ARCHIWUM ODLEWNICTWA

7/6

Rok 2002, Rocznik 2, Nr 6
Archives of Foundry
Year 2002, Volume 2, Book 6
PAN - Katowice PL ISSN 1642-5308

UKŁADY SYSTEMU POLKO W ODLEWNICTWIE

J. GAWROŃSKI[1], D. HOMA[2]
Katedra Odlewnictwa, Politechnika Śląska - 43-100 Gliwice, ul. Towarowa 7
Kooperacja POLKO Sp. z o.o. - 43-195 Mikołów, ul. Rybnicka 75

STRESZCZENIE

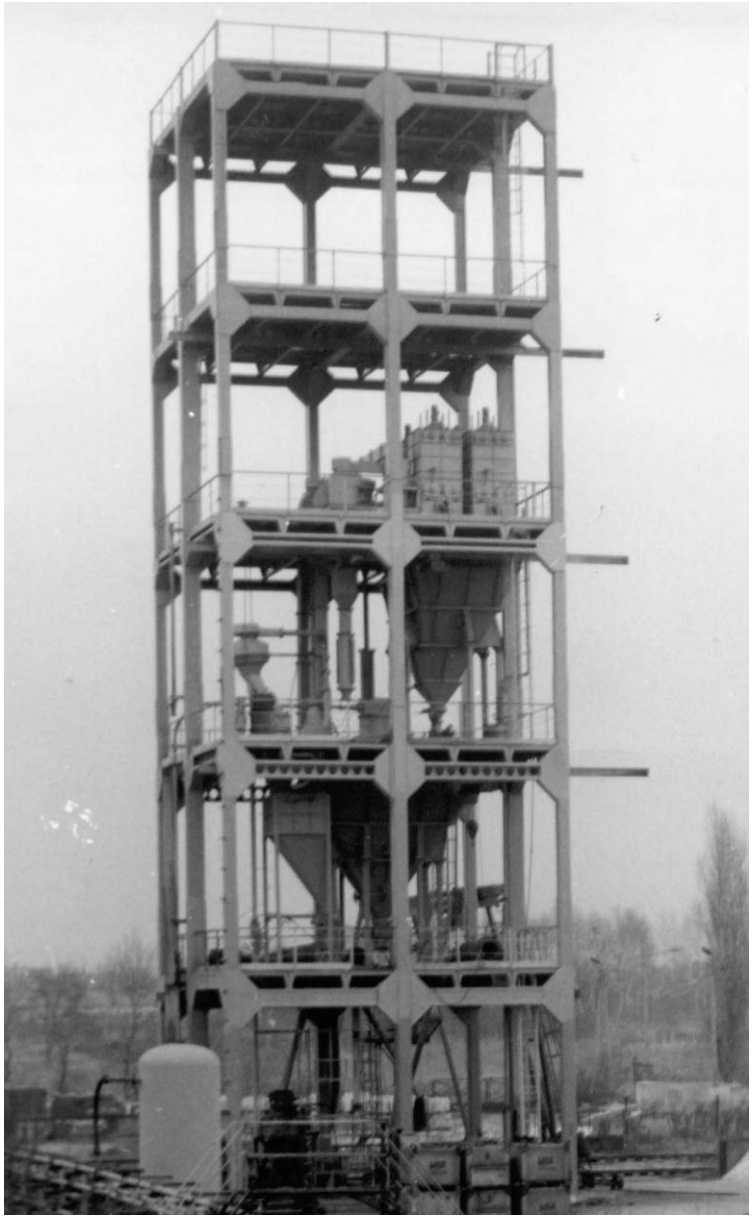
Publikacja obejmuje całokształt działań w zakresie możliwości zastosowania układów transportu pneumatycznego oferowanych przez Kooperację POLKO przy ścisłej współpracy z Katedrą Odlewnictwa Politechniki Śląskiej. Problematyka ujęta w systemie modułowym pozwala na kompleksowe rozwiązanie zagadnień związanych z pneumatycznym przemieszczaniem materiałów sypkich, od analiz teoretycznych poprzez projektowanie do wykonawstwa i uruchomienia instalacji wraz z dostosowaniem do wymogów eksploatacyjnych.

