

**WPŁYW ULTRADŹWIĘKÓW NA PROCESY NISKOENERGETYCZNE
ORAZ PRZEWODNICTWO ELEKTROLITYCZNE FORMIERSKICH
PYŁÓW ODPADOWYCH PODDANYCH ZAAWANSOWANEMU
UTLENIANIU**

**EFFECT OF ULTRASOUNDS ON LOW-ENERGY PROCESSES AND
ELECTROLYTIC CONDUCTIVITY OF MOULDING DUST WASTE
SUBJECTED TO ADVANCED OXIDATION**

Andrzej Baliński

Instytut Odlewnictwa, ul. Zakopiańska 73, 30-418 Kraków

Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę podstawowych zanieczyszczeń emitowanych w procesie wytwarzania mas formierskich. Opisano metodę ograniczenia szkodliwych emisji w wyniku zastosowania zaawansowanego utleniania. Stwierdzono występowanie zmian strukturalnych w pyłach odpadowych poddanych działaniu ultradźwięków w środowisku wody naturalnej oraz zmian wartości ich przewodnictwa elektrolitycznego w warunkach działania ultradźwięków zarówno w wodzie naturalnej, jak i nasyconej ozonem.

Słowa kluczowe: masa formierska, pył odpadowy, zaawansowane utlenianie, ultradźwięki, spektroskopia FTiR

Abstract

The article presents the basic characteristics of the pollutants emitted in the process of foundry mould manufacture. A method to reduce harmful emissions through the application of advanced oxidation was described. The occurrence of structural changes occurring in the dust waste treated with ultrasounds in the environment of natural water, and changes in the value of electrolytic conductivity under the effect of ultrasounds, in both natural and ozone-saturated water were stated.

Key words: moulding sand, dust waste, advanced oxidation, ultrasounds, FTiR spectroscopy

Wstęp

Wytyczne techniczne [1] opracowane przez Techniczną Grupę Roboczą Konwencji Bazylejskiej i przyjęte na Siódmym Posiedzeniu Konferencji Stron Konwencji Bazylejskiej w październiku 2004 roku, dotyczące „zgodnego z wymaganiami środowiska gospodarowania odpadami składającymi się z trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO), zawierającymi takie zanieczyszczenia lub nimi skażonymi”, przewidują między innymi metody destrukcji i nieodwracalnej transformacji odpadów poprzez oczyszczanie fizyczno-chemiczne (D9), spalanie na ziemi (D10) oraz stosowanie jako paliwa (w sposób inny niż w procesie bezpośredniego spopielenia) lub w inny sposób, do wytwarzania energii (R1). Do preferowanych metod zalicza się spopielenie w piecach do wypalania cementu, spopielenie odpadów niebezpiecznych, nadkrytyczne (SCWO) i subkrytyczne utlenianie w wodzie oraz zaawansowane utlenianie (AO).

W piecach cementowych można utylizować zarówno odpady płynne, jak i stałe. Nowe systemy pieców cementowych z 5-cyklowymi etapami podgrzewania wstępnego wymagają średnio 2,900–3,200 MJ dla wytworzenia 1 Mg masy klinkierowej.

Spopielenie niebezpiecznych odpadów jest oparte o proces spalania o regulowanym płomieniu, stosowany do utylizacji zanieczyszczeń organicznych, głównie w obrotowych piecach do wypalania cementu. W typowych warunkach, proces utylizacji obejmuje podgrzewanie do temperatury powyżej 850°C lub też, jeżeli zawartość chloru jest powyżej 1% wag., do temperatury powyżej 1100°C. Piece te mogą być zaprojektowane do utylizacji odpadów o dowolnym stężeniu i postaci fizycznej (gazy, ciecze, substancje stałe, szlasy i zawiesiny). Proces SCWO i subkrytyczne utlenianie w wodzie polega na obróbce odpadów w układzie zamkniętym z zastosowaniem czynnika utleniającego (takiego jak: tlen, nadtlenek wodoru, azotyn, azotan itp.) w wodzie, w temperaturze i ciśnieniu powyżej punktu krytycznego dla wody i poniżej warunków subkrytycznych. W tych warunkach materiały organiczne stają się rozpuszczalne w wodzie, gdzie ulegają utlenianiu, tworząc dwutlenek węgla, wodę oraz kwasy nieorganiczne i sole. Zarówno technologia SCWO, jak i podkrytyczne utlenianie wody nadają się do utylizacji wszystkich rodzajów odpadów, przy czym cząstki substancji stałych powinny mieć średnicę poniżej 200 µm (Japońska Fundacja Gospodarki Odpadami Przemysłowymi, 1999). Zawartość związków organicznych w odpadzie jest ograniczona do poniżej 20% wag. Zapotrzebowanie na energię jest stosunkowo duże, głównie ze względu na skojarzenie wysokich temperatur i wysokich ciśnień. Stosowane w tym procesie wysokie temperatury i ciśnienia wymagają stosowania specjalnych zabezpieczeń.

