymaganych parametrów ruchu strumienia dwufazowego. Parametrami tymi są prędkość przemieszczania oraz koncentracja masowa mieszaniny. Przeprowadzone badania wykazały, że najkorzystniejsze efekty działania regeneratora liniowego uzyskano w warunkach przepływu strumienia przy prędkości w zakresie 15-28 m/s oraz koncentracji masowej mieszaniny w zakresie 12-25 kg/kg. Ważnym zagadnieniem w procesie regeneracji pneumatycznej jest klasyfikacja masy formierskiej, przeprowadzana najczęściej w klasyfikatorach fluidalnych 5.

Zastosowanie kołpaka ściernio - udarowego wymaga dostosowania prędkości strumienia dwufazowego u wylotu z rurociągu do kołpaka. Prędkość ta nie powinna przekraczać krytycznej wartości, co może powodować niszczenie ziaren osnowy (pęknięcie i łuszczenie). Dopuszczalna wartość prędkości ruchu strumienia wprowadzanego do kołpaka wynosi ok. 35 m/s.

Analizując technologiczność obydwu układów pneumatycznej regeneracji osnowy mas formierskich należy przyznać, że są one korzystniejsze od innych rozwiązań regeneracji suchej. Również uzyskane wyniki potwierdzają ich przydatność do realizacji postawionych zadań

3.3. Wdmuchiwanie bentonitu do mieszarek

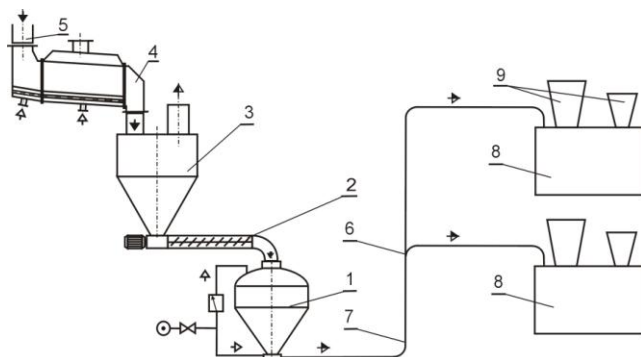
Podstawowym założeniem wdmuchiwania bentonitu do mieszarek jest zapewnienie powtarzalności parametrów masy formierskiej. Nie bez znaczenia jest również efekt ekonomiczny pozwalający na zredukowanie praktycznie do zera strat bentonitu z tytułu odciągnięcia go do układu wentylacji. Przekłada się to na wymierny efekt w postaci redukcji zużycia. Trzecim elementem, jest zapewnienie stabilności procesu obróbki wody powrotnej z filtrów mokrych. Doświadczenia pokazały, że zmiana składu, głównie zawartości bentonitu ma istotny wpływ na proces koagulacji, a w konsekwencji na jakość i wydajność parowania osadów. Wszystkie te cele zostały osiągnięte przez zastosowanie pneumatycznego wprowadzania bentonitu do mieszarek..

Nowoczesne systemy automatyki w połączeniu z nowymi rozwiązaniami technicznymi umożliwiają wpięcie urządzeń w istniejącą technologię produkcji nie zakłócając jej przebiegu, a poprawiając parametry produktu końcowego. Tej modernizacji towarzyszy również wzrost jakości produktu oraz niezawodność linii bez potrzeby angażowania większych zasobów ludzkich.

Urządzenia dozujące zostały zamontowane i uruchomione w odlewni Teksid Iron Poland w Skoczowie [15]. Dozowniki służą do precyzyjnego dozowania bentonitu do mieszarek turbinowych. Urządzenie to w ciągu 60 sek. odważa zadaną na panelu operatorskim porcję, a następnie pneumatycznie wprowadza ją do mieszarki w odpowiednią fazę mieszania. Na rys. 11. przedstawiono schemat zespołu urządzeń

przystosowanych do dozowania bentonitu w procesie mieszania mas obiegowych, a na rys. 12 kołpak ściernio-udarowy.

Przedstawiony na rys. 11. zespół urządzeń składa się z rurociągu 5 dostarczającego bentonit do rynny fluidyzacyjnej 4 znajdującej się nad zbiornikiem buforowym 3, wyposażonym w system zapobiegający zawieszaniu się materiału na ściankach zbiornika, ślimaka 2 dozującego zadaną porcję materiału do układu ważącego wyposażonego w podajnik pneumatyczny 1, posadowiony na przetwornikach tensometrycznych. Podajnik posiada układ eżekcyjny umożliwiający transport uprzednio odważonej porcji z wagi do jednej z mieszarek 8. Nad mieszarkami znajdują się wagi 9 dozujące pozostałe składniki sypkie. Rozdział drogi transportowej 7 jest realizowany za pośrednictwem rozdzielacza dwudrogowego 6. Wydajność można regulować w granicach od 0 do 15 kg, w zależności od potrzeb procesu technologicznego.



