

УДК 677.027

РЕДЬКО Я.В., БРИК О.Б., КОВШИК Т.В., КРАВЧУК І.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України

НАМАГНІЧЕНІСТЬ НАСИЧЕННЯ ВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ, ОТРИМАНИХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НАНОТЕХНОЛОГІЙ

Мета. Розроблення пристрою та методики визначення намагніченості насичення волокнистих матеріалів, забарвлених наночастинками магнетиту.

Методика. Використані нанотехнології створення волокнистих матеріалів з магнітними властивостями.

Результати. Визначено величини намагніченості насичення магнітного текстилю та досліджено вплив умов створення на його магнітні властивості.

Наукова новизна. Вперше розроблені пристрій та методика розрахунку намагніченості насичення магнітних волокнистих матеріалів.

Практична значимість. Отримані величини намагніченості насичення магнітних волокнистих матеріалів визначають їх перспективні області застосування: технічний текстиль або магнітні волокна медичного призначення.

Ключові слова: наночастинки магнетиту, волокнистий матеріал, намагніченість насичення.

Вступ. Підвищений інтерес до залізо-оксидних нанорозмірних матеріалів пов'язаний з їх застосуванням у різних областях техніки і медицини. Основна вимога до таких матеріалів – достатньо високі значення намагніченості, які залежать не тільки від розміру частинок, але і від їх фазового складу, в першу чергу від наявності феррімагнітних фаз. Різним технологіям синтезу залізо-оксидних нанорозмірних матеріалів і дослідженню їх фазового складу присвячено ряд робіт [1, 2]. Отримання нанорозмірних частинок оксиду заліза на волокнистих матеріалах в процесі фарбування за механізмом гетерокоагуляції [3, 4], значно розширює не тільки області їх практичного застосування, а і асортимент текстилю з функціональними властивостями.

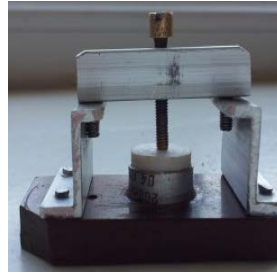
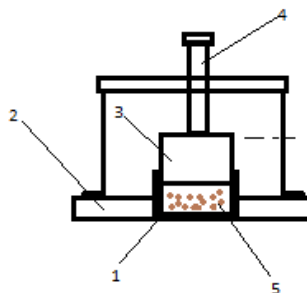
Раніше [5] була представлена можливість оцінювання магнітних властивостей волокнистих матеріалів, забарвлених наночастинками магнетиту. Незважаючи на наявність багатьох припущень та методичних труднощів дана методика [5], дозволила отримати результати, що відкривають можливості для розробки більш точних та більш експресних методик визначення різних характеристик магнітного текстилю.

Постановка завдання. У зв'язку з цим виникла необхідність у розробленні спеціального пристрою для вимірювань і методики розрахунку значень намагніченості насичення волокнистих матеріалів, забарвлених наночастинками магнетиту.

Результати дослідження. В якості волокнистого матеріалу використовувалися поліамідні волокнисті матеріали. Нанодисперсію магнетиту отримували співосадженням солей заліза (Fe(II) і Fe(III)) розчином водного аміаку при pH=10 в присутності волокнистого матеріалу і катіоноактивної поверхнево-активної речовини (КПАР) в фарбувальній ванні [4–6].

На рис. 1 представлено схему контейнеру (рис. 1, а) для розміщення зразка магнітного волокнистого матеріалу, який досліджується і контейнер у реальному

вигляді (рис. 1, б). На рис. 1 (в) представлено пристрій, для вимірювання сили, з якою магніт притягує зразок.



