

УДК 677.027

РЕДЬКО Я.В.¹, РОМАНКЕВИЧ О.В.²

¹Київський національний університет технологій та дизайну

²Миколаївський національний університет ім. В.О. Сухомлинського

МОДИФІКАЦІЯ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ШЛЯХОМ СИНТЕЗУ НАНОЧАСТИНОК *IN SITU* ДЛЯ НАДАННЯ МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Мета. Розробка способу створення наноконпозиційного текстильного матеріалу з урахуванням структурних особливостей волокон та нанотехнологічних процесів.

Методика. Класичні методи хімічної технології текстильних матеріалів.

Результати. Експериментально визначені залежності кількості синтезованих наночастинок магнетиту і намагніченості насичення волокнистих матеріалів різного сировинного складу; встановлені умови та розроблено спосіб створення магнітного текстильного матеріалу в процесі його модифікації шляхом синтезу наночастинок *in situ* для надання магнітних властивостей.

Наукова новизна. Вперше створено магнітний текстильний матеріал, що містить наночастинок магнетиту із застосуванням нових підходів та методів.

Практична значимість полягає у забезпеченні комплексу властивостей, які включають магнетизм і екранування від електромагнітного випромінювання.

Ключові слова: текстильний матеріал, наночастинок, синтез *in situ*.

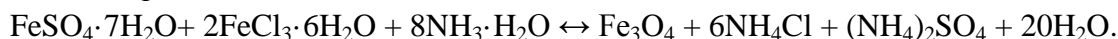
Вступ. За останні десятиліття спостерігається підвищений інтерес до багатофункціонального текстилю з потенційним технологічним застосуванням. Розробка текстильних виробів з магнітними наночастинками забезпечить нові властивості, включаючи магнетизм і екранування для захисту від електромагнітного випромінювання [1]. Пошук нових підходів та методів створення текстильних матеріалів, що містять наночастинок залізо-оксидних сполук, пов'язаний із можливим створенням наноконпозиційного феромісткого текстильного матеріалу із комплексом заданих властивостей (магнітних та захисних).

Отримання і властивості наночастинок залізо-оксидних сполук є предметом багатьох досліджень [2, 3] та створенню магнітних волокнистих матеріалів присвячені лише одиничні роботи [4, 5].

Постановка завдання. Розробка способу створення наноконпозиційного феромісткого (магнітного) текстильного матеріалу в процесі його модифікації шляхом синтезу наночастинок *in situ* з урахуванням структурних особливостей волокон та нанотехнологічних процесів.

Результати дослідження. Методом співосадження суміші солей заліза надлишком луку при синтезі наночастинок *in situ* отримані магнітні текстильні матеріали. Раніше [6] теоретично обґрунтовано, що величина намагніченості насичення наноконпозиційного феромісткого текстильного матеріалу визначається кількістю наночастинок в зразках, що залежить від сировинного складу текстильного матеріалу та експериментальних умов, а саме від молярного співвідношення луку і суміші солей заліза у вихідній ванні, рН середовища і температури реакції співосадження.

Формула магнетиту – $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, тому реакція вимагає 1 моль сполуки двовалентного заліза Fe^{2+} і 2 моля сполуки $\text{Fe}^{\text{Fe}3+}$ для стехіометричного перетворення у разі використання сполук типу FeSO_4 і FeCl_3 . Тому молярне співвідношення Fe(II):Fe(III) складало 1,1:2, тобто кількість FeSO_4 бралася у 10%-вому надлишку в порівнянні із стехіометричним:



Кількість синтезованих наночастинок магнетиту у волокнистому матеріалі може бути охарактеризована величиною оптичної густини (розчини волокнистих матеріалів, що містять наномагнетит підкоряються закону Ламберта-Буггера-Бера). У зв'язку з цим проводилися дослідження залежностей величин оптичної густини розчинів магнітних волокнистих матеріалів (D) від концентрації сірчаноокислого заліза у вихідній ванні (C, г/л), які описуються емпіричними рівняннями (наприклад, Quadratic Fit) з високими коефіцієнтами кореляції, отриманими з використанням програми CurveExpert 1.3: $y = a + bx + cx^2$, $a = -1,499\text{e-}005$, $b = 0,001$, $c = 6,094\text{e-}006$, $S = 0,001$, $R = 0,999$.

