

Streszczenie

Artykuł I skupia się na degradacji barwników, które są syntetycznymi związkami organicznymi powszechnie stosowanymi w przemyśle tekstylnym i spożywczym. Szczególną uwagę zwrócono na Rodminę B. Artykuł stawia sobie za cel analizę degradacji Rodaminy B oraz innych barwników, takich jak Sudan I i Błękit Metylowy, przy użyciu nanocząstek Fe_3O_4 .

Nanocząstki magnetytu o niesferycznym kształcie (oktaedralnym i sześciennym) zostały zsyntetyzowane metodą współstrącania w roztworze o wysokim pH, bez użycia modyfikatorów organicznych.

Do określenia składu chemicznego, struktury i morfologii nanocząstek Fe_3O_4 wykorzystano mikroskopię transmisyjną (TEM) i dyfrakcję rentgenowską (XRD). Badania potwierdziły, że nanocząstki mają dobrze uformowaną strukturę krystaliczną, a większość z nich przybiera kształty oktaedralne lub sześciennie.

Przeprowadzono testy degradacji trzech barwników: Sudanu I, Rhodaminy B oraz Błękitu Metylowego. W tym celu przygotowano roztwory barwników i wystawiono je na działanie promieniowania UV w obecności nanocząstek Fe_3O_4 i nadtlenu wodoru (H_2O_2). Procesy degradacji były monitorowane za pomocą spektrofotometru UV-Vis.

Badania mikroskopowe wykazały, że nanocząstki Fe_3O_4 mają tendencję do aglomeracji ze względu na wysoką energię powierzchniową. Struktura krystaliczna magnetytu została potwierdzona przez analizę dyfrakcji rentgenowskiej i wzory dyfrakcji elektronów.

Degradacja barwników przebiegała w różnych warunkach, z różnym stopniem adsorpcji na powierzchni nanocząstek. Badania wykazały, że Rhodamina B ulega degradacji zgodnie z modelem kinetyki rzędu zerowego, podczas gdy Błękit Metylowy podąża za modelem kinetyki rzędu pierwszego.

Degradacja Sudanu I zachodzi w dwóch etapach: hydroksylacji oraz rozkładu produktów pośrednich. Proces ten różni się od degradacji Rhodaminy B i Błękitu Metylowego i nie podlega prostemu modelowi kinetycznemu. Proponowany mechanizm opiera się na reakcji foto-Fentona, w której rodniki hydroksylowe atakują cząsteczki Sudanu I, prowadząc do powstania produktów pośrednich, takich jak 4'-OH-Sudan I i 6-OH-Sudan I.

Nanocząstki Fe_3O_4 o niesferycznym kształcie, zsyntetyzowane metodą współstrącania, mogą być efektywnie wykorzystywane do degradacji barwników takich jak Rhodamina B, Błękit Metylowy i Sudan I. Proces degradacji barwników różni się w zależności od zdolności adsorpcji na powierzchni nanocząstek, a mechanizm degradacji Sudanu I wymaga dwustopniowego podejścia.

Artykuł II również koncentruje się na badaniach nad zastosowaniem nanocząsteczek magnetytowych w procesach katalitycznych, a zwłaszcza w reakcji foto-Fentona, która jest stosowana do degradacji zanieczyszczeń organicznych w środowisku wodnym.

Nanocząstki magnetytu (Fe_3O_4) zyskują na popularności ze względu na ich unikalne właściwości, takie jak superparamagnetyzm, niskie koszty syntezy oraz szerokie możliwości modyfikacji struktury. Funkcjonalizacja ich powierzchni może zapobiegać aglomeracji, a także zwiększać ich stabilność. Kwas malonowy działa jako stabilizator, który tworzy silne wiązania chemiczne z jonami żelaza, zapobiegając dalszej oksydacji powierzchni nanocząstek.

Nanocząstki Fe_3O_4 zsyntetyzowano metodą współstrącania w wodzie dejonizowanej z dodatkiem chlorku żelaza i siarczanu żelaza. W celu funkcjonalizacji, nanocząstki poddano działaniu kwasu malonowego, co miało na celu stabilizację powierzchni i zmniejszenie ich aglomeracji.

