

В. А. Горб

МОДЕЛЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХОЛОДНОТВЕРДІЮЧИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ФОРМОУТВОРЕННЯ В ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

У статті описані результати математичного моделювання властивостей холоднотвердіючих сумішей, застосовуваних в якості формувальних матеріалів у ливарному виробництві. Особливу увагу приділено вибору експериментальних точок для реалізації планів експериментів.

Ключові слова: холоднотвердіюча суміш, математичне моделювання, оптимізація, план експерименту.

1. Вступ

Дослідження, про які йдеться у доповіді, відносяться до сфери математичного моделювання в галузі машинобудування. Перспективні напрями використання холоднотвердіючих формувальних сумішей (ХТС) у виробництві литих заготовок машинобудування можуть дати сьогодні вітчизняному ливарному виробництву високий економічний ефект. Це пов'язане з тим, що сама технологія формоутворення з використанням ХТС дозволяє, по перше, значно покращити якість виливків, по друге, технологія не вимагає використання кошової оснастки, тобто «містить» в собі складові ресурсозбереження. Але без вирішення низки завдань, пов'язаних з пошуком оптимальних рецептур ХТС і технологічних режимів їх виготовлення, питання скритих факторів ресурсозбереження були б не так очевидні. Конкретно, без вирішення цієї низки питань немає можливості ефективно вирішувати проблему підвищення якості заготовок та конкурентоспроможності машин, що мають в своїй конструкції литі заготовки. Саме з цих міркувань дослідження, про які йдеться в доповіді, є актуальними та дуже своєчасними в умовах вітчизняного ливарного виробництва.

2. Постановка проблеми

Синтез ХТС із заданими властивостями передбачає побудову математичних моделей, що пов'язують склад її компонентів із властивостями. Побудова таких математичних моделей пов'язана з проблемою вибору початкових даних — складових рецептури суміші, бо без правильного підбору вмісту компонентів математична модель не буде відповідати дійсності та отримане рішення задачі оптимізації складу ХТС не буде правильним.

3. Основна частина

3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження. В циклі робіт [1–5] висвітлені основні аспекти, що стосуються використання в комплексі оптимальних технічних рішень з модернізації ливарних цехів сучасних формувальних матеріалів, зокрема ХТС. Показано, що одночасне використання низькі спеціальних компонентів в рецептурі суміші, скажімо пропіленкарбонату та рідкого скла, дозволяє значно покращити якість суміші, наприклад її механічні властивості. На прикладі названих компонентів описано механізми твердіння суміші — при взаємодії пропіленкарбоната з рідким склом протікає гідроліз складного ефіру у лужному середовищі з утворенням пропіленгліколю (спирту) і вугільної кислоти. Остання, реагуючи з рідким склом, викликає утворення кремнієвої кислоти і бікарбонату натрію (на початковій стадії твердіння), який в процесі подальшого твердіння суміші реагує з лугом рідкого скла і переходить в одноводний карбонат натрію. Очевидно, східні механізми мають бути і при використанні деяких відходів хімічної промисловості в якості компонентів для ХТС [3]. У зв'язку з цим, актуальним є завдання визначення початкової кількості рідкого скла, отверджувача, каталізатора, домішок тощо, на основі якої можна було б використати план повного чи дробового факторного експерименту для побудови математичної моделі, що пов'яже рецептуру суміші з її властивостями. Методи побудови таких моделей (типу «склад — властивості») в разі невеликої кількості вхідних змінних — суть компонентів ХТС — описані в роботі [6], а в разі багатокомпонентної суміші описані в циклі робіт [7–11]. Одним з основних критеріїв для вибору плану експерименту, що визначено авторами в цих роботах, є мінімізація максимальної оцінки дисперсії вихідної змінної. Якщо в якості вихідної змінної обрати, скажімо, міцність суміші, то вимога мінімізації максимальної оцінки дисперсії

означає, що початковий склад компонентів суміші для проведення експерименту повинен бути таким, щоб план, який описує цей експеримент, гарантував би максимально точність отриманих в результаті його реалізації оцінок коефіцієнтів математичної моделі «вміст компонентів ХТС — міцність ХТС» — суть оцінок коефіцієнтів регресивних рівнянь [7–11], з точки зору максимальної точності визначення міцності суміші. Отримані з використанням такої методики математичні моделі можуть дозволити знайти оптимальні рішення — таку кількість компонентів ХТС, що забезпечують максимум міцності суміші. Методи оптимізації, що є ефективними для рішення цієї задачі, описані в роботах [12–14].

