

**INTENSYFIKACJA ŁUGIEM SODOWYM PROCESU
MIKROFALOWEJ UTYLIZACJI TWORZYW
ZAWIERAJĄCYCH AZBEST**M. PIGIEL¹, D. POWĄZKA²

Zakład Odlewnictwa i Automatykacji ITMiA Politechniki Wrocławskiej

STRESZCZENIE

Przeprowadzono badania możliwości intensyfikacji z wykorzystaniem ługu sodowego procesu mikrofalowej utylizacji pięciu podstawowych rodzajów materiałów zawierających szkodliwe włókna azbestowe. Celem było sprawdzenie skuteczności procesu utylizacji dla każdej odmiany materiału, określenie zdolności ługu sodowego do zwilżania tworzyw oraz zbadanie dynamiki przebiegu procesu nagrzewania.

Key words: asbestos, microwave heating, utilization.

1. WPROWADZENIE

Azbest jest związkiem występującym bardzo powszechnie w technice, szczególnie w materiałach termoizolacyjnych. Ze względu na włóknistą strukturę i średnicę igieł rzędu nanometrów, jest materiałem wyjątkowo niebezpiecznym dla układu oddechowego człowieka. Włókna, wchłonięte przez organizm, dostają się do pęcherzyków płucnych, z których nie mogą być wydalone ani zneutralizowane w ramach reakcji obronnych organizmu. Prowadzi to do powstawania ognisk guza nowotworowego. W tej sytuacji niezwykle ważne staje się więc opracowanie optymalnej technologii utylizacji tego niebezpiecznego materiału, zapewniającej pełną, szybką, skuteczną i taną degradację włókien azbestu.

Prace badawcze przeprowadzone zostały na pięciu rodzajach materiałów zawierających azbest, podzielonych wg wytycznych Unii Europejskiej. W procesie utyli-

¹ Dr inż. Mirosław Pigiel, miroslaw.pigiel@pwr.wroc.pl

² Mgr inż. Dawid Powązka, dawid_powazka@hotmail.com

zacji zastosowano ług sodowy jako substancję nawilżającą. Celem było nieodzowne zintensyfikowanie procesu nagrzewania materiałów zawierających azbest oraz spowodowanie równomiernego rozkładu ciepła w nagrzewanych wsadach, co przełożyłoby się jednocześnie na zwiększenie stabilności procesu. Jak podaje [5] wytrzymałość włókien azbestowych zmniejsza się w temperaturze 100°C o około 10%, przy 200°C maleje o 35%. Następny poważny spadek wytrzymałości włókien, wywołany całkowitym odparowaniem wody higroskopijnej, notuje się przy temperaturze 370°C. Do temperatury 500°C azbest zachowuje jeszcze dość znaczną wytrzymałość mechaniczną, jednak w przedziale 600 - 700°C następuje wydzielenie wody ze struktury krystalicznej włókien, co powoduje ich rozpad. W badaniach próbki podgrzewano do temperatury: 500°C, 600°C i 700°C.

2. BADANIA WŁASNE

Celem badań było sprawdzenie możliwości wykorzystania ługu sodowego w procesie mikrofalowego nagrzewania materiałów zawierających azbest. Badania obejmują: efekt procesu, zdolność do zwilżania, oraz jego dynamikę i stabilność. Jak wynika z przeglądu literatury [1] [2] [3], istnieje możliwość wykorzystania nagrzewania mikrofalowego w procesie utylizacji odpadów zawierających azbest, przy czym skuteczność tego procesu zależy w decydującym stopniu od właściwości dielektrycznych nagrzewanych materiałów oraz od współczynnika pochłaniania k .

2.1. Stanowisko laboratoryjne

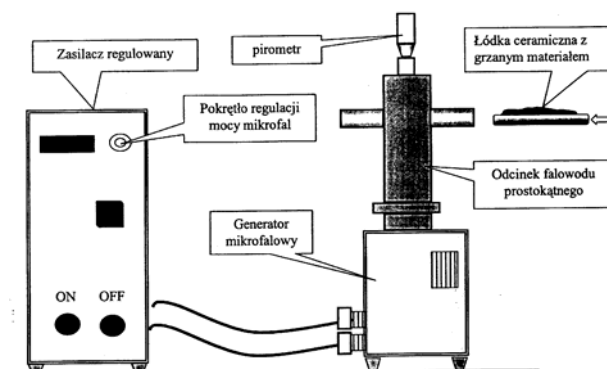
Badania przeprowadzono na stanowisku laboratoryjnym przedstawionym schematycznie na rysunku 1. Do jego podstawowych elementów należą [4]:

- zasilacz regulowany magnetronu. Umożliwia on płynną regulację mocy mikrofalowej w zakresie od 0 do 650 W;
- generator mikrofalowy o mocy maksymalnej do 650 W oraz częstotliwości $f=2450$ MHz;
- odcinek falowodu prostokątnego o wymiarach 100 x 50 mm, zwarty na końcu. Wewnątrz falowodu umieszczone są na przeciwko siebie, na szerszych jego ścianach, rurki średnicy 20 mm, umożliwiające wprowadzenie do wnętrza falowodu ceramicznych łódek z nagrzewanym materiałem. Na zwartym końcu umieszczono dodatkowo jedną rurkę średnicy 14 mm, umożliwiającą doraźny pomiar temperatury materiału;
- pirometr MX2 firmy RAYTEK.

