

**DOŚWIADCZENIA EKSPLOATACYJNE SYSTEMU TRANSPORTU
PNEUMATYCZNEGO W WARUNKACH ODLEWNI FRANCUSKICH**

IGNASZAK Zenon, PRUNIER Jean-Baptiste*, PIAULT Robert *
Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Materiałów
61-138 POZNAŃ, ul.Piotrowo 5
* Grupa Odlewni Ferry-Capitain
52300 JOINVILLE (Francja)

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wybrane doświadczenia z 30 letniej eksploatacji transportu pneumatycznego w odlewniach grupy Ferry-Capitain. Początkowo były to urządzenia firmy Braun & Angot, poszerzone następnie o rozwiązania firmy FAT. Doświadczenie wydziału utrzymania ruchu grupy F-C oraz własne techniczne usprawnienia systemu, pozwalają na eksploatację o niskim stopniu awaryjności. Jest to przykład skutecznego i relatywnie taniego rozwiązania, spełniającego doskonale funkcję w tych odlewniach mimo swojego wieku.

1. WSTĘP

Grupa odlewni Ferry-Capitain w miejscowości Joinville (departament Haute Marne), wchodzi w skład konsorcjum odlewni francuskich o nazwie Ferry-Lang i jest grupą wiodącą w zakresie postępu tak w obszarze metalurgicznym jak i technologicznym. Między innymi to w tej grupie zastosowano po raz pierwszy w odlewnictwie francuskim odzysk chromitu z masy obiegowej, początkowo, w latach siedemdziesiątych, metodą złoża fluidalnego, a przed kilku laty – metodą magnetyczną oraz inne interesujące rozwiązania z zakresu instalacji do odzysku i regeneracji piasków formierskich [1,2,3]. Inne nowoczesne rozwiązania technologiczne dotyczące wielkogabarytowych wieńców zębatych i bieżni z żeliwa sferoidalnego przedstawiono w [4,5].

W niniejszym artykule autorzy prezentują wybrane doświadczenia dotyczące działających nieprzerwanie od 30 lat systemów transportu pneumatycznego, ewoluujących w miarę postępu technologii mas formierskich i urządzeń do ich zagęszczanie, a potem odzysku i regeneracji. Własne doświadczenia oraz doskonały przegląd nowości na rynku ofert elementów i akcesoriów, pozwala utrzymywać odpowiednią sprawność systemów i decydować o sposobie zapewnienia ciągłości zapasów tych elementów (także regeneracja podzespołów jak i ich produkcja przez własny zespół remontowy). W dużej mierze usprawnianie jakości transportu jak i obniżanie awaryjności zawdzięcza się własnym analizom i rozwiązaniom. Niektóre z nich były i są równoległe upowszechniane przez wyspecjalizowane firmy, inne, często proste i oryginalne rozwiązania, są sprawdzone i od lat stosowane w grupie. Starano się wykazać jak właściwe inżynierskie podejście do problemów typowych dla transportu pneumatycznego (m.in. nieszczelności, zużycie ściernie elementów, awaryjność elementów sterowania) sprowadziło sytuację do optimum kosztowego i zminimalizowało przestoje w produkcji.

2. CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGICZNO-ORGANIZACYJNA ODLEWNI

W skład grupy wchodzi dwie odlewnie, zwane tradycyjnie : odlewnią staliwa (MA) i żeliwa (FF). Roczna produkcja odlewni wynosi około 10 ton wszystkich gatunków stopów żelaza. Przeważają zdecydowanie odlewy jednostkowe, o ciężarze kilku i kilkunastu ton (do 50 ton). Technologia opiera się o masy żywiczne (furanowe, poliuretanowe) z regeneracją w przeważającej mierze mechaniczną, z odzyskiem magnetycznym chromitu i instalacją pilotową regeneracji termicznej.

Transport pneumatyczny jest dominującym systemem przemieszczania sypkiego piasku formierskiego w obu odlewniach (nie licząc transportu taśmowo-kubelkowego masy w rejonie kraty do wybijania odlewów i tasmociągów zasilających przejezdne mieszarko-nасыpywarki), co schematycznie pokazano na rys.1.

3. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU TRANSPORTU PNEUMATYCZNEGO

Pierwsze urządzenia zostały zakupione na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych (firma BRAUN&ANGOT). Po kilku latach rozwinięto system, zwracając się uprzednio z zapytaniami ofertowymi do firm europejskich. Oferta firmy niemieckiej FAT została przyjęta do realizacji.

System, którego główne parametry pozostały niezmienione, należy do klasy transportu tłoczącego, wysokociśnieniowego.

Podstawowe parametry systemów w odlewniach MA i FF podane są w tabeli 1.

