

Paulina DAWCZAK^{1,2} i Mariusz DUDZIAK^{2*}

ZASTOSOWANIE PROCESU FENTONA W OCZYSZCZANIU ŚCIEKÓW Z PRZEMYSŁU ODLEWNICZEGO

APPLICATION OF THE FENTON PROCESS IN THE TREATMENT OF WASTEWATER FROM THE FOUNDRY INDUSTRY

Abstrakt: Celem pracy była ocena skuteczności procesu Fentona w oczyszczaniu wybranych ścieków z przemysłu odlewniczego, które wstępnie poddano koagulacji. W procesie koagulacji wydzielono ze ścieków zanieczyszczenia występujące zarówno w fazie zawieszonej, jak i koloidalnej. Dobór korzystnego przebiegu procesu Fentona prowadzono pod względem następujących parametrów: pH ścieków, dawki nadtlenu wodoru, stosunku masowego $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ oraz czasu procesu. Dobrane parametry procesu Fentona wynosiły odpowiednio: pH ścieków 2,5, dawka nadtlenu wodoru $5,00 \text{ g/dm}^3$, stosunek masowy $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2 = 0,3$ oraz czas procesu 120 min. Dla podanych parametrów wykazano wysoką skuteczność procesu Fentona w obniżeniu chemicznego zapotrzebowania tlenu (ChZT) badanych ścieków z przemysłu odlewniczego. W ściekach obniżyło się również stężenie niejonowych substancji powierzchniowo czynnych (NSPC).

Słowa kluczowe: przemysł odlewniczy, oczyszczanie ścieków, proces Fentona

Wprowadzenie

Wzrost automatyzacji i intensyfikacja procesów produkcyjnych, przy jednoczesnym ograniczaniu ich wodochłonności, prowadzi do znaczącego wzrostu ładunku zanieczyszczeń zawartych w ściekach przemysłowych. Mając na uwadze postępującą degradację środowiska przyrodniczego, pojawia się konieczność ograniczania negatywnego wpływu przemysłu na różne elementy środowiska, w tym m.in. na wody powierzchniowe, poprzez stosowanie skutecznych metod oczyszczania ścieków. Taka sytuacja dotyczy różnych rodzajów przemysłu, w tym przemysłu odlewniczego.

Wśród istotnych aspektów środowiskowych przemysłu odlewniczego metali nieżelaznych można wyróżnić emisję zanieczyszczeń organicznych pochodzących z pirolizy i termicznego rozkładu spoiw, powłok ochronnych itp. (m.in. fenolu, formaldehydu, amin, cyjanowodoru, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych - WWA, benzenu, lotnych związków organicznych - LZO), a także generowania ścieków np. z mokrego odpylania, a w przypadku odlewania ciśnieniowego transportu płynów hydraulicznych lub środka chłodzącego do obiegu wodnego w zakładzie przemysłowym. Generowane są także znaczne ilości wód popłucznych, zużyte kąpiele zawierające wysokie stężenia żywic, a także ścieki z urządzeń technologicznych zawierające przerepracowane płyny hydrauliczne, chłodziwa czy środki antyadhezyjne i smarne form odlewniczych [1, 2]. Skład wielu preparatów stosowanych w procesach produkcyjnych podlega ochronie patentowej producenta, przez co często trudno jest określić dokładny skład jakościowy

¹ Przedsiębiorstwo Usług Technicznych DEMPOL-ECO, ul. Składowa 9, 45-125 Opole, tel. 77 406 60 60, fax 77 406 60 66, email: paulina.dawczak@polsl.pl

² Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, Politechnika Śląska, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice, tel. 32 237 16 98, fax 32 237 10 47

* Autor do korespondencji: mariusz.dudziak@polsl.pl

Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole' 19, Polanica-Zdrój, 9-12.10.2019

dopływających do oczyszczalni ścieków, zawierających m.in. powyżej wymienione preparaty.