Pod koniec lat 90. ubiegłego wieku pojawiły się pierwsze doniesienia literaturowe dotyczące zastosowania procesu AO w przemyśle odlewniczym [2, 3–6]. Powszechnie stosowane w masie formierskiej dodatki pyłu węglowego, nośniki organiczne węgla błyszczącego oraz fenolowe, uretanowe i inne organiczne spoiwa mas rdzeniowych są głównym źródłem zanieczyszczenia powietrza. Proces zaawansowanego utleniania (AO) jest ogólnie definiowany jako proces utleniania zachodzący w fazie wodnej, obejmujący tworzenie się rodników wodorotlenowych jako produktu pośredniego, bądź pośrednich produktów w sterujących procesach utleniających, powodujących przemianę i/lub rozkład określonych zanieczyszczeń. Substancje stosowane w AO mogą reagować i degradować niektóre związki organiczne, obecne w masie formierskiej. Przykładowo, stosując jako utleniacze ozon cząsteczkowy i nadtlenek wodoru, pośredni produkt może powstawać w wyniku połączenia ozonu i nadtlenku wodoru, a z kolei rodniki te mogą być

zaangażowane w reakcjach zarówno utleniania, jak i redukcji. Teoretycznie jest możliwe, że rodniki łączą się z takimi zanieczyszczeniami, jak: benzen, toluen i fenol w wyniku addycji lub adsorpcji. Według tych mechanizmów, LZO mogłyby ulec częściowemu rozkładowi. Pomimo że proces AO jest stosowany w odlewniach od kilku lat, nadal nie zostały w pełni wyjaśnione jego podstawy [2, 5, 6].

Polska należy do krajów charakteryzujących się jedną z największych w Europie ilości wytwarzanych odpadów przemysłowych. Odpady te wykorzystywane są gospodarczo poniżej 70%, natomiast pozostałe odpady są unieszkodliwiane zaledwie w około 0,5%. Zatem, wszelkie działania badawcze zmierzające do ograniczenia ilości odpadów są uzasadnione zarówno w aspekcie ekonomicznym, jak i ekologicznym.

Świadczą o tym polskie Akty prawne o gospodarce odpadami, związane z realizacją II Polityki Ekologicznej Państwa (2001–2010), ściśle związane z przepisami Unii Europejskiej, dotyczącymi odpadów [7].

Odlewnie należą do zakładów przemysłowych wytwarzających w procesie produkcji odlewów strumień różnorodnych odpadów (75 kodów odpadów klasyfikowanych zgodnie z rozporządzeniem Ministerstwa Środowiska w sprawie katalogu odpadów) [8].

W przypadku odpadów powstających w procesie wykonywania odlewów, należy rozważyć dwa aspekty, które mogą decydować o ich szkodliwości dla środowiska [9]:

- związki wchodzące w skład składników, które są stosowane przy produkcji materiałów wyjściowych, a z których potem powstają odpady,
- związki, które mogą się tworzyć w wyniku procesów termicznych i będą przedostawać się do odpadów.

Zgodnie z załącznikiem 3 do rozporządzenia [10] można stwierdzić, że jeżeli stężenia tych substancji mają mniejszą wartość od podanych, odpad uznaje się za nieposiadający składników i właściwości odpadu niebezpiecznego.

Odlewy wytwarzane są z udziałem rdzeni wykonanych z mas ze spoiwami organicznymi (żywice furanowe, fenolowe, poliuretanowe, rezolowe, alkidowe, akrylowe, oleje) i nieorganicznymi (głównie uwodniony krzemian sodu), a także z udziałem powłok ochronnych zawierających związki organiczne. Liczne badania [2, 11, 12] wykazały, że stosowanie pyłu węglowego i organicznych nośników węgla błyszczącego, rdzeni ze spoiwami organicznymi oraz powłok ochronnych (alkoholowych lub wodnych), powoduje większość emisji niebezpiecznych zanieczyszczeń powietrza HAPs (*Hazardous Air Pollutions*) podczas procesu wykonywania odlewów.