Tabela 1

Wybrane charakterystyki systemów transportu pneumatycznego i ich eksploatacji w F-C

Charakterystyka	MA	FF	Uwagi
Ciśnienie (podajnik)	max. 0,6MPa	max. 0,6MPa	możliwość regulacji aut. na kilku poziomach ciśnienia
Wydajność godzinowa	10 m ³ /godz	10 m ³ /godz	średnica przewodu doprow. spręż. powietrze – 40 mm
Całkowita ilość podajników	10	9	różne konstrukcje, zawsze z dolnym odbiorem piasku i z górnym doprowadzeniem powietrza
Srednica przewodów transportowych	80 mm	80mm	rury handlowe, zwykła stal
Długość łączna przewodów	około 800 m	około 1200 m	
Łączniki kątowe	zwarte, typu walcowego		konstrukcja specjalna
Żywotność rur	średnio 3–4 miesiące		minimalna
Żywotność podajników	średnio około 10 lat		istnieją w instalacji starsze podajniki
Sterowanie	mieszane, elektroniczne modułowe układy kombinacyjno-sekwencyjne, przekaźniki 24/220V, elektrozawory		centralne dla każdej z odlewni
Osprzęt łącznikowy	typowy do układów pneumatycznych		
Czas pulsacyjnego transportu "korków" piasku	5–8 sec		w zależności od konfiguracji i długości odcinka transportu
Ilość piasku w systemie	1000 ton	800 ton	obieg miesięczny
Ekipa nadzorująco–remontowa	8 osób, 5–6 % czasu pracy średnio w skali roku		700 godzin – mechanicy, 70 godzin – elektrycy

Materiałami transportowanymi na początku eksploatacji (lata siedemdziesiąte) były także piaski zawierające bentonit (stosowano technologie mas suszonych i podsuszanych).

Obecnie transportowane są wyłącznie następujące produkcyjne materiały sypkie :

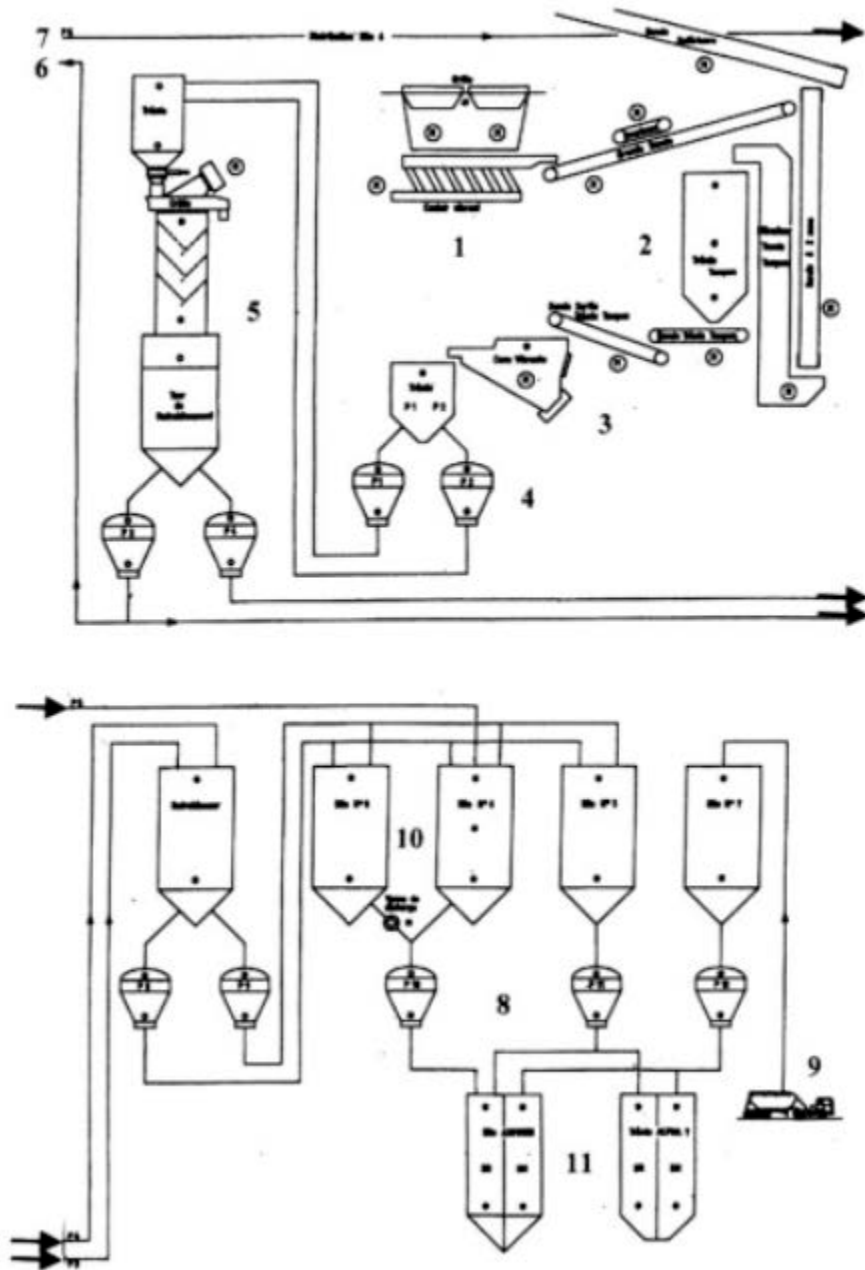
- piasek formierski obiegowy (zwany "czarnym" ze względu na obecność pozostałości żywicy na powierzchni ziaren), po przejściu przez regenerację mechaniczną (tzw. ocieranie miękkie) transportowany do kilku silosów–magazynów,
- piasek formierski kwarcowy, świeży (dostarczany cysternami o pojemności 25 ton, na podwoziu ciężarówek, rozładowywany do silosu–magazynu przy pomocy autonomicznej instalacji umieszczonej na ciężarówce),
- chromit świeży, dostarczany ciężarówką–cysterną w identyczny sposób i rozładowywany do osobnego silosu (nowe rozwiązanie).

