

Szybki wzrost kryształów jako metoda postępowania z odpadowym $Mg(OH)_2$

Weizhen LIU, Feng HUANG, Zhang LIN – Główne Państwowe Laboratorium Chemii Strukturalnej, Instytut Badawczy Budowy Materii Prowincji Fujian, Chińska Akademia Nauk, Chiny; Feng HUANG – Główne Laboratorium Chemii i Fizyki Materiałów Optoelektronicznych, Instytut Badawczy Budowy Materii Prowincji Fujian, Chińska Akademia Nauk, Chiny

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2012, **66**, 9, 919-928

Wstęp

Nanosorbenty znalazły w ostatnich latach szybko rozpowszechniające się zastosowanie do skutecznego usuwania zanieczyszczeń [1, 2], szczególnie do usuwania ze ścieków zanieczyszczeń o małym stężeniu [3, 4]. Ze względu na mały rozmiar cząstek, mają one dużą powierzchnię właściwą i dużą ilość centrów aktywnych, co zapewnia dobrą zdolność sorpcyjną względem zanieczyszczeń. Jednak po zaadsorbowaniu zanieczyszczeń stają się one tak zwanymi nanoodpadami, które są szkodliwe dla środowiska [5, 6]. Obecnie powszechną metodą postępowania z zanieczyszczonymi sorbentami jest ich zakopywanie albo składowanie [7, 8]. Choć celem tego rodzaju metody jest trwale związanie zanieczyszczeń, to wciąż istnieje bardzo wysokie prawdopodobieństwo wypłukania zanieczyszczeń z odpadów stałych do wód gruntowych, ze względu na słabo poznaną stabilność uzyskanego materiału.

Z drugiej strony, niektóre tradycyjne szlamy i osady przemysłowe są stopniowo rozpoznawane jako nanoodpady z zaadsorbowanymi metalami ciężkimi lub zanieczyszczeniami organicznymi. Przykładowo, w zakładach chloroalkalicznych i produkcji chloranów w Chinach powstaje rocznie ponad 800 kiloton nanoodpadów zawierających $Mg(OH)_2$ [9]. Czasem nanoodpady te zawierają trwale związane toksyczne metale ciężkie. Nanoodpady $Mg(OH)_2$ z przemysłu chloranu sodu i potasu typowo zawierają zaadsorbowany rakotwórczy $Cr(VI)$, ponieważ dwuchromain sodu jest powszechnie stosowany w zakładach produkcji chloranów do utrzymania wysokiej sprawności prądowej [10, 11]. Nanocząstki $Mg(OH)_2$ mają tak duże powinowactwo adsorpcyjne do toksycznego $Cr(VI)$, że usunięcie jonów $Cr(VI)$ z powierzchni ciała stałego tradycyjnymi metodami, takimi jak przemywanie, filtracja czy wirowanie jest trudne. Konwencjonalne postępowanie ze szlamami zawierającymi $Cr(VI)$ polega na składowaniu ich po zredukowaniu toksycznego $Cr(VI)$ do mniej toksycznego $Cr(III)$ [12, 13], przy czym możliwe staje się wtórne zanieczyszczenie z powodu utlenienia $Cr(III)$ z powrotem do $Cr(VI)$ i wchłaniania chromu w łańcuchu pokarmowym.

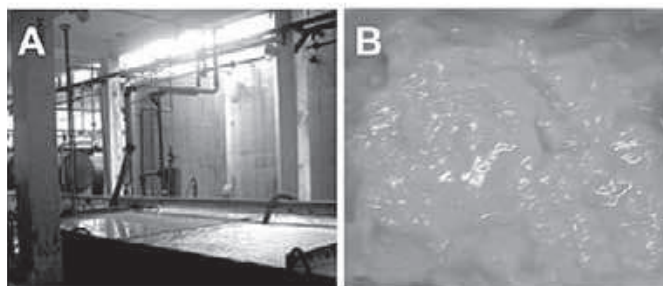
Metale ciężkie, takie jak sześciowartościowy chrom, uran czy arsen, wywierają działanie toksyczne i mutagenne nawet przy bardzo małych stężeniach [14, 15]. Jako najbardziej uciążliwe zanieczyszczenia nie są one biodegradowalne i wykazują tendencję do gromadzenia się w żywych organizmach, powodując trwale skażenie środowiska i stając się poważnym problemem dla zdrowia publicznego. Idealną strategią utylizacji nanosorbentów z ładunkiem metali ciężkich i nanoodpadów zawierających metale ciężkie, jest zatem ostatecznie recykling i ponowne wykorzystanie metali ciężkich.

Mając to na uwadze, Autorzy zaproponowali nowe podejście do problemu postępowania z nanoodpadami zawierającymi metale ciężkie, poprzez przetwarzanie tych nanoodpadów w nietoksyczny materiał masowy i oddzielenie stężonego roztworu metali ciężkich w celu ponownego wykorzystania. W artykule na przykładzie nanoodpadów $Mg(OH)_2$ z zaadsorbowanym $Cr(VI)$, dokonano przeglądu badań przez naukowców z Chińskiej Akademii Nauk, metod szybkiego

przekształcenia nano- $Mg(OH)_2$ w materiał masowy i przedstawiono strategię recyklingu nanosorbentów $Mg(OH)_2$ do stosowania w roztworach o małym stężeniu $Cr(VI)$.