Do odpadów, które są generowane przez odlewnie, mogących w istotny sposób oddziaływać na środowisko, należy zaliczyć odpadowe masy rdzeniowe i formierskie oraz pyły. Należą one do grupy odpadów innych niż niebezpieczne, a o ich wykorzystaniu gospodarczym decydują nie tylko względy technologiczne, ale także kryteria ochrony środowiska [1]. W przypadku odpadowych pyłów z procesów odlewniczych, ich zagospodarowanie jest bardzo ograniczone. Szczególnie dotyczy to pyłów pochodzących z regeneracji mechanicznej osnowy ziarnowej stosowanej w technologii wytwarzania masy formierskiej ze spoiwami organicznymi (żywicami syntetycznymi), utwardzanymi w procesach kwaśnych i zasadowych. Wynika to z obecności w nich dużej ilości związków organicznych zawartych w spoiwie usuniętym z powierzchni ziaren ognioodpornej osnowy. Tego rodzaju odpad, niepoddany procesowi recyklingu i/lub neutralizacji, określany jest jako swoista „bomba ekologiczna”.

Przeprowadzone badania [13] wykazały, że intensyfikacja emisji toksycznych i szkodliwych gazów, powstających w wyniku rozkładu termicznego żywicy syntetycznej

stosowanej jako spoiwo masy formierskiej lub rdzeniowej, wzrasta w funkcji temperatury.

W temperaturze 1100°C następuje emisja gazów (mg/kg masy formierskiej), takich jak: cyjanowódz (186,0–256,0 dla żywicy mocznikowo-formaldehydowej, 0,96–1,04 dla żywicy fenolowo-formaldehydowej), fenol (40,7–51,3 dla żywicy fenolowo-formaldehydowej, 31,0–39,0 dla żywicy fenolowej), benzen (98,0–102,0 dla żywicy fenolowo-formaldehydowej, 34,0–36,0 dla żywicy fenolowej), toluen (104,0–110,0 dla żywicy fenolowo-formaldehydowej), ksyleny (1,1–1,4 dla żywicy fenolowo-formaldehydowej), siarkowódz (233,0–261,0 dla żywicy fenolowo-formaldehydowej, 93,0–239,0 dla żywicy fenolowej), amoniak (683,0–1043,0 dla żywicy mocznikowo-formaldehydowej), dwutlenek siarki (148,0–278,0 dla żywicy fenolowo-formaldehydowej, 1015,0–1033,0 dla żywicy fenolowej).

Należy podkreślić, że powyższe wartości zostały określone dla masy formierskiej zawierającej w swoim składzie od 1,7 do 2,0% spoiwa w postaci żywicy syntetycznej. W przypadku rozpatrywanych pyłów odpadowych, pochodzących z regeneracji mechanicznej osnowy ziarnowej, ilość substancji organicznej jest oceniana na około 30% do 40% wag. [1, 14, 15].

Rozpatrując ekonomiczny aspekt omawianego zagadnienia, nie sposób pominąć kosztów, jakie ponoszą odlewnie w związku z gazowymi emisjami oraz składowaniem zużytych mas formierskich i pyłów na wysypiskach [16].

W Polsce około 80% form odlewniczych wykonywanych jest w masach klasycznych z lepiszczem bentonitowym i pyłem węglowym, bądź organicznymi nośnikami węgla błyszczącego. W stacjach tego typu stosowane jest odpylanie mokre lub suche. Powstające szlamy lub pyły stanowią znaczne obciążenie dla odlewni. Zawierają one oprócz kondensatów związków zaliczanych do HAPs (*Hazardous Air Pollutions*) – krzemionkę, bentonit zdezaktywowany, bentonit aktywny, niezdezaktywowane termicznie cząsteczki układów wiążących spoiwo organiczne-utwardzacz (kwasy sulfonowe, pochodne pirydyny, estry, izocyjaniany, aminy, sole miedzi, sole amonowe, heksametylenoczeroamina). Liczne badania [2, 12] wykazały, że stosowanie pyłu węglowego i organicznych nośników węgla błyszczącego, rdzeni ze spoiwami organicznymi oraz powłok ochronnych (alkoholowych lub wodnych) powoduje większość emisji niebezpiecznych zanieczyszczeń powietrza HAPs podczas procesu wykonywania odlewów w masach klasycznych. Do związków emitowanych w największych ilościach można zaliczyć: benzen, toluen, ksyleny (o, m, p), naftalen, heksan i ich pochodne. Gdy stosowane są rdzenie ze spoiwami organicznymi, powstają inne HAPs, takie jak fenol, formaldehyd, które mogą występować w znacznych ilościach. Oprócz powyżej podanych HAPs, w procesie wytwarzania odlewów z zastosowaniem mas klasycznych, stwierdzono emisję takich związków zaliczanych do HAPs, jak: acetaldehyd, akroleina, anilina, pyrokatechina, krezole (o, m, p), kumen, heksan, izoforon, metyl, inden, policykliczne związki organiczne, priopionaldehyd, styren, trietyloamina [17, 18]. Nie wszystkie związki powstające w formie odlewniczej podczas i po wypełnieniu jej wnętrza ciekłym metalem są usuwane przez układ odciągowy. Materiały zawierające węgiel i przylegające bezpośrednio do granicy faz forma-metal ulegają całkowitemu lub częściowemu rozkładowi, natomiast położone w większej odległości od tej granicy nie ulegają przemianie. Ponadto, chłodniejsze części formy mogą absorbować gazowe węglowodory powstające w obszarach formy o wyższej temperaturze. Można zatem oczekiwać, że część tych gazów będzie ulegać rekondensacji lub ulegać absorpcji w obszarach

