

ВСТАНОВЛЕННЯ УМОВ СИНТЕЗУ НАНОЧАСТИНОК МАГНЕТИТУ МЕТОДОМ ХІМІЧНОЇ КОНДЕНСАЦІЇ

Ведерникова І.О., Антоненко О.В., Шпичак Т.В.

Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна

neorganic@nuph.edu.ua

Промислове виробництво магнетиту є досить налагодженим та багатотоннажним, але воно спрямоване на одержання магнетиту для технічного застосування з мінімальним розміром частинок 1-2 мкм. Більш дрібні частки магнетиту одержують подрібненням або методом конденсації-термічної, електролітичної, вакуумної, хімічної та ін.

Методом хімічної конденсації можна одержувати магнетит колоїдного розміру, який має мінімум домішок, що легко вилучаються. До того ж він є досить простим, не потребує коштовного обладнання і дозволяє одержувати частинки магнетиту розміром декілька нанометрів.

З метою одержання частинок магнетиту з високими функціональними властивостями, були проведені експериментальні дослідження по вибору умов проведення реакції синтезу магнетиту. В роботі магнетит одержували методом хімічної конденсації з водних розчинів солей дво- та тривалентного феруму у лужному середовищі:



Синтез проводили з використанням для створення лужного середовища (рН = 10-11) розчинів натрій гідроксиду, калій гідроксиду та 25% розчину амоній гідроксиду. Вихідні речовини ферум (III) хлорид та ферум (II) сульфат використовували у стехіометричному співвідношенні, та з використанням надлишку 1,75 рази солі ферума (II).

Для усіх випадків реакцію синтезу проводили з використанням єдиного алгоритму. До відфільтрованих 10% розчинів солей ферума (II) та (III) при повільному перемішуванні та температурі $T = 50-60^\circ\text{C}$ додають невеликою струйкою надлишок розчину гідроксиду до створення рН = 10-11. Одразу спостерігається утворення осаду чорного кольору, та збільшення температури на $7-8^\circ\text{C}$. Через годину нагрів вимикають та перемішування продовжують до охолодження суміші. Далі реакційну суміш витримують у постійному МП протягом 12 годин до розшарування магнетит – сольовий розчин та дозрівання осаду; після цього проводять багаторазову промивку розчину методом магнітної декантації до рН = $9 \div 10$.

Синтезовані частинки магнетиту були атестовані за своїми магнітними властивостями. Для синтезованих зразків магнетиту були експериментально визначені петлі магнітного гістерезису. Дослідження проводили при кімнатній температурі ($T = 300\text{K}$), методом висмикування із зони постійного МП експериментального зразку в ампулі.

Одержані залежності $\sigma(H)$ для усіх синтезованих зразків мали дуже схожий майже безгістерезисний характер. Усі синтезовані зразки досягали магнітного насичення в полях з величиною 1500 кА/м. При цьому величина намагніченості насичення синтезованих зразків суттєво відрізнялася. Використання надлишку

розчину амоній гідроксиду дозволяє одержати систему частинок магнетиту, намагніченість насичення яких перевищує майже втричі цей параметр для частинок, синтезованих з використанням розчинів лугів.

При використанні розчинів лугів у мольному співвідношенні $[\text{OH}^-]/([\text{Fe}^{2+}]+[\text{Fe}^{3+}])=1,5$ одержують Fe(II)–Fe(III) – шарові подвійні гідроксиди (*Green Rust*) загальної формули $[\text{Fe}^{\text{II}}_4\text{Fe}^{\text{III}}_2\text{O}_4(\text{OH})_{12}]^{2+}$, структурний склад та магнітні властивості яких відрізняються від магнетиту.

Використання розчину амоній гідроксиду дозволяє створити м'які умови співосадження катіонів ферума, що сприяє протіканню реакції з утворенням саме високодисперсного магнетиту складу Fe_3O_4 або $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$, який має високі магнітні характеристики. Надлишок вихідних речовин (амоній гідроксиду) дозволяє повністю зсунути рівновагу у бік утворення осаду магнетиту.

Також слід зазначити, що використання надлишку солі ферума двовалентного веде до покращення магнітних властивостей синтезованих наночастинок магнетиту. Надлишок концентрації катіонів феруму (II) обумовлений його високою відновною активністю.

Наслідком проведених експериментальних досліджень були встановлені оптимальні умови синтезу системи наночастинок магнетиту з високими магнітними властивостями.

На відміну від попередніх досліджень, встановлено, що синтез слід проводити з використанням солі тривалентного феруму та надлишку 1,75 солі двовалентного феруму та 10-10,5 кратним надлишком амоній гідроксиду при $\text{pH} = 10-11$.

Науковий напрямком розвитку сучасної нанофармації - створення магнітних лікарських препаратів, безумовно має перспективу свого розвитку в усьому світі. Що підтверджується чисельними публікаціями та міжнародними конференціями з цього питання. Ґрунтуючись на багаторічному досвіді використання магнітних рідин у техніці, намітилися основні напрямки застосування магнітних наночастинок в об'єктах медико-фармацевтичного призначення. Констатується тенденція розв'язання питання нормативно-технічної документації, затверджених методів стандартизації магнітних наночастинок та лікарських препаратів з їх використанням. У рамках розв'язання питання підготовки фахівців у сфері нанотехнологій зазначається створення курсів з викладанням цього предмету в вищих школах України.