Przetwarzanie nanoodpadów z zaadsorbowanym $Cr(VI)$ z użyciem mineralizatora

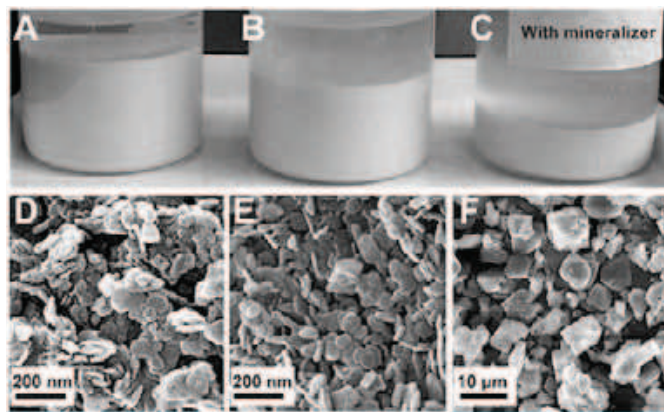
Nanoodpad $Mg(OH)_2$ zawierający $Cr(VI)$ powstał w zakładzie produkcji chloranów na etapie oczyszczania solanki. Nanoodpad składa się z ok. 50% wody i ponad 2000 mg/kg $Cr(VI)$, a głównymi składnikami stałymi są $Mg(OH)_2$ o cząstkach 20 nm oraz $CaCO_3$ o cząstkach 100 nm. Na Rysunku 1 przedstawiono fotografie osadnika w zakładzie chloranów oraz nanoodpadu zawierającego $Cr(VI)$ po filtracji ciśnieniowej. Sedymentacja nanocząstek w osadniku zachodzi z dużą trudnością, a po filtracji ciśnieniowej nanoodpad ma dużą lepkość i zawiera mocno zaadsorbowany toksyczny $Cr(VI)$.



Rys. 1. A) osadnik w zakładzie chloranów, B) nanoodpad zawierający $Cr(VI)$ po filtracji ciśnieniowej

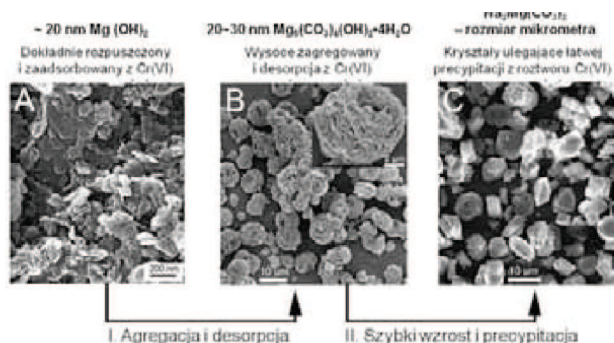
Na podstawie wcześniejszych badań Autorów termodynamiki i kinetyki wzrostu nanokryształów [16 ÷ 19], zaproponowano następującą strategię utylizacji nanoodpadu $Mg(OH)_2$. Dąży się do przetworzenia nanocząstek $Mg(OH)_2$ w materiał masowy, aby oddzielić $Cr(VI)$ od substancji stałej i poddać go recyklingowi. W celu przyspieszenia wzrostu nanokryształów zastosowano mineralizator w postaci $NaHCO_3 + Na_2CO_3$ lub $NaHCO_3$.

Rysunek 2 pokazuje, że wyjściowy nanoodpad zawierał dużo nanocząstek $Mg(OH)_2$, które z trudnością osiadały w roztworze (Rys. 2 A i D). Po zatężeniu w wodzie (bez mineralizatora) nie nastąpiła widoczna zmiana wielkości ani właściwości sedymentacyjnych cząstek stałych (Rys. 2 B i E). To wskazuje, że w warunkach naturalnych, faza $Mg(OH)_2$ może pozostawać stabilna w nanoskali przez długi czas. Jednak gdy nanoodpad zatężono z dodatkiem mineralizatora, cząstki stałe osiadły na dnie zlewki w ciągu zaledwie 20 minut. Obraz ze skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) pokazuje, że nanocząstki zostały już przekształcone w kryształy wielkości rzędu mikronów (Rys. 2 C i F). Próba wymywania $Cr(VI)$ potwierdziła, że tylko próbki, które poddano przetwarzaniu z dodatkiem mineralizatora, spełniały wymagania chińskiej normy środowiskowej dotyczącej postępowania z odpadami chromowymi (HJ/T 301-2007, 0,5 mg/l).



Rys. 2. Próba sedymentacji i obrazy SEM próbek: A i D) wyjściowego nanoodpadu $Mg(OH)_2$; B i E) zateżonej próbki w czystej wodzie (bez mineralizatora) w temp. $180^\circ C$ przez 24 godziny; C i F) zateżonej próbki z mineralizatorem B ($NaHCO_3$ 1,5M) w temp. $180^\circ C$ przez 24 godziny. Stosunek części stałych do cieczy w próbie sedymentacji wynosił 500 g/5000 ml, czas sedymentacji 3 godziny. Zastosowanie mineralizatora A ($NaHCO_3 + Na_2CO_3$) opisano we wcześniejszej pracy [20]

Mechanizm usuwania Cr(VI) w całym procesie zateżenia nanoodpadu $Mg(OH)_2$ z użyciem mineralizatora przedstawiono na Rysunku 3. Oddzielenie Cr(VI) od substancji stałej obejmuje dwa etapy: i) desorpcję Cr(VI) z powierzchni substancji stałej wskutek agregacji nanolameli $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$, w które przekształciły się nanopłytki $Mg(OH)_2$ pod wpływem mineralizatora; ii) skuteczne oddzielenie zateżonego roztworu Cr(VI) od cząstek stałych wskutek szybkiego wzrostu kryształów, które wykazywały znaczący wzrost szybkości sedymentacji [20].



