

*Utylizacja azbestu w technologii MTT – w
aspekcie badań i analiz laboratoryjnych*

Stanisław Linert - UMK Toruń

Włocławek; październik 2008r.

1. Wstęp

Działalność człowieka, wynikająca z rozwoju technologii jak i ilości mieszkańców Ziemi powoduje lawinowy wzrost zanieczyszczeń środowiska biotycznego i abiotycznego odpadami i emisjami substancji toksycznych, uwalnianych się do biosfery w wyniku niewłaściwego gospodarowania odpadami. Wprowadzenie kompleksowości w gospodarce odpadami wymusza prowadzenie kategoryzacji i segregacji odpadów, u źródła powstawania jak i składowania. Większość odpadów w wyniku segregacji nadaje się do powtórnego przetworzenia lub utylizacji. Niesegregowane stanowią mieszaniny substancji, nie nadające do kompostowania, recyklingu czy dalszego przetworzenia.

W niniejszym opracowaniu podjęty zostaje trudny temat zagospodarowania i przetworzenia odpadów zawierających azbest. Aby podjąć skuteczne działania eliminujące ten minerał ze środowiska biotycznego i abiotycznego należy odpowiedzieć sobie na kilkanaście pytań? Jednym z nich jest uzyskanie odpowiedzi na poniższe pytanie; -

Azbest to sympatyczny minerał czy cichy zabójca?

Na tak postawione pytanie – możemy uzyskać odpowiedź jednoznaczną, że jako minerał może być sympatyczny lecz jego skutki działań mogą przypominać cichego i skrytego zabójcę.

Azbest znany był już w czasach starożytnych jako ***jedwab tajemniczego świata mineralów***, nazwa amiantus wzięła się stąd, że wrzucony do ogniska nie ulega spaleni, nie traci na wadze i staje się jakby czystszy stąd w czasach starożytnych używany był do wyrobu chusteczek do nosa i obrusów na stoły. W starożytnym Rzymie używano azbestu do wyrobu płótna ***linum vivum*** tzw. Żyjącego płótna, w które owijano zwłoki władców po to aby po kremacji zachować ich prochy.

Wiek XIX i rewolucja techniczno – technologiczna powoduje gwałtowne zapotrzebowanie i zastosowanie azbestu skalę przemysłową. Staje się On wręcz nie zastąpiony wraz z rozwojem silników parowych i później spalinowych. W efekcie znalazł zastosowanie w ponad 3 000 tysiącach technologii klocki hamulcowe, papy, uszczelniacze i szczeliwa.

Historia azbestu zatoczyła swoisty krąg od swoistego zachwyty i zauroczenia niezwykłą przydatnością i wszechstronnym zastosowaniem po zakaz stosowania w latach 90-tych ubiegłego wieku. Włókna azbestowe wdychamy z powietrzem do płuc, niewidoczne gołym okiem wnikają do naczyń włosowatych i pęcherzyków oskrzelowych, skąd niezwykle trudne jest ich usunięcie lub wręcz nie możliwe prowadząc do chorób układu oddechowego jak;

- łagodne zmiany opłucnych,
- pylica azbestowa – azbestoza,
- międzybłoniak opłucnej i otrzewnej (nowotwory o dużej złośliwości),
- rak płuc – najpowszechniejszy nowotwór złośliwy powodowany przez azbest.

2. Utylizacja czy składowanie

Skoro azbest uznany został za niezwykle groźny produkt natury, który staramy się wyeliminować z naszego życia i środowiska musimy poznać dokładnie jego strukturę i możliwości jakie musimy aby było możliwe jego definitywne wyeliminowanie. Jedno z najwcześniej stawianych pytań na jakie należy odpowiedzieć to; - **utyliczacja czy deponowanie przez składowanie?**

Utylizacja – potocznie utylizacja rozumiana jest jako zniszczenie materii lub substancji bez możliwości odtworzenia jej struktury.

Deponowanie przez składowanie – powoduje nagromadzenie na stosunkowo małym obszarze dużych ilości szkodliwych produktów, które w wyniku niekorzystnych sytuacji mogą przedostać się do środowiska stanowiąc poważne zagrożenie.

Wydawać by się mogło, że **utyliczacja** – jest jedynym procesem jaki powinien towarzyszyć eliminowaniu azbestu z środowiska.