formy oddalonych od granicy faz forma-metal i nie zostaną odprowadzone przez układ odciągowy.

Oprócz wyżej wymienionych związków chemicznych powstających w procesie wykonywania odlewu, na każdym etapie jego produkcji występuje zorganizowana i niezorganizowana emisja pyłów.

Proces zaawansowanego utleniania w zastosowaniu do formierskich pyłów odpadowych

Do badań zastosowano odpadowy pył pochodzący z suchego odpylania stacji przerobu masy formierskiej z lepiszczem bentonitowym oraz dodatkiem pyłu węglowego.

Pomiary powierzchni właściwej metodą BET, rozmiar porów oraz całkowitej objętości porów (adsorbat: azot) pyłu odpadowego, wykazały, że jego powierzchnia właściwa wynosi $5,57 \text{ m}^2/\text{g}$, rozmiar mezoporów - $3,786 \text{ nm}$, natomiast całkowita objętość porów - $0,09984 \text{ cm}^3/\text{g}$. Proces zaawansowanego utleniania pyłu odpadowego prowadzony był w warunkach oddziaływania ultradźwięków, w środowisku wody nasyconej ozonem, wytwarzanym przez generator ozonu OZOMATIC OSC-MODULAR 4HC, zasilany tlenem.

Ciepło tworzenia ozonu wynosi $144,7 \text{ kJ/mol}$, przy czym jego rozpuszczalność w wodzie wynosi 3 ppm w 20°C . Jest gazem niestabilnym, który rozpada się do tlenu dwuatomowego w temperaturze pokojowej. Jego rozpad jest przyspieszany poprzez kontakt z powierzchniami stałymi, związkami chemicznymi oraz pod wpływem podwyższonej temperatury. Z uwagi na powyższą charakterystykę ozonu, konieczne było określenie warunków, w których osiąga on maksymalne stężenia w wodzie oraz kinetykę rozkładu, w warunkach rzeczywistych.

Powyższe badania przeprowadzono w różnych konfiguracjach. Stwierdzono, że najkorzystniejszy cykl ozonowania wody polega na wprowadzeniu do niej ozonu o stężeniu 4 g/Nm^3 przez 60 minut (ozonowanie wstępne), zastosowaniu przerwy w ozonowaniu wynoszącej 30 minut i wznowieniu ozonowania przez 30 minut. Cykl taki umożliwia stosowanie wody nasyconej ozonem o ustalonym stężeniu, wynoszącym $0,41\text{--}0,43 \text{ mg/dm}^3$.

Badania fizykochemiczne z zastosowaniem metod standardowych oraz spektroskopii FTIR techniką transmisyjną za pomocą spektroskopu Excalibur 3000 ze standardowym detektorem DTGS, potwierdziły zanik aktywności wody nasyconej ozonem po czasie jej odstania wynoszącym ponad 210 minut. Wskazuje na to brak różnic w wartościach liczby falowej widm IR oraz analogiczne wartości indeksu nadmanganianowego, czyli utlenialności ($< 0,7 \pm 0,1$) dla wody nieozonowanej i poddanej procesowi ozonowania przez 60 minut. Pył odpadowy poddany był działaniu ultradźwięków o częstotliwości $21,5 \text{ kHz}$, przez 10, 20 i 30 minut, jako suspensja w wodzie naturalnej (WZ) i nasyconej ozonem (WO).