Wykorzystano dyfrakcję rentgenowską (XRD) oraz mikroskopię transmisyjną (TEM) do analizy struktury i morfologii nanocząstek. Zastosowano także spektroskopię Mössbauera do analizy właściwości magnetycznych oraz dielektrycznych. Wydajność procesu dekoloryzacji była mierzona za pomocą spektrofotometru UV-Vis.

Badania degradacji barwnika Rhodamina B w reakcji Fentona i foto-Fentona wykazały, że nanocząstki po funkcjonalizacji miały obniżoną aktywność katalityczną. Efektywność degradacji zmniejszyła się z 86% do 35% w reakcji Fentona, a w procesie foto-Fentona z 93% do 85,5%.

Funkcjonalizacja kwasem malonowym ograniczyła zdolność do katalizy, wiążąc jony Fe^{2+} na powierzchni nanocząstek. Jednocześnie, nanocząstki te wykazywały lepszą stabilność magnetyczną oraz wyższą magnetyzację nasycenia (68 emu/g w porównaniu do 64 emu/g dla niezmodyfikowanych nanocząstek).

Modyfikacja powierzchni kwasem malonowym poprawiła przewodność elektryczną nanocząstek poprzez zmniejszenie warstwy utlenionej, co ułatwiło przepływ nośników ładunku w warstwach granicznych.

Nanocząstki magnetytu stabilizowane kwasem malonowym mają mniejsze aglomeraty, lepszą przewodność elektryczną oraz wyższą stabilność magnetyczną. Jednakże, ich aktywność katalityczna w reakcjach Fentona i foto-Fentona uległa pogorszeniu na skutek funkcjonalizacji powierzchni.

Artykuł III koncentruje się na porównaniu właściwości mechanicznych, strukturalnych i katalitycznych dwóch stopów wysokiej entropii (HEA) — AlCoFeNiTi oraz AlCoFeNiTiSi . Celem artykułu było zbadanie wpływu dodatku krzemu na mikrostrukturę, fazy składowe oraz zdolność katalityczną stopów w procesach degradacji barwników organicznych. Szczególna uwaga została poświęcona analizie składu fazowego, twardości, odporności na korozję oraz aktywności katalitycznej w heterogenicznej reakcji foto-Fentona.

Stopy wysokiej entropii (HEA) charakteryzują się unikalną kombinacją właściwości, takich jak wysoka wytrzymałość mechaniczna, stabilność termiczna oraz odporność na korozję. W literaturze często podkreśla się znaczenie tych materiałów w trudnych warunkach środowiskowych, co czyni je idealnymi kandydatami do zastosowań przemysłowych, takich jak katalizatory w procesach chemicznych. W artykule szczegółowo przeanalizowano wpływ krzemu jako dodatku stopowego na strukturę i właściwości AlCoFeNiTi , aby lepiej zrozumieć, jak wpływa on na zdolności katalityczne oraz mechaniczne tego stopu.

Celem artykułu było porównanie mikrostruktury, składu fazowego oraz właściwości mechanicznych i katalitycznych stopów AlCoFeNiTi oraz AlCoFeNiTiSi . Badania miały na celu określenie, w jaki sposób dodatek krzemu wpływa na stabilność fazową, twardość oraz odporność na korozję tych stopów, a także ich efektywność jako katalizatorów w procesie degradacji barwników organicznych.

Próbki stopów zostały przygotowane za pomocą metody odlewania indukcyjnego, a następnie poddane analizie za pomocą technik, takich jak skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM), dyfrakcja rentgenowska (XRD) oraz pomiar twardości Vickersa. Mikrostruktura i skład fazowy

stopów były szczegółowo badane w celu identyfikacji wpływu krzemu na proces tworzenia faz i mikrostrukturę materiałów. Ponadto, badania katalityczne obejmowały reakcję foto-Fentona w obecności barwnika Rhodamine B, co umożliwiło ocenę efektywności katalitycznej stopów.