W naszych krajowych realiach i obowiązującym systemie prawnym przyjęto najgorsze z możliwych rozwiązań – sugerując w obowiązujących aktach prawnych rozwiązanie o pokrętnym i niezrozumiałym znaczeniu nazwane *utyliczają przez składowanie*. Tak absurdalne rozwiązanie może być stosowane tylko w systemie prawnym o bardzo wątpliwej wartości i jakości stanowienia prawa.

Państwa Unii Europejskiej, i nie tylko, wprowadziły w swoich systemach prawnych zapisy zakazujące deponowanie od czasu, gdy wprowadzono technologie definitywnej destrukcji włókien azbestowych. Obecnie składowiska w Europie i na świecie w państwach o prawidłowo funkcjonujących systemach prawnych na których od lat 70-tych XX w. deponowano azbest są odkrywane, a azbest poddawany systematycznej utylizacji.

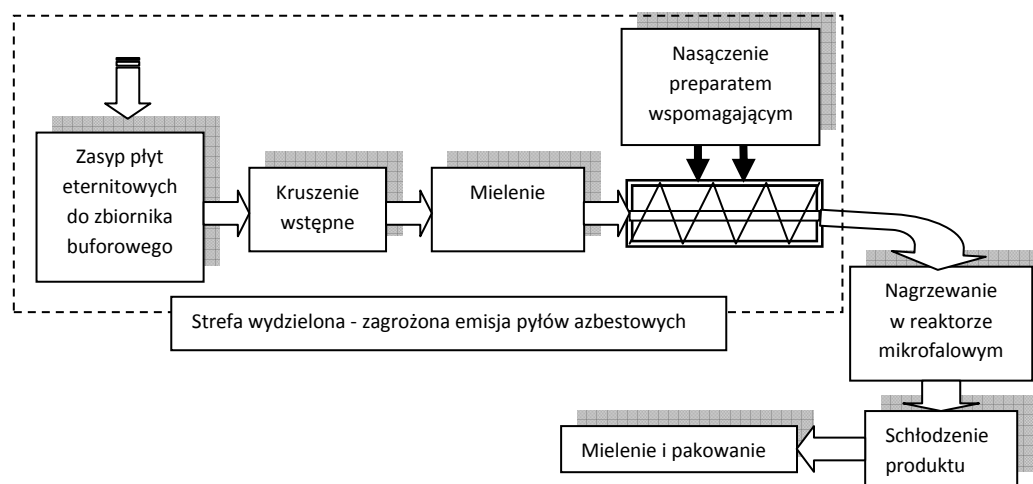
Niestety nasz rodzimy system prawodawczy jak i osoby, które odpowiedzialne z tytułu sprawowanych funkcji, które powinny dokładać wszelkich starań aby bezpowrotnie zniszczyć azbest nie są zaangażowane w ten proceder. Jak również nic się nie robi aby zmienić błędne zapisy w obowiązującym systemie prawnym. Aby takie procesy zostały podjęte konieczna

jest zmiana mentalności i wprowadzenie odpowiedzialności za podejmowane decyzje na różnych szczeblach administracji rządowo – samorządowej.

3. Utylizacja przez termiczne przetwarzanie azbestu

Zaangażowanie nauki i techniki zawsze przynosiło człowiekowi korzyści tak się stało i tym razem po upływie około 3 lat, od chwili wprowadzenia zakazu używania azbestu Polska dysponuje technologią opierającą się o najnowsze zdobycze nauki. Wykorzystując technologię termiczno – mikrofalową skonstruowano reaktor prowadzący proces utylizacji azbestu w sposób w pełni zautomatyzowany, że powstający w wyniku tego procesu produkt stanowiący surowiec wyjściowy do zastosowania w budownictwie.

Technologia *MTT* – (*Microwave Thermal Treatment*), jest innowacyjnym rozwiązaniem unieszkodliwiania odpadów w sprawnych energetycznie reaktorach unieszkodliwiających w bardzo wysokich temperaturach szeroką gamę niebezpiecznych odpadów, przy kosztach eksploatacji wielokrotnie mniejszych od dotychczas znanych i stosowanych urządzeń i technologii. Spełniając rygorystyczne wymogi unieszkodliwiania, dając produkt wyjściowy do recyklingu całkowicie obojętny dla środowiska, co postaramy się udowodnić wynikami badań.