Z silosów magazynujących począwszy od podajników umieszczonych pod nimi (także pod poziomem zero) materiały piaskowe są kierowane do silosów–dystrybutorów przy mieszarko–nasypywarkach stacjonarnych i przejezdnych. Wszystkie one są wyposażone w zdwojone układy : piasku świeżego i z odzysku (obiegowego).

Materiałem sypkim, transportowanym także na drodze pneumatycznej, są pyły z suchych instalacji odpylających stanowiska wybijania, z przestrzeni roboczych poszczególnych agregatów regeneracji mechanicznej i z silosów. Zbiorniki drobnych frakcji pyłowych tych instalacji posiadają własne podajniki (max. ciśnienie 0,1 MPa) transportujące ten odpad do silosu centralnego, skąd jest on okresowo wywożony poza odlewnię.

4. ZASADNICZE PROBLEMY EKSPLOATACYJNE

Parametry systemu transportowego są preregulowane lub są sterowane w sprzężeniu zwrotnym. W zasadzie nie prowadzi się specjalnej lustracji stanu systemu, ograniczając się do reakcji na sygnały obsługi linii technologicznych formierni lub osób pracujących w rejonie stacji przerobu mas. Oprócz ewidentnych perturbacji obserwowanych bezpośrednio (nieszczelności, efekty dźwiękowe, inne) śledzenie stanów awaryjnych ułatwia tablica synoptyczna (rys.1) ze wskaźnikami stanów poszczególnych elementów (podajniki, zasowy, stan ciśnienia, ...).



Rys. 1 Stacja odzysku piasku formierskiego z systemem transportu pneumatycznego (MA).
 1–krata do wybijania, 2–zespół transportu taśmowego i kbelkowego z urządzeniami do rozdrabniania i innymi typowymi, 3–agregat do regeneracji mechanicznej (ocieranie miękkie), 4–podajniki (4), 5–wieża chłodząca, 6–do magnetycznego odzysku chromitu, 7–powrót piasku bez chromitu, 8–podajniki rozdzielające (5), 9–ładowanie świeżego piasku, 10–silosy (5), 11–zbiorniki mieszarko–nasypywarek.

Fig. 1 MA foundry sand plant with pneumatic conveyor system. 1–knock–out grid, 2–belt conveyors and bucket elevators set with typical mill and another devices, 3–mechanical reclamation unit (by soft attrition), 4–pulsers (4), 5–cooling tower, 6– to chromite magnetic reclamation, 7–sand return without chromite, 8– distribution pulsers (5), 9–load of new sand, 10–silos (5), 11–sand mixer containers.

Rozpatrując strukturę interwencji ekipy remontowej należy wyróżnić trzy rodzaje awarii :

- przetarcie przewodów rurowych, ze wskazaniem na te, w których odnotowuje się odchylenia od prostoliniowego kierunku transporu (nie dotyczy to łączników nowej generacji)
- zużycie elementów podajnika (zawory kulowo–gumowe, rzadziej zamknięcia stożkowe),
- perturbacje w pracy sond detekcyjnych poziomu piasku w silosach i podajnikach.

Nie obserwuje się segregacji ziarnowej dla używanego tutaj piasku o liczbie ziarnistości AFS 50–55 i jednorodności przekraczającej 90%. Zauważono jednak, że długie (parotygodniowe) unieruchomienie piasku w silosie powoduje osiadanie najdrobniejszych drobnych frakcji w dolnych jego partiach.