1 – склянка, 2 – корпус, 3 – циліндр 4 – притискний гвинт, 5 – зразок магнітного волокнистого матеріалу

**Рис. 1. а) схема контейнера для розміщення зразка, який досліджується;
б) контейнер для розміщення зразка, який досліджується, у реальному вигляді;
в) розроблений пристрій. Авторська розробка**

В якості еталонного зразка використовувався 0,1 г Ni, для якого відома величина намагніченості насичення ($M_{s3} = 54,4 \text{ A}\cdot\text{m}^2/\text{кг}$). Відповідно до даних еталонного зразка відбувалося налаштування пристрою для вимірювання величини намагніченості насичення для забарвленого магнітного зразка волокнистого матеріалу. Пристрій складається з мікроваг, за допомогою яких вимірюється сила (з якою магніт притягує зразок магнітного волокнистого матеріалу) і контейнера для розміщення зразка.

Принцип дії пристрою:

1. Зразок магнітного волокнистого матеріалу (маса якого не перевищує 0,3 г) поміщаємо в склянку 1 (рис. 1, а) і притискаємо циліндром 3 за допомогою притискного гвинта 4.

2. Для калібровки магнітних ваг, далі ваги, використовуємо зразок Ni масою 0,1 г.

Визначаємо залежність сили F взаємодії зразка Ni з магнітом ваг від відстані h зразка магнітного волокнистого матеріалу до поверхні пристрою:

| | | | | |
|-------|------|------|------|------|
| h, мм | 0 | 2,03 | 4,10 | 8,90 |
| F, ct | 68,4 | 50,0 | 33,5 | 11,3 |

Апроксимуємо $F(h)$ на відрізку $0 \leq h \leq 8,9$ експонентою:

$$F = 83,7 \exp(-h/7,56) - 14,94 \quad (1)$$

3. Вираховуємо середню висоту (товщину) зразка волокнистого матеріалу:

$$h = (h_n - 6,7)/2 \quad (2)$$

4. Розраховуємо F_e для зразка, яку створив би зразок Ni з масою, яка дорівнює масі зразка магнітного волокнистого матеріалу:

$$F_e = F m_3 / 0,1, \quad (3)$$

де m_3 – маса зразка магнітного волокнистого матеріалу, г.

5. Намагніченість насичення зразка магнітного волокнистого матеріалу:

$$M_{s3} = F 54,4 / F_e \quad (4)$$

6. Враховуючи формули 1 – 4 отримаємо:

$$M_{s3} = 5,44 F_3 / (m_3 (83,7 \exp((6,7 - h_n) / 15,2) - 14,94)),$$

де h_n – висота, мм (див. рис. 1, а); F_3 – сила взаємодії зразка з магнітом, ct.

Таким чином, розроблено пристрій і описано методику розрахунку величин намагніченості насичення магнітного волокнистого матеріалу, що передбачає визначення магнітних властивостей волокнистих матеріалів різного сировинного складу.

Викликає інтерес дослідження умов (концентрація вихідних реагентів, оброблення до та після процесу осадження наночастинок магнетиту на волокнистому матеріалі), які впливають на величину намагніченості насичення і визначають магнітні властивості поліамідних волокнистих матеріалів.

На рис. 2 представлені залежності величини намагніченості насичення (M_{s3} , $A \cdot m^2/kg$) від концентрації (C , г/л) сірчаноокислого заліза у фарбувальній ванні при гетерокоагуляції наночастинок магнетиту на попередньо обробленому поліамідному волокнистому матеріалі розчином хлористого натрію ($NaCl$) з подальшим обробленням у вигляді промивання забарвленого волокнистого матеріалу розчином хлористого натрію і дистильованою водою (рис. 2, а) і промивання забарвленого поліамідного волокнистого матеріалу тільки розчином хлористого натрію (рис. 2, б). Криві (рис. 2), що побудовані з використанням програми Curve Expert 1.3, описуються раціональними функціями (Rational Function): $M_{s3} = (a + bC) / (1 + cC + dC^2)$, $a = 0,009$, $b = 0,231$, $c = 0,103$, $d = 0,0002$ (рис. 2, а); $M_{s3} = (a + bC) / (1 + cC + dC^2)$, $a = -0,013$, $b = 1,301$, $c = 0,003$, $d = 0,0002$ (рис. 2, б) з достатньо високим значенням коефіцієнту кореляції ($R = 0,99$) в обох випадках.