Ryc. 1 Schemat instalacji do termicznej utylizacji odpadów zawierających azbest [1]

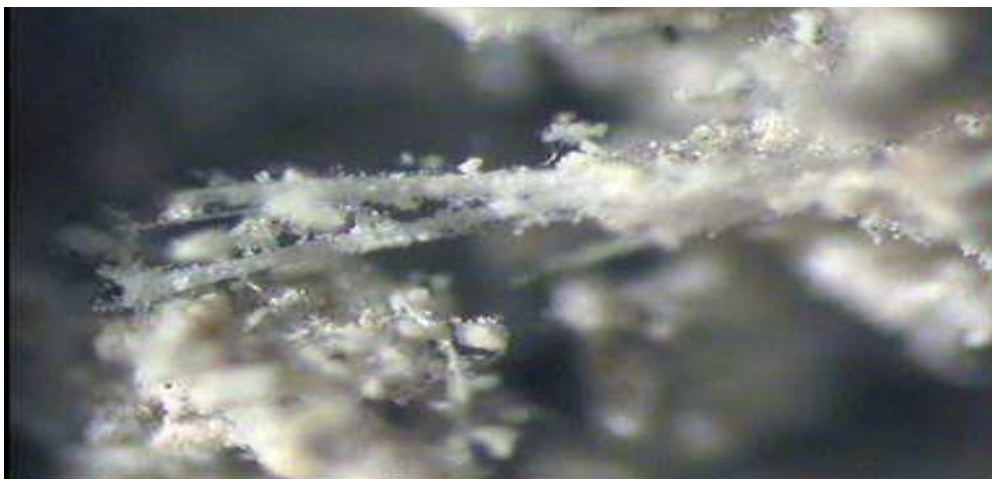
Metodę opracowaną przez firmę ATON HT cechuje „bezkontaktowe” nagrzewanie skoncentrowaną wiązką energii mikrofalowej do temperatur optymalizujących prawidłowe przeprowadzenie procesu w atmosferze gazowej, takich możliwości nie stwarzają metody konwencjonalne. Rozdrobnione i nasączone odpady wprowadza się transporterem ślimakowym do

komory reaktora mikrofalowego, odpady zostają wstępnie nagrzewane przez gazy odlotowe, co pozwala odparować część wody w nich zawartej. Najważniejszym elementem przebiegającego procesu i instalacji jest komora reaktora. Energia mikrofalowa dostarczana do reaktora przez promienniki mikrofalowe połączone z generatorami mikrofal. Zamontowanie promienników mikrofal wewnątrz rury ceramicznej pozwala uzyskać dużą koncentrację energii mikrofalowej. W efekcie energia mikrofalowa absorbowana jest w obrabianych produktach, nie nagrzewając ścian reaktora, stąd uzyskiwana jest bardzo duża sprawność energetyczna procesu. Spopielony produkt wprowadzany jest do komory schładzania, w której odzyskiwana jest część ciepła, służąca do wstępnego podgrzewania wsadu. W wyniku obróbki termicznej objętość spopielonych materiałów jest kilkunastokrotnie mniejsza od objętości przed obróbką. Zależnie od rodzaju wsadu, wychłodzone i spopielone produkty obróbki stanowią surowiec wyjściowy np. jako wypełnienie dla mas betonowych i asfaltowych. Instalacja i technologia mogą być realizowana w stacjonarnych instalacjach przemysłowych o pracy ciągłej, jak i małych mobilnych zestawach reaktorów wykonujących zadanie w miejscach dużych skupisk materiałów niebezpiecznych jak składowiska czy mogielniki.

Obróbki materiałów w technologii MTT nie można zaprezentować bez dokumentacyjnych efektów technologicznych procesu przy pomocy zdjęć dokumentujących istniejące struktury przed poddaniem procesowi termiczno – mikrofalowej obróbki:



Ryc. 2 Zdjęcie mikroskopowe materiału zawierającego azbest – widoczna struktura rakotwórczych włókien – zdjęcia [2]



Ryc. 3 Zdjęcie mikroskopowe materiału zawierającego azbest – widoczna struktura rakotwórczych włókien – zdjęcia [2]

Istota termicznej destrukcji niebezpiecznych włókien azbestowych polega ich nagrzewaniu energią mikrofalową, eternit i odpady zawierające azbest, po skruszeniu w kruszarce o hermetyzowanej konstrukcji zostają zmieszane są z niewielkimi ilościami substancji wspomagającej procesy zachodzące w komorze reaktora mikrofalowego.