Oczyszczanie ścieków przemysłowych opiera się na metodach biologicznych, fizycznych, chemicznych oraz fizykochemicznych. Zastosowanie poszczególnych metod lub ich konfiguracji zależy od charakterystyki jakościowej i ilościowej dostarczanych ścieków oraz możliwości techniczno-ekonomicznych jednostki zajmującej się ich oczyszczaniem. Ze względu na zróżnicowany skład ścieków oraz ich dużą zmienność w czasie często konieczne jest zastosowanie kilku metod łącznie. Metody konwencjonalne, które charakteryzują się dużą prostotą w ich realizacji oraz efektywnością ekonomiczną, takie jak np. cedzenie, sedymentacja, flotacja, strącanie czy koagulacja, jednocześnie wykazują ograniczoną efektywność i pozwalają jedynie na przeniesienie zanieczyszczeń zawartych w ściekach z fazy ciekłej (ścieki) do innej, np. stałej (osady). Często też charakteryzują się małą skutecznością w obniżaniu stężenia rozpuszczonych zanieczyszczeń organicznych, w przypadku których zastosowanie metod biologicznych nie jest możliwe z powodu współwystępowania wysokiego ładunku frakcji zanieczyszczeń niebiodegradowalnych lub toksycznych. Rozwiązaniem dla wymienionych powyżej niedogodności może być włączenie do ciągu oczyszczalni ścieków metod alternatywnych, takich jak procesy zaawansowanego utleniania (ang. *Advanced Oxidation Processes* - AOPs). W trakcie realizacji tych procesów powstają wysokoreaktywne rodniki hydroksylowe OH^\cdot , które wchodzi w reakcje niemal ze wszystkimi substancjami organicznymi, powodując ich rozkład. Rodnik hydroksylowy wchodzi w reakcje chemiczne niemalże ze wszystkimi zanieczyszczeniami pochodzenia organicznego, jak również wieloma substancjami nieorganicznymi, nie wytwarzając jednocześnie szkodliwych produktów ubocznych [3-10].

Jedną z najpowszechniejszych i najskuteczniejszych metod wytwarzania rodników hydroksylowych jest zastosowanie mieszaniny nadtlenu wodoru (H_2O_2) i soli żelaza(II), czyli tzw. odczynnika Fentona [11]. Dodatkową zaletą procesu Fentona jest równoczesne usuwanie zanieczyszczeń zawartych w oczyszczanym roztworze na drodze koagulacji, wywołanej obecnością jonów Fe^{3+} , oraz strącania ($\text{OH}^- + \text{Fe}^{3+}$) [4, 7, 12].

Proces Fentona stanowi przedmiot wielu badań nad możliwością zastosowania go zarówno do eliminacji pojedynczych substancji organicznych, jak i w celu oczyszczenia rzeczywistych ścieków pochodzących z różnych gałęzi przemysłu. Przykładowo, w pracy [13] przeprowadzono badania nad oczyszczaniem koncentratu odcieków po odwróconej osmozie pobranych ze składowiska odpadów komunalnych w Kozodrzy koło Rzeszowa. Koncentrat ten charakteryzował się odczynem równym 7,5 i ChZT na poziomie ok. 7500 mg/dm^3 . W badaniach tych nie krygowano odczynu ścieków. Najwyższy poziom redukcji ChZT uzyskano przy zastosowaniu stosunku masowego $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ na poziomie 0,07 (ok. 85 %). Z kolei badania nad zastosowaniem odczynnika Fentona do oczyszczania stężonych ścieków z produkcji bezwodnika kwasu maleinowego przedstawione w pracy [14] wykazały ok. 91% redukcję ChZT ścieków przy następujących parametrach: $\text{pH} = 3,0$, $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2 = 0,33$, czas procesu 120 min, 5 % roztworu CaO do $\text{pH} = 7,0$. Reakcja Fentona znalazła swoje zastosowanie również w oczyszczaniu ścieków z przemysłu tekstylnego [15]. Badania udokumentowały efekt usunięcia barwy na poziomie przekraczającym 97 %, jak również znaczne obniżenie ChZT (ok. 90 %) w przypadku ścieków zawierających pięć rodzajów barwników (zawiesinowe, kwasowe, zasadowe,