Osobnym problemem jest rodzaj i jakość sond poziomu napelnienia zbiorników. Stosowane w podajnikach i silosach (max., min.) spełniają bardzo odpowiedzialną rolę jako źródła sygnału decydującego o uruchomieniu, zatrzymaniu lub kontynuowaniu sekwencji transportu. Formalnie można stosować tutaj i testować różne opcje konstrukcyjne, jako że dwustanowy sygnał jest sformalizowany i łatwo taką sondę przyłączyć oraz przystosować do każdego układu sterowania pracą systemu. Decyduje tutaj nie tylko trwałość i mechaniczna niezawodność, ale również stabilność parametrów sygnału w trudnych warunkach kontaktu z piaskiem, na dodatek o zróżnicowanej w czasie temperaturze

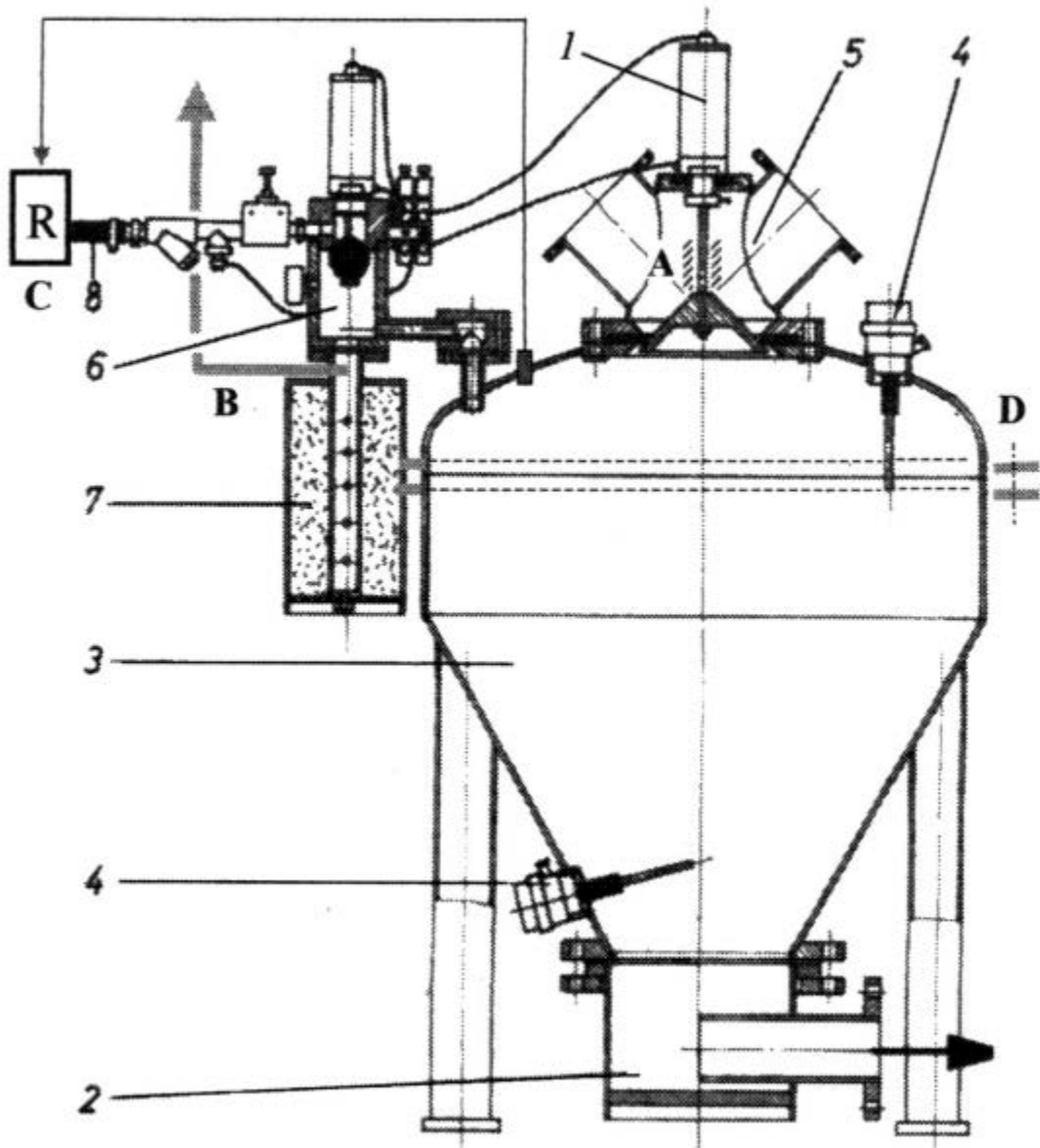
5. OMÓWIENIE WYBRANYCH ROZWIĄZAŃ USPRAWNIAJĄCYCH

Poniżej przedstawiony zostanie przegląd wprowadzonych usprawnień w rozbiciu na poszczególne podzespoły systemu.