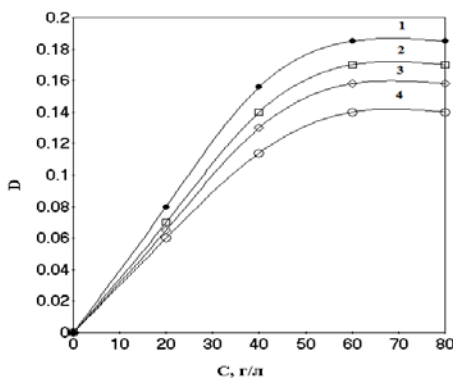


Рис. 1 Залежності величин оптичної густини розчинів волокнистих матеріалів, що містять наночастинки магнетиту (D), від концентрації сірчаноокислого заліза в вихідній ванні (C, г/л): 1 – віскозний; 2 – вовняний; 3 – поліамідний; 4 – бавовняний волоконні матеріали.

Експериментальні дані (рис. 1) свідчать, що найменша кількість магнітних наночастинок була синтезована в зразках бавовняного матеріалу, найбільша – в зразках віскозного матеріалу. Це пояснюється особливостями надмолекулярної структури волокнистих матеріалів целюлозного походження, пов'язаними із співвідношенням аморфно-кристалічних областей, що добре узгоджується з числовим значенням ступеню кристалічності за Г.В. Урбанчіком [7]:

Вид волокнистого матеріалу	Ступінь кристалічності
Віскоза	0,35
Вовна	0,45
Поліамід	0,5
Бавовна	0,7

Вплив природи лугу має значення при утворенні магнетиту з точки зору магнітних властивостей і кристалічних структур. Намагніченість насичення збільшується в ряду: $\text{KOH} > \text{NaOH} > \text{LiOH} > \text{NH}_4\text{OH}$, проте використання таких сильних лугів як KOH і NaOH , що передбачає підвищення рН середовища до 14, призводить до утворення таких комплексів гідратів заліза, які не здатні до утворення магнетиту [8]. Тому в даній роботі

досліджувалося рН середовища, що регулювалося застосуванням водного розчину аміаку (25%), кількість якого залежала від стехіометричного співвідношення між Fe(II):Fe(III).

На рис. 2 та рис. 3 приведені криві потенціометричного титрування як розчину суміші солей заліза, так і розчину солі FeSO₄ розчином гідроксиду натрію окремо.

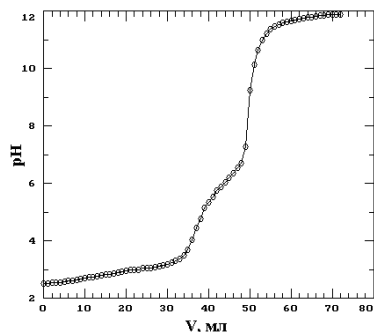


Рис. 2 Крива потенціометричного титрування розчину суміші солей заліза розчином гідроксиду натрія.

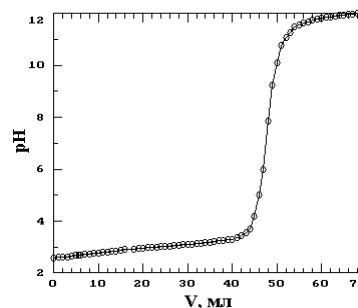


Рис. 3 Крива потенціометричного титрування розчину солі FeSO₄·7H₂O розчином гідроксиду натрія.