Key words: pneumatic conveying, calculation of parameters, an offer of Polko cooperation

1. WPROWADZENIE

Wymagania współczesnych technologii zwłaszcza w zakresie inżynierii materiałów sypkich wymagają od realizatorów umiejętnego połączenia zagadnień technicznych i ekonomicznych z uwzględnieniem zagadnień BHP i ochrony środowiska.
Zagadnienia te stanowią przedmiot optymalizacji poszczególnych procesów i analizowane są szczegółowo zarówno pod względem wielkości określonych metodą badawczą jak i szacowanych.
Dobór odpowiedniej technologii, a następnie optymalizacji cyklu projektowo-inwestorskiego wymaga w aktualnych warunkach rynkowych założenia znacznej elastyczności działania instalacji, a tym samym możliwości jej szybkiego dostosowania do zmieniających się stale potrzeb rynku.
Dla spełnienia wielu wymogów stawianych wspomnianym instalacjom niezbędna jest współpraca jednostek o różnym profilu działania, dlatego nawiązano ścisłą współpracę z Katedrą Odlewnictwa Politechniki Śląskiej a Kooperacją POLKO.

[1] *prof.dr inż. sekrmt3@zeus.plsl.gliwice.pl*
[2] *mgr inż. Damian Homa, polko@polko.silesia.pl*



Rys.1 Stanowisko doświadczalne transportu pneumatcznego w skali technicznej.
Fig. 1. Experimental stand of pneumatic conveying in technical seale.