Zmiany strukturalne oraz przewodnictwa elektrolitycznego zachodzące podczas ultradźwiękowej aktywacji pyłów i zawiesin

Przeprowadzono analizę spektrometryczną FTiR próbek odpadowego pyłu bazowego POs oraz pyłu odpadowego POs poddanego obróbce ultradźwiękowej w wodzie naturalnej (WZ) i w wodzie poddanej procesowi ozonowania (WO) oraz pomiary pH i przewodnictwa elektrolitycznego próbek odpadowego pyłu bazowego POs, a także pyłu odpadowego POs, poddanego obróbce ultradźwiękowej w wodzie naturalnej (WZ) oraz w wodzie poddanej procesowi ozonowania (WO). Dla porównania przeprowadzono analogiczne badania wody WZ oraz wody WO. Oznaczenia i opis badanych próbek przedstawiono w tabeli 1, natomiast w tabeli 2 - wyniki badań pH oraz przewodnictwa elektrolitycznego.

Tabela 1. Oznaczenie i opis badanych próbek

Table 1. Designation and specification of the examined samples

Numer próbki	Oznaczenie próbki	Opis próbki
1	POs/U10/WZ	pył odpadowy poddany obróbce ultradźwiękowej w wodzie naturalnej przez t = 10 minut
2	POs/U20/WZ	pył odpadowy poddany obróbce ultradźwiękowej w wodzie naturalnej przez t = 20 minut
3	POs/U30/WZ	pył odpadowy poddany obróbce ultradźwiękowej w wodzie naturalnej przez t = 30 minut
4	POs/U10/WO	pył odpadowy poddany obróbce ultradźwiękowej w wodzie ozonowanej przez t = 30 minut
5	POs/U20/WO	pył odpadowy poddany obróbce ultradźwiękowej w wodzie ozonowanej przez t = 30 minut
6	POs/U30/WO	pył odpadowy poddany obróbce ultradźwiękowej w wodzie ozonowanej przez t = 30 minut
7	POs	pył bazowy

Tabela 2. Wartości pH i przewodnictwa elektrolitycznego pyłów odpadowych POs poddanych działaniu ultradźwięków w wodzie naturalnej (WZ) oraz w wodzie nasyconej ozonem (WO)

Table 2. Values of pH and electrolytic conductivity of dust waste (POs) subjected to the effect of ultrasounds in natural water (WZ) and in ozone-saturated water (WO)

Numer próbki	Oznaczenie próbki	pH	Przewodnictwo elektrolityczne, mS
1	POs/U10/WZ	8,35	1,04
2	POs/U20/WZ	8,24	0,9
3	POs/U30/WZ	8,28	0,2
4	POs/U10/WO	7,9	1
5	POs/U20/WO	7,84	0,7
6	POs/U30/WO	8,15	0,6
7	WZ	6,94	0,7
8	WO	7,5	0,74
9	POs	8,45	1,8

Dla każdej z powyżej podanych próbek wykonano widma metodą spektroskopii w podczerwieni (FTiR) techniką transmisyjną (pastylki z KBr). Badania strukturalne przeprowadzono za pomocą spektroskopu FTiR Excalibur 3000 ze standardowym detektorem DTGS.

Na rysunkach od 1 do 5 zamieszczono widma spektralne w podczerwieni dla badanych próbek.

W widmach (w zakresie 3000–3800 cm^{-1}) pyłów POs poddanych działaniu ultradźwięków w mieszaninie z wodą WZ występują następujące zmiany w stosunku do widma dla pyłu bazowego:

- przesunięcie pasm grup OH w kierunku mniejszych liczb falowych:
 - pył bazowy POs - 3446 cm^{-1} ,
 - POs/U10/WZ - 3422 cm^{-1} ,
 - POS/U20/WZ - 3391 cm^{-1} ,
 - POs/U30/WZ - 3366 cm^{-1} ,
- wzrost intensywności pasm związanych z obecnością wody (w zakresie 3600 cm^{-1}).

Dekonwolucja wskazuje na pojawienie się w widmie próbki pyłu poddanego działaniu ultradźwięków przez 30 minut dwóch dodatkowych pasm grup OH lub też rozdzielenie pasma 3446 na pojedyncze (przy liczbach falowych: 3442 cm^{-1} , 3364 cm^{-1} , 3223 cm^{-1}) w stosunku do widma dla pyłu bazowego POs.