W wyniku nagrzewania tej mieszaniny do wysokiej temperatury, około 900 - 1100°C, struktura krystaliczna włókien azbestowych ulega przemianie w formę bezpostaciową. Przemiany struktury fizycznej azbestu w wyniku procesu obróbki termicznej wspomaganiej mikrofalami (metoda MTT) pokazano na zdjęciach poniżej.

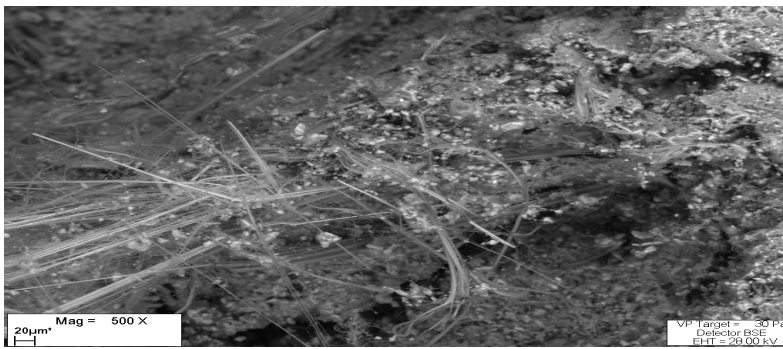


Ryc. 4 Zutylizowany azbest w technologii MTT(przy zastosowaniu małego reaktora mikrofalowego [2]

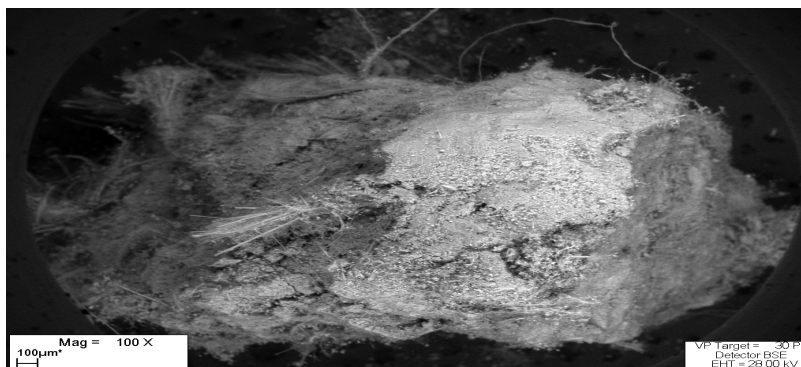
Procesy wykorzystania energii mikrofalowej w instalacjach technologicznych, pokazują możliwości drzeiące w innowacyjnych technologiach. Wykorzystanie i zastosowanie termiki mikrofalowej w innowacyjnych procesach technologicznych jest wykorzystaniem tzw. czystej energii. Przedstawione schematy procesów technologicznych dowodzą, że bezpośrednie sprzężenie nauki i techniki jest dźwignią postępu i technicznego oraz gwarantującą wzrost i rozwój gospodarczy.

Pomiarów i zdjęć próbek azbestu jak i produktu po destrukcji o handlowej nazwie atonit dokonano na skaningowym mikroskopie elektronowym produkcji LEO Electron Microscopy, Zakres badań polegał na obrazowaniu powierzchni próbek w próżni (ciśnienie 10^{-3} Pa) z wykorzystaniem detektora elektronów elastycznie odbitych BSE (ang. Backscattered Electrons) i detektora elektronów wtórnych SE (ang. Secondary Electrons), zakres i wyniki badań zostały opisane w dalszej części opracowania.

a.



b.