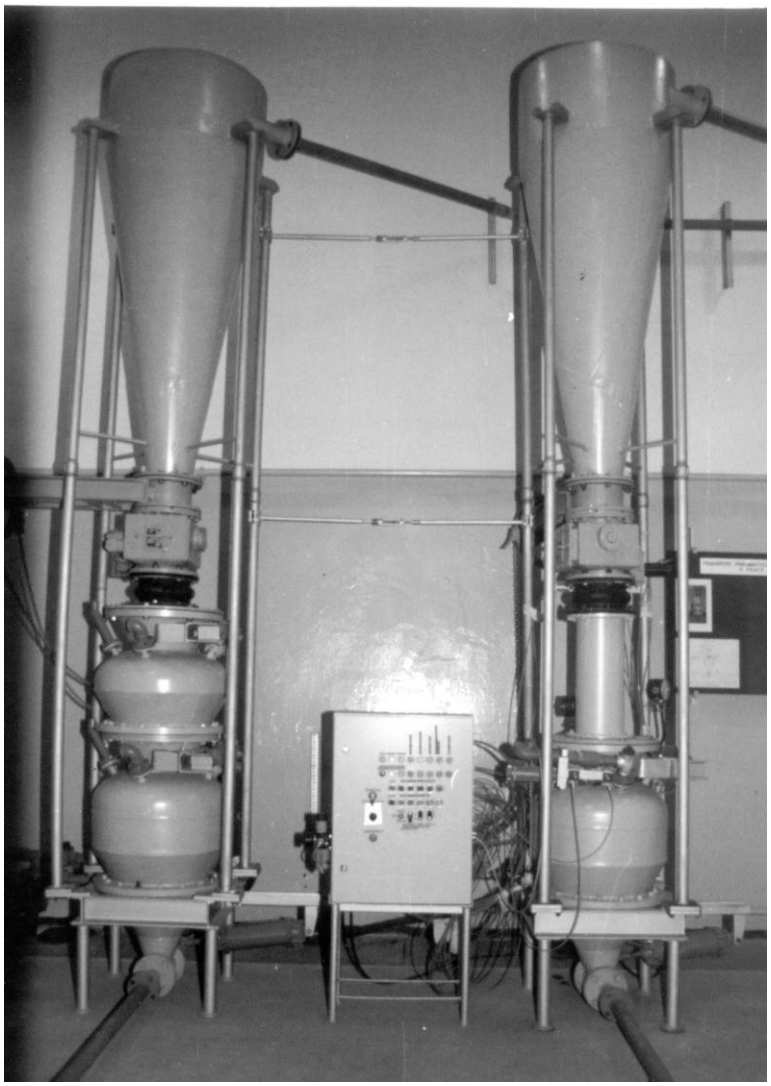
Na nowoczesne opracowania aktualnie stać tylko firmy dysponujące bardzo szeroką bazą badawczą i znacznymi funduszami na aktualizację procesów badawczych.
Urządzenia transportu pneumatycznego systemu POLKO powstawały na przestrzeni ostatnich 40 lat łącząc wyniki badań doświadczalnych prowadzonych w Zespole Transportu Pneumatycznego Katedry Odlewnictwa na unikalnym stanowisku badawczym (rys.1) z praktyką eksploatacyjną i konstrukcyjną Zakładu Transportu Pneumatycznego Kooperacji POLKO.
Kooperacja POLKO realizując 130 instalacji w różnych dziedzinach przemysłu, opracowała modułowy system doboru układów realizujących współczesne potrzeby.
Instytut, a obecnie Katedra Odlewnictwa Pol. Śl. od lat specjalizuje się w badaniach transportu pneumatycznego realizowanego na unikalnych stanowiskach badawczo-pomiarowych wykonanych w skali półtechnicznej. Wyniki tych badań, jak również doświadczenia badawcze kadry naukowej realizowane z użyciem instalacji pomiarowo-badawczych transportu pneumatycznego (rys.2) były i są nadal wykorzystywane dla opracowań instalacji przemysłowych.
Kooperacja POLKO na przestrzeni ostatnich czternastu lat zdobyła doświadczenia projektowo-konstrukcyjne i eksploatacyjno-ruchowe pozwalające oferować urządzenia dostosowane dla indywidualnych potrzeb zróżnicowanych technologii.
Ścisła współpraca wymienionych jednostek pozwoliła na opracowanie zestawów zawierających pakiety obliczeniowe parametrów eksploatacyjnych, dobór materiałów trudnościeralnych oraz szeroką ofertę urządzeń wykonawczych w zakresie transportu pneumatycznego.

2. MODUŁOWE UKŁADY SYSTEMU POLKO

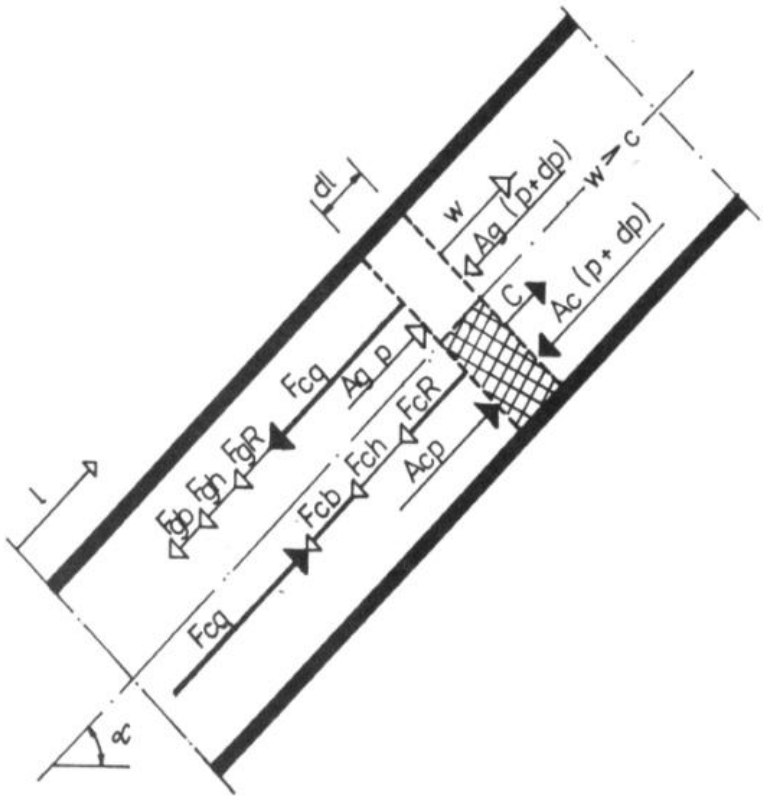
Szerokie spektrum zastosowań transportu pneumatycznego systemu POLKO oparte jest o system klasyfikacji, wykorzystujący opracowania teoretyczne, posiadane bazy danych, badania stanowiskowe i eksploatacyjne oraz moduły wykonawcze dla optymalnego opracowania, wykonania, uruchomienia i eksploatacji instalacji.