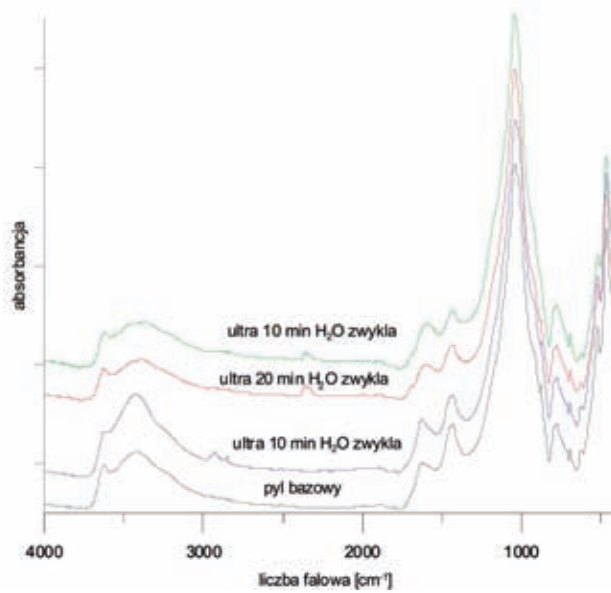
W widmach (w zakresie 600–900 cm^{-1}) pyłów poddanych działaniu ultradźwięków w mieszaninie z wodą WZ występują następujące zmiany w stosunku do widma dla pyłu bazowego:

- spadek intensywności pasma przy liczbie falowej 875 cm^{-1} (AlFeOH) w miarę wzrostu czasu oddziaływania ultradźwięków,
- dublet przy 797 cm^{-1} i 778 cm^{-1} związany z obecnością SiO_2 nie ulega wyraźnym zmianom i zależy głównie od ilości krzemionki w próbce,
- osłabienie pasma przy 714 cm^{-1} (Si-O dla kalcytu i dolomitu) zanika po 30 minutach działania ultradźwięków.

W widmach próbek pyłów poddanych działaniu ultradźwięków w mieszaninie z wodą WO brak jest widocznych zmian (nie stwierdzono przesunięć dla grup OH).

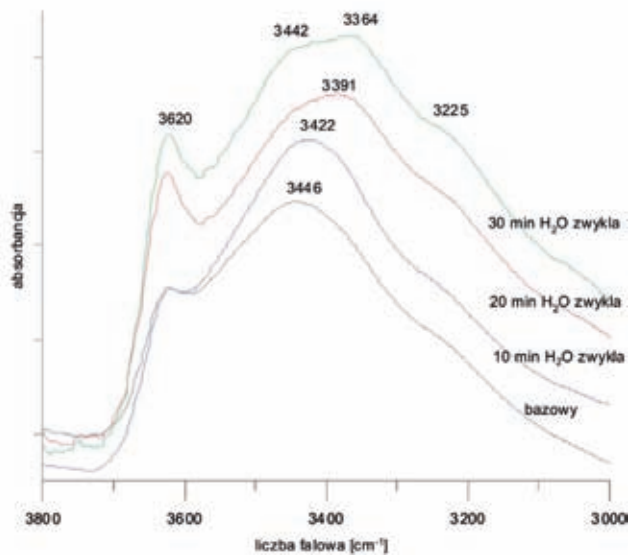
W widmach IR (w zakresie 3000–3800 cm^{-1}) pyłów POs poddanych działaniu ultradźwięków w mieszaninie z wodą WZ, występuje przesunięcie pasma dla grup OH oraz wzrost intensywności pasm związanych z obecnością wody przy liczbie falowej około 3600 cm^{-1} .

W widmach IR próbek pyłów POs poddanych działaniu ultradźwięków w mieszaninie z wodą WO nie stwierdzono istotnych zmian.



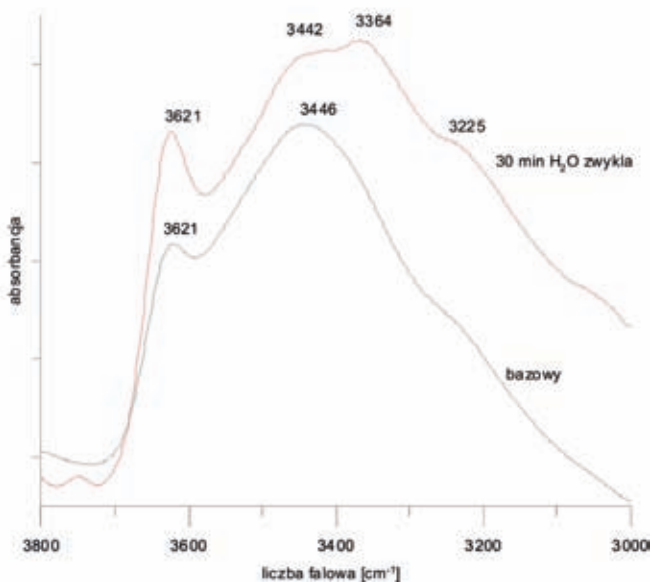
Rys. 1. Widma FTiR dla pyłów poddanych działaniu ultradźwięków w mieszaninie z wodą WZ (zakres 400–4000 cm^{-1})

