

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОРТАЛЬНОГО БАГАТОРОТОРНОГО ВІБРОЗМІШУВАЧА- ГОМОГЕНІЗАТОРА БЕЗПЕРЕРВНОЇ ВЕРТИКАЛЬНО НАПРАВЛЕНОЇ ДІЇ

*Проф., д-р. техн. наук В.Й. Засельський,
доц., канд. техн. наук Д.В. Пополов, доц., канд. техн. наук І.В. Засельський,
асистент М.І. Шепеленко*

*Криворізький металургійний інститут Національної металургійної
академії України, м. Кривий Ріг, Україна*

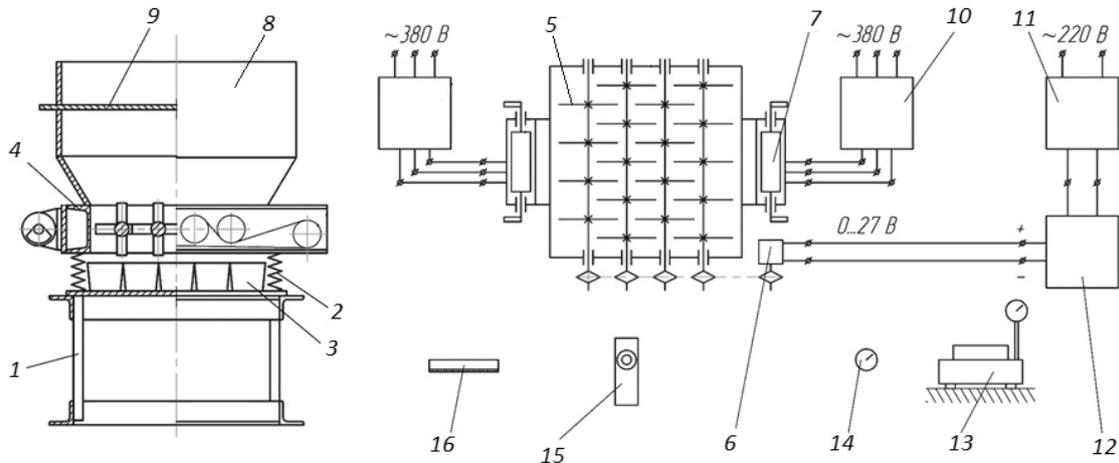
Дана робота присвячена визначенню закономірностей, які розкривають вплив конструктивних, кінематичних та динамічних параметрів робочого органу віброзмішувача-гомогенізатора на основні технологічних показників процесу змішування. Для досягнення поставленої мети, на основі планування та реалізації повного факторного експерименту, були проведені лабораторні дослідження. В результаті котрих отримані регресійні залежності технологічних показників портального багатороторного віброзмішувача-гомогенізатора безперервної дії у вигляді поліномів з урахуванням взаємного впливу варійованих конструктивних, кінематичних та динамічних параметрів, що дозволило визначити оптимальну частоту обертання валів царг, інтенсивність завантаження, кут нахилу лопаток робочого органу змішувача, встановити оптимальний динамічний режим, з точки зору забезпечення високої якості суміші при достатній продуктивності та раціональні значення вібраційних прискорень царги. Математичні залежності одержані в даній роботі дозволяють вдосконалити технологію підготовки суміші обмасленої прокатної окалини та активованого торфу до спікання в умовах агломераційної фабрики ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», а також розробити інженерну методику розрахунку та вибору основних конструктивних та динамічних параметрів портального багатороторного віброзмішувача-гомогенізатора безперервної вертикально направленої дії.

В даний час, згідно з діючою на ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» технологією, відходи в вигляді обмасленої прокатної окалини використовується як компонент агломераційної шихти. Проте її використання можливе лише при зниженні вмісту в ній вологи та мастила, окрім цього необхідно забезпечити, виходячи з технологічних вимог, належну газопроникність та сипучість суміші. Внаслідок цього, ключовою й необхідною операцією по підготовці обмасленої прокатної окалини до використання в агломераційному виробництві є її дезінтеграція та гомогенізація з волого-мастильнопоглинаючим компонентом — активованим торфом [1].