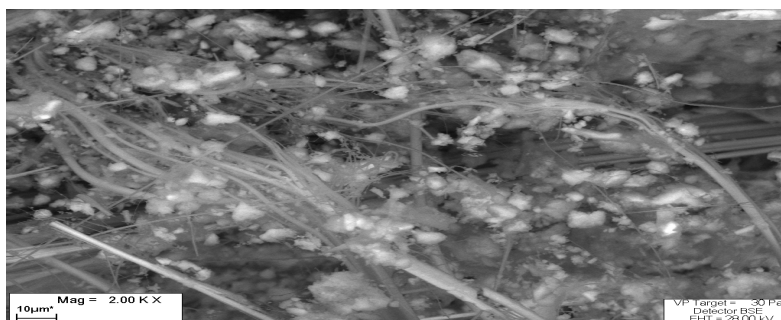


Ryc. 5 *Próbka eternitu z włóknami azbestu pod elektronowym mikroskopem skaningowym z zastosowanie i wykorzystaniem funkcji detektora BSE [5]*

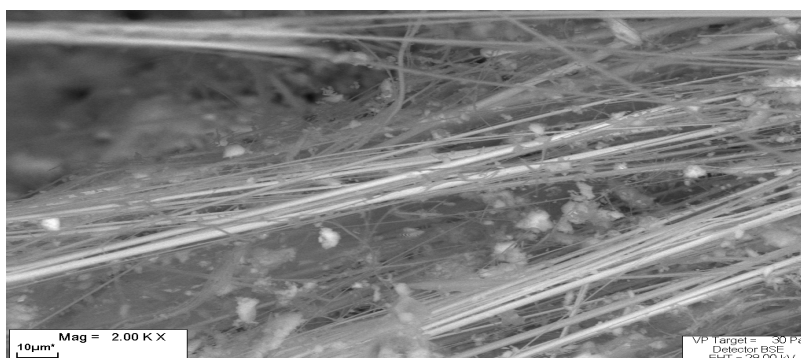
a. *powiększenie x 100 - powierzchnia badana $100\mu\text{m}^2$*

b. *powiększenie x 500 - powierzchnia badana $20\mu\text{m}^2$*

a.



b.



Ryc. 6 Eternit z włóknami azbestu widziany pod elektronowym mikroskopem skaningowym z zastosowaniem i wykorzystaniem funkcji detektora BSE [5]

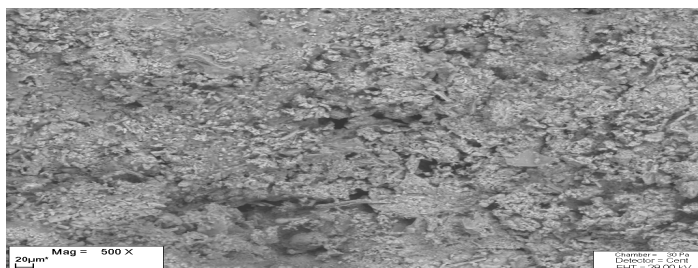
a. powiększenie 2.00KX – powierzchnia 10 μm²

b. powiększenie 2.00KX – powierzchnia 10 μm²

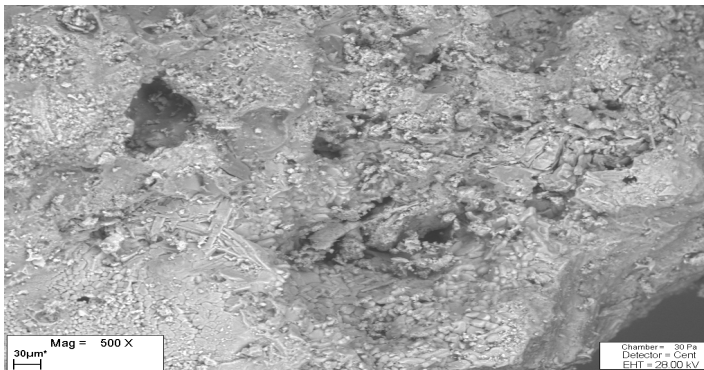
Azbest w normalnych warunkach nie ulega degradacji, warunki niszczące struktury krystaliczne uzyskujemy działając skoncentrowanym polem w reaktorze mikrofalowym, inicjującym temperatury rzędu 1000 – 1400⁰C. W wyniku tak niekorzystnych warunkach włókna azbestu zostają rozerwane tworząc bezpostaciową strukturę.

Efekty działania pola mikrofalowego i temperatury obrazują zdjęcia wykonane przy użyciu tej samej aparatury i technologii.

a.



b.