2.1. Pakiety obliczeniowe - teoretyczna analiza procesu.

Opracowana w Zespole Transportu Pneumatycznego pod kierunkiem prof. Z. Piątkiewicza teoria transportu pneumatycznego materiałów sypkich stanowi podstawę do analizy zjawisk zachodzących w przepływach wielofazowych. Algorytmy obliczeniowe dotyczące przepływów fazy stałej w strumieniu gazu, mogą być szeroko stosowane zarówno w symulacjach komputerowych jak i projektowej praktyce inżynierskiej.
Scharakteryzowanie takiego przepływu polega na opisie ruchu każdej fazy oddzielnie, z uwzględnieniem oddziaływania międzyfazowego. Przykładem może być przepływ ustalony dwufazowy cząstek stałych i gazu w prostoosiowym rurociągu o stałym przekroju kołowym nachylonym pod kątem α do płaszczyzny poziomej.



Rys.2 Instalacja pomiarowo-badawcza transportu pneumatycznego
Fig. 2. Examining - measuring stand of pneumatic conveying.



Rys. 3 Układ sił działających na fazę stałą i gazową w rurociągu transportowym.
Fig. 3. System of forces influencing solid and gaseous phase in conveying pipeline.

Układ sił działających na elementarną objętość mieszaniny (dV = Adl) jest rozpatrywany oddzielnie dla ruchu fazy stałej i gazowej (rys. 3).

Ogólny układ równań.

W przepływie ustalonym siły czynne tworzą z oporami ruchu mieszaniny układ równoważny. Warunek równowagi sił działających na fazę cząstek stałych podczas ruchu w kierunku osi rurociągu transportowego można napisać w postaci

$$-A_c dp - F_{cR} - F_{ch} - F_{cb} + F_{gc} = 0 \tag{1}$$

Warunek równowagi mocy fazy gazowej (sił działających na fazę gazową) podczas ruchu w kierunku osi rurociągu transportowego

$$-A_g dpw - F_{gR}w - F_{gh}w - F_{gb}w - F_{gc} - F_q w_o \cos\alpha = 0 \tag{2}$$

Poszczególne siły działające w równaniach, oznaczone jak na rys.3, są określone następującymi zależnościami

Siła ciśnieniowa powierzchniowego naporu gazu działająca na fazę cząstek stałych wynosi

$$A_c dp = (1-\varepsilon) A dp \tag{3}$$

oraz na fazę gazową

$$A_g dp = \varepsilon A dp \tag{4}$$

Siła tarcia o ścianki rurociągu fazy cząstek stałych z uwzględnieniem koncentracji masowej mieszaniny wynosi

$$F_{cR} = A_c \lambda^*_{cR} \rho_c c^2 dl / 2d = A_g \mu \lambda^*_{cR} \frac{c}{w} \frac{\rho w^2}{2d} dl \tag{5}$$

gdzie: A_c, A_g - przekrój poprzeczny odpowiednio fazy stałej i gazowej, $\lambda^*_{cR}, \lambda_{gR}$ - wspólczynnik tarcia cząstek o ścianki wewnętrzne rurociągu odpowiednio fazy stałej i gazowej, ρ_c, ρ - gęstość rzeczywista odpowiednio cząstek stałych i gazu, c, w - prędkość rzeczywista odpowiednio fazy stałej i gazowej, d, dl - odpowienio średnica i długość elementarna rurociągu transportowego.

