

NOWE ROZWIĄZANIA I POSTĘP W MODUŁOWYCH UKŁADACH SYSTEMU POLKO W PROCESACH TECHNOLOGICZNYCH

J. GAWROŃSKI¹, D. HOMA²

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 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.

¹ prof.dr inż., sekrm13@zeus.polsl.gliwice.pl

² mgr inż., polko@silesia.pl

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. 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 Instytutu Odlewnictwa 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 były i są nadal wykorzystywane dla opracowań instalacji.

Kooperacja POLKO na przestrzeni ostatnich czterech 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

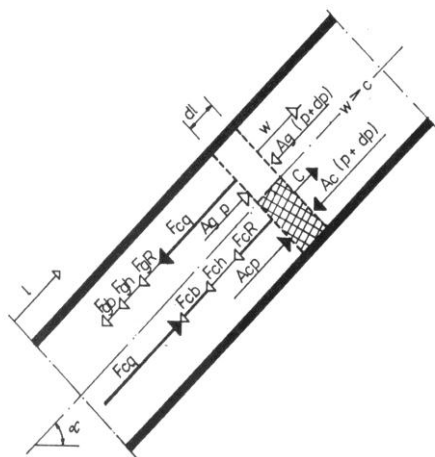
Szerokie spektrum zastosowań transportu pneumatycznego systemu POLKO oparte jest o system klasyfikacji, wykorzystujący opracowania teoretyczne, posiadane bazy danych, badania stanowiskowe i eksploatacyjne oraz moduły wykonawcze dla optymalnego opracowania, wykonania, uruchomienia i eksploatacji instalacji.

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. Układ

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



Rys. 1. Układ sił działających na fazę stałą i gazową w rurociągu transportowym.
Fig. 1. The force system reaction on solid and gas in transportation pipeline

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

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

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

$$-A_g dp w - F_{gR} w - F_{gh} w - F_{gb} w - F_{gc} - F_q w_o \cos \alpha = 0 \quad (2)$$

Poszczególne siły działające w równaniach, oznaczone jak na rys.1, są określone następującymi zależnościami.

Siła ciśnieniowa powierzchniowego naporu gazu działająca na fazę cząstek stałych wynosi

$$A_c dp = (1 - \varepsilon) A dp \quad (3)$$

oraz na fazę gazową

$$A_g dp = \varepsilon A dp \quad (4)$$

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

$$F_{cR} = A_c \lambda_{cR}^* \rho_c c^2 dl / 2d = A_g \mu \lambda_{cR}^* \frac{c}{w} \frac{\rho w^2}{2d} dl \quad (5)$$

gdzie: A_c, A_g - przekrój poprzeczny odpowiednio fazy stałej i gazowej, $\lambda_{cR}^*, \lambda_{gR}$ - współczynnik 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 - odpowiednio 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

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

- ruchu

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

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 $\rho_c \gg \rho$) ma postać

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

Współczynnik $\lambda_{cR} = \lambda_{cR}^* \frac{c}{w} + \frac{2\beta}{\frac{c}{w} F_{rw}^2}$ 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 te 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 optymalizację 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 taka powinna uwzględniać:

- rodzaj transportu pneumatycznego (sposób przemieszczania)
- zasilacze (podajniki, eżektory)
- przewody transportowe (rurociągi, przewody giętkie, stopniowanie średnic)
- urządzenia odpylające (cyklony, filtry)
- automatyka procesu w zakresie sterowania

3. MODUŁY WYKONAWCZE

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

Rozładunku materiałów sypkich

- z cystem
- 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 rozładownicze 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 i zapis danych.

Technologii specjalnych

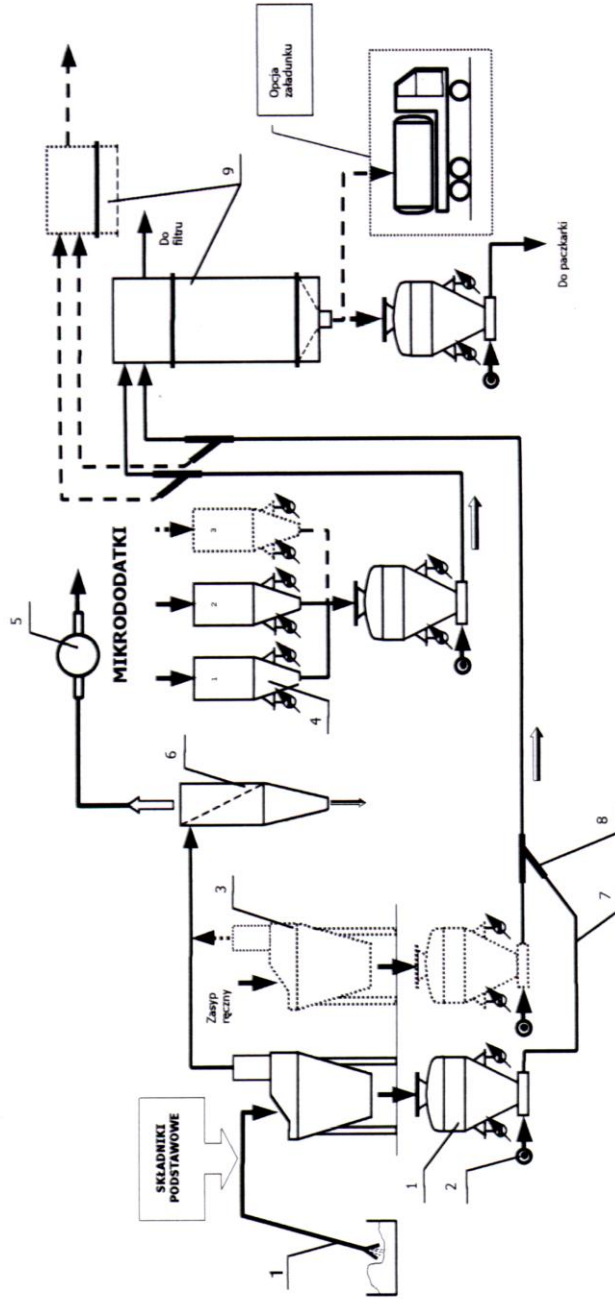
W inżynierii materiałów sypkich jednym z kierunków zastosowań urządzeń modułowych są instalacje pneumatycznego i fluidalnego mieszania. Przykład wytwarzania mieszanek komponentów sypkich zamieszczono na rys. 2.

