

Jan MIKOŚ, Damian HOMA

BADANIA PROCESU PNEUMATYCZNEGO MIESZANIA SKŁADNIKÓW
BETONU ANHYDRYTOWEGO

Streszczenie. W referacie podano wyniki badań dotyczących pneumatycznego mieszania składników betonu na spoiwie anhydrytowym. Zaproponowany sposób pneumatycznego mieszania komponentów sypkich mieszanki przebiega podczas operacji ich przemieszczania wewnątrz przewodu transportowego.

W badaniach ustalono efekty mieszania pneumatycznego i określono podstawowe parametry niezbędne do projektowania tego typu instalacji.

1. Uwagi wstępne

Szybki rozwój techniki wymaga zwiększenia intensywności procesów zwłaszcza tych, które bezpośrednio decydują o wydajności kompleksowych ciągów technologicznych. Jednak osiągnięcie wzrostu wydajności poprzez zwiększenie stopnia zamieszynowania czy wzrost zatrudnienia jest niecelowe ze względu na stale pogłębiający się deficyt surowców i energii oraz chroniczny brak siły roboczej.

Procesem, który w technologii wytwarzania elementów budowlanych może zwiększyć wydajność oraz znacznie ułatwić pracę jest metoda pneumatycznego mieszania składników betonów i gipsobetonów. Przy stosowaniu szybko twardniejących mieszanek, zwłaszcza na epiwach siarczanowych (gipsowych, anhydrytowych z aktywatorami), stosowanie pneumatycznego mieszania znajduje szczególne uzasadnienie techniczne.

Mieszanie i transport takich mieszanek stwarza jednak szereg technologicznych niedogodności. Natomiast w odróżnieniu od stosowanych układów mechanicznych mieszanie pneumatyczne zapewni hermetyzację procesu, niskie koszty eksploatacyjne oraz łatwość obsługi, przy zachowaniu parametrów mieszania uzyskiwanych przy mieszaniu mechanicznym.

W przedmiotowym referacie przedstawiono wyniki fragmentu badań wykonanych w ramach PR5-03-1.6, koordynowanych przez Zakład Doświadczalny "Pras-Bet", a dotyczących pneumatycznego mieszania składników betonu na spoiwie anhydrytowym. Badania procesu pneumatycznego mieszania przeprowadzono na instalacji badawczej transportu pneumatycznego w Instytucie Odlewnictwa Politechniki Śląskiej, który od szeregu lat między innymi zajmuje się pneumatycznym transportem materiałów sypkich [1, 2]. Zaproponowany sposób pneumatycznego mieszania komponentów sypkich mieszanki przebiega podczas

operacji ich przemieszczenia wewnątrz przewodu transportowego i jest objęty zgłoszeniem patentowym P-206331 [4].

Na stanowisku badawczym w Instytucie Odlewnictwa przebadano transport pneumatyczny różnych materiałów budowlanych oraz pneumatyczny sposób ich zmieszania [3].

Celem podjętych badań jest ustalenie efektu mieszania pneumatycznego i określenie podstawowych parametrów niezbędnych do projektowania tego typu instalacji.

2. Program i sposób przeprowadzenia badań

Praca obejmuje próby i badania technologii mieszania w warunkach transportu pneumatycznego składników betonu anhydrytowego.

Do badań użyto dwa zestawy mieszanek - tablica 1.

Tablica 1

Lp.	Składnik	Zestaw I	Zestaw II
1	Kruszywo żupkoporytowe fr. 0-4 mm	25%	27,5%
	fr. 4-10 mm	20%	17,5%
2	Mączka anhydrytowa	25%	40,0%
3	Płyty lotne	15%	
4	Woda	15%	15,0%
		100%	100%

Mieszanie składników realizowano w różnych wariantach technologicznych A i B, różniących się kolejnością mieszania (tablica 2).