Analiza SEM wykazała, że dodatek krzemu znacząco zmienił mikrostrukturę stopu AlCoFeNiTi. Wprowadzenie krzemu prowadziło do powstania drobniejszych ziaren, co wpłynęło na lepszą jednorodność mikrostruktury. Badania XRD wykazały obecność nowych faz w stopie AlCoFeNiTiSi, takich jak faza międzymetaliczna AlNiSi, która nie była obecna w stopie bez krzemu. Obecność tej fazy przyczyniła się do stabilizacji struktury stopu i zwiększenia jego odporności na korozję oraz wytrzymałości mechanicznej.

Pomiar twardości Vickersa wykazał, że stop AlCoFeNiTiSi charakteryzował się wyższą twardością w porównaniu do stopu AlCoFeNiTi. Zmniejszenie wielkości ziaren oraz obecność stabilnych faz międzymetalicznych przyczyniły się do wzrostu twardości, co sugeruje, że dodatek krzemu poprawia właściwości mechaniczne stopów. Badania wytrzymałości na rozciąganie wykazały, że stop z dodatkiem krzemu jest bardziej odporny na deformacje plastyczne, co czyni go bardziej odpowiednim do zastosowań, w których wymagana jest wysoka wytrzymałość mechaniczna.

Badania odporności na korozję przeprowadzono w roztworach kwaśnych i zasadowych, symulujących agresywne warunki środowiskowe. Wyniki wykazały, że dodatek krzemu znacząco poprawił odporność na korozję stopu AlCoFeNiTi. Powstanie fazy AlNiSi tworzyło barierę ochronną na powierzchni stopu, co zmniejszało szybkość korozji. Stop AlCoFeNiTiSi wykazywał znacznie wyższą odporność na działanie kwasów i zasad niż jego odpowiednik bez krzemu.

Badania katalityczne przeprowadzono w reakcji foto-Fentona, stosując Rhodamine B jako modelowy barwnik. Wyniki wykazały, że stop AlCoFeNiTiSi wykazuje wyższą aktywność katalityczną w porównaniu do stopu AlCoFeNiTi. Dodatek krzemu zwiększał ilość aktywnych miejsc katalitycznych na powierzchni stopu, co przyczyniło się do szybszej degradacji barwnika. Przy pH 4 i stężeniu katalizatora na poziomie 0,4 g/l uzyskano 89,2% degradacji Rhodamine B po 60 minutach reakcji, co stanowiło lepszy wynik niż w przypadku stopu bez krzemu.

Wyniki badań potwierdziły, że dodatek krzemu do stopu AlCoFeNiTi prowadzi do znaczącej poprawy jego właściwości mechanicznych i katalitycznych. Mikrostruktura stopu z krzemem była bardziej jednorodna, a obecność faz międzymetalicznych przyczyniła się do wzrostu twardości oraz odporności na korozję. Zwiększona aktywność katalityczna stopu AlCoFeNiTiSi sugeruje, że jest to materiał o dużym potencjale do zastosowań w procesach oczyszczania ścieków.

Badania wykazały, że wprowadzenie krzemu do stopu AlCoFeNiTi znacząco poprawia jego właściwości mechaniczne, takie jak twardość i wytrzymałość, oraz odporność na korozję. Dodatkowo, stop AlCoFeNiTiSi wykazał wyższą aktywność katalityczną w reakcji foto-Fentona, co czyni go bardziej efektywnym w procesach degradacji barwników organicznych. Wyniki te sugerują, że stop AlCoFeNiTiSi ma duży potencjał do zastosowań w przemyśle, gdzie wymagana jest wysoka wytrzymałość mechaniczna i odporność na trudne warunki środowiskowe.

Artykuł IV przedstawia badania nad zastosowaniem nanomateriałów magnetycznych jako katalizatorów w heterogenicznych procesach oksydacyjnych, wykorzystywanych do degradacji barwników organicznych w roztworze wodnym. Szczególną uwagę poświęcono badaniu stabilności nanomateriałów, ich zdolności do wielokrotnego użytku oraz odporności na utratę aktywności katalitycznej. Przeanalizowano także efektywność różnych

nanomateriałów w degradacji Rhodamine B oraz Sudan I, a wyniki wskazują na ich duży potencjał w oczyszczaniu ścieków przemysłowych.

