



Дрючко О. Г.

Стороженко Д. О.

Бунякіна Н. В.

Іваницька І. О.

**Полтавський
національний
технічний
університет імені
Юрія Кондратюка**

УДК 542.63 : 544.344 : 62-523.2

БАГАТОЦІЛЬОВИЙ ПРИСТРІЙ ПЕРЕМІШУВАННЯ

Рассматривается многопозиционное электромагнитное устройство перемешивания гомогенных и гетерогенных систем торoidalными магнитными РЗЭ-содержащими элементами-мешалками, которые приводятся во вращательное движение переменным электромагнитным полем с частотой близкой к собственным значениям колебаний объекта перемешивания и индивидуальной настройкой режима перемешивания отдельного образца. Предлагаются варианты технических решений его практической реализации, анализируются их возможности.

Ключевые слова: электромагнитное поле, резонанс, редкоземельные элементы, интерметаллиды, термодинамическое равновесие.

The article contains review of multiposition electromagnetic mixing device for homogeneous and heterogeneous systems. The device has toroidal magnetic stirring rods containing rare-earth elements driven into rotational motion by an alternating electromagnetic field which has frequency close to eigenvalues of the oscillations of the object being mixed. There are also individual mixing modes for each particular sample being mixed. Various technical solutions for the device are also reviewed and analyzed.

Key words: device, electromagnetic field, resonance, rare-earth elements, intermetallics, thermodynamic equilibrium.

Постановка проблеми.

Продовжується пошук нових методів і комплексних технологій для синтезу спеціальних, функціональних оксидних РЗЕ-вмісних матеріалів із використанням рідких багатокомпонентних нітратних систем [1-10]. Такі технологічні схеми базуються на одержанні дрібнодисперсних порошкових матеріалів хімічною гомогенізацією вихідних компонентів при спільному виділенні продуктів із рідкої фази послідовним чи сумісним осадженням з наступною термообробкою у вигляді їхніх гідроксидів чи інших нерозчинних сполук; використанні іонних і молекулярних координаційних прекурсорів; заміні розчинника; сушінні розпиленням; кріохімічній кристалізації, золь-гель процесах та ін. Синтез нанокристалічних таких матеріалів є складною науково-технологічною проблемою.

Дані дослідження нині направлені на покращення комплексу структурно-чутливих характеристик цільового продукту за рахунок вибору складу, шляхом оптимізації умов синтезу і наступного оброблення; вивчення особливостей фрактальної структури, що

утворюють наночастинки при виділенні із розчинів, процесів, протікаючих на границях зерен у полікристалічних системах, що визначаються особливостями хімічної взаємодії компонентів системи, нерівноважністю їх протікання; застосування методу «структурного дизайну» для керування електрофізичними властивостями; дослідження наноупорядкування у кристалічних системах; на розробку нових видів матеріалів. Вивчення таких модельних систем супроводжується одночасною роботою з великою кількістю заправок зразків і застосуванням цілої системи багатопозиційних незалежних змішувачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Відомі аналогічні розв'язки подібних завдань реалізовані в сучасних пристроях механічного перемішування, а також у засобах, в яких перемішування здійснюється феромагнітним ротором, що приводиться в обертальний рух магнітним полем постійного магніту [11] чи електромагнітним полем змінної частоти [12]. Застосування цього виду обладнання дає можливість вирішувати широке



коло завдань; його досконалість і сервісні можливості визначають вдале поєднання застосованих схемних, технічних і конструкторських рішень; різноманітність конструкцій – функціональне призначення, специфіка об'єктів дослідження, характер і особливості процесів перебігу перетворень, умови експлуатації та ціла низка інших факторів. У ряді випадків воно складне, дороге за собівартістю, передбачає обслуговування підготовленим персоналом. Його недоліком є те, що воно не може бути універсальним в силу існування широкої різноманітності й складності об'єктів дослідження; широти спектру вирішуваних функціональних завдань, принципів і способів їхньої реалізації; відсутності існування матеріалів, що повністю задовольняють увесь комплекс технічних і технологічних вимог, їх сумісності та інших чинників.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.

