

Zbigniew PIĄTKIEWICZ, Krzysztof JANERKA, Henryk SZLUMCZYK

Politechnika Śląska, Gliwice

MIESZANIE PNEUMATYCZNE

Streszczenie. W pracy podano metodę przygotowania i mieszania pneumatycznego materiałów sypkich. Określono stopień zmieszania materiału. Przedstawiono schematy rozwiązań konstrukcyjnych mieszalników pneumatycznych i ich zakres zastosowań.

PNEUMATIC MIXING

Summary. This research work contains a method of preparation and pneumatic mixing of loose materials. A grade of mixing was determined. There are presented schemes of the structural resolutions of pneumatic mixers and their range of application.

Mieszanie materiałów sypkich polega na wzajemnym przemieszczaniu składników mieszaniny dla równomiernego rozmieszczenia ich w całej objętości.

1. Stopień zmieszania materiału

Stopień zmieszania materiału określa oddalenie uzyskanego układu zmieszania od stanu równowagi mieszaniny idealnej. W tym celu wielkość odchylenia standardowego

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}_i)^2}, \quad (1)$$

w którym średnia wartość udziałów masowych

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{x}_i, \quad (2)$$

odnosi się do odchylenia standardowego stanu początkowego przed zmieszaniem σ_0 , otrzymując w ten sposób względne odchylenie standardowe

$$\sigma_{wzgl} = \sigma / \sigma_0, \quad (3)$$

a wtedy stopień mieszania materiału określa zależność:

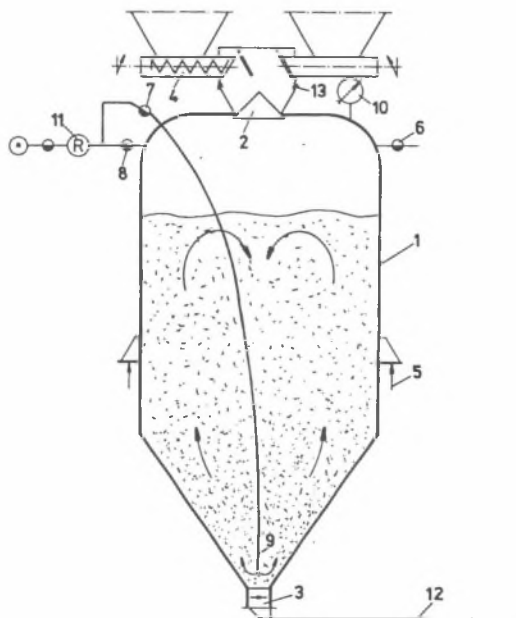
$$M = 1 - \sigma_{wzg}. \quad (4)$$

W stanie początkowym przed zmieszaniem $\sigma_{wzg}=1$, a stopień mieszania materiału $M = 0$. Wartości $\sigma_{wzg}= 0$, $M= 1$ są natomiast oznaką idealnego przemieszczania w całej objętości materiału przerobionego. Oznaczenia: N - liczba próbek, x_i - kolejna wartość wielkości x , która jest liczbą reprezentującą skład w każdej próbce. Stopień mieszania materiałów ziarnistych, o różnych własnościach fizycznych (wielkość, kształt, gęstość) jest wynikiem równocześnie przebiegających procesów mieszania i segregacji. Intensywność przebiegu tych procesów jednocześnie zależy od wspomnianych własności składników mieszaniny, jak również od charakteru pracy samego mieszalnika. Wyniki badań wskazują, że segregacja występuje, gdy stosunek średnic ziaren lub stosunek ich gęstości przekracza wartość 1,2 - 1,3. Doświadczalnie ustalono, że przy dużym udziale ziaren drobnych segregacja maleje, a przy małym wzrasta.

2. Mieszalniki pneumatyczne

W mieszalnikach pneumatycznych ruch cząstek mieszanego materiału jest wywołany strumieniem przepływającego gazu, najczęściej powietrza. Przemieszczanie składników mieszaniny dokonuje się w stanie fluidalnym (upłynnionym). Prędkość powietrza przepływającego przez warstwę zależy przede wszystkim od rodzaju materiału i najczęściej wynosi 1,2 - 2,0 prędkości początkowej fluidyzacji. Określenie początkowej (minimalnej) fluidyzacji wymaga znajomości własności fizycznych materiału jak również określenia warunków przepływu. Przy prędkości minimalnej fluidyzacji siły naporu strumienia powietrza równoważą siły bezwładności cząstek masy. Znikają wówczas siły adhezji między cząstkami, jak również wzrasta ich intensywność ruchu. Ruch cząstek w warstwie fluidalnej jest w istotny sposób związany ze skutecznością mieszania. Do równomiernego rozprowadzenia powietrza pod warstwą materiału złoża służą płytki porowate (dystrybutory powietrza), najczęściej wykonane z materiałów ceramicznych, spiekanych metali i tworzyw sztucznych.