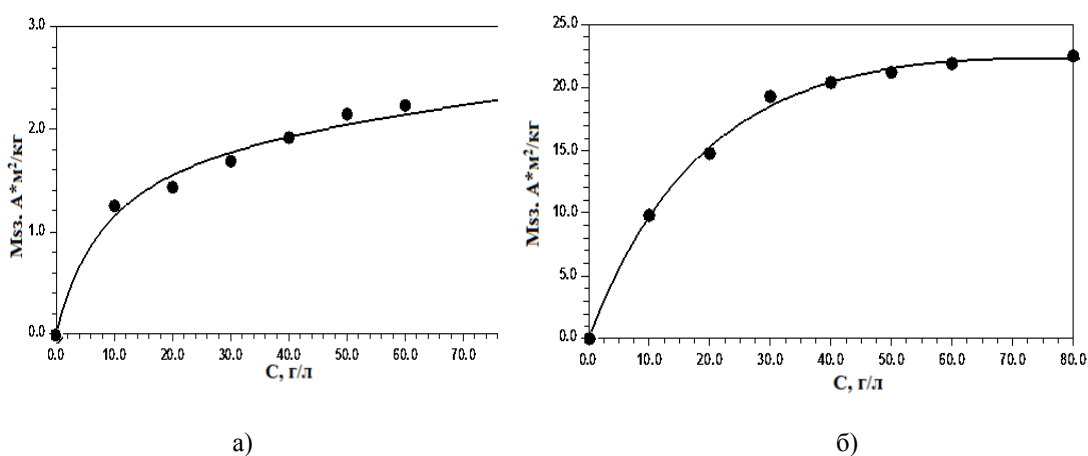


Рис. 2. Залежність намагніченості насичення (M_{s3} , $A \cdot m^2/kg$) від концентрації сірчаноокислого заліза у фарбувальній ванні (C , г/л) при гетерокоагуляції наночастинок магнетиту на волокні після:
а) промивання розчином $NaCl$ і дистильованою водою; б) промивання розчином $NaCl$

З експериментальних даних, що представлені на рис. 2 встановлено, що максимальне значення величини намагніченості насичення поліамідного волокнистого матеріалу досягається при концентрації 60 – 80 г/л сірчаноокислого заліза у фарбувальній ванні з промиванням розчином $NaCl$ і дистильованою водою і 40 – 60 г/л з промиванням тільки розчином $NaCl$. Необхідно зазначити, що отримані величини намагніченості насичення і кількості наночастинок магнетиту на волокнистому матеріалі (що характеризується величиною оптичної густини) [4, 5] досягаються за

неоднакових концентрацій сірчанокислового заліза у фарбувальній ванні. Таку обставину можна пояснити тим, що магнітні властивості попередньо обробленого поліамідного волокнистого матеріалу визначаються не тільки кількістю синтезованого наномангнетиту у фарбувальній ванні у присутності КПАР і гетерокоагуляцією наночастинок мангнетиту на поліамідному волокнистому матеріалі (концентрацією наночастинок мангнетиту на волокні), а і розподілом наночастинок по поверхні волокнистого матеріалу. Також можна стверджувати, що реалізації механізму гетерокоагуляції сприяють відмінності електроповерхневих сил взаємодіючих поверхонь: позитивно заряджена поверхня наночастинок мангнетиту (за умови стабілізації їх КПАР) і попередньо оброблена поверхня поліамідного волокнистого матеріалу розчином NaCl. Встановлено, що попереднє оброблення поліамідного волокнистого матеріалу і його промивання суттєво впливає на кількість і розподілення наномангнетиту (мангнітного коагулята), що осаджується на поверхні волокнистого матеріалу за механізмом гетерокоагуляції після синтезу мангнетиту у присутності КПАР. Найвищі результати за величинами намагніченості насичення досягнуті після попереднього оброблення поліамідного волокнистого матеріалу, що сприяють посиленню заряду поверхні, її нейтралізації або призводять до зміни знаку заряду поверхні волокнистого матеріалу, і його промивання тільки розчином NaCl.