Rys. 3. Mechanizm usuwania Cr(VI) podczas zateżenia nanoodpadu $Mg(OH)_2$ z użyciem mineralizatora

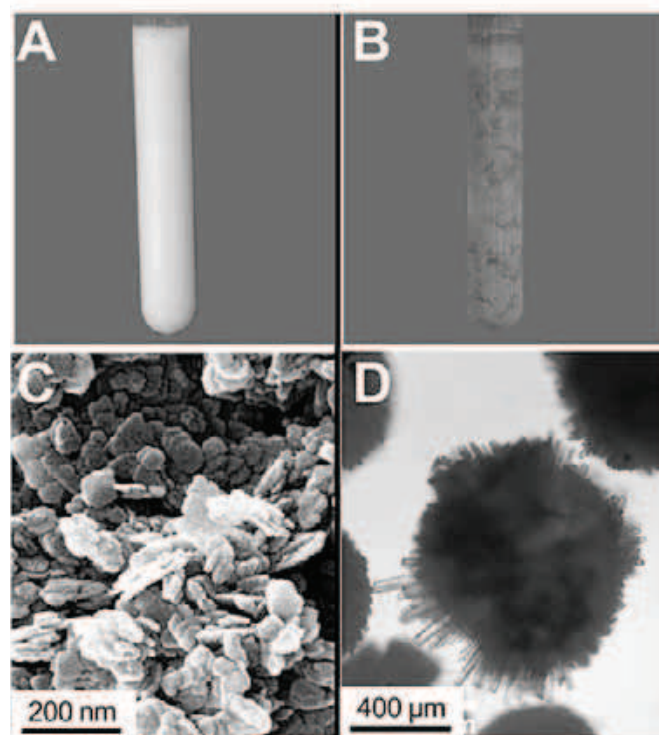
W pierwszym etapie desorpcja Cr(VI) i agregacja nanolameli $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$ zachodziły prawdopodobnie wskutek zmian w ładunku powierzchniowym. Początkowe pH nanoodpadu wynosiło ok. 9, czyli mniej niż w punkcie izoelektrycznym $Mg(OH)_2$ (ok. 11,9), zatem powierzchnia $Mg(OH)_2$ jest naładowana dodatnio. Ładunek dodatni może zarówno sprzyjać adsorpcji anionów Cr(VI) ($Cr_2O_7^{2-}$ lub CrO_4^{2-}) na powierzchni nanopłytek $Mg(OH)_2$, jak i zapobiegać agregacji nanofazy (Rys. 3A). Podczas działania mineralizatora nanopłytki $Mg(OH)_2$ mogą szybko oddziaływać z jonami HCO_3^- na drodze adsorpcji powierzchniowej, czego wynikiem jest tworzenie nanolameli $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$ o podobnej wielkości. Jednocześnie zmniejszenie ładunku powierzchniowego na tym etapie zmienia stan agregacji lameli $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$ w porównaniu do nanopłytek $Mg(OH)_2$, co prowadzi do desorpcji anionów Cr(VI) (Rys. 3B).

W drugim etapie szybkość wzrostu kryształów $Na_2Mg(CO_3)_2$ (kilkanaście mikrometrów na godzinę) jest niezmiernie wysoka w porównaniu do materiałów o podobnej rozpuszczalności, takich jak ZnS w 4M roztworze NaOH (0,02 nm/h poprzez mechanizm zorientowanego przyłączania, albo 0,0026 nm/h poprzez mechanizm dojrzewania Ostwalda). Za zbyt szybki wzrost nanokryształów z zagregowanych

nanolameli $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$ do kryształów $Na_2Mg(CO_3)_2$ wielkości mikronowej odpowiedzialny może być zbiorczy mechanizm przemiany fazowej. Obecnie prowadzone są dalsze badania nad szybkim wzrostem kryształów $Na_2Mg(CO_3)_2$ na drodze agregacji.

Po optymalizacji procesu do warunków przemysłowych przeprowadzono próby pilotowe na I tonie nanoodpadu zawierającego Cr(VI) [21, 22]. Metodą tą można było skutecznie usunąć ponad 97% Cr(VI) przy niskiej wartości wymywania Cr(VI) wynoszącej poniżej 0,5 mg/l. Ponadto, zateżony roztwór Cr(VI) można było ponownie wykorzystać w zakładzie produkcji chloranów, a oczyszczoną substancję stałą poddać próbom recyklingu do stosowania w produkcji materiałów ceramicznych i powłok na metale.