bezpośrednie i reaktywne), które są najpowszechniej stosowane w przemyśle włókienniczym. Dobór właściwych parametrów przebiegu reakcji Fentona pozwala także na znaczne obniżenie stężenia substancji powierzchniowo czynnych w roztworze [16]. Przykładowo, dla parametrów reakcji, wynoszących odpowiednio 60 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{dm}^3$, 90 mg $\text{FeSO}_4/\text{dm}^3$, $\text{pH} = 3,0$ i 50 min trwania procesu uzyskano ponad 95 % obniżenia stężenia dwóch anionowych związków powierzchniowo czynnych - alkilobenzenosulfonianu (ABS) oraz liniowego alkilobenzenosulfonianu (LAS).

Celem badań podjętych w niniejszej pracy była ocena możliwości zastosowania klasycznej reakcji Fentona w oczyszczaniu rzeczywistych ścieków z przemysłu odlewniczego po wstępnym ich podczyszczeniu w procesie koagulacji.

Materiały i metodyka badań

Charakterystyka ścieków

Badania prowadzono z wykorzystaniem rzeczywistych ścieków poprodukcyjnych z przemysłu odlewniczego. Ścieki te zostały wstępnie podczyszczone w celu usunięcia zanieczyszczeń zawartych w fazie koloidalnej i zawieszonych poprzez zastosowanie procesu koagulacji i sedymentacji, co zostało szczegółowo opisane w pracy [17]. Tak podczyszczone ścieki charakteryzowały się stężeniem zawiesiny ogólnej na poziomie ok. $57 \text{ mg}/\text{dm}^3$, ChZT ok. $4045 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, niejonowych substancji powierzchniowo czynnych (NSPC) $245 \text{ mg}/\text{dm}^3$ oraz chlorków i siarczanów(VI) odpowiednio 70 i $51 \text{ mg}/\text{dm}^3$. W ściekach oznaczono także stężenie wybranych metali ciężkich, takich jak miedź, cynk i nikiel. Jednak ich stężenia były poniżej najwyższego dopuszczalnego progu określonego przy wprowadzaniu tych ścieków do urządzeń kanalizacyjnych lokalnego przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjnego. Tabela 1 zawiera charakterystykę badanych ścieków po procesie koagulacji.

Tabela 1

Charakterystyka fizykochemiczna ścieków

Table 1

The physicochemical characteristics of wastewater

Wskaźnik	Jednostka	Wartość
pH	[-]	6,0
Zawiesina ogólna	$[\text{mg}/\text{dm}^3]$	57
ChZT	$[\text{mg O}_2/\text{dm}^3]$	4045
NSPC	$[\text{mg}/\text{dm}^3]$	245
Cu	$[\text{mg}/\text{dm}^3]$	< 0,05
Zn	$[\text{mg}/\text{dm}^3]$	0,10
Ni	$[\text{mg}/\text{dm}^3]$	< 0,1
Cl^-	$[\text{mg}/\text{dm}^3]$	70
SO_4^{2-}	$[\text{mg}/\text{dm}^3]$	51

Do pomiaru pH ścieków stosowano laboratoryjny miernik CyberScan pH 1500 wyprodukowany przez Eutech Instruments. Zawiesinę ogólną wyznaczono metodą wagową, stosując wagosuszkarkę MA 110.X2.A (firma Radwag). ChZT i NSPC określano metodą spektrofotometryczną, stosując spektrofotometr Spectroquant[®] Prove 300 (Merck). Oznaczenia stężenia metali ciężkich przeprowadzono, stosując metodę płomieniową

absorpcyjnej spektrometrii atomowej (FAAS) lub atomowej absorpcyjnej spektrometrii z atomizacją elektrotermiczną (ET AAS), stosując aparat contrAA[®] 700 firmy Analytik Jena AG. Z kolei w przypadku oznaczania anionów stosowano metodę chromatografii jonowej (DionexTM ICS-1100 firmy Thermo ScientificTM).