Tablica 2

ETAP	A	B
	Kolejność mieszania	Kolejność mieszania
I	Anhydryt + popiół lotny	Anhydryt + popiół lotny
II	Sucha mieszanka + woda	Sucha mieszanka + kruszywo
III	Zaczyn + kruszywo	Sucha mieszanka + woda

Dla każdego z podanych wariantów czas mieszania nie powinien przekroczyć 5', przy zachowaniu warunku, że od chwili dodania wody do zakończenia mieszania nie może upłynąć więcej jak 30". Przewidywana wydajność procesu mieszania pneumatycznego powinna wynosić około $1 \text{ m}^3/5'$ w ruchu ciągłym.

Badania procesu pneumatycznego mieszania składników betonu anhydrytowego przeprowadzono na zaprojektowanej i wykonanej instalacji, umożliwiającej szeroką regulację stosunku sypkich komponentów mieszanki i wody.

Celem określenia jednorodności zmieszania komponenty sypkie transportowane były:

- a) w stanie suchym (bez dodania wody), przy czym pobrano próbki i określono jednorodność wymieszania "na sucho",
- b) z dodaniem wody w końcówce, co powodowało otrzymanie gotowej mieszanki.

Przeprowadzenie oceny jakości zmieszania "na sucho" podyktowane zostało koniecznością dokładniejszego określenia rozrzutu wyników komponentów sypkich, co jest znacznie utrudnione w przypadku mieszanki nawilżonej.

Badania przeprowadzono przy zmiennych ciśnieniach oraz różnych koncentracjach w celu otrzymania optymalnych parametrów transportu i wymieszania. Wyniki pomiarów odczytywane i utrwalane były na taśmie rejestratora a następnie przetworzone według programu opracowanego na EWC WANG 2002. Efektem przeprowadzonych badań i obliczeń są wskaźniki techniczno-ekonomiczne charakteryzujące transport pneumatyczny.

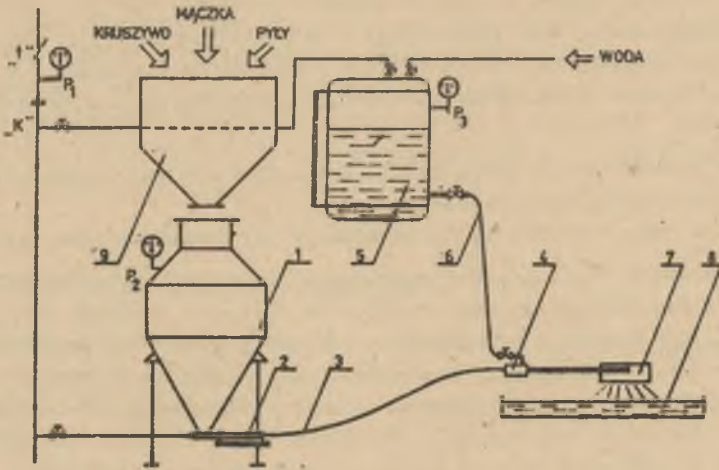
3. Stanowisko badawczo-pomiarowe

Badania przeprowadzono na instalacji badawczo-pomiarowej, której schemat przedstawiono na rys. 1. Na zespół urządzeń tej instalacji składa się:

- 1 - podajnik komorowy systemu "POLKO" z dolnym rozładunkiem materiału o pojemności $0,3 \text{ m}^3$ według rozwiązań Instytutu Odlewnictwa Politechniki Śląskiej,
- 2 - wziernik wykonany z materiału przezroczystego celem obserwowania strugi materiału,
- 3 - wąż gumowy odporny na ścieranie o długości 20 m,
- 4 - końcówka "mieszająca" komponenty z wodą,
- 5 - zbiornik wodny o regulowanym wydatku wody,
- 6 - wąż gumowy ciśnieniowy, doprowadzający wodę do końcówki "mieszającej",
- 7 - cyklon odbiorczy, w którym następuje oddzielenie ciekłej mieszanki od transportującego powietrza,
- 8 - "model" formy o pojemności $0,3 \text{ m}^3$, do której wylewano mieszankę,
- 9 - zbiornik przejściowy.