Równanie ruchu i spadku ciśnienia

Równania bilansu sił i mocy (wzór 1 i 2) są związane ze sobą spadkiem ciśnienia dp i siłą oporu aerodynamicznego F_{gc} , co umożliwia wyprowadzenie ogólnego równania:

- spadku ciśnienia

$$-dp = l / A(F_{gR} + F_{gh} + F_{gb} + F_{cR} + F_{ch} + F_{cb} + F_q \frac{w_o}{w} \cos\alpha \tag{6}$$

- ruchu

$$F_{gc} = (A_g / A)[(F_{cR} + F_{ch} + F_{bc}) - (A_c / A_g)(F_{gR} + F_{gh} + F_{gb} + F_q \frac{w_o}{w} \cos\alpha)] \tag{7}$$

Równanie spadku ciśnienia . Ogólną postać równania spadku ciśnienia w rurociągu transportowym otrzymamy podstawiając wartości poszczególnych sił.

Równanie spadku ciśnienia z uwzględnieniem zależności przy pomijalnie małej sile składowej ciężkości gazu (F_{gh}=0. ponieważ $\rho_c >> \rho$) ma postać

$$-dp = \varepsilon(\lambda_{gR} + \mu\lambda_{cR}) \frac{\rho w^2}{2d} dl + \rho w dw + \mu \rho w dc \tag{8}$$

Współczynnik $\lambda_{cR} = \lambda^*_{cR} \frac{c}{w} + \frac{2\beta}{\frac{c}{w} F^2_{rw}}$ określa wielkość oporów ruchu cząstek fazy stałej.

2.2. Bazy danych

Długoletnia współpraca Zespołu Transportu Pneumatycznego Instytutu Odlewnictwa Politechniki Śląskiej z Kooperacją POLKO pozwoliła na usystematyzowanie wyników badań stanowiskowych oraz prób eksploatacyjnych i utworzenie baz danych.
Zawierają one wymagane własności fizyko-chemiczne i reologiczne przebadanych materiałów sypkich, jak również parametry transportu pneumatycznego.

2.3. Badania parametrów w procesach inżynierii materiałów sypkich

Badania uwzględniają:
- własności materiałów sypkich i mieszanin z nich sporządzonych,
- parametry transportu pneumatycznego charakteryzujące przepływ strumienia dwufazowego
- wybór procesów technologicznych
- własności materiałów o podwyższonej odporności na zużycie ścierne stosowanych w rozwiązaniach technicznych

2.4.Materiały odporne na zużycie ścierne.

W miarę potrzeb eksploatacyjnych można zaoferować optymalizację materiałów odpornych na zużycie ścierne (typu minerał - metal) zgodnie z posiadanymi wynikami badań w tym zakresie (tab.1)
Analiza danych zawartych w tabeli pozwala na optymalizacje doboru tworzyw odlewniczych w zależności od projektowanego procesu.
Możliwe jest również stosowanie innych tworzyw takich jak: poliuretany, guma, bazalt, kalkor czy też kompozyty na bazie Al_2O_3.

2.5. Analiza i dobór elementów wykonawczych i podzespołów transportu pneumatycznego

Analiza, dobór elementów i podzespołów uwzględnia:
- rodzaj transportu pneumatycznego (sposób przemieszczania)
- zasilacze (podajniki, eżektory)
- przewody transportowe (rurociągi, przewody giętkie, stopniowanie średnic)
- urządzenia odpylające (cyklony, filtry)
- automatyka procesu w zakresie sterowania.

Tabela 1. Charakterystyka materiałów badanych na zużycie ścierne.
Table 1. Characteristics of materials examined on abrasive wear.