Fig. 1. FTIR spectra for dust subjected to the effect of ultrasounds in water mixture WZ (the range of 400–4000 cm^{-1})

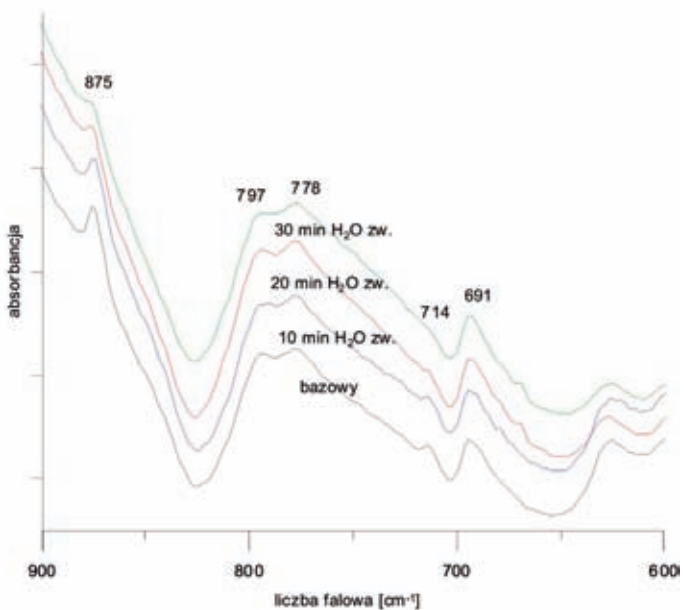


Rys. 2. Widma FTiR dla pyłów poddanych działaniu ultradźwięków w mieszaninie z wodą WZ (zakres 3000–3800 cm^{-1})

Fig. 2. FTIR spectra for dust subjected to the effect of ultrasounds in water mixture WZ (the range of 3000–3800 cm^{-1})

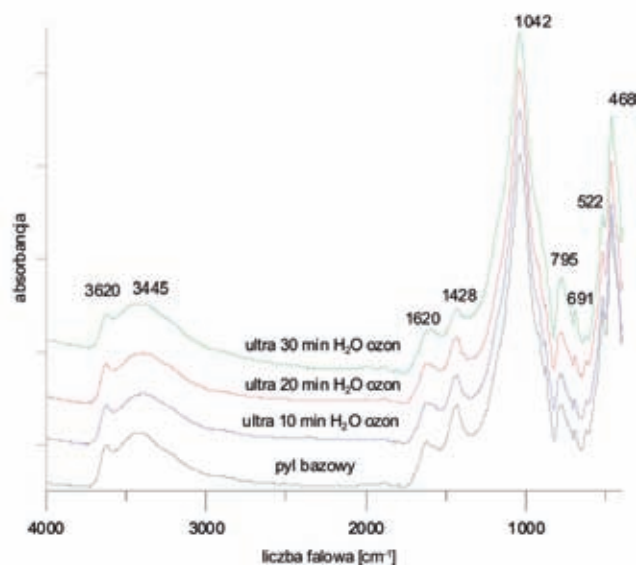


Rys. 3. Dekonwolucja widm dla pyłu bazowego POs i pyłu POs/U30/WZ
Fig. 3. Deconvolution of spectra for base dust POs and dust POs/U30/WZ



Rys. 4. Widma FTIR dla pyłów POs poddanych działaniu ultradźwięków w mieszaninie z wodą WZ (zakres 600–900 cm⁻¹)

Fig. 4. FTIR spectra for dust POs subjected to the effect of ultrasounds in water mixture WZ (the range of 600–900 cm⁻¹)



Rys. 5. Widma FTIR dla pyłów POs poddanych działaniu ultradźwięków w mieszaninie z wodą WO (zakres 400–4000 cm^{-1})

Fig. 5. FTIR spectra for dust POs subjected to the effect of ultrasounds in water mixture WO (the range of 400–4000 cm^{-1})

Wnioski

- Ze wzrostem czasu działania ultradźwięków występuje zmniejszenie wartości przewodnictwa elektrolitycznego zarówno dla pyłów będących w mieszaninie z wodą naturalną (WZ), jak i wodą nasyconą ozonem (WO).
- W widmach IR (w zakresie 3000–3800 cm^{-1}) pyłów POs poddanych działaniu ultradźwięków w mieszaninie z wodą naturalną (WZ) występuje przesunięcie pasma dla grup OH oraz wzrost intensywności pasm związanych z obecnością wody dla liczby falowej około 3600 cm^{-1} .
- W widmach IR pyłów POs poddanych działaniu ultradźwięków w mieszaninie z wodą nasyconą ozonem (WO) brak jest widocznych zmian.