Pozzczególne elementy instalacji połączono ze sobą zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 1 w zestaw układu pneumatycznego mieszania.

Skuteczność mieszania poszczególnych składników podczas ich pneumatycznego przemieszczania została określona drogą bezpośredniej próby technologicznej. Składniki wyjściowe odważone w odpowiednich proporcjach i wypane do zbiornika przejściowego 9. Odważone zgodnie z wymogami technologii składniki przeespano następnie ze zbiornika przejściowego 9 do po-



Rys. 1

dajnika komorowego 1. Podajnik komorowy wyposażony jest w trzy rzędy zasilaczy powietrznych powodujących dodatkowe mieszanie składników przed wprowadzeniem ich do dyszy. Następny etap mieszania realizowany jest w giętkim przewodzie transportowym 3 o długości 20 m. Na końcu przewodu znajduje się końcówka doprowadzająca wodę 4. Do składników wymieszanych uprzednio na sucho w końcówce 4 dodawana jest woda. Proces mieszania komponentów suchych mieszanki z wodą zachodzi w lancy i cyklonie 7, rozpraszając dodatkowo mieszankę stycznie wzdłuż krawędzi. Parametry transportu pneumatycznego określono uprzednio w warunkach transportu na odległość 111 m, które zbliżone są do warunków panujących w zakładach produkujących i na budowie.

Celem ustalenia doświadczalnych parametrów charakteryzujących proces pneumatycznego transportu i mieszania instalację badawczą wyposażono w odpowiednią aparaturę pomiarową do pomiaru natężenia przepływu powietrza, do pomiaru ciśnienia w instalacji, do pomiaru temperatury powietrza i innych wielkości.

4. Parametry pneumatycznego transportu badanych mieszanek

Podczas przeprowadzonych badań pneumatycznego mieszania składników betonu anhydrytowego wyznaczono parametry charakteryzujące pracę transportu pneumatycznego.

Optymalne parametry transportu pneumatycznego dla badanych mieszanin zamieszczono w tabelicy 3. Uzyskane wyniki badań i pomiarów są podstawą opracowania koncepcji wytwórni mas w oparciu o system transportu pneumatycznego "POLKO".

Tablica 3

Lp.	Rodzaj parametru	Symbol	Jedn.	A	B
1	Masowe natężenie przepływu powietrza	V_N	Nm^3/S	0,154	0,134
2	Wydażność instalacji $\Phi = 50 \text{ mm}$	q	kg/S	2,37	2,66
3	Zużycie powietrza na 1 tonę tranp. mieszanki	V_T	Nm^3/Mg	64,90	50,22
4	Koncentracja mieszanki a) masowa b) objętościowa		kg/kg kg/m ³	15,40 12,07	19,90 15,60
5	Zużycie energii na tonę mieszanki	E	kwh/Mg	4,07	3,25

5. Określenie jednorodności mieszanki

Istotą procesu mieszania jest uzyskiwanie jednorodnych mieszanki o określonych parametrach reologicznych i ustabilizowanych na wysokim stopniu wymieszania składników w warunkach ciągłości procesu.

W przypadku przeprowadzonych badań jednorodność mieszania będzie oznaczać jednorodność pod względem składu a nie jednorodność fazową. Jeżeli składniki masy rozdzielone powierzchnią podziału wprawiamy w ruch celem ich zmieszania, to po upływie określonego czasu powstaje mieszanki o stochastycznej jednorodności, odbiegająca w różny sposób od mieszanki idealnej. Mieszanki o jednorodności stochastycznej charakteryzuje się tym, że zawartość składnika rozproszonego w próbkach pobranych w różnych miejscach oscyluje wokół pewnej wartości i nie zmienia się w czasie, pomimo mieszania. Należy więc ściśle określić różnice procentowej zawartości składnika podlegającego mieszaniu w próbkach pobranych z uprzednio zaprogramowanych miejsc.