	Skład chemiczny								Twardość	Ubytek masy kg/m^3	Odporność na zużycie ścierne Mg/1 mm
Rodzaj	C %	Si %	S %	P %	Mn %	Cr %	Ni %	Mo %			
Stal Węglowa	0,2	0,52	0,024	0,04	0,82	10,2	0,09	0,01	142 HV	8,69	100
	0,03	1,01	0,018	0,03	0,82	11,3	1,48	0,11	249 HV	7,73	52
	0,25		0,007	0,01		7,00	3,00		530 HV	7,78	113
	0,25		0,007	0,01		10,00	3,00		560 HV	7,78	361
	0,47	0,4	0,008	0,04	0,69	0,27	10,05	10,01	600-650 HB	7,58	172
Stopy żeliwa wysokochromowego	2,55	1,25	0,03	0,027	0,9	25,00	0,13	0,04	892 HV	7,52	337
Ceramiczne	50% Al_2O_3; 32% ZrO_2; 16% SiO_2								9 Mohs	3,63	289
	85% Al_2O_3								9 Mohs	3,4	296
	40% SiO_2; 15% Al_2O_3; 13% Fe_2O_3; 11% CaO								8,5 Mohs	2,95	156
Guma poliuretanowa	guma syntetyczna o twardości 90 Shore'a									1,18	728
Węgliki chromu	spiekany stop węglika chromu								890 HV	8,91	303

3. MODUŁY WYKONAWCZE

Dla realizacji analizowanych procesów technologicznych opracowano modułowy system elementów wykonawczych dla następujących operacji:

Rozładunku materiałów sypkich
- z cystern
- z kontenerów elastycznych
- z worków
- z opakowań specjalnych

Magazynowania materiałów sypkich
- silosy metalowe z aerowanym dnem
- kontenery elastyczne
- zbiorniki specjalne

Przemieszczania technologicznego
- podajniki komorowe z zamknięciami dzwonowymi i przepustnicowymi
- eżektory z możliwością regulowanych parametrów eksploatacyjnych
- przewody transportowe (rurociągi)
- rozdzielacze dwu i wielodrogowe
- cyklony rozładowcze i odpylające
- filtry zgrubnego i dokładnego oczyszczania

Ważenia i dozowania, w których dla ich realizacji opracowano trzy rodzaje układów ważących:
- mechaniczne,
- hydrauliczne,
- tensometryczne.

W zależności od masy ważonej i dokładności ważenia mogą być one stosowane dla różnych rozwiązań w realizowanych układach.