W celu zmniejszenia kosztów przerobu i oszczędności energii, opracowano metodę przetwarzania nanoodpadów zawierających Cr(VI) w temperaturze pokojowej. Na Rysunku 4 porównano fotografie i mikromorfologię wyjściowego nanoodpadu i próbki przetworzonej w temperaturze pokojowej. Stwierdzono, że mechanizm szybkiego wzrostu nanocząstek $Mg(OH)_2$ do materiału masowego w temperaturze pokojowej różni się od mechanizmu tego wzrostu w temperaturze podwyższonej. W tej metodzie nanocząstki $Mg(OH)_2$ przekształcały się w skupiska kryształów $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ (neskwehonitu) o wielkości setek mikronów, co prowadziło do desorpcji anionów Cr(VI) z powierzchni ciała stałego. Prowadzone są dalsze badania dla poznania mechanizmu szybkiego wzrostu w temperaturze pokojowej.



Rys. 4. Fotografie i mikromorfologie próbek: A) fotografia wyjściowego nanoodpadu $Mg(OH)_2$; B) fotografia próbki poddanej działaniu mineralizatora B w temperaturze pokojowej przez 48 h; C) obraz SEM próbki wyjściowej; D) mikrofotografia optyczna próbki przetworzonej

Recykling nanosorbentu $Mg(OH)_2$ w celu wstępnego zateżenia Cr(VI)

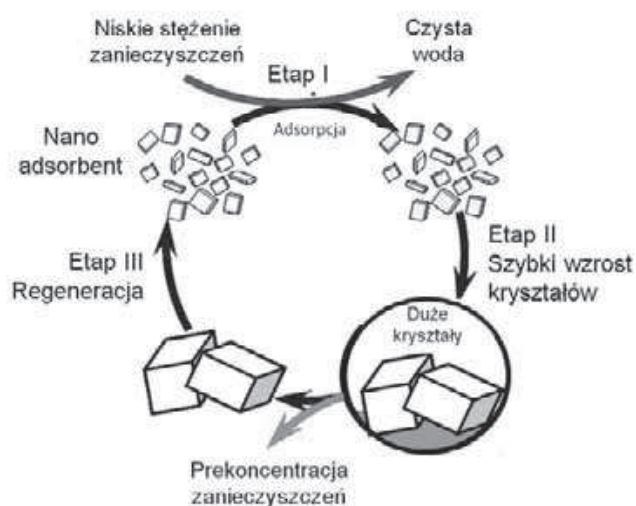
Cr(VI) jest przedmiotem szczególnej uwagi ze względu na jego w bardzo toksyczne, mutagenne i rakotwórcze działanie występujące nawet przy niskich stężeniach. Do usuwania Cr(VI) ze ścieków stosuje się różne metody. Redukcja i wytrącanie [23, 24] stanowi najbardziej dojrzałą i korzystną ekonomicznie metodę oczyszczania ścieków zawierających Cr(VI) w ilościach rzędu dziesiątek lub setek mg/l. Gdy stężenie Cr(VI) jest niskie, tj. poniżej 10 mg/l, potrzebna jest znacznie większa dawka, w wyniku czego wytwarza się duża ilość szlamu, który

wymaga dalszej obróbki. Inne metody, takie jak wymiana jonów [25], elektroliza [26] czy filtracja membranowa [27], choć zazwyczaj skuteczne, wymagają dużych nakładów kapitałowych, a koszt przerobu jest wysoki. Nanosorbenty wydają się najbardziej obiecującą metodą traktowania Cr(VI) o małym stężeniu ze względu na niski koszt, łatwość prowadzenia procesu i wydajność [28].

Jako tani, nietoksyczny i przyjazny dla środowiska nanosorbent, Mg(OH)₂ jest szeroko stosowany do zubożniania ścieków kwaśnych [29], usuwania metali ciężkich [30], odbarwiania ścieków zawierających barwniki [31], usuwania fosforanów i związków amonowych ze ścieków komunalnych [32], odsiarczania spalin [33]. Oprócz usuwania kationów metali ciężkich przez współstrącanie, Mg(OH)₂ ma zdolność usuwania wysoce toksycznych zanieczyszczeń anionowych, takich jak chrom sześciowartościowy (Cr₂O₇²⁻, HCrO₄⁻ i CrO₄²⁻) i arsen (AsO₄³⁻ i AsO₃³⁻), dzięki dodatnio naładowanej powierzchni. W ostatnim dziesięcioleciu światowe roczne zużycie Mg(OH)₂ do oczyszczania ścieków przekroczyło 48 000 ton [33], w wyniku czego powstały ogromne ilości szlamów Mg(OH)₂. Podobnie jak zanieczyszczony nanosorbent Mg(OH)₂, inne nanosorbenty również stają się substancjami szkodliwymi. Zatem, aby móc na dużą skalę stosować nanosorbenty do oczyszczania ścieków, trzeba rozważyć ich recykling.