Одночасне виконання таких операцій, як дезінтеграція та гомогенізація в одному апараті, на сьогоднішній день в існуючих конструкціях змішувачів, не передбачено.

На підставі цього, групою інженерів Криворізького металургійного інституту Національної металургійної академії України була запропонована модель віброзмішувача-гомогенізатора з можливістю забезпечення кінематично не зв'язаними між собою віброзбуджувачами, різних траєкторних полів машини [2]. Така система дає можливість одночасно виконувати перераховані вище операції з використанням ефекту природної гравітації.

Для проведення лабораторних досліджень була виготовлена модель портального багатороторного змішувача безперервної дії (віброзмішувача-гомогенізатора) з однією царгою, враховуючи виконання геометричної та динамічної подібності (рис. 1).



1 – рама; 2 – пружина опора; 3 – пробовідбірник; 4 – царга; 5 – розпушувач з лопатками; 6 – привод; 7 – віброзбуджувач; 8 – бункер; 9 – шибер; 10 – перетворювач частоти; 11 – автотрансформатор; 12 – випрямний міст; 13 – ваги; 14 – секундомір; 15 – тахометр; 16 – сито

Рис. 1 – Лабораторна модель віброзмішувача-гомогенізатора

За параметри оптимізації приймалися показники, які найповніше відображали якість отриманої суміші і ефективність процесу змішування матеріалу:

– коефіцієнт варіації (якість змішування) [3]

$$V_c = \frac{100}{\bar{c}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2} \%, \quad (1.1)$$

де \bar{c} – середнє арифметичне значення концентрації ключового компоненту у всіх пробах суміші, %; c_i – концентрація ключового компоненту в i -ї пробі суміші, %;

– час проходження через царгу одиниці маси матеріалу (продуктивність)

$$Q = m_B / t_{B,Ц} \text{ т/г}, \quad (1.2)$$

де m_B – маса відсипки, т; $t_{B,Ц}$ – час витoku матеріалу через модель царги, г.

Відповідно до рекомендацій та вимог до планування експерименту в роботі [4], були прийняті наступні варійовані чинники: частота обертання

валів моделі X_1 , об/хв; інтенсивність завантаження (висота шару) X_2 , м; кут нахилу лопаток від горизонтальної вісі симетрії X_3 , град; кінетостатичний момент мотор-вібратора X_4 , кг·мм; частота обертання валу мотор-вібратора X_5 , об/хв.

З огляду на велику кількість варійованих факторів, для отримання регресійних моделей, що характеризують вплив конструктивних, кінематичних та динамічних параметрів робочого органу віброзмішувача-гомогенізатора на якість отриманої суміші та його продуктивність, було виконане планування та реалізація дворівневого повного факторного експерименту, який проводився у два етапи: перший етап — експерименти проводились в статичному режимі роботи змішувача; другий етап — динамічному режимі, за умови використання оптимальних значень факторів X_1, X_2, X_3 , визначених на першому етапі.

Результатом проведеного дворівневого повного факторного експерименту було визначено оптимальні конструктивні та кінематичні параметри робочого органу змішувача, такі як: частота обертання валів царги — 250 об/хв, інтенсивність завантаження (висота шару) — 0,06 м, кут нахилу лопаток — 45°. Також були отримані неповна квадратична та лінійна моделі, що відображають залежність коефіцієнта варіації та продуктивності від кінетостатичного моменту та частоти обертання валу мотор-вібратора при наступних динамічних режимах роботи змішувача:

– колові коливання

$$V_c^{к.к} = 18,62 - 0,034 \cdot X_4 + 0,0001 \cdot X_5 - 0,00002 \cdot X_4 \cdot X_5 \quad \% \quad (1.3)$$

$$Q_{к.к} = 19,97 - 0,16 \cdot X_4 + 0,01 \cdot X_5 + 0,0001 \cdot X_4 \cdot X_5 \quad \text{т/г} \quad (1.4)$$