Висновки. Вперше для визначення намагніченості насичення волокнистих матеріалів розроблено пристрій та описано методику розрахунку. Визначено величини намагніченості насичення мангнітного текстилю та досліджено вплив умов створення на його магнітні властивості. Величини намагніченості насичення волокнистих матеріалів, отриманих при реалізації нанотехнологій створення мангнітних волокнистих матеріалів з використанням механізму гетерокоагуляції, визначають їх перспективні області застосування: технічний текстиль або мангнітні волокна медичного призначення.

Список використаної літератури

1. Губин С.П., Кокшаров Ю.А., Хомутов Г.Б., Юрков Г.Ю.. Мангнітні наночастиці: методи отримання, будова і властивості // Інститут загальної та неорганічної хімії ім. Н.С. Курнакова Російської академії наук. – Москва: Успехи хімії. – 2005. – № 74 (6). – С. 539–574.
2. Laurent S., Forge D., Port M., et al. Magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis, stabilization, vectorization, physicochemical characterizations, and biological applications// Chem. Rev. – 2008. –108, № 6. – P. 2064–2110.
3. Редько Я.В., Романкевич О.В. Исследование получения композиции волоконно-мангнетит с использованием нанотехнологий / Я.В. Редько // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины – Херсон, Изд-во Херсонского национального технического университета, 2011. – № 2 (18).– С. 28–34.
4. Романкевич О.В., Редько Я.В., Брик А.Б. Гетерокоагуляция дисперсии мангнетита на полиамидном волокнистом материале / О.В. Романкевич // Дизайн. Материалы. Технологии. – Санкт-Петербург, Изд-во Санкт-Петербургского национального университета технологий и дизайна, 2012. – № 5 (25).– С. 45–49.

5. Редько Я.В., Романкевич О.В., Брик О.Б. Дослідження магнітних властивостей волокнистих матеріалів, що містять наночастинки магнетиту/Я.В. Редько // Вісник КНУТД – 2013. – № 1 (69).– С. 111–117.

НАМАГНИЧЕННОСТЬ НАСЫЩЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

РЕДЬКО Я.В., БРИК О.Б., КОВШИК Т.В., КРАВЧУК И.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. М.П. Семеновко НАН Украины, г. Киев.

Цель. Разработка устройства и методики определения намагниченности насыщения волокнистых материалов, окрашенных наночастицами магнетита.

Методика. Используются нанотехнологии создания волокнистых материалов с магнитными свойствами.

Результаты. Определены величины намагниченности насыщения магнитного текстиля и исследовано влияние условий создания на его магнитные свойства.

Научная новизна. Впервые разработаны устройство и методика расчета намагниченности насыщения магнитных волокнистых материалов.

Практическая значимость. Полученные величины намагниченности насыщения магнитных волокнистых материалов определяют их перспективные области применения: технический текстиль или магнитные волокна медицинского назначения.

Ключевые слова: наночастицы магнетита, волокнистый материал, намагниченность насыщения.

THE SATURATION MAGNETIZATION OF THE FIBROUS MATERIALS OBTAINED BY USING THE NANOTECHNOLOGY

REDKO YA., BRIK O., KOVSHYK T., KRAVCHUK I.

Kyiv National University of Technologies and Design

Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation by Semenenko M. of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev

Purpose. Developing device and methods for determining the saturation magnetization fibrous materials dyed nanoparticles of magnetite.

Methodology. Used are nanotechnology creations of fibrous materials with magnetic properties.

Findings. The values of the saturation magnetization of the magnetic textiles are determined and the influence creation of the conditions for its magnetic properties are investigated.

Originality. First developed a device and method of calculation of the saturation magnetization of the magnetic fibrous materials.

Practical value. The values obtained the saturation magnetization of magnetic fibrous materials determine their perspective applications: technical textile or fibers of the magnetic medical purpose.

Keywords: nanoparticles, the fibrous material, the saturation magnetization.