Proces Fentona

Dobór optymalnych warunków prowadzenia procesu Fentona prowadzono na próbce ścieków o temperaturze 20°C zgodnie z następującą metodyką:

- 1) zakwaszenie ścieków do określonej wartości pH za pomocą 35 % roztworu H₂SO₄,
- 2) dozowanie do ścieków określonych dawek 35 % roztworu H₂O₂ oraz preparatu PIX-100 (20 % roztwór FeCl₂),
- 3) prowadzenie reakcji Fentona w przyjętym czasie,
- 4) alkalizacja ścieków do pH = 9,0 za pomocą 5 % roztworu Ca(OH)₂ w celu zatrzymania reakcji Fentona oraz wytrącenia żelaza w postaci Fe(OH)₃↓,
- 5) dozowanie flokulantu Praestol 2515 (roztwór 0,1 %) w dawce 4 g/dm³ w celu poprawy własności sedymentacyjnych wytrąconego osadu,
- 6) sedymentacja - 60 min.

Kontrolę efektywności procesu prowadzono w oparciu o pomiar ChZT uzyskanego dekantatu.

Dobór warunków procesowych reakcji Fentona obejmował kolejno następujące parametry:

- etap I - pH procesu (badano zakres od 2,0-4,0),
- etap II - dawka H₂O₂ (zakres od 4,00-5,75 g/dm³),
- etap III - stosunek masowy Fe²⁺/H₂O₂ (zakres od 0,1-0,5),
- etap IV - czas reakcji (zakres od 45 do 180 min).

Wyniki badań i ich dyskusja

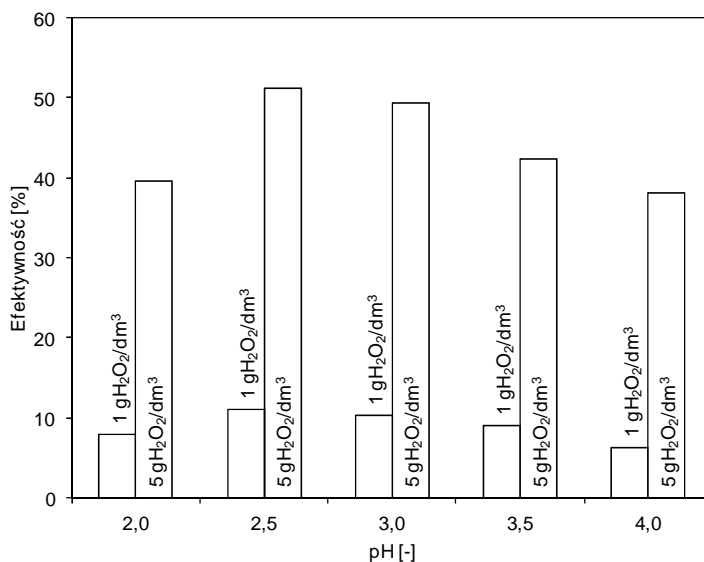
Dobór warunków procesowych procesu Fentona

Dobór warunków procesowych procesu Fentona prowadzono, wykorzystując próbkę skoagulowanych ścieków. W pierwszej kolejności dla dawek ditlenku wodoru H₂O₂, wynoszących odpowiednio 1 lub 5 g/dm³, czasu procesu 120 min oraz stałego stosunku masowego Fe²⁺/H₂O₂ na poziomie 0,3, dokonano doboru odczynu reakcji, badając zakres pH od 2,0 do 4,0. Po zatrzymaniu reakcji Fentona oraz sedymentacji powstałych osadów w uzyskanych dekantatach wykonano analizę ChZT, ponieważ ten parametr przyjęto za miarę efektywności procesu. Wyniki tych analiz przedstawiono na rysunku 1.

Najwyższą efektywność obniżenia ChZT dla każdej z zastosowanych dawek nadtlenu wodoru uzyskano przy wstępnym zakwaszeniu ścieków do pH = 2,5. Jednak efektywność procesu wyraźnie zależała do dawki H₂O₂. Dla dawki H₂O₂ 1 g/dm³ wartość ChZT obniżyła się o ok. 11 %, a dla dawki 5 g/dm³ o ok. 51 %.

