

УДК 004.42(07)

Н.А. Христинець, К.А.Свиридюк
Луцький національний технічний університет

ВИБІР НЕЗАЛЕЖНИХ ЗМІННИХ ТА РІВНІ ВАРІЮВАННЯ ФАКТОРІВ У ПЛАНУВАННІ ЕКСПЕРИМЕНТУ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ГРАДІЄНТНОГО МАТЕРІАЛУ

Н.А. Христинець, К.А.Свиридюк. Вибір незалежних змінних та рівні варіювання факторів у плануванні експерименту для процесу формування градієнтного матеріалу. Проведено аналіз параметрів вібраційного формування суміші порошків шихти ШХ15 та міді для отримання градієнтного матеріалу з урахуванням характеристик вібраційного стенду з дебалансним приводом.

Ключові слова: планування експерименту, градієнтна структура, порошкова суміш, дисперсне середовище, фактори експерименту, варіювання факторів.

Н.А. Христинець, К.А.Свиридюк. Выбор независимых переменных и уровни варьирования факторов в планировании эксперимента для процесса формирования градиентного материала. Проведен анализ параметров вибрационного формирования смеси порошков шихты ШХ15 и меди для получения градиентного материала с учетом характеристик вибрационного стенда с дебалансным приводом.

Ключевые слова: планирование эксперимента, градиентная структура, порошковая смесь, дисперсная среда, факторы эксперимента, варьирование факторов.

N. Hrystynets, K. Svyrydiuk. Selection of independent variables and varying levels factors in planning experiment for the formation of gradient material. The analysis of parameters of vibrating forming a mixture of powders of charge ШХ15 and copper to produce a gradient material, taking into account the characteristics of the vibration stand with unbalanced drive.

Keywords: design of experiments, graded structure, the powder mixture, dispersion medium, the factors of the experiment, the variation factors.

Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Розвиток сучасної техніки нерозривно пов'язаний із створенням і постійним вдосконаленням існуючих технологічних процесів. Основою їх розробки та оптимізації є експеримент. Підвищення ефективності експериментальних досліджень у галузі порошкової металургії стосовно вирішення задач металознавства, технологічних процесів обробки матеріалів успішно вирішуються методами математичного планування.

Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми. Розв'язання багатьох технічних та технологічних завдань ускладнюється або неможливе відомими стандартними методами. Дослідники робіт у галузі статистичних методів змушені розробляти та пропонувати такі методи розв'язання, які не повною мірою або не зовсім теоретично обґрунтовані. Такі методи відносять до методів прикладної статистики. Кількість статистичних методів обмежена, а прикладних завдань багато. Деякі вчені вирішують завдання своїми методами.

Моделювання оптичної градієнтної структури було зроблене фізиком-оптиком Р.Вудом ще на початку тридцятих років минулого століття в системі желатин-гліцерин і відродилося через багато років в ідеї іонного обміну між серцевиною і оболонкою заготовки оптичного волокна. Фізиками-оптиками і радіофізиками було теоретично показано перевагу середовищ з градієнтом показника переломлення перед звичайними оптичними системами з дзеркальним відображенням світла або переломленням на межі двох середовищ. В оптичних волокнах, де показник переломлення міняється поступово від осі до поверхні волокна, різко зменшується втрата енергії та спотворення сигналу, що дозволяє в багато разів збільшити об'єм переданої інформації. Розроблені технологічні прийоми отримання волоконних і градієнтних оптичних елементів відображені в більш ніж 25 тисячах патентів і, ймовірно, не меншій кількості публікацій.

На сьогодні питання експериментальних досліджень методами планування експерименту висвітлені у працях багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених: Я.Б.Арсова, М.Д.Кендала, Б.М.Мойсюка, Ф.С.Новика, В.І.Шведа та ін. Термін «передпланування» як основоположний елемент теорії планування експерименту при постановці завдання був запропонований Ю.П.Адлером, який зазначив, що розв'язок завдання буде найефективніший у випадку чітко визначених початкових параметрів.

Цілі статті. Метою статті є визначення залежних та незалежних змінних, формування факторів та рівнів їх варіювання для побудови моделі планування експерименту процесу сегрегації порошкової суміші в процесі вібраційного навантаження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для того, щоб встановити залежності між режимами отримання порошкового матеріалу з двокомпонентної суміші металевих порошоків і експлуатаційними характеристиками цього матеріалу, проведемо математичне планування експерименту.