Podziękowania

Badania zostały przeprowadzone w ramach projektu badawczego własnego N N507 207633 pt. „Określenie mechanizmów fizykochemicznych efektywnej aktywacji suspensji nanocząstek w nowoczesnych procesach odlewniczych”, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Autor artykułu pragnie podziękować prof. dr. hab. Zbigniewowi Adamczykowi z Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN w Krakowie oraz prof. dr. hab. Mariuszowi Holtzerowi z Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, za współpracę w realizacji przedstawionych badań.

Literatura

1. Praca zespołowa: Prace nad identyfikacją i zagospodarowaniem odpadów poregeneracyjnych, w szczególności z technologii mas ze spoiwami organicznymi, Praca nauk.-bad., Instytut Odlewnictwa, 2009, zlec. 8011/00
2. Glowacki C.R., Crandell G.R., Cannon F.S., Clobes J.K., Voight R.C., Furness J.C., McComb B.A., Knight S.M.: Emission Studies at a Test Foundry using an Advanced Oxidation-Clear Water System, AFS Transactions, 2003, Vol. 111, pp. 579–598
3. Esplugas S., Gimenez J., Contreras S., Pascual E., Rodrigues M.: Comparison of Different Advanced Oxidation Processes for Phenol Degradation, Water Research, 2002, Vol. 36, pp. 1034–1042
4. Westhof E., Meiser L., Schadlich-Stubenrauch J.: Sand Regenerierung und Staubinertisierung mit Hilfe überkritischer Fluide, Giesserei, 1998, no. 5, pp. 35–40
5. Wang Y., Cannon F.S., Neill D., Crawford K., Voight R.C.: Effects of Advanced Oxidation Treatment on Green Sand Properties and Emissions, AFS Transactions, 2004, Vol. 112, pp. 635–648
6. Hrazdira D., Rusin K., Ciganek M.: Oksidační procesy v bentonitových směsích, Česká Slévárenská Společnost, 2004, s. 131–142
7. Poskrobka B.: Zarządzanie Środowiskiem, PWE, 2007
8. Dz.U. Nr 112, poz. 1206 z dn. 08.10.2001 r.
9. Holtzer M., Bagińska E., Baliński A., Borla K., Bydałek A., Dańko J., Kowalski K., Latała-Holtzer M., Młyński M., Podrzucki C., Rożek J., Żmudzińska M.: Przewodnik w zakresie najlepszych dostępnych technik (NDT) – wytyczne dla branży odlewniczej, Ministerstwo Środowiska, 2005
10. Dz.U. nr 128, poz. 1347, 2004 r.
11. LaFay V.S., Neltner S.L., Dempsey T.C., Taulbee D.N., Wellbrock R., Ashburn C.: Carbonaceous Additives and Emission of Benzene During Metalcasting Process, AFS Transactions, 1998, Vol. 106, pp. 293–299
12. McKinley M.D., Jefcoat I.A., Hertz N.J., Frederic C.: Air Emissions from Foundries. A Current Survey of Literature, Suppliers and Foundryman, AFS Transactions, 1993, Vol. 101, pp. 979–990
13. Włodarczyk K., Latała-Holtzer M.: Zanieczyszczenia gazowe z mas formierskich i rdzeniowych, Instytut Odlewnictwa, 1991
14. Projekt badawczy Eureka, Recy Sand E! 2930, 2003
15. Uruchomienie produkcji odlewów obrabiarkowych z zastosowaniem nowej, odlewniczej żywicy furanowej i piasku regenerowanego, Projekt celowy nr ROW–352/2003, Instytut Odlewnictwa, 2005
16. Rozporządzenie Rady Ministrów z 20.12.2005 r. w sprawie opłat za korzystanie ze środowiska
17. Cannon F.S., Voight R.C., Furness J.C.: Non-Incineration Treatment to Reduce Benzene and VOC Emissions from Greensand System, Final Report U.S. Department of Energy, 2002, DE-FC 0799 ID13719
18. Technicon LLC, Casting Emission Reduction Programm (CERP), Baseline Testing Emission Results Production Foundry, February 2000