При вивченні хімічної взаємодії й фазових рівноваг у багатокомпонентних системах із використанням комплексу фізико-хімічних методів, які пов'язані з тривалим безперервним перемішуванням і термостатуванням гетерогенних систем у середині обмеженого робочого об'єму сухо-повітряного чи рідинного термостатів із використанням дорогих реактивів і паралельним дослідженням великого числа зразків, застосування таких традиційних засобів перемішування недоцільне, бо їх конструкції громіздкі, а досліди у подібному експерименті проводяться з малою кількістю речовин у малих за об'ємом реакторах.

Жоден із наведених засобів не дає можливості технічно вирішувати завдання в комплексі.

Постановка завдання і методи вирішення.

Метою створення даного пристрою було розроблення багатоцільового лабораторного засобу, за допомогою якого можуть бути створені багатопозиційні компактні малогабаритні високоефективні пристрої перемішування з індивідуальним регулюванням режиму перемішування принципово відмінні від промислових і відомих раніше аналогів, що може бути реалізований і експлуатуватися як самостійно, так і в складі функціональних комплексів (термостатування – сухо-повітряного, рідинного; тощо) та дозволяє у процесі перемішування вести також високочутливі вимірювання. Перемішування в такому пристрої передбачається здійснювати постійним магнітом-тороїдом, що приводиться

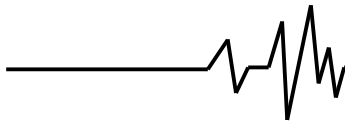
в обертальний рух електромагнітним полем змінної частоти. Головною перевагою пристрою є те, що в ньому електронними засобами в робочому просторі позиціонування зразка, в режимі резонансу, створюється електромагнітне поле з частотою, близькою до власних значень коливань об'єкту перемішування. Це значно знижує енергетичні затрати процесу перемішування, спрощує конструкцію багатоканальної електронної схеми керування та багатопозиційної системи електромагнітів, що важливо при обслуговуванні великого числа досліджуваних об'єктів в умовах жорстких конструкційних обмежень по об'єму, габаритам; способу кріплення й монтажу; можливості доступу й спостереження за зразком; зручності в експлуатації; проведення заходів по обслуговуванню та проведення регламентних видів робіт; можливості ремонту тощо.

Модифікування варіантів застосування розробки, залежно від вирішуваних функціональних завдань, демонструють дві технічні її реалізації у складі сухо-повітряного та рідинного термостатів.

Склад, функціонування, технічні можливості пристрою.

Пристрій перемішування (Рис.) складається з касети котушок електромагнітів (КЕМ) і блоку керування (БК) (багатоканального каскадного електронного блоку керування роботою позиційних систем електромагнітів (ПСЕМ) перемішування окремих об'єктів). Спосіб функціонування, положений в його основу, захищений авторським свідоцтвом [13].

Злагоджену роботу засобу приведення об'єктів дослідження у рівноважний стан пояснює функціональна схема керування роботою i -го каскаду позиційної системи перемішування (ПСЕМ $_i$) i -го зразка. Посудина розчинності 1 із діамантного матеріалу з досліджуваною системою і постійним тороїдальним чи циліндричним магнітом-змішувачем 2, захищеним індиферентною оболонкою (тефлоном), закріплюється симетрично над електромагнітом, конструкційно виконаного із П-подібного магнітопроводу 3 і послідовно увімкнених котушок 4 та 4'. Електронний каскад керування (КК $_i$), що складається із генератора (ЗГ), який задає частоту змінного електромагнітного поля для приведення в обертальний рух елемента-змішувача, та підсилювача потужності (ПП) через „комутатор“ вибору режиму роботи здійснює паралельне живлення котушок 4 і 4' електромагніту. В якості синхронізуючого роботу генератора у найпростішому варіанті може бути використаний симетричний



мультивібратор, частота якого плавно змінюється в діапазоні 4 – 35 Гц. Підсилювач потужності виконаний по двотактній безтрансформаторній схемі. Необхідна амплітуда напруги живлення підбирається дільником напруги 5 на вході підсилювача потужності.