Mieszalnik fluidyzujący (rys. 1) z pionową rurą transportową o pracy cyklicznej. Mieszalnik (rys. 1) ma kształt walcowy, z dnem stożkowym ($\alpha = 2 - 4^\circ$) pokrytym płytkami porowatymi do napowietrzania (fluidyzacji) porcji materiału. Przemieszczanie materiału w całej objętości następuje w ruchu cyklicznym. Materiał z dna mieszalnika jest unoszony strumieniem powietrza wypływającego z dyszy 2 i przepływa przez pionową rurę transportową 3 do przestrzeni górnej. Wytwarza się ruch cyrkulacyjny w całej masie mieszanego materiału. Czas mieszania zależy od własności składników mieszaniny i jest ograniczony niebezpieczeństwem wtórnego rozdzielenia mieszaniny. Skierowany strumień powietrza przez zawory 4, 5 jest oczyszczany w filtrze tkaninowym 6. Ładowanie zadanej ilości każdego składnika mieszaniny następuje za pomocą dozownika śrubowego 7, ze zmianą ilości obrotów napędzanego silnikiem elektrycznym prądu stałego. Wazenie każdego składnika przebiega następująco. Zbiornik 1 jest wsparty na czujnikach wagi tensometrycznej 8, która waży masę zbiornika i dodaną ma-

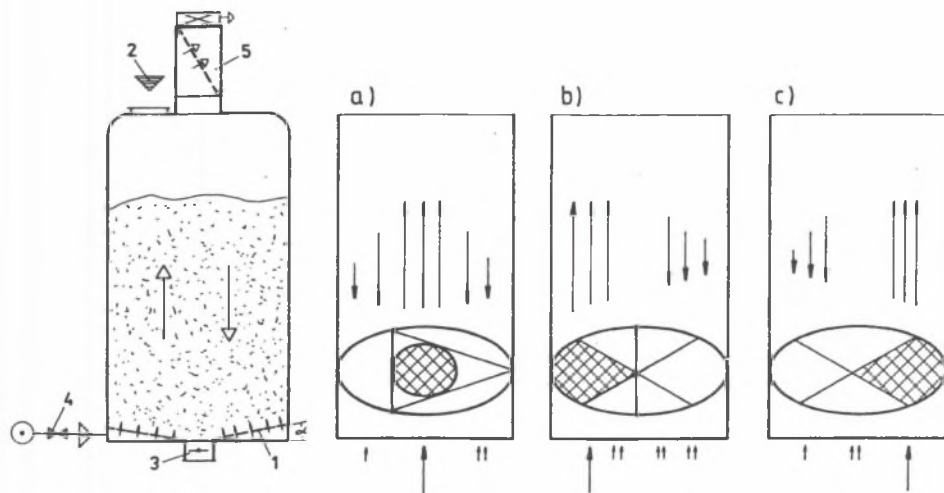


Rys. 1. Mieszalnik fluidyzujący z pionową rurą transportową: 1 - zbiornik, 2 - dysza Laval'a, 3 - rura transportowa, 4, 5 - zawory, 6 - filtr tkaninowy pulsacyjny, 7 - dozownik śrubowy z odcięciem strugi materiału, 8 - czujnik wagi tensometrycznej, 9 - przepustnica obrotowa płaska, 10 - połączenie elastyczne, 11, 12 - odpowiednio reduktor i źródło zasilania sprężonego powietrza

Fig. 1. Fluidised mixer with a vertical transportation tube: 1 - Container, 2 - Laval nozzle, 3 - Transportation Tube, 4, 5 - Valves, 6 - Pulsatory Cloth Filter, 7 - Helical Feeder with Material Stream Cutting-off, 8 - Extensometer Scales Sensor, 9 - Revolving Flat Entry Guide, 10 - Flexible connection, 11, 12 - Reducing Valve and Compression Air Supply Source

sę każdego składnika. Materiał z mieszalnika 1 jest opróżniany w stanie fluidalnym (zawór 4 otwarty, zawór 5 - zamknięty) przez otwarcie przepustnicy obrotowej 9. Mieszalniki tego typu są stosowane do mieszania (ujednorodniania) materiałów sypkich, upłynniających się strumieniem powietrza.