Rys. 11. Schemat zespołu urządzeń przystosowanych do dozowania bentonitu w procesie mieszania masy formierskiej
Fig. 11. The setup of devices used for bentonite dosing during moulding sand mixing



Rys. 12. Podajnik komorowy transportu pneumatycznego bentonitu

Fig. 12. The pneumatic chamber feeder of bentonite

Wdrożony system pneumatycznego dozowania wraz z układem ważącym stanowi nowoczesne rozwiązanie problemu wprowadzenia składników sypkich (w analizowanym zagadnieniu

bentonitu) do urządzeń mieszających. Dokładność ważenia i wysoka skuteczność dozowania (w zakresie 0-15 kg) umożliwiają zastosowanie przedstawionego układu urządzeń w wielu technologiach wytwórczych. Istotnym dla prawidłowego działania układu parametrem jest struktura wprowadzonego materiału sypkiego.

4. Podsumowanie

Przedstawione przykłady pokazują jak liczne są zastosowania transportu pneumatycznego tylko w obszarze wdmuchiwania rozdrobnionych materiałów do ośrodków ciekłych i gazowych. Bardzo duża grupa tego typu urządzeń występuje w energetyce i przemyśle chemicznym. W artykule przedstawiono także zagadnienia modelowania fizycznego procesów zachodzących w tego typu urządzeniach. Należy również podkreślić, że coraz częściej w tego typu zastosowaniach do analizy zjawisk zachodzących w poszczególnych urządzeniach wykorzystywane są symulacje komputerowe. Pozwalają one na lepszy dobór parametrów pneumatycznego przemieszczania w aspekcie uzyskiwanych wskaźników technologicznych.

Literatura

- [1] Piątkiewicz Z., Transport Pneumatyczny – Monografia, Wyd. Politechniki Śl. Gliwice 1999.
- [2] Szajnar J., Homa D., Janerka K., Jezierski J., Rozwój technologii transportu pneumatycznego systemu POLKO, Powder&Bulk, Nr 1, 2010, Wyd. Vogel, Wrocław
- [3] Janerka K., Homa D., Jezierski J., Szajnar J., Technologia wdmuchiwania materiałów sypkich do cieczy lub gazowej przestrzeni roboczej, Powder&Bulk, Nr 3, 2010, Wyd. Vogel, Wrocław
- [4] Kanafek M., Homa D., Janerka K.: Nawęglanie żeliwa w Odlewni TEKSID Poland S.A. za pomocą urządzenia pneumatycznego POLKO, Przegląd Odlewnictwa, 1999, nr 7.
- [5] Babiarz W., Homa D., Janerka K., Niburski H., Nawęglanie stopów żelaza urządzeniami systemu Polko w ABB Zamech Ltd., Przegląd Odlewnictwa, 1997, t. 47, nr 12
- [6] Kokoszka J., Markowski J., Janerka K., Jezierski J., Homa D., Chmielorz W., Pneumatyczne nawęglanie żeliwa w warunkach WSK "PZL - RZESZÓW" S.A., Krzepnięcie Metali i Stopów, PAN Katowice, v.1, nr 41, 1999,
- [7] Bulkowski L., Galisz U., Natkaniec J., Przegląd osiągnięć w zakresie odsiarczania metodą wdmuchiwania sproszkowanych materiałów do ciekłej stali w kadzi, Hutnik, nr 9, 1983.
- [8] Szlumczyk H., Janerka K., Niewiara W., Zajusz W., Zastosowanie pneumatycznych urządzeń systemu POLKO w procesach metalurgicznych. Transport przemysłowy, Nr 2(12), s. 38-39, Wyd. Lektorium, Wrocław, 2003.
- [9] Janerka K., Szlumczyk H., Jezierski J., Transport pneumatyczny w procesach wdmuchiwania proszków do ośrodków ciekłych, Transport Przemysłowy, 2(8)/2002, Wyd. Lektorium, Wrocław
- [10] Holzer M., Kargulewicz I., Kija A., Możliwości wykorzystania pyłów pochodzących z odpylania żeliwiaków, Acta Metallurgica Slovaca, nr 7, 2001.
- [11] Gudeanu H., Stoesser K., Denecke H., Schemann V.: Environmental aspects and recycling of filter dust by direct injection or use of agglomerates in shaft furnaces. ISIJ International, vol. 40, nr 3, 2000.
- [12] Homa D., Skutela P., Układy ciągłego dozowania systemu polko materiałów sypkich w procesach żeliwiakowych, Mat. Konf. Transport Pneumatyczny 2005.
- [13] Szlumczyk H., Janerka K., Homa D., Myszor A., Pneumatic moulding sand reclamation in the linear regenerator system, Archives of Foundry Engineering, PAN Katowice, nr 7, 2007, 53-56
- [14] Szlumczyk H., Janerka K., Szajnar J., Analysis of the processes in pneumatic moulding sand reclamation, Archives of Foundry Engineering, vol. 8, nr. 2/2008
- [15] Kanafek M., Homa D., Budacz W., Dozowanie dodatków sypkich do mieszarek turbinowych metodą pneumatyczną, Mat. X Międzynarodowej Konferencji Transport Pneumatyczny 2008,

The pneumatic conveying applications in foundry industry

Abstract

The paper presents some issues connected to pneumatic conveying usage in foundry industry. The loose materials transportation (sand and moulding sand) through consecutive production cycles were described. The powder injection into liquid metal, the bentonite into mixers and pneumatic used moulding sand reclamation applications were presented, too. The industrial setups, technological descriptions and some loose materials parameters were given, too.