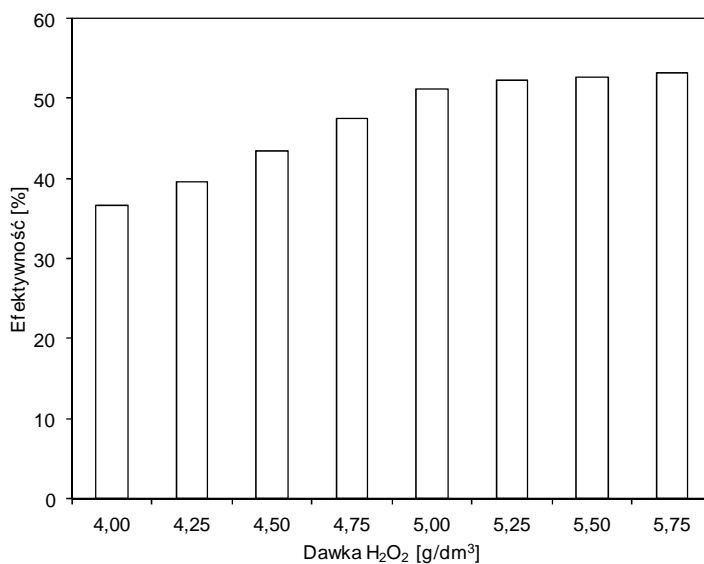
W dalszej kolejności dokonano doboru dawki ditlenku wodoru. Badania prowadzono, stosując odczyn ścieków wybrany na podstawie rezultatów z etapu I, tj. pH równe 2,5. Dobór dawki H₂O₂ prowadzono, stosując najskuteczniejszą dawkę z etapu I, tj. 5 g/dm³ oraz 4 dawki niższe (4,00, 4,25, 4,50 i 4,75 g/dm³) i 3 wyższe (5,25, 5,50, 5,75 g/dm³).

Czas procesu wynosił 120 min, a stosunek masy Fe^{2+} / H_2O_2 był równy 0,3. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Wpływ pH ścieków oraz dawki H_2O_2 na efektywność obniżenia ChZT

Fig. 1. Impact of wastewater pH and H_2O_2 dosage on effectiveness of decrease of ChZT

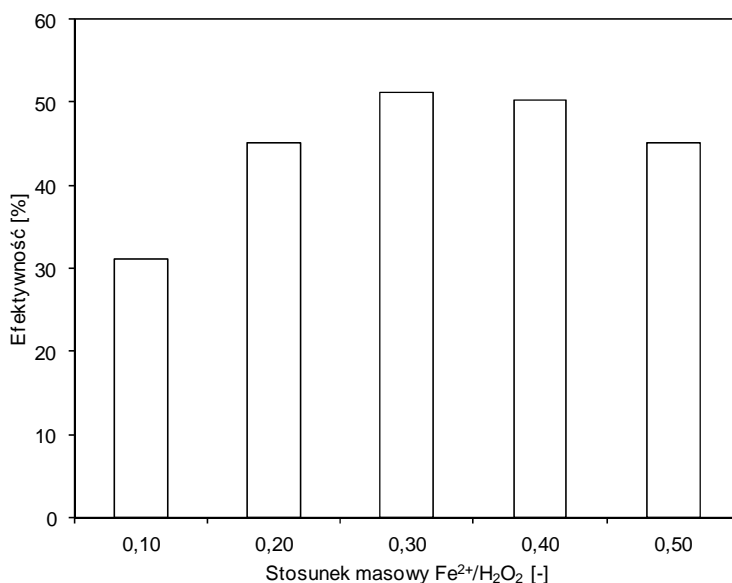


Rys. 2. Wpływ dawki H_2O_2 na efektywność obniżenia ChZT

Fig. 2. Impact of H_2O_2 dosage on effectiveness of decrease of ChZT

Największą dynamikę wzrostu efektywności procesu odnotowano w zakresie dawek H_2O_2 od 4,00 do 5,00 g/dm^3 . Dla dawki H_2O_2 5,00 g/dm^3 uzyskano ok. 51 % obniżenia ChZT, co było już określone w etapie I. Zastosowanie wyższych dawek H_2O_2 skutkowało dalszym wzrostem efektywności obniżenia ChZT, ale z mniejszą intensywnością. Zastosowanie dawki H_2O_2 wynoszącej 5,75 g/dm^3 pozwoliło na obniżenie ChZT o ok. 53 %. Porównując ten wynik z uzyskanym dla dawki 5,00 g/dm^3 , można stwierdzić, że zwiększanie dawki ponad tę wartość nie ma uzasadnienia. Dlatego jako najkorzystniejszą przyjęto dawkę H_2O_2 równą 5,00 g/dm^3 .