Mieszalnik fluidyzujący (rys. 2) z podziałem dna na strefy różnej intensywności napowietrzania



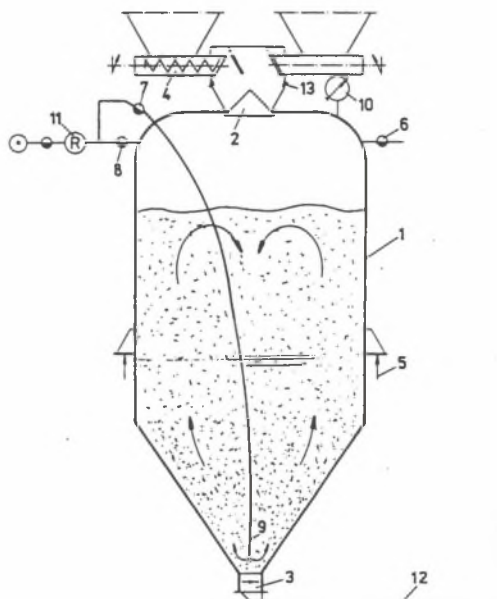
Rys. 2. Mieszalnik fluidyzujący z podziałem dna na strefy różnej intensywności napowietrzania. 1 - dno pokryte płytkami porowatymi, 2 - dozownik materiału, 3 - przepustnica obrotowa płaska, 4 - zawór, 5 - filtr tkaninowy pulsacyjny

Fig. 2. Fluidised mixer with sectional bottom of various air blow intensity. 1- Bottom Covered with Porous Plates, 2 - Material Feeder, 3 - Revolving Flat Entry Guide, 4 - Valve, 5 - Pulsatory Cloth Filter

W mieszalniku (rys. 2) materiał jest wprowadzany w stan fluidalny powietrzem doprowadzonym do całej powierzchni dna stożkowego 1 pokrytego płytkami porowatymi. Różny podział dna mieszalnika (a, b, c) na strefy różnej intensywności napowietrzania, umożliwia przemieszczanie materiału w całej objętości. W rozwiązaniu (a) dno jest podzielone na cztery strefy. Strefa środkowa (odcinek koła) jest naintensywniej napowietrzana, a pozostałe tylko dla utrzymania materiału w stanie fluidalnym. W rozwiązaniu (b) dno jest podzielone na sześć stref, do których jest doprowadzone sprężone powietrze z różną intensywnością. Raz ustalony rozdział powietrza nie ulega zmianie w czasie procesu mieszania. W rozwiązaniu (c) dno jest podzielone na cztery strefy, z których każda kolejno jest napowietrzana intensywnie. Mieszalnik jest napełniany dozownikiem 2. Materiał z mieszalnika jest opróżniany w stanie fluidalnym przez otwarcie przepustnicy obrotowej 3. Skierowany strumień powietrza przez zawór 4 jest

oczyszczany w filtrze tkaninowym pulsacyjnym 5. Jednostkowe zużycie powietrza wynosi ok. $0,35 \text{ Nm}^3 / \text{m}^2 \text{ min}$. Mieszalniki tego typu są stosowane głównie do ujednorodniania materiałów sypkich magazynowanych w dużych zbiornikach (silosach).

Mieszalnik fluidyzujący wysokociśnieniowy



Rys. 3. Mieszalnik fluidyzujący wysokociśnieniowy: 1 - zbiornik, 2 - zasyp dzwonowy, 3 - przepustnica obrotowa płaska, 4 - dozownik śrubowy z odcięciem strugi materiału, 5 - czujnik wagi tensometrycznej, 6, 7, 8 - zawory, 9 - dysza Laval, 10 - manometr kontaktowy, 11 - reduktor, 12 - rurociąg transportowy, 13 - połączenie elastyczne

Fig. 3. High pressure fluidised mixer: 1 - Container, 2 - Bell-type Charge, 3 - Revolving Flat Entry Guide, 4 - Helical Feeder with Material Stream Cutting-off, 5 - Extensometer Scales Sensor, 6, 7, 8 - Valves, 9 - Laval nozzle, 10 - Contact Pressure Gauge, 11 - Reducer, 12 - Transportation Pipeline, 13 - Flexible Connection

Zbiornik 1 mieszalnika ma kształt walca, pokrywę półkulistą z zasypem dzwonowym 2 i dno stożkowe z otworem wysypowym zamkniętym przepustnicą 3. Załadowanie zadanej ilości każdego składnika mieszaniny następuje za pomocą dozownika śrubowego 4, ze zmienną ilością obrotów, napędzanego silnikiem elektrycznym prądu stałego. Zbiornik 1 jest wsparty na czujnikach 5 wagi tensometrycznej, która waży masę zbiornika i dodaną masę każdego składnika. Sposób prowadzenia procesu pneumatycznego przemieszczania składników sypkich w komorze mieszalnika zależy od właściwości materiału, a ściślej zdolności do fluidyzacji, separacji wtórnej i tworzenia się aglomeratów. *Przebieg operacji zmieszania i transportu materia-*

łów łatwo fluidyzujących się. Po napełnieniu materiałem komory mieszalnika następuje zamknięcie zasypu dzwonowego 2 (zawory 3, 6, 7, 8 są w położeniu zamkniętym).