Badania przeprowadzono dla 5 rodzajów materiałów zawierających w swoim składzie azbest. Unia Europejska dzieli te materiały na 5 grup. Nazwy ich podano w tabeli 1. Ocenę efektu utylizacji przedstawiono w pięciostopniowej skali.

2.2. Badania procesu utylizacji

Przedstawione na rysunku 1 stanowisko laboratoryjne pozwala na przeprowadzenie pomiarów temperatury nagrzewanego mikrofalami materiału. Nagrzewaną próbkę umieszczono w odległości $\lambda/4$, czyli czwartej części długości fali, w falowodzie. Takie usytuowanie próbki niewielkich rozmiarów zapewnia skuteczne skupienie obciąż-



Rys. 1. Stanowisko laboratoryjne do nagrzewania mikrofalowego
 Fig. 1. Laboratory stand for microwave heating

Tabela 1. Ocena poszczególnych materiałów po obróbce mikrofalowej
 Table 1. Evaluation of individual materials after microwave treatment

Rodzaj wyrobu Środek nawilżający	Cement panel	Cement shingle	Panocell	Plaster progypsol	Sprayed coating
Ług sodowy (1:1)	4	4	3	5	1

zenia (transmisji mikrofal) w nagrzewanym materiale. Współczynnik fali stojącej w falowodzie zawierającym próbkę z azbestem, po zmierzeniu nie przekraczał wartości 2,1. Oznacza to, że ponad 85% mocy mikrofalowej (ustalonej na 150 W) z generatora pochłaniane było przez nagrzewany materiał, zwilżony ługiem sodowym. Substancja ta ma bardzo dużą zdolność do zwilżania materiałów zawierających w swoim składzie włókna azbestu. Próby laboratoryjne przeprowadzono stosując proporcje 1:1 (materiał zawierający azbest : substancji zwilżającej). Mniejsza ilość substancji intensyfikującej nie zapewniała odpowiedniego rozkładu ciepła w nagrzewanych wsadach, natomiast większa ilość niepotrzebnie wydłużała proces nagrzewania. Dla każdego z pięciu rodzajów materiałów zawierających w swoim składzie azbest przeprowadzono 3 serie badań w celu określenia stabilności procesu.

2.2.1. Skuteczność procesu utylizacji

Oceny efektu utylizacji dokonano w oparciu o 5-cio stopniową skalę, w której: 5- to wzorcowo zneutralizowana próbka; 4- dostrzegalne pojedyncze nieprzepalone włókna; 3- wyraźnie dostrzegalne włókna azbestu; 2- wysoki udział włókien; 1- bardzo wysoki udział włókien. Rysunki 2 i 3 przedstawiają przykładowe zdjęcia materiałów

zawierających włókna azbestowe, po procesie utylizacji. Na rysunku 2 zaprezentowano wzorcowo zneutralizowane włókna azbestu (ocena 5), a na rysunku 3 próbkę materiału z bardzo dużym udziałem nieprzepalonych włókien azbestu (ocena 1).



Rys. 2. Materiał „Cement panel” po mikrofalowej obróbce
Fig. 2. Material „Cement panel” after microwave treatment



Rys. 3. Materiał „Sprayed coating” po mikrofalowej obróbce
Fig. 3. Material „Sprayed coating” after microwave treatment

Ocena dokonana została każdorazowo na podstawie kompleksowej analizy próbek, a efekt procesu utylizacji przedstawia tabela 1 [4].