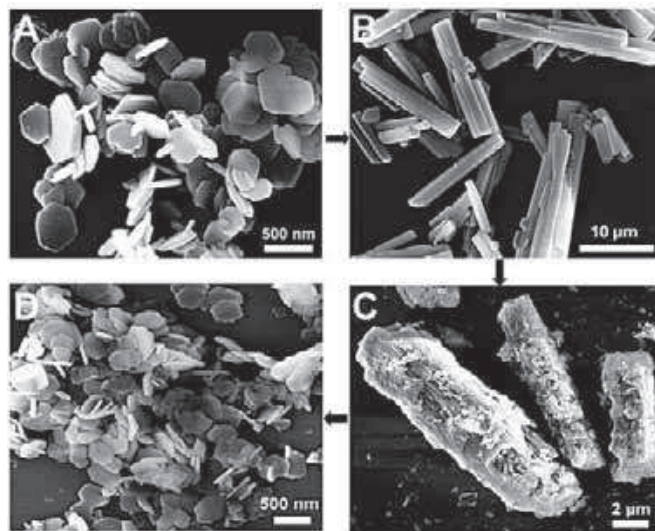
W związku z powyższym idealną metodą traktowania Cr(VI) o małym stężeniu jest zastosowanie nadających się do recyklingu nanosorbentów do wstępnego zatężenia Cr(VI) w celu jego odzyskania lub ponownego wykorzystania. Powszechnym problemem w recyklingu nanosorbentów jest to, że początkowy stan ich powierzchni i ich morfologia – mogą z powodu niestabilności termodynamicznej nanofazy – stopniowo zanikać po kilku cyklach użycia [34], tj. w wyniku rozrostu i agregacji nanocząstek. Najskuteczniejszym rozwiązaniem tego problemu jest opracowanie odwracalnego przekształcenia nanosorbentu w materiał masowy.

Badania Autorów niniejszej publikacji wykazały, że nano-Mg(OH)₂ można przekształcić w masowy MgCO₃·3H₂O pod wpływem NaHCO₃ w temperaturze pokojowej. Zatem łatwo można zaprojektować odwracalną ścieżkę przemiany nano-Mg(OH)₂ w masowy MgCO₃·3H₂O [35], jak pokazano na Rysunku 5. Aby w czasie procesu nie wytwarzać innych ubocznych produktów chemicznych, zamiast mineralizatora (NaHCO₃) użyto CO₂. Recykling nanosorbentu Mg(OH)₂ obejmował trzy główne etapy: (I) użycie nanosorbentu Mg(OH)₂ do adsorpcji ze ścieków Cr(VI) o niskim stężeniu; (II) przekształcenie nanopłytek Mg(OH)₂ z ładunkiem Cr(VI) w masowy MgCO₃·3H₂O na drodze szybkiej transformacji i wzrostu kryształu pod wpływem CO₂; (III) przekształcenie masowego MgCO₃·3H₂O z powrotem w takie same nanopłytki Mg(OH)₂ przez kalcynację i uwodnienie.



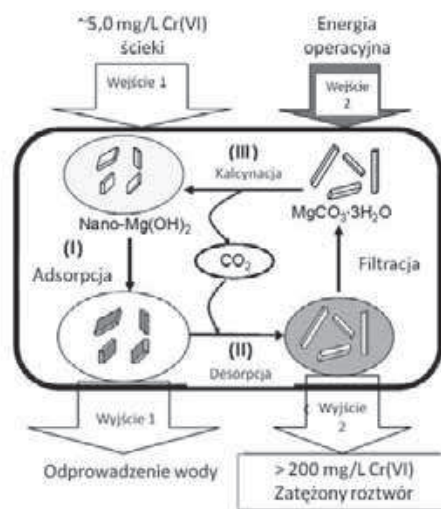
Rys. 5. Schemat eksperymentalny recyklingu nanosorbentu Mg(OH)₂ do usuwania Cr(VI) o niskim stężeniu

W pierwszym etapie wytworzono nano-Mg(OH)₂ wprowadzając ogrzany MgO (600°C) bezpośrednio do ścieków o małym stężeniu Cr(VI), przez co w jednym etapie połączono wytworzenie sorbentu z adsorpcją zanieczyszczenia. Obraz SEM pokazuje, że wytworzony Mg(OH)₂ miał postać nanopłytek (Rys. 6A). Po szybkim wzroście nanokryształów wywołanym przez CO₂ nanopłytki Mg(OH)₂ przekształciły się w pręciki MgCO₃·3H₂O wielkości mikronowej (Rys. 6B). Wielkość i morfologia MgO została zachowana po kalcynacji (Rys. 6C), jednak nanopłytki Mg(OH)₂ zostały zregenerowane po uwodnieniu ogrzanego MgO (Rys. 6D). Zgodnie z przewidywaniami, wyniki pokazały, że nanopłytki Mg(OH)₂ nadal wykazywały dobrą adsorpcję Cr(VI). Podczas recyklingu nanosorbentu Mg(OH)₂, stężenie Cr(VI) można było zwiększyć więcej niż czterdziestokrotnie.



Rys. 6. Obrazy SEM próbek: A) wytworzony nanosorbent Mg(OH)₂; B) masowy MgCO₃·3H₂O; C) MgO z kalcynowanego MgCO₃·3H₂O; D) regenerowany nano-Mg(OH)₂

Mechanizm szybkiego wzrostu od nano-Mg(OH)₂ do masowego MgCO₃·3H₂O badano dalej. Wstępne dane wskazywały na dwuetapowy mechanizm wzrostu nanokryształów, w którym najpierw lamele Mg(OH)₂ ulegają agregacji i tworzą aglomeraty w kształcie pręcików, po czym zagregowane nanocząstki przekształcają się *in situ* w duże kryształy. Prowadzone są nadal bardziej dogłębne badania.