Dobór stosunku masowego $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ prowadzono, stosując odczyn reakcji wybrany w etapie I, tj. $\text{pH} = 2,5$, oraz dawkę H_2O_2 wybraną w etapie II, tj. 5,00 $\text{g H}_2\text{O}_2/\text{dm}^3$. Dla podanych powyżej parametrów procesowych zastosowano wartości masowe $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ wynoszące odpowiednio 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 i 0,5. Czas procesu wynosił 120 min. Wyniki przedstawiono na rysunku 3.

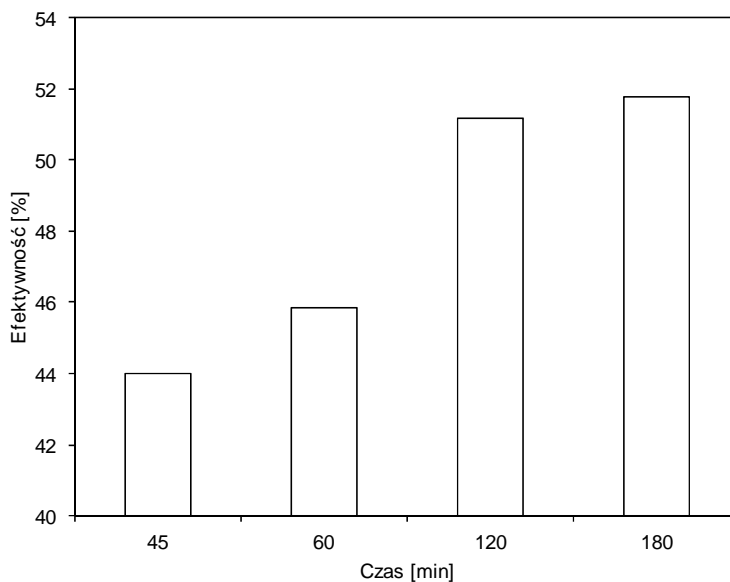


Rys. 3. Wpływ stosunku masowego $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ na efektywność obniżenia ChZT

Fig. 3. Impact of $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ mass ratio on effectiveness of decrease of ChZT

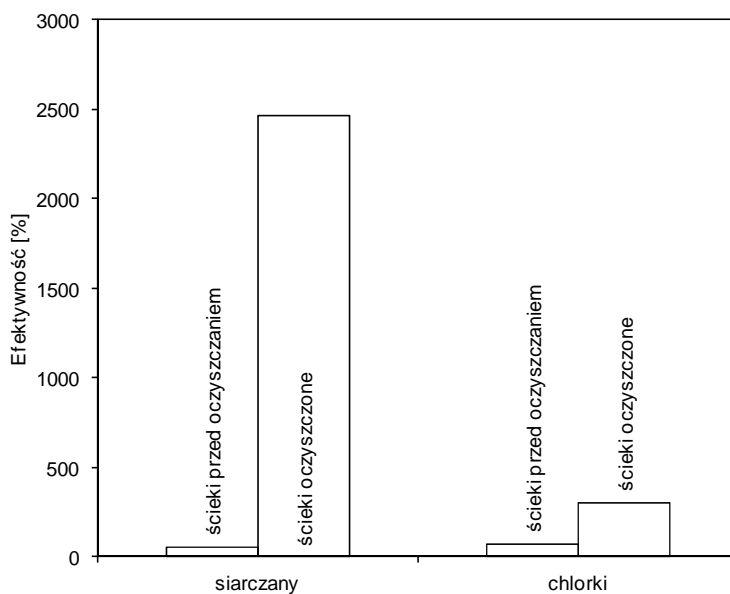
Najwyższą skuteczność obniżenia ChZT uzyskano dla stosunku masowego $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ równego 0,3, który był już założony zarówno w etapie I, jak i II. Dalsza zmiana wartości tego parametru nie jest więc wymagana.