– направлені вертикальні коливання

$$V_c^{н.в.к} = 21,01 - 0,08 \cdot X_4 - 0,001 \cdot X_5 \quad \% \quad (1.5)$$

$$Q_{н.в.к} = 12,27 - 0,045 \cdot X_4 + 0,005 \cdot X_5 + 0,00005 \cdot X_4 \cdot X_5 \quad \text{т/г} \quad (1.6)$$

– неоднорідні еліптичні коливання в режимі «биття»

$$V_c^{н.е.к} = 22,84 - 0,13 \cdot X_4 \quad \% \quad (1.7)$$

$$Q_{н.е.к} = 4,62 + 0,04 \cdot X_4 \quad \text{т/г} \quad (1.8)$$

Для визначення ступеня впливу кожного фактора на параметр оптимізації, отримані моделі були піддані графічному аналізу (рис. 2-4).

З графіків залежності коефіцієнта варіації та продуктивності від обраних факторів (рис. 2-4) витікає, що накладення вібрацій на царгу дозволяє підвищити якість суміші на 20...32 %, а продуктивність змішувача на 70...94 %. Найбільш оптимальним динамічним режимом роботи змішувача, з точки зору забезпечення високої якості суміші при достатній продуктивності, є режим при котрому царга здійснює направлені вертикальні коливання, це забезпечує перехід змішувача матеріалу у суспендований віброкиплячий шар, внаслідок чого знижується ефективний коефіцієнт тертя між частинками, що сприяє їх взаємному переміщенню.

З представлених на рис. 2-4 залежностей видно, що найбільший вплив, як на продуктивність, так і на якість суміші надає кінетостатичний момент мотор-вібратора, причому при його збільшенні на 15 % якість суміші зростає на 15,3 %, а продуктивність на 14 %. Збільшення частоти обертання валу мотор-вібратора на 19 % призводить до зростання якості суміші на 3 % та зменшення продуктивності на 3,4 %.

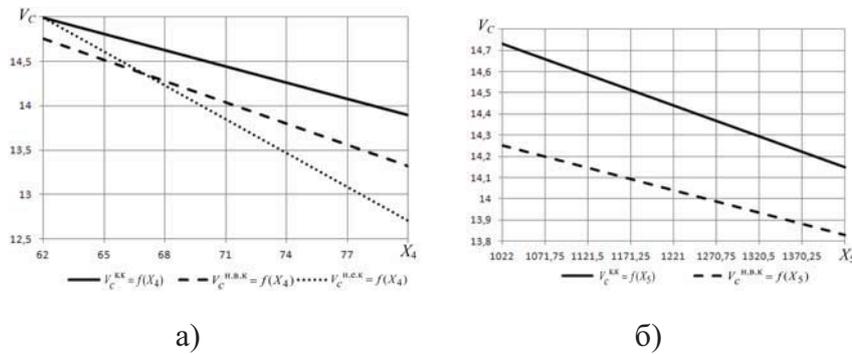


Рис. 2 – Залежність коефіцієнта варіації від динамічних режимів роботи змішувача: а – кінетостатичного моменту; б – частоти обертання валу мотор-вібратора

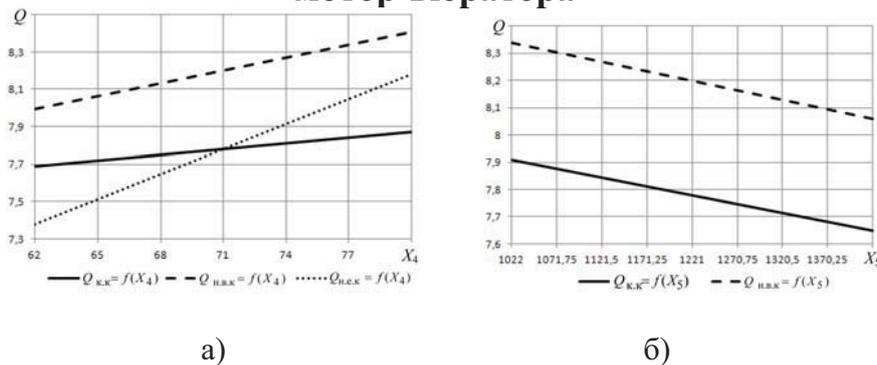


Рис. 3 – Залежність продуктивності від динамічних режимів роботи змішувача та: а – кінетостатичного моменту; б – частоти обертання валу мотор-вібратора