Градентну структуру пористого порошкового матеріалу визначає інтенсивність концентрації часток одного з порошоків двокомпонентної суміші в зовнішньому шарі. Аналіз літературних джерел в попередніх розділах показав, що при різній густині часток частки з більшою густиною в результаті вібраційних поступальних коливань будуть рухатись угору [1]. Тобто, за результатами аналізу характеристик порошоків ПМС-1 та ШХ-15 [2] у зовнішньому шарі контейнера планується інтенсивність концентрації часток міді. В якості зовнішнього шару будемо вважати верхню частину сформованого матеріалу (рис. 1.1 – А), висотою не більше 1/10 сформованого матеріалу.

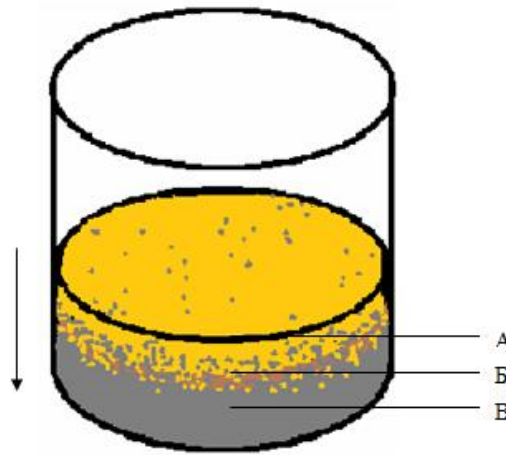


Рис. 1.1 – Схематичне зображення сформованого порошкового матеріалу для дослідження зміни властивостей (вказано стрілкою) з концентрацією міді по висоті шару: А) верхня частина (мідь); Б) середина (суміш міді і сталі); В) нижня частина (сталь).

Для визначення інтенсивності концентрації будемо використовувати методи дисперсного аналізу. У мікрогетерогенних системах (суспензії, емульсії, дими, тумани, порошки) такий аналіз проводять за допомогою світлової мікроскопії, седиментометрії та фільтруванням крізь спеціальні фільтри з порами певних розмірів.

У світловій мікроскопії використовують лабораторний оптичний мікроскоп будь-якого типу, в окуляр якого вставляється мікрометрична сітка. Вона розбиває поле зору мікроскопа на квадрати, в яких ведеться підрахунок частинок за фракціями. Процентне відношення кількості часток міді до часток сталі будемо вважати інтенсивністю концентрації.

Більшість вібраційного технологічного обладнання реалізовано на інерційному приводі з використанням зарезонансних режимів роботи. Приведення в рух таких систем здійснюється, в основному, від асинхронних двигунів. Прикладом такого обладнання слугують промислові площадочні вібратори – електрообладнання загального призначення високого ресурсу, яке перетворює електричний струм на вібрацію.

Незалежні фактори, які будуть використані в моделюванні експерименту, мають як кількісні, так і якісні характеристики.

Аналізуючи усі параметри, що впливають на модель вібраційного формування градентного матеріалу, можна умовно розділити їх на кілька незалежних груп:

- 1) параметри вібраційного стенду: амплітуда та частота вібрації, швидкість вібраційного прискорення, маса вібраційної плити, маса і розміри контейнера, маса самого вібратора;
- 2) параметри порошкової суміші: кількість компонентів та їх хімічні, фізичні, технологічні властивості, концентрація пороутворювача;

3) час сегрегації.

Крім цих чинників, на параметри вібраційного формування діють ще й зовнішні чинники, які в незначній мірі впливають на процес формування (атмосферний тиск, вологість повітря тощо) і які не були розглянуті в даній роботі.

Для подальшого планування експерименту розділимо ті параметри, які мають істотний вплив на технологічний процес і ті, які виражаються через попередні.

Таким чином, отримаємо найбільш впливові фактори експерименту з власними діапазонами чисельних значень. Усі вони безпосередньо діють на об'єкт дослідження і є незалежними, вимірюваними і керованими. До таких факторів віднесемо амплітуду коливань A , співвідношення маси порошку міді до маси порошку заліза S_p та час сегрегації t (табл. 1.1). Кожен з факторів має область визначення, є представником однієї з незалежних груп, описаних вище і може бути виражений через інші характеристики елементів цієї ж групи.

Таблиця 1.1 – Фактори та межі їх варіювання

Фактор	Min	Max
Амплітуда, $A(мм)$	2,2	4,56
Співвідношення маси порошку міді до маси порошку заліза, S_p	0,10	0,20
час сегрегації t (хв)	2	6

Варіювання факторів на трьох рівнях згідно з теорією планування експерименту [3] дасть повну квадратичну модель. Так як з числовими межами факторів у вихідному масштабі не працюють, для побудови моделі проведемо попереднє кодування, що являє собою лінійне перетворення факторного простору.