Ступінчаті плато на кривих титрування відповідають процесу зникнення суміші солей двохвалентного і трьохвалентного заліза в розчині і переходу їх до погано розчинних у воді сполук – FeCl(OH)₂, FeCl₂(OH), Fe(OH)₃, FeCl(OH), Fe(OH)₂ і відповідно магнетиту. Криві потенціометричного титрування показують, що процес взаємодії солей заліза з розчином гідроксиду амоніа з утворенням наночастинок магнетиту завершується в області рН 11 – 12. Отримані експериментальні дані (рис. 2 , рис. 3) знаходять підтвердження при дослідженні залежності оптичної густини розчинів магнітних волокнистих матеріалів від рН середовища (рис. 4) і свідчать, що процес співосадження суміші солей заліза Fe(II) і Fe(III) із синтезом наночастинок магнетиту *in situ* доцільно проводити практично в тих самих межах рН 10 – 11, за яких досягається максимальне значення величини оптичної густини ($D = 0,14$), а отже і кількості наночастинок у волокнистому матеріалі (рис. 4).

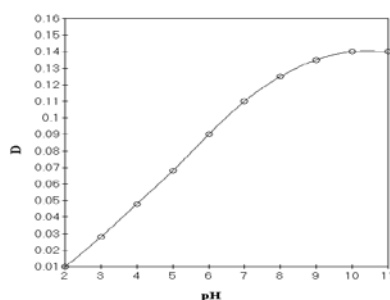


Рис. 4 Залежність оптичної густини розчинів волокнистих матеріалів, що містять продукти реакції суміші солей заліза з аміачним розчином, від рН середовища.

Також визначено, що синтез наночастинок магнетиту слід проводити з використанням підвищених температур реакції співосадження суміші солей заліза у волокнистому матеріалі ($t = 90 \div 98$ °C). Аналіз залежностей на графіку рис. 5 показує, що величина намагніченості насичення магнітних текстильних матеріалів, що містять наночастинок магнетиту, досягає граничної величини при концентрації сірчанокислого заліза в області 60 – 80 г/л, магнітні властивості текстильних матеріалів в даному випадку

визначають як кількість утворених наночастинок, так і характер розподілу їх в структурі волокнистого матеріалу, тому що максимальна кількість наночастинок магнетиту у волокні та намагніченість насичення при варіюванні вмісту солей заліза в фарбувальній ванні в цих межах досягаються за однакових умов (вихідні концентрації суміші солей заліза) та мають подібний характер кривих насичення (рис. 1, рис. 5).

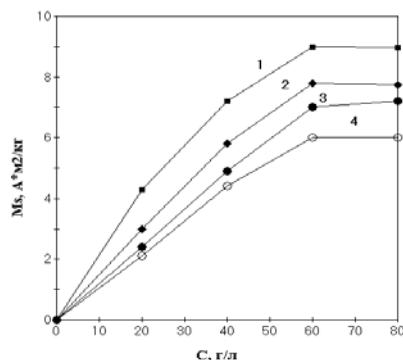


Рис. 5 Залежність намагніченості насичення волокнистого матеріалу (M_s) від концентрації солі заліза у вихідній ванні (C): 1 – віскозний; 2 – вовняний; 3 – поліамідний; 4 – бавовняний ВМ.

Встановлено, що магнітні властивості, які характеризуються величиною намагніченості насичення текстильних матеріалів, визначаються: 1) кількістю утворених наночастинок магнетиту у волокнистому матеріалі (величиною оптичної густини), що виконує роль нанореактора; 2) сировинним складом волокнистих матеріалів, які відрізняються надмолекулярною структурою, сприяючи утворенню наночастинок *in situ* при абсорбції у аморфних областях або при адсорбції на поверхні мікрофібрил волокнистих матеріалів [7]; 3) розподілом наночастинок в структурі волокнистого матеріалу, що буде визначати просторове розміщення, розміри та інші властивості наночастинок; 4) умовами створення магнітних текстильних матеріалів.

Висновки. Експериментально визначені залежності кількості синтезованих наночастинок магнетиту і намагніченості насичення волокнистих матеріалів різного сировинного складу; розроблено спосіб створення магнітного текстильного матеріалу в процесі його модифікації шляхом синтезу наночастинок *in situ* для надання магнітних властивостей.