Przemieszczanie składników następuje strumieniem powietrza wypływającego z dyszy Laval'a (zwór 7 - otwarty), co powoduje unoszenie mieszanego materiału z dna zbiornika ku górze wzdłuż ścianki pobocznicy stożka. W komorze mieszania wzrasta ciśnienie (kontrolowane manometrem 10) do zadanej wielkości ustalonej reduktorem 12. Sygnał manometru 10 powoduje otwarcie w kolejności zaworu 8 i przepustnicy obrotowej 3. Następuje transport pneumatyczny materiału sfluidyzowanego z komory 1 mieszalnika rurociągiem 12 do punktu odbioru.

Zmieszanie pneumatyczne składników sypkich (wybuchowych) wiąże się ze sposobem transportu i magazynowania materiału. Przykład rozwiązania to zmieszanie pneumatyczne pyłu węglowego z bentonitem (glinką). Transport pneumatyczny i magazynowanie samego pyłu węglowego stwarza niebezpieczeństwo wybuchu. Natomiast zmieszanie tych składników zgodnie z zadaną recepturą obniża wybuchowość, podwyższa temperaturę zapłonu, co umożliwia bezpieczny transport pneumatyczny i magazynowanie.

Przebieg operacji mieszania i transportu materiałów słomnych do segregacji wtórnej. Po napełnieniu materiałem komory mieszalnika, następuje zamknięcie zasypu dzwonowego 2 (zawór 6 - otwarty, zawory 3, 7, 8 - zamknięte). Mieszanie przez dłuższy czas składników różniących się własnościami fizycznymi (wielkością, kształtem, gęstością) prowadzi do separacji wtórnej. Wówczas stosuje się krótkotrwałe impulsy sprężonego powietrza wypływającego z dyszy 9, trwające 0,5 - 2 sekund. Przy każdym impulsie doprowadza się powietrze w ilości odpowiadającej 3 - krotnej objętości mieszanego materiału. W celu uzyskania jednorodnej mieszaniny wystarczy powtarzanie impulsów sprężonego powietrza 8 - 20-krotnie. Podczas mieszania pneumatycznego powietrze przez zawór 6 przepływa do urządzeń oczyszczających. Po zmieszaniu materiału w kolejności następuje: zamknięcie zaworu 6 oraz otwarcie zaworów 8, 3, a tym samym uruchomienie transportu pneumatycznego materiału z komory 1 mieszalnika rurociągiem 12 do punktu odbiorczego.

Przedstawione układy namiarowania oraz mieszania i transportu pneumatycznego pozwalają na pełną automatyzację procesu.

LITERATURA

1. Piątkiewicz Z.: Transport pneumatyczny. Poradnik inżyniera „Odlewnictwo”, t II, rozdz. XX, Warszawa 1986.
2. Piątkiewicz Z. i inni : Urządzenia transportu pneumatycznego specjalizowane do intensyfikacji procesów technologicznych. Prace badawcze Katedry Odlewnictwa, Gliwice 1996, nie publikowane.

Recenzent: Prof. dr hab. Zdzisław Samsonowicz

Wpłynęło do Redakcji 10.10.1997 r.

Abstract

This research work gives ideas of operation, technological conditions and schemes of devices for pneumatic mixing of loose materials. The resolutions shown in the work were worked out on the ground of the stand tests results analyses and empirical verification of installations used in industrial conditions. The present research work gives the idea and the method of quantitative grade of grained materials blending. The special attention was paid to the influences of material physical properties and simultaneously proceeding mixing and segregation processes. Analysed pneumatic mixers were presented in the form of following examples of resolutions. The fluidisation mixers with a vertical transportation tube for work in cycles with conical bottom covered with porous plates for material portion air blowing. Particular components are determined by weight. A circulation movement is being appeared in a whole mass of the fluidised material portion, Fluidised mixers with sectional bottom with areas of various intensity of air blowing enables the displacement (homogenisation) of stored materials in its whole volume in the great containers. The high pressure fluidised mixer performs both functions the pneumatic mixer of various loose materials and the chamber-type feeder (supply) for the pneumatic transportation of the mixed material portion.