Ryc. 7 Eternit po obróbce termiczno - mikrofalowej, widziany pod elektronowym mikroskopem skaningowym z zastosowanie detektora BSE[5]

Atonitu to bezpostaciowa masa, obrazy zarejestrowane mikroskopem skaningowym wykorzystującym elektrony elastycznie odbite pokazują substancję o strukturach odmiennych. Widoczna jest bezpostaciowa substancja o nie określonej strukturze, bez struktur krystalicznych włókien azbestu. Porównując i analizując obrazy termiczno-mikrofalowej obróbki należy stwierdzić, że **atonit to bezpostaciowa substancja wolna od włókien azbestowej struktury krystalicznej**. Po wysnuciu takich wniosków pozostaje odpowiedzieć na istotne i bardzo ważne pytania;

- **Czy jest to produkt bezpieczny i neutralny dla środowiska?, oraz**
- **Czy to materiał wyjściowy do procesu recykling, a więc nie będzie stanowił odpadu?**

Na pytania można odpowiedzieć po dokonaniu analiz laboratoryjnych stwierdzających wartości neutralne dla człowieka i środowiska.

4. Analiza chemiczna z procesów wmywania pierwiastków zawartych w atonicie

Atonit jest produktem powstającym z mikrofalowej obróbki eternitu w technologii MTT, po dokładnym rozdrobieniu poddany został badaniu laboratoryjnemu, wydzielono próbkę, którą poddano wmywaniu pierwiastków w kolumnie.

Metoda polegała na wmywaniu substancji wodą z mikrokolumny wypełnionej obojętnym nośnikiem, rozpuszczalność w wodzie należy określać w momencie, gdy stężenie substancji w eluacie osiąga wartość stałą.

Zanieczyszczenia badanej substancji mogą mieć wpływ na jej rozpuszczalność. W rozumieniu rozporządzenia, rozpuszczalność substancji w wodzie jest jej stężeniem w wodzie

w stanie nasycenia w określonej temperaturze. Ilości wymywanych pierwiastków lub związków chemicznych mogą stanowić zagrożenie dla środowiska w tym życia biologicznego jeżeli znajdują się w glebie z dostępem do nich wód opadowych lub gruntowych. W tabeli zestawiono wyniki analizy laboratoryjnej pobranych próbek.

Tab. 1 Przybliżonych rozpuszczalności w jednostce objętości [5]

przedstawioną poniżej: 0,1 g rozpuszczone w x ml wody	0,1	0,5	1	2	10	100	>100
Rozpuszczalność przybliżona (g/dm ³)	>1000	1000 do 200	200 do 100	100 do 50	50 do 10	10 do 1	<1

Tab. 2 Zawartości pierwiastków wymytych podczas wymywania substancji wodą z mikrokolumny [5]

L.P.	Nazwa pierwiastka	Dopuszczalne stężenie		Próbka nr. 1 238mg/ 50ml		Próbka nr. 2 238mg/ 50ml	
		norma	Jedn.	Ilość	Jedn.	Ilość	Jedn.
1.	Na	200	mg/dm ³	8,511E+0,	ppb	7.878E+0,3	ppb
2.	Azbest	70	włókien/dm ³	3		0	
3.	Mg	60	mg/dm ³	0	ppb	41,91	ppb
4.	Al.	0,3	mg/dm ³	40,44	ppb	1,855E +0,3	ppb
5.	Ca		mg/dm ³	1,416E+0,	ppb	1,694E+0,3	ppb
6.	Cr	0,01	mg/dm ³	3	ppb	23,02	ppb
7.	Fe ⁺²	0,3	mg/dm ³	1,438E+0,	ppb	25,51	ppb
8.	Fe ⁺³	0,5	mg/dm ³	5	ppb	994,3	ppb
9.	Ni	0,03	mg/dm ³	18,22	ppb	1,370	ppb
10.	As	0,05	mg/dm ³	15,31	ppb	1,804	ppb
11.	Se	0,01	mg/dm ³	833,4	ppb	1,282	ppb
12.	Ag	0,05	mg/dm ³	1,44	ppb	4,006	ppb
13.	Cd	0,005	mg/dm ³	2,355	ppb	1,014	ppb
14.	Sb		mg/dm ³	4,234	ppb	3,891	ppb
15.	Pb	0,05	mg/dm ³	5,835E-0,1	ppb	5,759E-0,1	ppb

Podane w tabeli dopuszczalne stężenia odnoszą się do stężeń maksymalnych dopuszczonych normą dla wody pitnej.