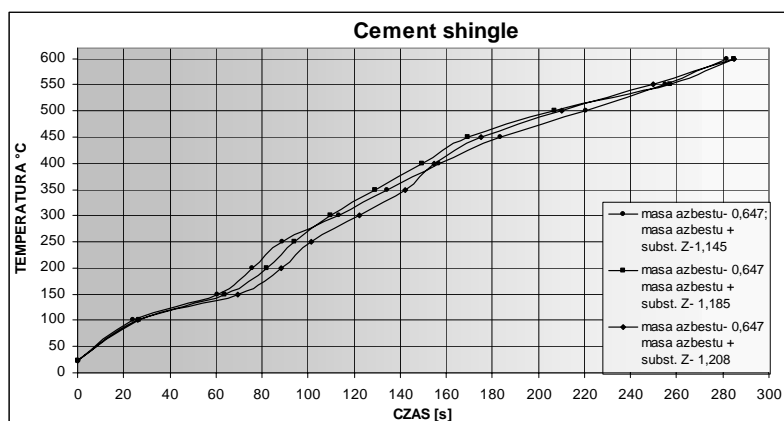
Z tabeli 1 wynika, że stopień neutralizacji azbestu zależy od rodzaju poddawane-
nego procesowi nagrzewania materiału zawierającego azbest, przy czym widać tutaj
bardzo szeroki rozrzut efektów procesu utylizacji, od całkowicie nie zneutralizowanych
włókien do całkowicie rozłożonych (rysunek 2 i 3).

2.2.2. Zdolność ługu sodowego do zwilżania materiału

Ług sodowy charakteryzuje się bardzo dużą zdolnością do zwilżania materiałów zawierających w swoim składzie azbest, bez względu na odmianę tego materiału. Jest to własność bardzo istotna, przyczynia się bowiem do zwiększenia równomierności rozkładu ciepła w nagrzewanych wsadach. Brak równomiernego rozkładu ciepła sprawia, szczególnie w przypadku odmian trudniej poddających się procesowi utylizacji, że w nagrzewanych wsadach powstają jednocześnie obszary bardzo dobrze zneutralizowane oraz prawie nienaruszone.

2.2.3. Dynamika przebiegu procesu nagrzewania

Zastosowanie ługu sodowego jako substancji intensyfikującej proces utylizacji przyczynia się do zwiększenia stabilności przebiegu tego procesu. Przejawia się to przede wszystkim zwiększeniem stopnia powtarzalności przebiegu krzywej nagrzewania dla trzech kolejnych prób oraz eliminuje powstawanie trudnych do wyjaśnienia miejscowych odchyłeń, jakie miały miejsce w przypadku stosowania innych środków nawilżających. Z drugiej jednak strony, w przypadku niektórych odmian materiałów zawierających w swoim składzie azbest, wydłuża się (nawet o 200%) czas potrzebny do osiągnięcia docelowej temp. 600°C. Mimo tego jednak czas całego procesu nie przekraczał nigdy 5 min. Na rysunku 4 zaprezentowano przykładowy przebieg krzywej nagrzewania, dla trzech prób materiału odmiany *Cement single*.



Rys. 4. Przykładowy przebieg krzywej nagrzewania
Fig. 4. Exemplary pattern of heating curve

3. PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski:

1. Możliwe jest wykorzystanie ługu sodowego jako substancji nawilżającej w procesie utylizacji mikrofalami materiałów zawierających azbest.

2. Efektywność ługu sodowego, pod względem efektów procesu, zależy od odmiany materiału zawierającego azbest, poddawanego procesowi utylizacji.
3. Następuje wyraźna poprawa stabilności procesu przy stosowaniu ługu sodowego w porównaniu do stosowanych wcześniej innych środków intensyfikujących.
4. Dalsze badania skoncentrować powinny się na opracowaniu kombinacji ługu sodowego z innymi środkami nawilżającymi w celu ustalenia kombinacji optymalnej, zapewniającej zarówno dobry efekt jak również stabilny przebieg procesu.

LITERATURA

- [1] R. Litwin, M. Suski; „*Technika mikrofalowa*”, WNT, Warszawa 1972, s.19-22
- [2] H.E. Thomas; „*Techniki i urządzenia mikrofalowe*”, WNT, Warszawa 1978, s. 107-109
- [3] M. Hering; „*Podstawy elektrotermii*”, cz.II, WNT, Warszawa 1998, s. 206-224
- [4] D. Powązka, praca dyplomowa „*Badanie możliwości utylizacji tworzyw zawierających włókna azbestowe za pomocą nagrzewania mikrofalowego*”, Zakład Odlewnictwa i Automatyzacji ITMiA Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005
- [5] P. Januszewicz, J. Kostecki, Z. Werts; „*Niemetaliczne surowce mineralne przemysłu odlewniczego*”, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1961

INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF MICROWAVE UTILISATION OF ASBESTOS-BEARING PLASTICS WITH SODA LYE

SUMMARY

A research on possible use of soda lye for intensification of the process of microwave utilisation of five basic materials containing harmful asbestos fibres was carried out. The purpose of the research was to prove the effectiveness of the utilisation process for each material variation, to determine the soda lye ability to wet plastics and to examine the dynamics of the heating process.

Recenzował: Prof. Tadeusz Mikulczyński