Зручно, щоб в кодованому масштабі максимальний (верхній) рівень фактора відповідав +1, мінімальний (нижній) відповідав -1, а середній (основний) – 0. Це виконується за формулою зв'язування факторів в кодованому масштабі (x_i) з їх значеннями в натуральній формі (X_i):

$$\begin{cases} x_i = \frac{X_i - X_0}{\Delta X_i}; \\ X_i = X_{i_0} + \Delta X_i x_i; \end{cases} \quad (1.1)$$

де $\Delta X_i = \frac{X_{i_{\max}} - X_{i_{\min}}}{2}$ – інтервал варіювання.

Згідно вибраних факторів та меж варіювання, встановимо рівні варіювання (табл. 1.2).

Маємо таку характеристику плану : число факторів $k=3$, ядро плану складає $2^3=8$ дослідів, кількість зіркових точок буде 6, зіркове плече $\alpha = \sqrt[4]{8} = 1,682$. Інтервали варіювання обчислимо за формулами (1.1):

$$\begin{aligned} \Delta X_1 &= \frac{X_{1_{\max}} - X_{1_{\min}}}{2} = \frac{4,56 - 2,2}{2} = 1,18 \\ \Delta X_2 &= \frac{X_{2_{\max}} - X_{2_{\min}}}{2} = \frac{0,20 - 0,10}{2} = 0,05 \\ \Delta X_3 &= \frac{X_{3_{\max}} - X_{3_{\min}}}{2} = \frac{6 - 2}{2} = 2 \end{aligned} \quad (1.2)$$

Значення зіркових точок в кодованому масштабі $\alpha = \pm 1,68$ вибрано з таблиці симетричних ротатабельних композиційних планів. Для рівнів варіювання обчислення значень зіркових точок провели за формулою:

$$\alpha = x_i \pm (\Delta X_i * 0,68) \quad (1.3)$$

Результати обчислень занесено в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Рівні варіювання факторів

Рівні варіювання	Фактори		
	Амплітуда, $A(мм)$	Співвідношення маси порошку міді до маси порошку заліза, S_p	час сегрегації t (хв)
Основний рівень, X_{i_0}	3,76	0,15	4
Інтервали варіювання, ΔX_i	1,18	0,05	2
Верхній рівень, $x_i = +1$	4,56	0,20	6
Нижній рівень, $x_i = -1$	2,2	0,10	2
Зіркова точка $+\alpha(x_i=+1,68)$	6,56	0,24	7,4
Зіркова точка $-\alpha(x_i=-1,68)$	0,2	0,06	0,6

Загальна кількість дослідів для побудови плану визначається сумою дослідів по основних рівнях, в зіркових точках і в центрі плану. План другого порядку буде рототабельним, умовою його рототабельності стало збільшення числа дослідів в центрі плану – це число було вибрано з урахуванням можливого в подальшому переходу до планування другого порядку для побудови моделі.

Висновки. Методи теорії планування експерименту необхідно використовувати у завданнях оптимізації та моделювання. Важливість кожного критерію враховують для об'єктивної оцінки експерименту. В результаті роботи було вибрано незалежні змінні та визначено рівні варіювання факторів для побудови симетричного композиційного рототабельного уніформплану. В подальшому визначені фактори будуть ключовими для побудови математичної моделі формування градієнтного порошкового матеріалу.

Список використаних джерел.

1. Хрестинець Н.А., Рудь В.Д. Стохастичні методи моделювання процесів вібраційного змішування в сипучих середовищах// ж-л «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». – Луцьк, 2011, Вип. №7, С. 96 -98.
2. Рудь В.Д., Гальчук Т.Н., Повстяной А.Ю. Использование отходов подшипникового производства в порошковой металлургии // Порошковая металлургия.—2005. —№ 1-2. — с.106-112
3. Рудь В.Д. Фізико-механічні засади складних схем обробки тиском та вібраційних процесів в технологіях формування порошкових виробів. Дис....докт. техн. наук. – Київ, 2005. – 504с.
4. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304с.
5. Арсентьев В. А., Блехман И. И., Блехман Л. И., Вайсберг Л. А., Иванов К. С., Кривцов А. М. Методы динамики частиц и дискретных элементов как инструмент исследования и оптимизации процессов переработки природных и техногенных материалов. ж-л «Обогащение руд», С-Пб., 2010. № 1. С. 30–35