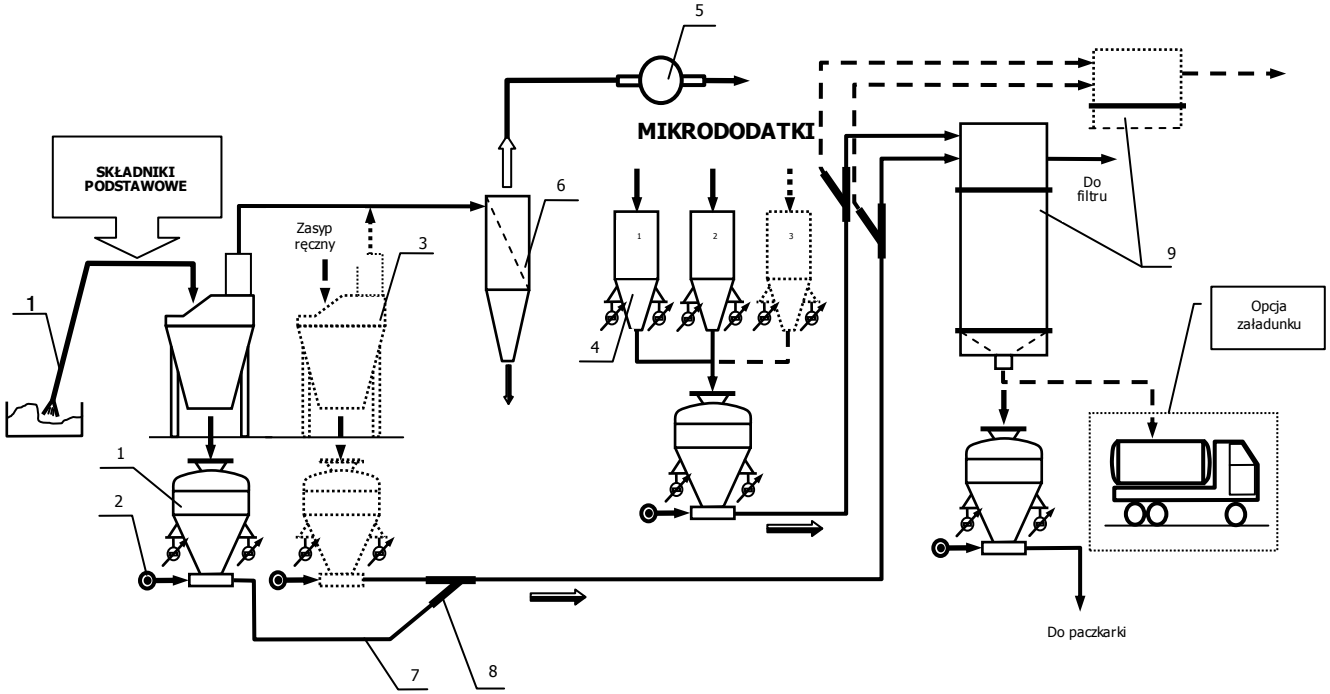
Dozowanie materiałów sypkich odbywa się z użyciem:
- dozowników mechanicznych
- rynien aeracyjnych
- dozowników pneumatycznych

Automatyzacji procesów

Sterowanie procesami w układach POLKO oparte jest o sterowniki swobodnie programowalne dostarczane wraz z oprogramowaniem. Sygnały z modułów wejść, wyjść sterownika są doprowadzane do skrzynek łączeniowych jednostki nadrzędnej. W ofercie przewiduje się sterowanie wszystkimi zamknięciami technologicznymi w sposób automatyczny z uwzględnieniem funkcji sterowania, diagnostyki działania oraz sygnalizacji ewentualnej awarii. Moduły automatyki pozwalają również na wizualizację procesu zapis danych.

Technologii specjalnych

W inżynierii materiałów sypkich jednym z kierunków zastosowań urządzeń modułowych są instalacje pneumatycznego i fluidalnego mieszania. Przykład wytwarzania mieszanek komponentów sypkich zamieszczono na rys.4.



Rys. 4. Otwarty układ modułowy wytwarzania mieszanek komponentów sypkich(zasyp kompilowany)
Fig. 4. Open modular system for preparation of loose components mixture.
1.– Podajnik komorowy z układem wagowym, 2.– Zasilanie, 3.– Rozworkowywacz, 4.– Zbiorniki magazynowe mikrododatków, 5.– Wentylator, 6.– Filtr, 7.– Rurociag transportowy, 8.– Rozdzielacz dwurogowy ster. pneumatycznie, 9.– Mieszalnik fluidyzacyjny, 10.– Ssawa

Układ ten może być uzupełniany o kolejne moduły w zależności od ilości składników lub zmiany udziału poszczególnych składniow w recepturze mieszaniny.

4. REALIZOWANE PROCESY TECHNOLOGICZNE W ODLEWNICTWIE

Technologie wytwarzania mieszanin mas formierskich i rdzeniowych.