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

4. REALIZOWANE PROCESY TECHNOLOGICZNE W INŻYNIERII MATERIAŁÓW SYPKICH I NOWE PROPOZYCJE

Wdmuchiwanie komponentów sypkich do przestrzeni roboczej

- wdmuchiwanie katalizatorów (urządzenia inżynierii procesowej)
- podawanie sorbentów w odsiarczaniu spalin
- wprowadzanie pyłu węglowego do żeliwiaków
- opylanie wyrobisk górniczych



Rys. 2 .Otwarty układ modułowy wytwarzania mieszanek komponentów sypkich (zasyp kompilowany). 1.– Podajnik komorowy z układem wagowym, 2.– Zasilanie, 3.– Rozworkowywacz, 4.– Zbiorniki magazynowe mikrodoładków, 5.– Wentylator, 6.– Filtr, 7.– Rurociąg transportowy, 8.– Rozdzielacz dwurogowy ster. pneumatycznie, 9.– Mieszalnik fluidyzacyjny, 10.– Ssawa

Fig. 2. The open modular system of making the loose components mixtures (compile batch)

1 – chamber feeder with weight system, 2- power supply, 3 - unpaking system, 4 – containers of the micro additions, 5 – fan, 6 – filter, 7- transportation pipeline, 8 – two-way divider with pneumatic control, 9 – fluidizing mixer, 10 – exhaust fan

Wdmuchiwanie komponentów sypkich do cieczy

- wprowadzanie proszków do ciekłego metalu (odlewnictwo, hutnictwo)
- wdmuchiwanie flokulantów do cieczy (górnictwo, oczyszczalnie ścieków)
- zagęszczanie mieszanin podsadzkowych (górnictwo, ochrona środowiska)
- wprowadzanie mikrododatków dla uzdatniania wody (ochrona środowiska)
- procesy inżynierii chemicznej - wprowadzanie zapyłonego gazu do przestrzeni reaktorów
- wprowadzanie pigmentów i wypełniaczy w technologiach wytwarzania farb i lakierów

Technologie specjalne

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

- utylizacji odpadów,
- torkretowania (budownictwo, energetyka, górnictwo),
- budowy pasów podsadzkowych (górnictwo, inżynieria lądowa),
- wdmuchiwania pulpy paliwowej do kotłów (energetyka i chemia)

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 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.

LITERATURA

- [1] Z. Piątkiewicz: *Transport pneumatyczny*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, (1999).
- [2] D. Homa, R. Majchrzak: *Wdrożenia nowych generacji urządzeń transportu pneumatycznego systemu POLKO*, Materiały Międzynarodowej Konferencji Transport Pneumatyczny, PAN, Katowice, (1999).
- [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: *Społwa anhydrytowe oraz urządzenia do ich transportu pneumatycznego systemu POLKO w górnictwie podziemnym*, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Ossolineum, (1987).
- [5] H. Szłumczyk, D. Homa, J. Kudliński: *Transport pneumatyczny systemu POLKO eksploatowany w warunkach ZPW TRZUSKAWICA S.A.*, Cement-Wapno-Beton nr 5 Kraków, (2001).
- [6] J. Gawroński, D. Homa, *Modułowe układy systemu POLKO w procesach technologicznych*, Mat. Konf. „Transport Pneumatyczny”, Gliwice, (2002).

NEW SOLUTION AND PROGRESS IN MODULAR SYSTEM BY POLKO IN TECHNOLOGICAL PROCESSES

SUMMARY

The article consist the whole of working in range of possibilities of pneumatic transportation offering by POLKO Cooperation with close cooperation with Department of Foundry Silesian Technical University. The issues in modular system make possible to solve the complex problems connected with pneumatic moving of loose materials, from theoretical analyses over designing to execution and activate of the installation with adaptation to operating requirements adjusting.

Recenzował dr hab. Jan Szajnar