Zaawansowane procesy oksydacyjne (AOP), takie jak reakcje foto-Fentona, są powszechnie stosowane w usuwaniu zanieczyszczeń organicznych z wód i ścieków. Kluczową rolę w tych procesach odgrywają katalizatory, które mogą znacząco przyspieszać tempo degradacji szkodliwych substancji. Nanomateriały magnetyczne, takie jak Fe_3O_4 (magnetyt), wykazują wysoką aktywność katalityczną oraz łatwość odzysku z reakcji za pomocą pola magnetycznego. W artykule przedstawiono badania nad optymalizacją struktury nanomateriałów, tak aby poprawić ich wydajność oraz trwałość w procesach degradacji organicznych barwników.

Głównym celem badań było określenie stabilności nanomateriałów magnetycznych w wielokrotnym użyciu oraz ocena ich efektywności w heterogenicznych reakcjach foto-Fentona. W artykule badano także wpływ różnych parametrów reakcji, takich jak stężenie katalizatora i czas reakcji, na skuteczność degradacji Rhodamine B. Zakładano, że nanomateriały magnetyczne, ze względu na swoje właściwości magnetyczne i katalityczne, mogą stanowić efektywne narzędzie do oczyszczania ścieków przemysłowych.

Nanomateriały magnetyczne zostały przygotowane przy użyciu metody współstrącania, a ich struktura została zbadana za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) oraz dyfrakcji rentgenowskiej (XRD). W celu oceny efektywności katalitycznej, przeprowadzono reakcje foto-Fentona w obecności barwnika Rhodamine B, mierząc tempo degradacji barwników w różnych warunkach, takich jak pH i stężenie katalizatora. Badano również stabilność katalizatorów poprzez przeprowadzanie wielokrotnych cykli reakcji, a następnie ocenę ich aktywności.

Reakcje foto-Fentona przeprowadzono w obecności nanomateriałów magnetycznych, a efektywność katalizatora oceniano na podstawie tempa degradacji Rhodamine B. Wyniki wykazały, że nanomateriały magnetyczne były wyjątkowo skuteczne w degradacji Rhodamine B, uzyskując ponad 90% degradacji po 45 minutach reakcji. Niemal identyczne rezultaty osiągnięto dla każdego z przebadanego pH (3-6,5). Oznacza, że nanomateriały magnetyczne są katalizatorami, zdolnymi do degradacji barwników. Brak istotnych różnic w procesie degradacji dla całego zbadanego pH jest efektem zastosowania nadwęglanu sodu zamiast klasycznego nadtlenku wodoru.

Stabilność nanomateriałów magnetycznych badano poprzez przeprowadzanie wielokrotnych cykli reakcji foto-Fentona. Po pięciu cyklach reakcji nanomateriały zachowały ponad 90% swojej pierwotnej aktywności katalitycznej, co potwierdza ich wysoką trwałość i możliwość wielokrotnego użycia. Analiza SEM po wielokrotnych cyklach wykazała minimalne zmiany w strukturze nanocząsteczek, co sugeruje, że są one odporne na degradację w trudnych warunkach reakcyjnych.

Badania wykazały, że stężenie katalizatora ma znaczący wpływ na efektywność procesu degradacji barwników. Zwiększenie stężenia katalizatora przyspieszyło tempo degradacji barwników, jednak osiągając swoje optimum przy wartości $0,6 \text{ mg/dm}^3$ dalsze zwiększanie stężenia katalizatora nie przyniosło poprawy efektywności a nawet jej spadek.

Wyniki badań potwierdziły, że nanomateriały magnetyczne stanowią wydajne i stabilne katalizatory do zastosowań w heterogenicznych procesach oksydacyjnych. Ich zdolność do wielokrotnego użycia, wysoka aktywność katalityczna oraz odporność na degradację sprawiają, że są one idealnymi kandydatami do zastosowań w przemyśle chemicznym, zwłaszcza w procesach dekoloryzacji wywołanych przez barwniki. Optymalne warunki reakcji,

takie jak pH oraz stężenie katalizatora i utleniacza, zostały dokładnie zbadane, co pozwoliło na maksymalizację wydajności procesu.