- rozładunek, magazynowanie, przemieszczanie technologiczna, ważenie i dozowanie
- mieszanie fluidalne

Regeneracja mas

- separacja i uszlachetnianie ziaren osnowy
- utylizacja odpadu poregeneracyjnego

Wdmuchiwanie komponentów sypkich do przestrzeni roboczej

- wprowadzanie pyłu węglowego do żeliwiaków
- wdmuchiwanie rafinatorów do przestrzeni nad metalem
- podawanie komponentów do odsiarczania metalu

Wdmuchiwanie komponentów sypkich do cieczy

- wprowadzanie proszków do ciekłego metalu
- wdmuchiwanie flokulantów do cieczy zawiesinowych
- zagęszczanie mieszanin podsadzkowych z mas formierskich
- wprowadzanie mikrododatków do metalu

Technologie specjalne

Wytwarzanie mieszanin wieloskładnikowych gaz - ciało stałe - ciecz dla procesów:

- torkretowania wykładzin ogniotrwałych pieców odlewniczych
- utylizacji mas formierskich w technologiach podziemnego budownictwa górniczego
- wykonywania zaczynów mieszanek dla mas formierskich i rdzeniowych,
- operacje wdmuchiwania pulpy odpadów poprodukcyjnych odlewnictwa do kotłów utylizacyjnych.

Procesy separacji ziaren o określonych frakcjach w przepływowych układach fluidalnych oraz przeciwprądowych.

5. WNIOSKI

1. Współczesne rozwiązania technologiczne i konstrukcyjne w zakresie inżynierii materiałów sypkich odlewnictwa wymagają ścisłej współpracy jednostek badawczych, projektowych i wdrożeniowych.
2. Oferowane dla potencjalnego użytkownika układy modułowe systematyzują zakres możliwości oferowanych algorytmów obliczeniowych, posiadanych wyników badań oraz wykonawczych elementów modułowych.
3. Wieloletnia współpraca Katedry Odlewnictwa i Kooperacji POLKO wykazała, że wstępna teoretyczna analiza procesu wraz z wynikami badań wykonanymi w skali

półtechnicznej znacznie obniża koszty inwestycyjne procesu oraz problemy eksploatacyjne związane z uruchomieniem instalacji.

4. Ocena użytkowników instalacji transportu pneumatycznego systemu POLKO w odlewnictwie jednoznacznie wskazuje na poprawność przyjętego modelu współpracy pomiędzy jednostką badawczą i producentem urządzeń dla stałej optymalizacji parametrów technologicznych realizowanych procesów.

LITERATURA

[1] Z.Piątkiewicz: *„Transport pneumatyczny”,* Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1999r.

[2] D.Homa, R.Majchrzak: „*Wdrożenia nowych generacji urządzeń transportu pneumatycznego systemu POLKO*”, Materiały Międzynarodowej Konferencji Transport Pneumatyczny, PAN, Katowice 1999r.

[3] Z.Piątkiewicz, K.Janerka, H.Szlumczyk, J.Jezierski: „*Opory przepływu transportu pneumatycznego materiałów wilgotnych*”, Materiały Międzynarodowej Konferencji Transport Pneumatyczny, PAN, Katowice 1999

[4] Z.Piątkiewicz, D.Homa: „*Teoria transportu pneumatycznego w rurociągach oraz opis urządzeń transportowych”, Spoiwa anhydrytowe oraz urządzenia do ich transportu pneumatycznego systemu POLKO w górnictwie podziemnym,* Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Ossolineum 1987r.

[5] H.Szlumczyk, D.Homa: „*Analiza porównawcza stosowanych rozwiązań transportu pneumatycznego w aspekcie energetycznym*”, VIII Międzynarodowa Konferencja TRANSPORT PNEUMATYCZNY 2002, Ustroń 10-12.04.02r.

INSTALLATIONS OF POLKO SYSTEM IN FOUNDRY INDUSTRY

SUMMARY

The publication comprises the nymber of possibilities of using the systems of pneumatic conveying offered by POLKO Company being in a close co-operation with the Department of Foundry Engineering at the Silesian Technical University in Gliwice. The modular presentations of the issues enables a complex solution of problems connected with the pneumatic conveying of loose material not only as theoretical analyses but also as the design, building and starting of the installations in accordance with the exploitation requirements.

Recenzował: prof. dr hab. inż. Ferdynand Romankiewicz