Rys. 7. Zestawienie systemu recyklingu nano-Mg(OH)₂ do wstępnego zatężenia Cr(VI)

Ponieważ ilość CO₂ zużyta w procesie desorpcji (etap II) była taka sama jak ilość CO₂ uwolniona w procesie regeneracji (etap III), recykling nano-Mg(OH)₂ nie wymagał ani stosowania dodatkowych reagentów chemicznych, ani nie wytwarzał żadnych ubocznych produk-

tów chemicznych. Cykl recyklingu nanosorbentu $Mg(OH)_2$ z użyciem CO_2 można rozpatrywać jako „czarną skrzynkę”, w której na wejściu są ścieki o niskim stężeniu, a na wyjściu oczyszczona woda i zateżone roztwory $Cr(VI)$, tak jak pokazano na Rysunku 7. Poza energią do prowadzenia procesu, nie są zużywane ani wytwarzane żadne dodatkowe substancje chemiczne. Zatem cyrkulacja węgla w recyklingu nanosorbentu $Mg(OH)_2$ jest przyjazna dla środowiska. Ta metoda recyklingu nanosorbentu $Mg(OH)_2$ może być również stosowana do innych wysoce toksycznych zanieczyszczeń anionowych występujących w niskich stężeniach, takich jak AsO_4^{3-} lub $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$. Ponadto, taka strategia szybkiego wzrostu nanokryształów może być wykorzystana do utylizacji innych nanoodpadów toksycznych, takich jak szlasy wodorotlenku glinu zawierające metale ciężkie i szlasy pogalwanizacyjne [36].

Podsumowanie i wnioski

W artykule dokonano przeglądu prowadzonych przez grupę naukowców z Chińskiej Akademii Nauk badań szybkiego wzrostu nano- $Mg(OH)_2$ do materiału masowego i możliwości stosowania tego procesu w ochronie środowiska. Pierwszym zastosowaniem szybkiego wzrostu nanokryształów jest przetwarzanie nanoodpadów z zaadsorbowanymi zanieczyszczeniami. Przetwarzanie nanoodpadu $Mg(OH)_2$ z zaadsorbowanym $Cr(VI)$ stanowi przykład przekształcania nanopłytek $Mg(OH)_2$ w nietoksyczny materiał masowy, tj. w kryształy $Na_2Mg(CO_3)_2$ lub $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ wielkości mikronowej, i desorpcję oraz całkowite oddzielenie metalu ciężkiego – $Cr(VI)$ – od substancji stałej. Drugie zastosowanie, to opracowanie strategii recyklingu nanosorbentu $Mg(OH)_2$ do oczyszczania ścieków zawierających w niskich stężeniach wysoce toksyczne zanieczyszczenia anionowe, takie jak CrO_4^{2-} , AsO_4^{3-} lub $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$. W recyklingu nanosorbentu $Mg(OH)_2$ z powodzeniem zastosowano metodę nasycania dwutlenkiem węgla opartą na odwracalnej przemianie nano- $Mg(OH)_2$ w masowy $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ do wstępnego zateżenia $Cr(VI)$. Badanie mechanistyczne wykazało, że podczas szybkiego wzrostu nano- $Mg(OH)_2$ do masowego $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ zachodzi przemiana *in situ* zagregowanych nanocząstek w duże kryształy. Ta strategia szybkiego wzrostu nanokryształów stanowi dobry przykład postępowania z nanoodpadami lub recyklingu nanosorbentów.

Pomoc finansową w prowadzeniu badań zapewnił Chiński Narodowy Program Badań Podstawowych (nr 2010CB933501), Fundusz NSF na rzecz Wybitnych Młodych (21125730), Grant Narodowego Funduszu Nauki (20803082, 20971123), Program Innowacji Wiedzy Chińskiej Akademii Nauk (KJCX1. YW.07, KJCX2-YW-N50), Grant Funduszu Nauki Prowincji Fujian (2009J5017, 2010J01054, 2010J05038), Fundusz Prowincji Fujian na rzecz Wybitnych Młodych (2010J06006), Fundusz Głównego Laboratorium Nanomateriałów Prowincji Fujian (2006L2005) oraz Specjalny Fundusz Startowy dla Wybitnych Doktorów Chińskiej Akademii Nauk.