Podajniki (rys. 2 i 3)

Są wyposażone w dwa przyłącza zasilające, co umożliwia ich niezależne zasilanie w piasek z dwóch silosów.

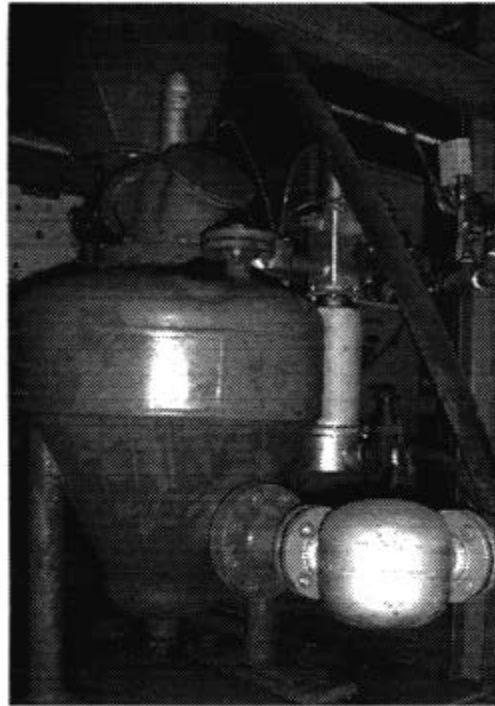
Kilka istotnych usprawnień dotyczy tego najważniejszego elementu systemu transportu pneumatycznego. Pierwsze z nich dotyczy stożkowego, górnego zamknięcia podajnika, przesuwanego w kierunku pionowym siłownikiem pneumatycznym. Tłoczysko tego siłownika narażone było na ścieranie przez piasek zsypany się grawitacyjnie z silosu (–ów) do podajnika. Zastosowanie specjalnych szybkowymiennych osłon na tłoczyska przedłużyło kilkukrotnie żywotność siłowników.



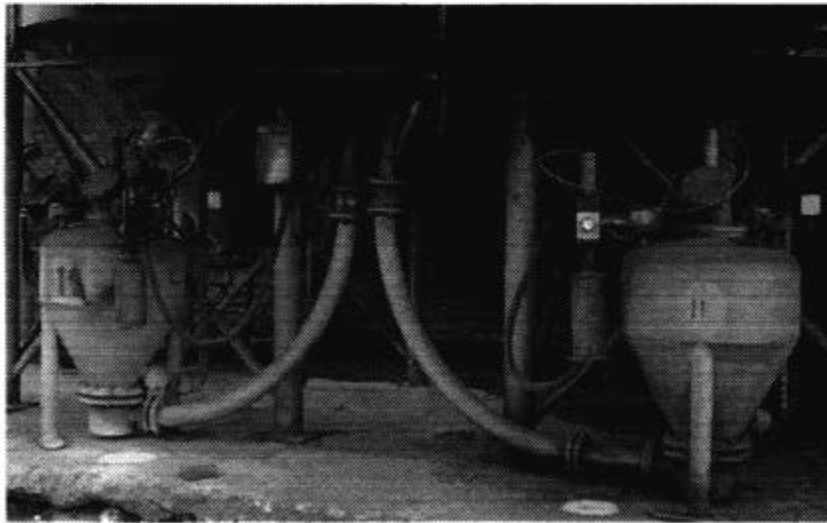
Rys. 2 Podajnik komorowy firmy FAT z elementami sterującymi. 1-siłownik stożka zamykającego, 2-dennica ewakuacyjna, 3-zbiornik ciśnieniowy, 4-sondy stanu napełnienia, 5-króćce zasypu alternatywnego, 6-zawór kulowo-gumowy, 7-filtr odpowietrzenia, 8-doprowadzenie sprężonego powietrza. Usprawnienia: A-osłona na tłoczysku siłownika, B-odpowietrzenie skierowane do silosu, C-regulator ciśnienia, D-kołnierz (planowany).

Fig. 2 FAT feeding device with control elements. 1-closing cone pneumatic cylinder, 2-evacuation bottom, 3-pressure reservoir, 4-filling state probes, 5-alternative charge connector pipes, 6-sphere-rubber wave, 7-air-escape filter, 8-pressure air feed.

Improvements: A-piston rod protection, B-air-escape pipe to silo, C-pressure controller, D-flang (project).



b.