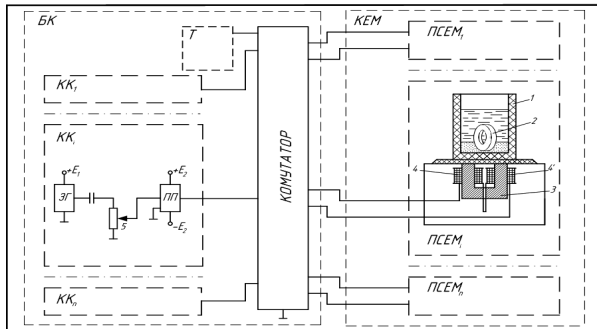


Рис. Функціональна схема багатопозиційного електромагнітного пристрою перемішування

При подачі на позиційну систему електромагнітів напруги живлення змінної частоти постійний магніт-змішувач, поміщений у робоче середовище, зазнає з боку електромагнітного поля орієнтуючу дію, що намагається повернути тороїд так, щоб його власний магнітний момент збігався з напрямком ліній магнітної індукції зовнішнього поля. Виникаючий результуючий момент сил магнітного поля й опору середовища приводить тороїд в обертальний рух. Його дія залежить від магнітних властивостей матеріалу постійного магніту-змішувача, форми й розмірів останнього, частоти й амплітуди зовнішнього електромагнітного поля, взаємної орієнтації полів постійного магніту і електромагніту привода.

Якщо частота напруги живлення позиційного електромагніту співпадає з власною частотою коливань системи, що перемішується, то тороїд-магніт встигає слідувати за змінним електромагнітним полем і, проходячи по інерції положення рівноваги, набуває стійкого обертального руху навколо вертикальної осі симетрії. При частотах відмінних від власних значень середовища, тороїд-магніт не обертається, а коливається біля положень рівноваги з частотою збуджуючого електромагнітного поля.

Оптимальний режим перемішування підбирається індивідуально емпірично частотою й амплітудою напруги живлення електромагнітів конкретного позиційного привода залежно від властивостей об'єкта перемішування, форми й матеріалу використаного постійного магніту-змішувача,

особливостей конструкції позиційної системи електромагнітів. Пристрій перемішування може працювати безперервно й періодично (задається електронним таймером (Т)), у покаскадному, секційному способах комутації приводів та у відповідності з заданим алгоритмом керування. Якісне перемішування забезпечується надійністю й стабільністю в роботі використаних електронних засобів керування.

У роботі використовувалися тороїдальні й циліндричні елементи-змішувачі з магнітно-твердих інтерметалідів на основі рідкісноземельних елементів (РЗЕ) [14], що характеризуються стабільністю характеристик, високими значеннями коерцитивної сили, питомою магнітної енергії, температури Кюрі (~ 1000 К, яка зумовлює температурний робочий інтервал використання такого виду змішувачів. На практиці, фактично, він лімітується температурою розм'якшення матеріалу захисної оболонки).

Сучасний етап розвитку магнітно-твердих РЗЕ-вмісних матеріалів, з суттєвим подальшим збільшенням питомої енергії, та особливості магнітного поля, створюваного магнітами на їх основі (оптимальна полярна довжина такого магніту значно менша поперечних розмірів, а енергія у робочому зазорі досягає максимуму при сумірних значеннях із довжиною магніту) відкривають можливості відходу від традиційних конструкцій магнітних систем, їх мініатюризації, розширюють шляхи застосування в новому поколінні змішувачів.

Висновки.

