

УДК 677.027

РЕДЬКО Я.В.<sup>1</sup>, РОМАНКЕВИЧ О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет технологій та дизайну

<sup>2</sup>Миколаївський 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*.

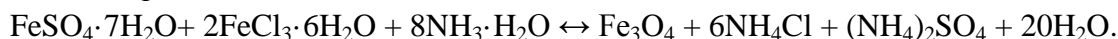
**Вступ.** За останні десятиліття спостерігається підвищений інтерес до багатофункціонального текстилю з потенційним технологічним застосуванням. Розробка текстильних виробів з магнітними наночастинками забезпечить нові властивості, включаючи магнетизм і екранування для захисту від електромагнітного 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  $\text{Fe}^{2+}$  і 2 моля сполуки  $\text{Fe}^{\text{Fe}3+}$  для стехіометричного перетворення у разі використання сполук типу  $\text{FeSO}_4$  і  $\text{FeCl}_3$ . Тому молярне співвідношення  $\text{Fe(II):Fe(III)}$  складало 1,1:2, тобто кількість  $\text{FeSO}_4$  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:  $y = a + bx + cx^2$ ,  $a = -1,499\text{e-}005$ ,  $b = 0,001$ ,  $c = 6,094\text{e-}006$ ,  $S = 0,001$ ,  $R = 0,999$ .

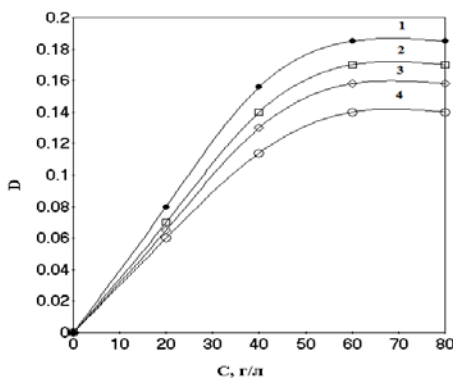


Рис. 1 Залежності величин оптичної густини розчинів волокнистих матеріалів, що містять наночастинки магнетиту (D), від концентрації сірчаноокислого заліза в вихідній ванні (C, г/л): 1 – віскозний; 2 – вовняний; 3 – поліамідний; 4 – бавовняний волоконні матеріали.

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  $\text{KOH}$  і  $\text{NaOH}$ , 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 FeSO<sub>4</sub> розчином гідроксиду натрію окремо.

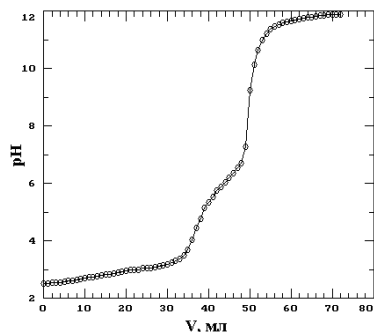


Рис. 2 Крива потенціометричного титрування розчину суміші солей заліза розчином гідроксиду натрію.

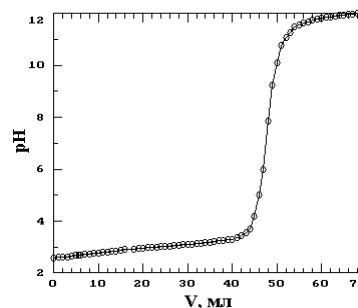


Рис. 3 Крива потенціометричного титрування розчину солі FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O розчином гідроксиду натрію.

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)<sub>2</sub>, FeCl<sub>2</sub>(OH), Fe(OH)<sub>3</sub>, FeCl(OH), Fe(OH)<sub>2</sub> 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).

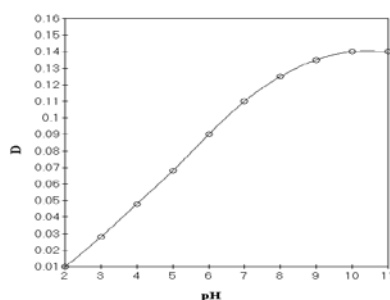


Рис. 4 Залежність оптичної густини розчинів волокнистих матеріалів, що містять продукти реакції суміші солей заліза з аміачним розчином, від рН середовища.

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).

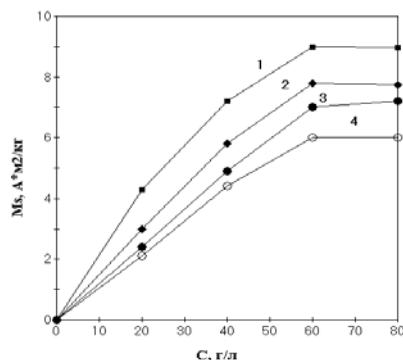


Рис. 5 Залежність намагніченості насичення волокнистого матеріалу ( $M_s$ ) від концентрації солі заліза у вихідній ванні (C): 1 – віскозний; 2 – вовняний; 3 – поліамідний; 4 – бавовняний ВМ.

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.<sup>1</sup>, РОМАНКЕВИЧ О.В.<sup>2</sup>

*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 YA<sup>1</sup>, ROMANKEVICH O.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Kiev National University of Technology and Design*

<sup>2</sup>*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.*