Jako kryterium stopnia wymieszania określonych składników zastosowano współczynnik zmienności procentowej zawartości składnika w mieszance, nazywany wskaźnikiem stopnia zmieszania φ_x :

$$\varphi_x = \frac{S}{A_{\text{sr}}}$$

gdzie:

S - odchylenie standardowe badanej mieszanki,

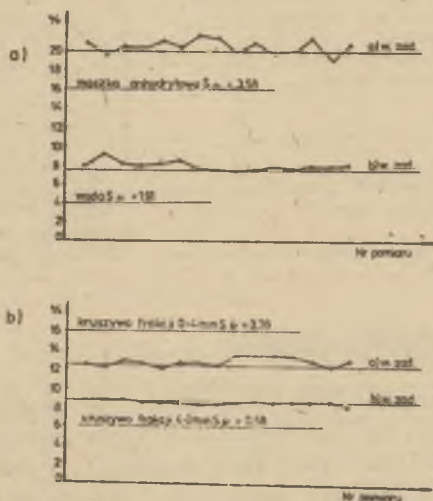
$$S = \sqrt{\frac{\sum (A_i - A_{\text{sr}})^2}{n}}$$

A_i - zawartość badanego składnika w i-tej próbce w gramach,

$A_{\bar{g}r}$ - średnia zawartość wyznaczonego składnika w gramach,

n - liczba próbek.

Na rys. 2 podano odchyłki standardowe S badanych składników od wartości zadanej.



Rys. 2

6. Proponowane układy pneumatycznego mieszania

W oparciu o przeprowadzone badania i uzyskane wyniki zaproponowano dwa rozwiązania zestawów urządzeń do pneumatycznego sporządzania mieszanek:

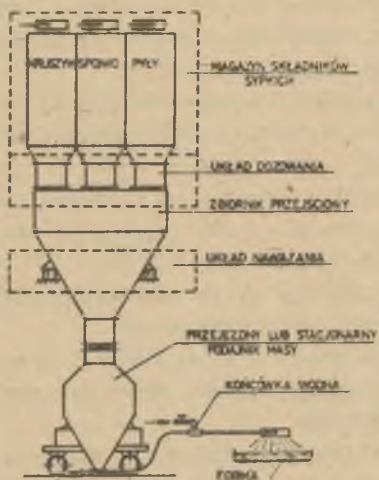
a) o pracy cyklicznej (rys. 3),

b) o pracy ciągłej (rys. 4).

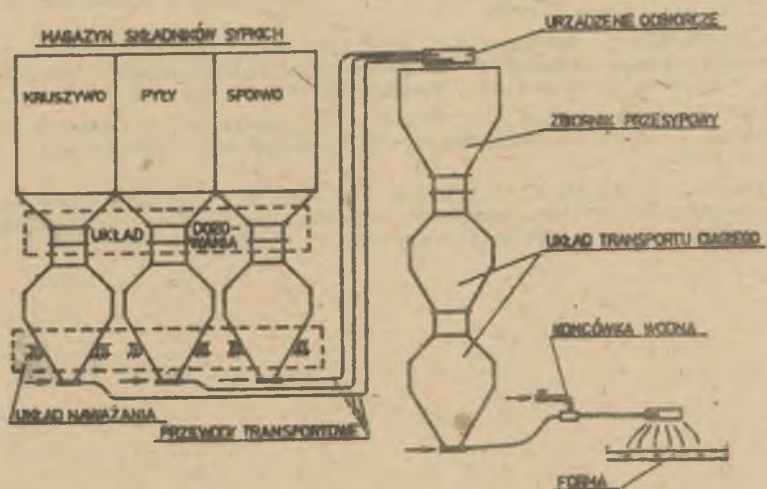
Zestaw do pracy cyklicznej przewidziany jest do zastosowania w warunkach polowych, przy czym jego wydajność wynosi 8-10 m³/godz. gotowej mieszanki. Podajnik komorowy może być instalowany stacjonarnie lub umieszczony na przejezdny wózek, co znacznie poprawia operatywność oraz umożliwia prowadzenie procesu betonowania na znacznej powierzchni.