Literatura

- Sharma Y. C., Srivastava V., Singh V. K., Kaul S. N., Weng C. H.: *Nano-adsorbents for the removal of metallic pollutants from water and wastewater*. Environmental Technology 2009, **30**, 6, 583-609.
- Zhang W. X.: *Nanoscale iron particles for environmental remediation: An overview*. Journal of Nanoparticle Research 2003, **5**, 3-4, 323-332.
- Liang P., Liu Y., Guo L., Zeng J., Lu H. B.: *Multiwalled carbon nanotubes as solid-phase extraction adsorbent for the preconcentration of trace metal ions and their determination by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry*. Journal of Analytical Atomic Spectrometry 2004, **19**, 11, 1489-1492.
- Kaur A., Gupta U.: *A review on applications of nanoparticles for the preconcentration of environmental pollutants*. Journal of Materials Chemistry 2009, **19**, 44, 8279-8289.
- Ray P. C., Yu H. T., Fu P. P.: *Toxicity and Environmental Risks of Nanomaterials: Challenges and Future Needs*. Journal of Environmental Science and Health Part C 2009, **27**, 1, 1-35.
- Musee N.: *Nanowastes and the environment: Potential new waste management paradigm*. Environment International 2011, **37**, 1, 112-128.
- Warren L. A., Maurice P. A., Parmar N., Ferris F.G.: *Microbially mediated calcium carbonate precipitation: Implications for interpreting calcite precipitation and for solid-phase capture of inorganic contaminants*. Geomicrobiology Journal 2001, **18**, 1, 93-115.
- Ona-Nguema G., Morin G., Wang Y. H., Menguy N., Juillot F., Olivieri L., Aquilanti G., Abdelmoula M., Ruby C., Bargar J. R., Guyot F., Calas G., Brown G. E.: *Arsenite sequestration at the surface of nano- $Fe(OH)(2)$, ferrous-carbonate hydroxide, and green-rust after bioreduction of arsenic-sorbed lepidocrocite by Shewanella putrefaciens*. Geochimica et Cosmochimica Acta 2009, **73**, 5, 1359-1381.
- Kent J. A.: *Riegel's handbook of industrial chemistry*. Springer 2003.
- Viswanathan K., Tilak B. V.: *Chemical, electrochemical, and technological aspects of sodium chlorate manufacture*. Journal of The Electrochemical Society 1984, **131**, 7, 1551-1559.
- Li M., Twardowski Z., Mok F., Tam N.: *Sodium molybdate – a possible alternate additive for sodium dichromate in the electrolytic production of sodium chlorate*. Journal of Applied Electrochemistry 2007, **37**, 4, 499-504.
- Su C. M., Ludwig R. D.: *Treatment of hexavalent chromium in chromite ore processing solid waste using a mixed reductant solution of ferrous sulfate and sodium dithionite*. Environmental Science & Technology 2005, **39**, 16, 6208-6216.
- Cheremisinoff N. P.: *Handbook of Solid Waste Management and Waste Minimization Technologies*. Elsevier 2003.
- Cieslak-Golonka M.: *Toxic and mutagenic effects of chromium(VI). A review*. Polyhedron 1996, **15**, 21, 3667-3689.
- Smith A. H., Steinmaus C.M.: *Health Effects of Arsenic and Chromium in Drinking Water: Recent Human Findings*. Annual Review of Public Health 2009, **30**, 107-122.
- Huang F., Zhang H. Z., Banfield J. F.: *Two-stage crystal-growth kinetics observed during hydrothermal coarsening of nanocrystalline ZnS*. Nano Letters 2003, **3**, 3, 373-378.
- Huang F., Zhang H.Z., Banfield J.F.: *The role of oriented attachment crystal growth in hydrothermal coarsening of nanocrystalline ZnS*. The Journal of Physical Chemistry A 2003, **107**, 38, 10470-10475.
- Huang F., Banfield J. F.: *Size-dependent phase transformation kinetics in nanocrystalline ZnS*. Journal of the American Chemical Society 2005, **127**, 12, 4523-4529.
- Zhang J., Lin Z., Lan Y. Z., Ren G. Q., Chen D. G., Huang F., Hong M. C.: *A multistep oriented attachment kinetics: Coarsening of ZnS nanoparticle in concentrated NaOH*. Journal of the American Chemical Society 2006, **128**, 39, 2981-2987.
- Liu W. Z., Huang F., Liao Y. Q., Zhang J., Ren G. Q., Zhuang Z. Y., Zhen J. S., Lin Z., Wang C.: *Treatment of Cr-VI-containing Mg(OH)(2) nanowaste*. Angewandte Chemie International Edition 2008, **47**, 30, 5619-5622.
- Liu W. Z., Huang F., Liao Y. Q., Zhang J., Ren G. Q., Zhuang Z. Y., Zhen J. S., Lin Z., Wang C.: *Supporting Information-Treatment of Cr-VI-containing Mg(OH)(2) nanowaste*. http://www.wiley-vch.de/contents/jc_2002/2008/z800172_s.pdf
- Liu W. Z., Xu X. J., Wang Y. J., He Z., Zhuo N., Huang F., Lin Z.: *Treatment of Cr(VI)-containing nanowastes via the growth of nanomaterial*. Chinese Science Bulletin 2010, **55**, 4-5, 373-377.
- Qin G., McGuire M. J., Blute N. K., Seidel C., Fong L.: *Hexavalent chromium removal by reduction with ferrous sulfate, coagulation, and filtration: A pilot-scale study*. Environmental Science & Technology 2005, **39**, 16, 6321-6327.
- Yang J. E., Kim J. S., Ok Y. S., Yoo K. R.: *Mechanistic evidence and efficiency of the Cr(VI) reduction in water by different sources of zerovalent irons*. Water Science and Technology 2007, **55**, 1-2, 197-202.
- Rengaraj S., Yeon K. H., Moon S. H.: *Removal of chromium from water and wastewater by ion exchange resins*. Journal of Hazardous Materials 2001, **87**, 1-3, 273-287.
- Korzenowski C., Rodrigues M., Bresciani L., Bernardes A. M., Ferreira J. Z.: *Purification of spent chromium bath by membrane electrolysis*. Journal of Hazardous Materials 2008, **152**, 3, 960-967.
- Pagana A. E., Sklari S. D., Kikkinides E. S., Zaspalis V. T.: *Microporous ceramic membrane technology for the removal of arsenic and chromium ions from contaminated water*. Microporous and Mesoporous Materials 2008, **110**, 1, 150-156.
- Qu J. H.: *Research progress of novel adsorption processes in water purification: A review*. Journal of Environmental Sciences-China 2008, **20**, 1, 1-13.