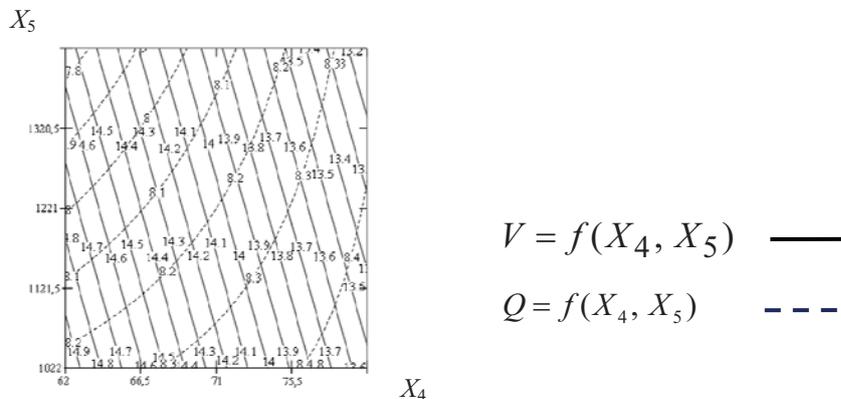


Рис. 4 – Двовимірний перетин поверхні відгуку при взаємодії факторів в режимі направлених вертикальних коливань

Оцінка взаємовпливу кінетостатичного моменту та частоти обертання валу мотор-вібратора при направлених вертикальних коливаннях (рис. 4) показала, що найвища якість суміші (13,2 %) відповідає максимальному значенню як кінетостатичного моменту (80 кг·мм), так і частоти обертання (1420 об/хв), найбільше значення продуктивності (8,4 т/г) відповідає максимальному значенню кінетостатичного моменту (80 кг·мм) і мінімальній частоті обертання (1022 об/хв).

Висновки:

1. На основі планування і реалізації повного факторного експерименту одержано регресійні залежності технологічних показників порталного багатороторного віброзмішувача-гомогенізатора безперервної дії у вигляді поліномів з урахуванням взаємного впливу варійованих конструктивних, кінематичних і динамічних параметрів, з'ясовано ступінь впливу кожного з факторів на продуктивність і якість змішаного матеріалу.

2. Визначені оптимальні конструктивні та кінематичні параметри робочого органу змішувача, а саме: частота обертання валів царги – 250 об/хв, інтенсивність завантаження (висота шару) – 0,06 м, кут нахилу лопаток – 45°.

3. Встановлено позитивний вплив вібрації на якість суміші та продуктивність змішувача, яка дозволяє збільшити технологічні показники на 26 % та 82 % відповідно, з використанням оптимального динамічного режиму.

4. Для забезпечення підвищеної якості суміші при достатній продуктивності (не менше 8 т/г), є режим при котрому царга здійснює направлені вертикальні коливання, де раціональний діапазон вібраційних прискорень царги змішувача становить від 39 до 56 м/с², при чому збільшення прискорень повинно виконуватись за рахунок підвищення амплітуди коливань, а не збільшення їх частоти.

Посилання

1. Спосіб агломераційної переробки замасленої прокатної окалини: пат. 6238 Україна, МПК С22В 1/16. № u200500033; заявл. 04.01.2005; опубл. 15.04.2005, Бюл. № 4.
2. Віброзмішувач-гомогенізатор: пат. 97414 Україна, МПК В01F 7/00, В01F 11/00. № u201411328; заявл. 17.10.14; опубл. 10.03.15, Бюл. № 5.
3. Гусев Ю.И., Карасев И.Н., Кольман-Иванов Э.Э. Конструирование и расчет машин химических производств: учебник для машиностроительных ВУЗов по специальности «Химическое машиностроение и аппаратостроение». Москва, Машиностроение, 1985. 408 с.
4. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. Київ: Техника, 1975. 168 с.