3.2. Результати досліджень. У рамках проведених експериментальних досліджень з використанням різних планів експерименту було показано, що є можливість підвищення точності математичних моделей «вміст компонентів ХТС — властивості ХТС». Для цього було реалізовано декілька планів експерименту, що відрізняються координатами розташування експериментальних точок. Перевірялась можливість використання D-оптимальних та G-оптимальних планів [10–12]. Експериментальні точки повинні обиратися за умови належності їх до заданої області Ω_x , в якій можливі експерименти. Ця область обирається таким чином, щоб мінімізувати обсяг еліпсоїда розсіювання оцінок коефіцієнтів:

$$V_{k+1} = \frac{(k+3)^{\frac{k+1}{2}} \pi^{\frac{k+1}{2}}}{\left(\frac{k+1}{2} + 1\right)} \sqrt{|\text{cov}(a)|} = \sqrt{|C(X)|}.$$

В результаті обробки даних були отримані математичні моделі, що зв'язують вхідні та вихідні змінні. Застосування отриманих за моделями рішень може бути використано для оптимізації технології виготовлення ХТС.

Література

1. Пономаренко О. И. Оптимизация технологических решений в условиях работы литейных цехов [Текст] / О. И. Пономаренко. — Харьков : НТУ «ХПИ», 2007. — 320 с.
2. Пелих В. Ф. Теплотехнические расчеты литейных печей [Текст] / В. Ф. Пелих, О. И. Пономаренко / Учебное пособие. — Харьков : НТУ «ХПИ», 2007. — 230 с.
3. Каратеев А. М. Формовочные смеси с новым смоляным связующим [Текст] / А. М. Каратеев, О. И. Пономаренко, Н. С. Евтушенко, В. Г. Восковец // Литейное производство. — 2010. — № 1. — С. 31–34.
4. Дёмина Е. Б. Выбор оптимальной стратегии технического перевооружения предприятия с металлургическим производством [Текст] / Е. Б. Дёмина // Технологический аудит и резервы производства. — Х. : Технологический Центр. — 2011. — № 2(2). — С. 40–52.
5. Дьоміна О. Б. Використання методів операційного менеджменту в ливарному виробництві [Текст] / О. Б. Дьоміна // Технологический аудит и резервы производства. — Х. : Технологический Центр. — 2012. — № 2(4). — С. 40–52.
6. Коваленко Б. П. Оптимизация состава холоднотвердеющих смесей (ХТС) с пропиленкарбонатом [Текст] / Б. П. Коваленко, Д. А. Дёмин, А. Б. Божко // Вос-

точно-Европейский журнал передовых технологий. — 2006. — № 6. — С. 59–61.

7. Дёмин Д. А. Обработка экспериментальных данных и построение математической модели технологического процесса методом наименьших квадратов (МНК) [Текст] / Д. А. Дёмин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2006. — № 3/1. — С. 47–50.
8. Серая О. В. Оценивание параметров уравнения регрессии в условиях малой выборки [Текст] / О. В. Серая, Д. А. Дёмин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2009. — № 6/4(42). — С. 14–19.
9. Раскин Л. Г. Искусственная ортогонализация пассивного эксперимента в условиях малой выборки нечетких данных [Текст] / Л. Г. Раскин, Д. А. Дёмин // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. — 2010. — № 1(80). — С. 20–23.
10. Дёмин Д. А. Метод обработки малой выборки нечетких результатов ортогонализованного пассивного эксперимента [Текст] / Д. А. Дёмин, Т. И. Каткова // Вісник Інженерної Академії. — 2010. — № 2. — С. 234–237.
11. Серая О. В. Оценка представительности усеченных ортогональных подпланов плана полного факторного эксперимента [Текст] / О. В. Серая, Д. А. Дёмин // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2010. — № 3. — С. 84–88.
12. Дёмин Д. А. Оптимизация технологического процесса в цехе предприятия [Текст] / Д. А. Дёмин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2005. — № 6. — С. 48–59.
13. Дёмин Д. А. Оптимизация технологических режимов / Д. А. Дёмин. — Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2006. — № 2/1(20). — С. 32–35.
14. Дёмин Д. А. Принятие решений в процессе управления электроплавкой с учетом факторов нестабильности технологического процесса [Текст] / Д. А. Дёмин // Вісник національного технічного університету «ХПІ». — Харків : НТУ «ХПІ». — 2010. — № 17. — С. 67–72.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ХОЛОДНОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В. А. Горб

В статье описаны результаты математического моделирования свойств холоднотвердеющих смесей, применяемых в качестве формовочных материалов в литейном производстве. Особое внимание уделено выбору экспериментальных точек для реализации планов экспериментов.

Ключевые слова: холоднотвердеющая смесь, математическое моделирование, оптимизация, план эксперимента.

Виктория Анатольевна Горб, магистр кафедры литейного производства Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», тел.: (057) 707-68-54, e-mail: litvo11@kpi.kharkov.ua.

MODELING OF PROPERTIES OF COLD-HARDENING MIXES FOR SHAPING IN FOUNDRY

V. Gorb

The paper describes the results of mathematical modeling of the properties of cold-hardening mixes, used as moulding materials in foundry. Special attention is devoted to the choice of the experimental points for the implementation of the designs of experiments.

Keywords: cold-hardening mix, mathematical modeling, optimization, design of experiment.

Viktoriya Gorb, master of Department of Technology and Equipment, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel.: (057) 707-68-54, e-mail: litvo11@kpi.kharkov.ua.