Rys. 3 Podajnik w stacji regeneracji termicznej (a) oraz zespół trzech podajników piasku do zbiorników mieszarko–nasypywarek (b).

Fig. 3 Feeding device (pulser) in thermal reclamation installation (a) and ensemble of three sand feeding devices for mixer reservoir

Do bardzo dobrych rozwiązań należy także wprowadzenie podajników z pokrywą, co umożliwia szybkie dotarcie do jego wnętrza w przypadku konieczności takiej interwencji (na przykład w celu odzyskania zamknięcia stożkowego).

Automatyczne odpowietrzenie instalacji po opróżnieniu podajnika za pośrednictwem zaworu kulowo–gumowego, odbywa się teraz przez wprowadzenie przewodu do wnętrza silosu– magazynu przed podajnikiem (eliminacja hałasu i zapyłania otoczenia).

Zrealizowane ostatnio usprawnienie polega na obniżaniu ciśnienia (skokowo) w funkcji obniżania się poziomu piasku w podajniku, co ogranicza szybkość transportu w tej fazie i zmniejsza zużycie przewodów.

Przewody transportujące, łączniki kątowe

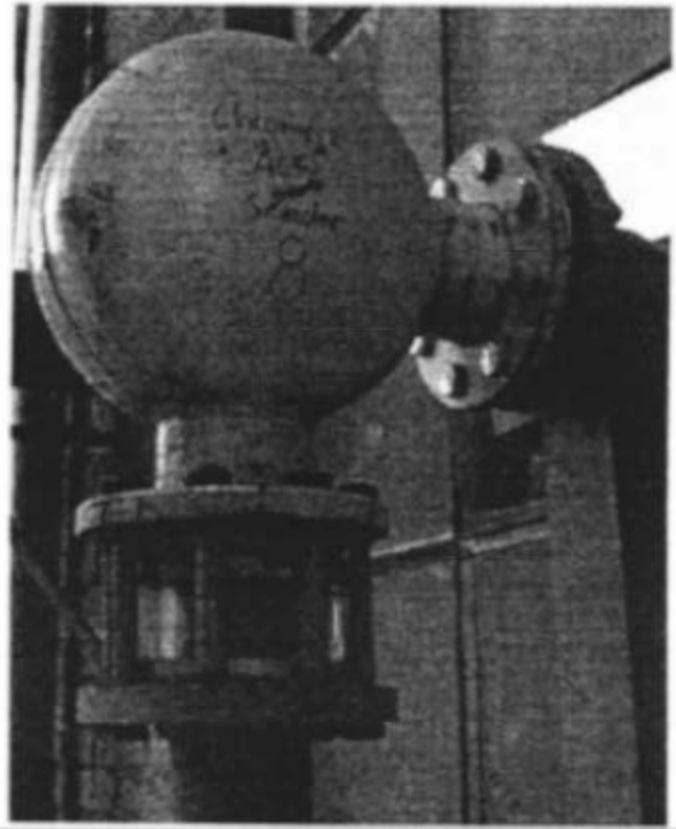
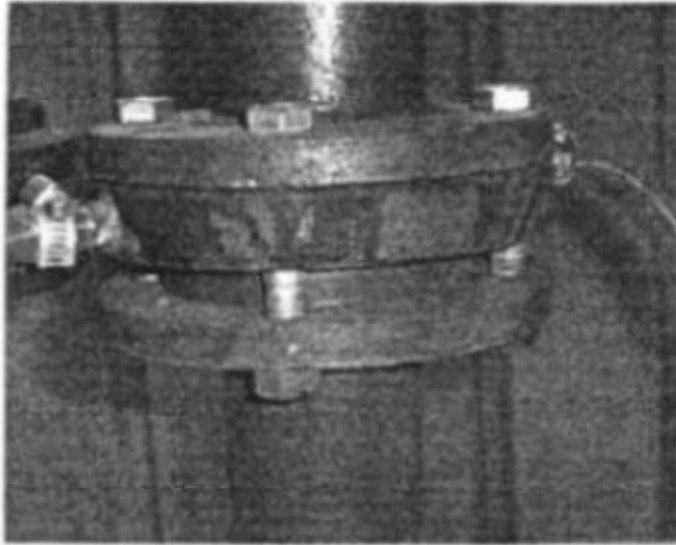
Zdecydowanie odeszło się od zalecanego przed laty umieszczania przewodów rurowych na zewnątrz budynków, zwłaszcza na ich dachach. Ewentualna nieszczelność przewodu, spowodowana jego perforacją, nieodkryta w porę, może doprowadzić do gromadzenia piasku na połaci dachowej i groźnego w skutkach zniszczenia konstrukcji dachu. Wszystkie nowe ciągi rurowe transportu pneumatycznego umieszcza się obecnie wewnątrz hal.