Dobór czasu reakcji Fentona prowadzono, stosując odczyn reakcji wybrany w etapie I, tj. $\text{pH} = 2,5$, dawkę H_2O_2 wybraną w etapie II, tj. 5,00 $\text{g H}_2\text{O}_2/\text{dm}^3$, oraz stosunek masowy $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ wybrany w etapie III, tj. 0,3. Dla tych parametrów procesowych badano efektywność procesu, stosując różne czasy reakcji wynoszące kolejno 45, 60, 120 i 180 min. Wyniki przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Wpływ czasu reakcji na efektywność obniżenia ChZT

Fig. 4. Impact of time of reaction on effectiveness of decrease of ChZT



Rys. 5. Zmiana stężenia jonów siarczanowych i chlorkowych w ściekach przed i po procesie oczyszczania

Fig. 5. The change of the concentration of sulfate and chloride ions in wastewater before and after the purification process

Również w tym przypadku czas procesu wynoszący 120 min, a badany już w etapach I-III, okazał się wystarczający dla skutecznego przebiegu reakcji Fentona (skuteczność obniżenia ChZT ok. 51 %). Skrócenie czasu procesu powodowało obniżenie jego efektywności. Z kolei jego zwiększenie np. do 180 min tylko nieznacznie poprawiło efektywność procesu (obniżenie ChZT ok. 52 %).

Dobre skuteczne parametry procesu Fentona dla badanych ścieków bez dodatku zużytych kąpeli z przemysłu odlewniczego wynosiły odpowiednio: pH ścieków 2,5, dawka nadtlenu wodoru 5 g/dm³, stosunek masowy Fe²⁺/H₂O₂ 0,3 oraz czas procesu 120 min.

Należy dodać, że w wyniku prowadzenia reakcji Fentona odnotowano wyraźny wzrost stężenia jonów chlorkowych i siarczanowych w oczyszczonych ściekach. Porównania dokonano dla próbki ścieków przed i po procesie oczyszczania w dobranych parametrach procesowych (rys. 5). Zjawisko to było wynikiem wprowadzania tych jonów do ścieków wraz z reagentami wchodzącymi w skład odczynnika Fentona, tj. kwas siarkowy(VI), który miał za zadanie zakwasić środowisko reakcji, oraz chlorek żelaza(II), który stanowił źródło jonów Fe²⁺.

Wnioski

- Przeprowadzone badania wykazały możliwość zastosowania procesu Fentona w wieloetapowym układzie oczyszczania rzeczywistych ścieków z przemysłu odlewniczego. Proces ten umożliwia skuteczne obniżenie stężenia substancji organicznych mierzonych wskaźnikiem ChZT (ok. 51 %). Umożliwił również znaczne obniżenie stężenia NSPC (ok. 96 %).
- Zjawiskiem niekorzystnym towarzyszącym oczyszczaniu ścieków w procesie Fentona jest wzrost zasolenia ścieków po procesie, w tym stężenia jonów siarczanowych i chlorkowych. Związane jest to z dużym zapotrzebowaniem na reagenty występujące w odczynniku Fentona, m.in. kwas siarkowy(VI) i chlorek żelaza(II).

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane z dotacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) przeznaczonej na realizację projektu „Doktorat wdrożeniowy”.