Список використаних джерел

1. Козлов А.Н., Исследование магнитных полей биообъектов в условиях экранированного объема / А.Н. Козлов, Б.В. Авдеев // Биологическое действие электромагнитных полей: Тез. докл. Пушино, 1982. – 149 с.
2. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. – М.: Академкнига. – 2006. – 557 с.
3. Губин С.П. Магнитные наночастицы: методы получения, строение и свойства / С.П. Губин, Ю.А. Кокшаров, Г.Б. Хомутов, Г.Ю. Юрков // Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук. – Москва: Успехи химии, 2005. – № 74 (6). – С. 539–574.
4. Романкевич О.В. Гетерокоагуляция дисперсии магнетита на полиамидном волокнистом материале / О.В. Романкевич, Я.В. Редько, А.Б. Брик // Дизайн. Материалы. Технологии. – Санкт-Петербург, 2012. – № 5 (25). – С. 45–49.

5. Байбуртский Ф.С. Коллоидно-химические закономерности взаимодействия частиц магнитных жидкостей с поверхностями натуральных волокон [Текст]: автореф. ... канд. техн. наук: 00.02.11 / Байбуртский Феликс Степанович. – М., 1999. – 13 с.

6. Редько Я.В. Дослідження можливості синтезу наночастинок *in situ* для створення наноконпозиційного текстильного матеріалу / Я.В. Редько, Я.О.Романкевич, Т.А.Чвертка, А.О.Таран. // Вісник КНУТД. – 2015. – № 2 (80). – С. 58–63.

7. Урбанчик Г. В. Химические волокна (исследования и свойства) / Урбанчик Г. В., Калиновски Е. – Изд. «Легкая индустрия». – М., 1966 г. – 317 с.

8. N. M. Gribov, E. E. Bibik, O. V. Buzunov, V. N. Naumov, Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 1990. – V. 85. – P. 7.

МОДИФИКАЦИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЕМ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ *IN SITU* ДЛЯ ПРИДАНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ

РЕДЬКО Я.В.¹, РОМАНКЕВИЧ О.В.²

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Николаевский национальный университет им. В.А. Сухомлинского

Цель работы. Разработка способа создания наноконпозиционного текстильного материала с учетом структурных особенностей волокон и нанотехнологических процессов.

Методика. Классические методы химической технологии текстильных материалов.

Результаты. Экспериментально определены зависимости количества синтезированных наночастиц магнетита и намагниченности насыщения волокнистых материалов различного состава; установлены условия и разработан способ создания магнитного текстильного материала в процессе его модификации путем синтеза наночастиц *in situ* для придания магнитных свойств.

Научная новизна. Впервые создан магнитный текстильный материал, содержащий наночастицы магнетита с применением новых подходов и методов.

Практическая значимость заключается в обеспечении комплекса свойств, включающих магнетизм и экранирование от электромагнитного излучения.

Ключевые слова: *текстильный материал, наночастицы, синтез in situ.*

MODIFICATION OF TEXTILE MATERIALS BY *IN SITU* SYNTHESIS OF NANOPARTICLES FOR THE DEVOTION OF MAGNETIC PROPERTIES

REDKO YA¹, ROMANKEVICH O.V.²

¹*Kiev National University of Technology and Design*

²*Nicholas National University. VA Sukhomlinsky*

Purpose. Development of ways to create a nanocomposite based textile fibers and structural features of nanotechnology processes.

Methodology. The classical methods of chemical technology of textile materials.

Findings. Experimentally determined dependence of the amount of the synthesized nanoparticles of magnetite and the saturation magnetization of fibrous materials of different composition; set conditions and provides a method of creating a magnetic textile material during its modification by the synthesis of nanoparticles *in situ* to devotion to the magnetic properties.

Originality. For the first time provides a magnetic textile material containing magnetite nanoparticles with new approaches and methods.

Practical value is to provide a set of properties including magnetism and shielding from electromagnetic radiation.

Keywords: *textile material, nanoparticle, synthesis in situ.*