Ponadto, od wielu lat tuż za podajnikiem umieszcza się krótki segment (ok.0,1 m) przewodu o ściankach przezroczystych (z materiału o nazwie Pyrex). Można w ten sposób kontrolować obecność strugi piaskowo–powietrznej w przewodzie (rys. 4).

Rozwiązania łączników kątowych, zwanych też kolanami, są dzisiaj zupełnie odmienne od klasycznych kształtów tych elementów, stosowanych jeszcze do niedawna i wykonywanych z materiałów o podwyższonej odporności na zużycie ściernie. Prosty kształt (rys. 4), łatwy do realizacji i na dodatek ze zwykłej stali, rozwiązał odwieczny problem do tego stopnia, że elementy te wymienia się bardzo rzadko, w porównaniu z przewodami stalowymi.

Przyspieszacze (akceleratorzy)

W funkcji konfiguracji przebiegu i długości trasy przewodu transportującego wprowadzono własne konstrukcje kołnierzowych przyspieszaczy, łatwo demontowalnych w przypadku awarii (rys. 4). Centralnie (w osi przewodu) podawane jest powietrze o ciśnieniu wstępnie regulowanym, którego wartość dobiera się doświadczalnie, w zależności od lokalizacji na trasie transportu. Wartość ciśnienia nie przekracza zazwyczaj 0,3 MPa.



Rys. 4 Przyspieszacz pneumatyczny (a) oraz łącznik kątowy poprzedzony przez wziernik (b).
 Fig. 4 Pneumatic accelerator (a) and elbow connection previous by sight-glass (b)

Silosy

W stosunku do odlewni stosujących masy z bentonitem, piaski formierskie z żywicą jako spoiwem, po przejściu regeneracji mechanicznej nie wykazują tendencji do zawieszania się w silosie, nie muszą więc być stosowane żadne elementy wspomagające ruch grawitacyjny piasku ku otworowi wylotowemu w kierunku podajnika.

Zrzut piasku do silosu odbywa się przy najmniejszym ciśnieniu w przewodzie, niemniej strumień piaskowo-powietrzny oddziałując na wewnętrzną ścianę powoduje jej wycieranie. Stosując płyty odbojowe ze staliwa manganowego, można uniknąć tego problemu.

Silosy są wyposażone w ciśnieniowe, ciężarowe zawory bezpieczeństwa oraz odpowietrzenia. Filtry workowe, umieszczone na wyjściach odpowietrzeń silosowych, są poddawane w odstępach 20 minutowych kilkunastosekundowym wibracjom, co pozwala na usuwanie pyłu przywartego do powierzchni tkaniny filtra. Pył jest okresowo transportowany pneumatycznie do odpowiedniego silosu.

Sondy poziomu piasku

W okresie eksploatacji systemu stosowane były sondy różnych rodzajów, konstrukcji i firm. Pracujące nadal w opisywanych instalacjach są typu :

- mechanicznego A (obrotowe, z miniaturowym silnikiem niskoobrotowym i mechanizmem stykowym reagującym w chwili unieruchomienia silnika obecnością piasku przy elemencie wirującym),
- mechanicznego B (listwy wibrujące, pobudzone spolaryzowanym elektrycznie kryształem kwarcu, z czujnikiem elektronicznym reagującym na zmianę amplitudy wibracji w obecności piasku wokół listew)
- pojemnościowego (reagujące na obecność materiału piaskowego między elektrodą sondy a stalową powłoką silosu; jest wrażliwa na temperaturę piasku – zmiana stałej dielektrycznej w funkcji temperatury zespołu elektrod i piasku).

Inne (planowane do wprowadzenia w najbliższym czasie)

Awarie podajników lub systemów przewodów znajdujących się w kanałach lub generalnie na poziomie poniżej zera (w miejscach trudnodostępnych) spowodowały, że wprowadzone zostaną tam czujniki wrażliwe na pojawienie się piasku. Oprócz sygnalizacji spowoduje to automatyczne odcięcie powietrza podawanego do podajnika.

Podobnie planowane jest wprowadzenie automatycznego systemu opróżniania sit wibracyjnych zainstalowanych przed wprowadzeniem piasku do pierwszego podajnika transportu pneumatycznego. Zdarza się bowiem, że ręczne oczyszczanie nie jest skuteczne.