Badania wykazały, że nanomateriały magnetyczne są skutecznymi katalizatorami w procesach foto-Fentona, zdolnymi do szybkiej i efektywnej degradacji barwników organicznych, takich jak Rhodamine B. Ich stabilność oraz możliwość wielokrotnego użytku sprawiają, że są one atrakcyjnym rozwiązaniem dla przemysłowych procesów oczyszczania wód i ścieków. Dalsze badania mogłyby koncentrować się na optymalizacji struktury nanomateriałów oraz badaniu ich efektywności w degradacji innych zanieczyszczeń organicznych.

Artykuł V opisuje innowacyjne badania nad zastosowaniem kwazikryształów jako katalizatorów w procesie foto-Fentona, mającym na celu dekoloryzację barwnika organicznego Rhodaminy B. W artykule przedstawiono zmodyfikowaną wersję reakcji foto-Fentona, w której kwazikryształy ($Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$) służą jako źródło jonów żelaza, a nadwęglan sodu (SP) jako alternatywne źródło nadtlenu wodoru (H_2O_2). Wyniki badań wykazały wysoką efektywność kwazikryształów w procesie dekoloryzacji barwników oraz ich potencjał do wielokrotnego użytku.

Celem badań było zbadanie możliwości zastosowania kwazikryształów jako efektywnych katalizatorów w procesie foto-Fentona oraz ocena ich skuteczności w degradacji Rhodaminy B. Przeanalizowano wpływ różnych parametrów reakcji, takich jak stężenie kwazikryształów i nadwęglan sodu, na efektywność degradacji barwników. Zakładano, że kwazikryształy będą stanowiły wydajne źródło jonów żelaza, co pozwoli na zwiększenie efektywności procesu w porównaniu do metody referencyjnej.

Kwazikryształy $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$ zostały przygotowane poprzez odlewanie stopu aluminium, miedzi i żelaza. Ich struktura i faza icosahedralna została potwierdzona za pomocą dyfrakcji rentgenowskiej (XRD) oraz mikroskopii elektronowej (SEM). Badania katalityczne przeprowadzono w reakcji foto-Fentona, wykorzystując Rhodamine B jako modelowy barwnik. Reakcje prowadzono w różnych stężeniach kwazikryształów i nadtlenu sodu, a ich efektywność oceniano na podstawie tempa dekoloryzacji barwnika.

Analizy SEM i XRD potwierdziły obecność fazy icosahedralnej w kwazikryształach $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$, co czyni je stabilnymi materiałami o wysokiej wytrzymałości mechanicznej. Struktura kwazikryształów pozwalała na efektywne uwalnianie jonów żelaza do roztworu reakcyjnego, co było kluczowe dla inicjacji procesu foto-Fentona. Wysoka stabilność termiczna i chemiczna kwazikryształów czyni je idealnymi do zastosowań w agresywnych warunkach reakcyjnych.

Reakcje foto-Fentona w obecności kwazikryształów i nadtlenu sodu wykazały wysoką efektywność w dekoloryzacji Rhodaminy B. Optymalne wyniki uzyskano przy stężeniu kwazikryształów 8,3 g/l oraz nadtlenu sodu 33,3 g/l, co pozwoliło na degradację 95% barwnika po 60 minutach reakcji. W porównaniu do tradycyjnego procesu foto-Fentona ($UV/Fe^{2+}/H_2O_2$), reakcja z kwazikryształami wykazywała wyższą efektywność oraz szybsze tempo degradacji.

Badania wykazały, że zwiększenie stężenia kwazikryształów powyżej 8,3 g/l nie przynosiło dalszej poprawy efektywności degradacji, co sugeruje, że ta ilość kwazikryształów była wystarczająca do osiągnięcia maksymalnej efektywności procesu.

Wyniki badań potwierdziły, że kwazikryształy $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$ są efektywnymi katalizatorami w zmodyfikowanej reakcji foto-Fentona. Ich unikalna struktura icosahedralna oraz zdolność do uwalniania jonów żelaza sprawiają, że są one wydajnym katalizatorem.