Drugi zestaw przedstawia rozwiązanie o wydajności rzędu 22 m³ na godzinę i przewidziany jest do stosowania w zakładach stacjonarnych.

Mieszanie pneumatyczne umożliwia łączenie zasadniczych elementów węzła w różne zestawy w zależności od lokalnych potrzeb. Całość układów charakteryzuje się dużą niezawodnością oraz możliwością pracy w cyklu zautomatyzowanym, co jest szczególnie istotne dla wytwórni o zmiennych recepturach mieszanek.



Rys. 3



Rys. 4

7. Wnioski i uwagi końcowe

Z przeprowadzonych badań procesu pneumatycznego mieszania składników betonu można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Pneumatyczne mieszanie składników betonu anhydrytowego według kolejności mieszania B odpowiada wymaganiom technologii przygotowania mieszanek w zakładach zaplecza budowlanego.

2. Proces pneumatycznego mieszania umożliwia zastąpienie jednym urządzeniem dotychczasowe urządzenia mieszające i transportujące składniki i gotową mieszanke.

3. Opracowane urządzenie pozwala na transport kompozycji składników do dowolnego miejsca odbioru masy, jak również na szeroką skalę regulacji proporcji stosowanych składników.

4. Brak ruchomych części stykających się bezpośrednio z materiałem zapewnia dużą niezawodność pracy urządzenia.

5. Sposób doprowadzenia wody do instalacji znacznie ułatwia eksploatację, gdyż czyszczenia całego układu odbywa się automatycznie przedmuchem wody i sprężonego powietrza.

6. Zaproponowane układy pneumatyczne transportu i mieszania mogą być stosowane w wytwórniach i na placach budów do mieszanek betonowych na różnych kruszywach i spoiwach.

LITERATURA

- [1] PIĄTKIEWICZ Z.: Wyniki badań i analiza pracy transportu pneumatycznego piasku i betonu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, "Mechanika" z. 54, Gliwice 1975.
- [2] PIĄTKIEWICZ Z., KOWALSKI E., SZLUMCZYK H.: Wyniki badań transportu pneumatycznego wysokociśnieniowego materiałów sypkich. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, "Mechanika" z. 66 Gliwice 1978.
- [3] PIĄTKIEWICZ Z., MIKOŚ J., HOMA D.: Pneumatyczne mieszanie składników betonu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, "Mechanika" z.66, Gliwice 1978.
- [4] SAKWA W., PIĄTKIEWICZ Z., MIKOŚ J., HOMA D.: Sposób pneumatycznego mieszania składników zaczynów, zapraw i betonów na różnych spoiwach i wypełniaczach. Zgłoszenie patentowe nr P-206331, 1978.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ
КОМПОНЕНТОВ НА АНГИДРИТОВОМ ВЯЖУЩЕМ

Р е з ю м е

В докладе представлены результаты исследований, касающихся пневматического перемешивания компонентов бетона на ангидритовом вяжущем. Предложенный способ пневматического перемешивания сыпучих компонентов смеси осуществляется во время операции их перемешивания внутри транспортногопровода.

В исследованиях установлены эффекты пневматического перемешивания и определены основные параметры, необходимые для проектирования этого типа установок.

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF PNEUMATIC MIXING
OF THE COMPONENTS OF ANHYDRITE CONCRETE

S u m m a r y

The report presents the results of studies concerning the pneumatic mixing of the concrete components on the anhydrite agent. The suggested method of pneumatic mixing of the loose components occurs during their displacement inside the transportation pipe. The studies determine the effects of pneumatic mixing and define the basic parameters necessary in designing this type of installation.