6. RENTOWNOŚĆ SYSTEMU TRANSPORTU PNEUMATYCZNEGO

Wartość urządzeń i instalacji transportu pneumatycznego ocenia się aktualnie na około 1,5 mln FF, a roczne jego utrzymanie w stanie sprawności kosztuje około 6–8 % tej kwoty. W zakres ten wchodzi także koszty zakupu elementów i akcesoriów, w tym część z nich, która jest wykonywana wg własnej dokumentacji w warsztatach utrzymania ruchu lub w małych firmach zewnętrznych. Najważniejsze z nich to główny zawór podajnika i jego stożek zamykający, łączniki kątowe, zasuwki. Rachunek ekonomiczny uwzględniający cenę zakupu nowej instalacji, z włączeniem kosztów jej utrzymania, wykazał, że zachowanie opisywanego systemu transportu pneumatycznego jest znacznie tańsze. Spełnia on ponadto swoje zadania w aspekcie technicznym, stąd przez najbliższe lata będzie nadal eksploatowany.

7. PODSUMOWANIE

Transport pneumatyczny z wielu względów pozostaje nowoczesnym i uniwersalnym systemem przemieszczania surowców sypkich, spełniającym zalecenia ochrony środowiska, i dlatego w odlewnictwie powinien znajdować coraz szersze pole zastosowania. Naszym zdaniem przedstawiony system, dzięki właściwemu i profesjonalnemu podejściu do jego eksploatacji jest optymalnym rozwiązaniem pod względem technicznym i ekonomicznym. Mimo zawansowanego wieku, może jeszcze służyć zgodnie ze swoim przeznaczeniem.

Transport tłoczący, wysokociśnieniowy, posiada ewidentne korzyści w stosunku do transportu ssącego. Rozwijamy istniejącą sieć włączając nowe instalacje systemu regeneracji piasku (ostatnio doświadczalną stację regeneracji termicznej).

Nie oznacza to, iż uważamy, że transport wysokociśnieniowy osiągnął już szczyt swoich możliwości. Zapoczątkowane przed laty poszukiwania obniżenia kosztów eksploatacji systemu wiążą się z aplikacją zasady minimalizacji ciśnienia i jego sterowania w funkcji oporów na nitce transportującej i ilości piasku w podajniku. Prowadzi to do zmniejszania szybkości przesyłania mieszanki piaskowo-powietrznej i przez to obniżenia ściernego zużycia przewodów. Niezwykle ważny był także dobór elementów sygnalizujących (sondy napełnienia) oraz niezawodność systemów sterowania w trudnych warunkach odlewni.

LITERATURA

- [1] Ignaszak Z., Millot A. - Odzyskiwanie i regeneracja piasków z mas wiązanych chemicznie. Stan aktualny i perspektywy. [w:] Materiały IV Konferencji Odlewników Lubuskich, STOP i WSI Zielona Góra, 17-18 listopada 1994.
- [2] Ignaszak Z., Herzog T., Millot A., Prunier J-B. - Badania i studium nad hipotezami i perspektywami regeneracji i waloryzacji mas formierskich. Materiały międzynarodowej konferencji "Nowoczesne Technologie Odlewnicze - Ochrona Środowiska", AGH Kraków, 6-8 września 1995.
- [3] Ignaszak Z., Millot A., Prunier J-B. - Odzyskiwanie chromitu z masy obiegowej. Aspekt technologiczny i ekologiczny. Materiały II międzynarodowej konferencji "Nowoczesne Technologie Odlewnicze-Ochrona Środowiska", AGH, 3-5 września 1997.
- [4] Ignaszak Z. - Niektóre aspekty wykonywania odlewów wielkogabartowych wieńców kół zębatych. Komunikat. Materiały międzynarodowej konferencji naukowo-technicznej „Koła zębate-Gears G-96”, Poznań 1996.
- [5] Ignaszak Z., Prunier J-B. - Wytwarzanie wysokojakościowych odlewów wielkogabarytowych wieńców kół zębatych. Materiały międzynarodowej konferencji „Wielkogabarytowe Koła zębate-Gears G-97”, Poznań-Konin, październik 1997.
- [6] Dokumentacja systemu transportu pneumatycznego Förder- und Anlagentechnik (FAT) GmbH, Niederfischbach/Sieg, 1973.
- [7] Dokumentacja wykonawcza elementów systemu transportu pneumatycznego Ferry-Capitain, Joinville- Bussy, 1980-1997.

OPERATING EXPERIENCES OF PNEUMATIC CONVEYOR IN THE CONDITIONS OF FRENCH FOUNDRIES.

Chosen experiences of 30 years pneumatic conveyor exploitation in Ferry-Capitain group foundries (France) are presented in the paper. Initially the Braun & Angot devices were used, completed later by FAT technical solutions. Experience of Ferry-Capitain maintenance department and its technical system improvements, permit the exploitation with low failure. It is the example of effective and relatively not expensive solution, satisfying, in spite of age, the production requirements of these foundries.