Розроблені варіанти лабораторного пристрою перемішування можуть лягти в основу створення багатопозиційних незалежних компактних технічних засобів приведення гомогенних і гетерогенних систем у стан стійкої термодинамічної рівноваги при науковому обґрунтуванні підготовчих стадій виробництва сучасних спеціальних та функціональних матеріалів, емпіричному дослідженні впливу технологічних факторів, умов синтезу на відтворення структурочутливих характеристик цільового продукту із заданими однорідністю, властивостями.

Література

1. Тітов Ю.О., Слободяник М.С., Краєвська Я.А. та ін. Особливості механізмів утворення шаруватих скандалів $SrLn_nSc_nO_{3n+1}$ із систем сумісно закристиалізованих нітратів // Укр. хім. журн. – 2010. – Т.76. - № 5. – С 11-16.



2. Кобилянська С.Д., Гавриленко О.М., Гомза Ю.П. Синтез нанорозмірних систем (Li, La){Ti, Nb}O₃ методом золь-гель // Укр. хім. журн. – 2010. – Т.76. - № 4. – С 84-88.
3. Гавриленко О.М., Пашкова О.В., Білоус А.Г. Кристалохімічні особливості та властивості Li⁺, {Na⁺, K⁺}- заміщених ніобатів лантану і структурою дефектного перовскіту // Укр. хім. журн. – 2005. – Т.71. - № 8. – С 73-77.
4. Гавриленко О.М. Літій провідні матеріали на основі ніобатів і танталатів лантану: синтез, структура, властивості // Укр. хім. журн. – 2004. – Т.70. - № 9. – С 31-34.
5. Дурилин Д.А., Янчевский О.З., Товстолыткин А.И. и др. Синтез, структура и свойства системы твердых растворов La_{0,7}Ca_{0,3-x}Na_xMnO₃ // Укр. хім. журн. – 2004. – Т.70. – № 9. – С 34-37.
6. Yanagida T., Roh T., et al. // Nucl. Instr. Methods in Phys. Res. -2007. –v. A 579. –p. 23-26.
7. Пашин С.Ф., Антипов Е.В., Ковба Л.М. Влияние катионного замещения в твердых растворах YBa_{2-x}Sr_xCu₃O_y на температуру сверхпроводимости // Сверхпроводимость: физика, химия, техника. – 1990. – Т. 3. - №10. – С. 2386-2389.
8. Белоус А.Г. Сложные оксиды металлов для сверхвысокочастотных и высокопроницаемых диэлектриков. // Теорет. и эксперим. химия. -1998. – Т.34.- №6.-С. 3-21.
9. Миттра Р. Критический взгляд на метаматериалы. // Радиотехника и электроника. – 2007. – Т.52. - №9. -С. 1051-1058.
10. Стороженко Д.О., Дрючко О.Г., Іваницька І.О. та ін. Особливості хімічного змішування компонентів на підготовчих стадіях при синтезі оксидних РЗЕ-вмісних матеріалів. // Вестник НТУ «ХПИ». – 2010. -№65. – С. 94-100.
11. Приспособление к суховоздушному термостату для непрерывного перемешивания солей в реакционных сосудах с помощью магнитных мешалок / В.Н. Коцарь, В.Г. Шевчук, Д.А. Стороженко, [та ін.] // Заводская лаборатория. - 1980. – Т. 46, №6. - С.568.
12. Чантурия А. Электромагнитный миксер/ А. Чантурия // Радио.–1985. – № 6. – С. 28, 29.
13. А. с. 1797983 СССР, МКИ В 01 F 13/08. Способ перемешивания гомогенных и гетерогенных сред / А.Г. Дрючко, Д.А. Стороженко, Г.М. Лысенко. (СССР). - № 4840233/26; заявл. 02.04.90 ; опубл. 28.02.93, Бюл. № 8.
14. Белов К.П. Редкоземельные магнетики и их применение / Белов К.П. – М.: Наука, 1980. – 240 с.