Literatura

- [1] European IPPC Bureau - Institute for Prospective Technological Studies Sustainability in Industry, Energy and Transport, 2017. Best Available Techniques (BAT). Reference document on best available techniques (BAT) for non-ferrous metals industries. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU. Integrated Pollution Prevention and control. <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/nfm.html>.
- [2] Holzer M. Przewodnik w zakresie najlepszych dostępnych technik dla przemysłu odlewniczego. Warszawa: Ministerstwo Środowiska; 2005. <https://docplayer.pl/4043035-Przewodnik-w-zakresie-najlepszych-dostepnych-technik-ndt.html>.
- [3] Barbusiński K. Intensyfikacja procesu oczyszczania ścieków i stabilizacji osadów nadmiernych z wykorzystaniem odczynnika Fentona. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej; 2004. <https://delibra.bg.polsl.pl/dlibra/show-content/publication/edition/8814?id=8814>.
- [4] Barbusiński K. Zaawansowane utlenianie w procesach oczyszczania wybranych ścieków przemysłowych. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej; 2013. ISBN: 9788378801016.
- [5] Włodarczyk-Makula M. LAB Laboratoria, Aparatura, Badania. 2015;20:6-9. <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-7422ac6e-c598-4964-87a9->

- 9820916a61c9?q=bwmeta1.element.baztech-0424eac4-a051-44f3-a64e-f91f2f2a0657;0&qt=CHILDREN-STATELESS.
- [6] Babuponnamia A, Muthukumar K. *J Environ Chem Eng.* 2014;2:557-72. DOI: 10.1016/j.jece.2013.10.011.
- [7] Bautista P, Mohedano AF, Casas JA, Zazo JA, Rodriguez JJ. *J Chem Technol Biot.* 2008;83: DOI: 10.1002/jctb.1988.
- [8] Gogate PR, Pandit AB. *Adv Environ Sci Technol.* 2004;8:501-51. DOI: 10.1016/S1093-0191(03)00032-7.
- [9] Matavos-Aramyan S, Moussavi M. *Int J Environ Sci Technol.* 2017;2:1-18. DOI: 10.19080/IJESNR.2017.02.555594.
- [10] Pawar V, Gawande S. *IOSR-JMCE.* 2015;2:127-36. <https://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/NCIEST/Volume%202/17.127-136.pdf>.
- [11] Koppenol WH. *Free Radical Bio Med.* 1993;15(6):645-51. DOI: 10.1016/0891-5849(93)90168-T.
- [12] Długosz J. *Arch Gosp Odpad Ochr Środ.* 2014;16:33-42. <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-a2db5917-1ebd-4a50-9c48-63e694bf5f3e>.
- [13] Koc-Jurczyk J. *InżEko.* 2012;31:72-9. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-b846a755-4236-4f62-a7a3-6d4c7d2d54c2>.
- [14] Barbusiński K. *Przem Chem.* 2004;83:285-90. <https://pdfs.semanticscholar.org/d99f/0a3084e8223011e0b3fa5147765a747da6ce.pdf>.
- [15] Kuo W. *Water Res.* 1992;26:881-6. DOI: 10.1016/0043-1354(92)90192-7.
- [16] Lin SH, Lin CM, Leu HG. *Water Res.* 1999;33:1735-41. DOI: 10.1016/S0043-1354(98)00403-5.
- [17] Dawczak P, Dudziak M. *J Ecol Eng.* 2019;20:174-6. DOI: 10.12911/22998993/108634.

APPLICATION OF THE FENTON PROCESS IN THE TREATMENT OF WASTEWATER FROM THE FOUNDRY INDUSTRY

¹ Dempol-Eco, Opole, Poland

² Institute of Water and Wastewater Engineering, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland

Abstract: The aim of the study was to evaluate the effectiveness of the Fenton process in the treatment of selected wastewater from the foundry industry, which was initially coagulated. In the coagulation process, contaminants found in the suspended and colloidal phase were separated from the wastewater. The selection of the favorable course of the Fenton process was carried out with the following parameters in mind: wastewater pH, hydrogen peroxide dose, $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ mass ratio and process time. The selected parameters of the Fenton process were: wastewater pH = 2.5, hydrogen peroxide dose 5.00 g/dm³, $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ mass ratio = 0.3 and process time 120 min. For the given parameters, high efficiency of the Fenton process in lowering the chemical oxygen demand (COD) of the treated wastewater from the foundry industry was demonstrated. In wastewater, the concentration of non-ionic surfactants (NSPC) also decreased.

Keywords: foundry industry, wastewater treatment, Fenton process