29. Wu Q. Z.: *Potential applications of magnesium hydroxide for municipal wastewater treatment-Sludge digestion enhancement and nutrient removal*. Ohio USA: University of Cincinnati, 2002.
30. Moore R. C., Anderson D. R.: *Arsenic removal from water*. US7247242-B1, U. S. A.
31. Lazaridis N. K., Karapantsios T. D., Georgantas D.: *Kinetic analysis for the removal of a reactive dye from aqueous solution onto hydrotalcite by adsorption*. *Water Research* 2003, **37**, 12, 3023-3033.
32. Shin H. S., Lee S. M.: *Removal of nutrients in wastewater by using magnesium salts*. *Environ Technol.* 1998, **19**, 3, 283-90.
33. Schlag S., Fujita K., Glauser J.: *Stanford Research Institute Magnesium oxide and other magnesium chemicals*. California: Chemical Economics Handbook, 2007.
34. Gilbert B., Ono R. K., Ching K. A., Kim C.S.: *The effects of nanoparticle aggregation processes on aggregate structure and metal uptake*. *Journal of Colloid and Interface Science* 2009, **339**, 2, 285-295.
35. Liu W. Z., Huang F., Wang Y. J., Zou T., Zheng J. S., Lin Z.: *Recycling Mg(OH) (2) Nanoadsorbent during Treating the Low Concentration of Cr(VI)*. *Environmental Science & Technology* 2011, **45**, 5, 1955-1961.
36. Zhuang Z. Y., Xu X. J., Wang Y. J., Huang F., Lin Z.: *Treatment of nano-waste via fast crystal growth: With recycling of nano-SnO₂ from electroplating sludge as a study case*. *Journal of Hazardous Materials* 2011, doi: 10.1016/j.hazmat.2011.09.036.

Dr Weizhen LIU ukończyła studia doktoranckie w Instytucie Badawczym Budowy Materii Prowincji Fujian Chińskiej Akademii Nauk (ChAN) w 2010 r., pod kierunkiem prof. Zhang LIN. Obecnie pracuje jako adiunkt na Wydziale Materiałoznawstwa Polytech'Nantes Uniwersytetu w Nantes we Francji. Jej zainteresowania naukowe obejmują kinetykę wzrostu nanocząstek i ich zastosowania w ochronie środowiska, wytwarzanie nanomateriałów funkcjonalnych oraz badanie ich właściwości fizykochemicznych.

Prof. Feng HUANG uzyskał stopień doktora fizyki materii skondensowanej w 1999 r. w Instytucie Fizyki ChAN. W latach 2000 – 2004 pracował jako adiunkt na Uniwersytecie Wisconsin-Madison oraz na Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley w USA. Obecnie jest profesorem w Instytucie Badawczym Budowy Materii Prowincji Fujian ChAN. Jego zainteresowania naukowe obejmują termodynamikę, przemiany fazowe oraz kinetykę wzrostu nanocząstek.

Zhang LIN jest od 2004 r. profesorem nauki o środowisku i chemii fizycznej w Instytucie Badawczym Budowy Materii Prowincji Fujian ChAN. Stopień doktora chemii fizycznej uzyskała w Instytucie Chemii ChAN w 1999 r. i była adiunktem na Wydziale Chemii Uniwersytetu Wisconsin-Madison oraz na Oddziale Nauki o Środowisku w Lawrence Berkeley National Lab od roku 1999 do 2004. Prowadzi badania nad kinetyką wzrostu nanocząstek i ich zastosowaniami w ochronie środowiska. Zajmuje się również mikrobiologicznym wytrącaniem minerałów, budową, właściwościami i przemianami nanocząstek biogenicznych. Jest autorką i współautorką ponad 85 prac opublikowanych.

telefon i faks: (+086) 591 83705445
e-mail: zlin@fjirms.ac.cn

Nano-Biotechnologia PL 2012

Konferencja Nano-Biotechnologia PL 2012, organizowana przez Polskie Towarzystwo Badań Materiałowych PTBM oraz NanoForCE Nanotechnology for Chemical Enterprises odbędzie się 17 i 18 września 2012 r. w Małej Auli Politechniki Warszawskiej. Będzie to wydarzenie towarzyszące konferencji E-MRS Fall Meeting 2012.

Celem konferencji będzie:

- Przedstawienie najnowszych trendów rozwoju nano-biotechnologii w Polsce i na świecie
- Stworzenie możliwości do nawiązania współpracy między środowiskami nauki, przemysłu i biznesu
- Stworzenie skutecznego i wpływowego środowiska nano-biotechnologicznego.

Tematami w tym roku będą:

- Nanomedycyna
- Medycyna regeneracyjna
- Nanodiagnostyka
- Celowane dostarczanie leków
- Nano-bio materiały dla medycyny
- Nano-kosmetyki
- Bio-nanomateriały
- Nanotechnologia dla zdrowej żywności
- Nanotechnologia w opakowaniach żywności
- Nanotechnologia dla leśnictwa i rolnictwa
- Nanotechnologia dla ochrony środowiska
- Nanotoksykologia
- Nanometrologia dla nanobiotechnologii
- Konwergencja nanotechnologii: bio, nano, info
- Aspekty regulacyjne nanotechnologii
- Odbiór publiczny nanotechnologii

Priorytet w przyznaniu referatów będą mieli przedstawiciele przemysłu.

(<http://science24.com>)