Dla substancji słabo rozpuszczalnych czas rozpuszczania może być długi (przyjmuje się 24 godziny). W tabeli 2 podana jest przybliżona rozpuszczalność dla objętości wody, w której substancja całkowicie się rozpuściła. Jeżeli substancja nadal pozostaje nierozpuszczona, należy zastosować dłuższy czas rozpuszczania (aż do 96 godzin) lub podejmować dalsze próby rozcieńczania. W zależności od wyniku, należy stosować metodę wymywania z kolumny lub metodę z wykorzystaniem kolby.

Jeżeli przywrócimy wspomniany na początku niniejszej pracy Krajowy Program Likwidacji Azbestu i uwzględnimy ten dokument zapisami z punktu widzenia gospodarki odpadami niebezpiecznymi zwłaszcza zawierającymi w swoich strukturach azbest wówczas powinniśmy dojść do wniosku mówiącego:

Wdrażając proekologiczne i ekonomicznie efektywne metody zagospodarowywania odpadów niebezpiecznych, stosując w pełni techniki BAT oraz rozwiązania oparte na technologiach innowacyjnych, możemy skutecznie przeciwstawić się narastającemu lawinowo problemowi z zagospodarowaniem odpadów niebezpiecznych, likwidując je z naszego otoczenia.

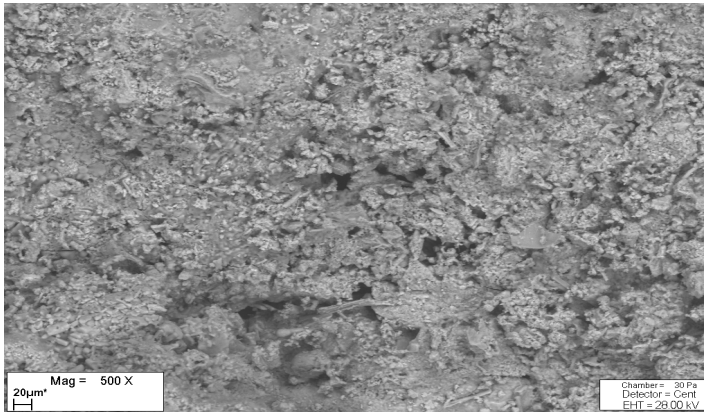
5. Badanie skaningowe eternitu i produktu mikrofalowej utylizacji atonitu

Obrazowanie mikroskopii skaningowej z wykorzystaniem detektora elektronów odbitych BSE wykazuje w próbkach włókna azbestowe, ryc. 29 obszary z zawierające azbest, ryc. 30 widoczne włókna minerału azbestu kotwiczące się do naczyń włosowatych i pęcherzyków płucnych organizmów zwierzęcych. Powiększenia pokazują powierzchnie od 100 - 20 μm^2 , w których 30 – 40% objętości to włókna azbestu, dla porównania skali wielkości na dachu o powierzchni 100m² o wadze 1400 kg 30 – 40% to włókna azbestu.

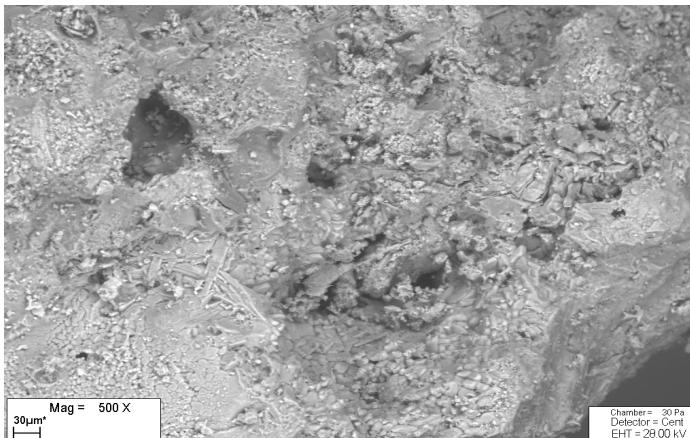
Azbest w normalnych warunkach nie ulega degradacji, warunki niszczące struktury krystaliczne uzyskujemy działając skoncentrowanym polem w reaktorze mikrofalowym, inicjującym temperatury rzędu 1000 – 1400⁰C. W wyniku tak niekorzystnych warunkach włókna azbestu zostają rozerwane tworząc bezpostaciową strukturę.

Efekty działania pola mikrofalowego i temperatury obrazują zdjęcia wykonane przy użyciu tej samej aparatury i technologii co ryc. 5 i 6.

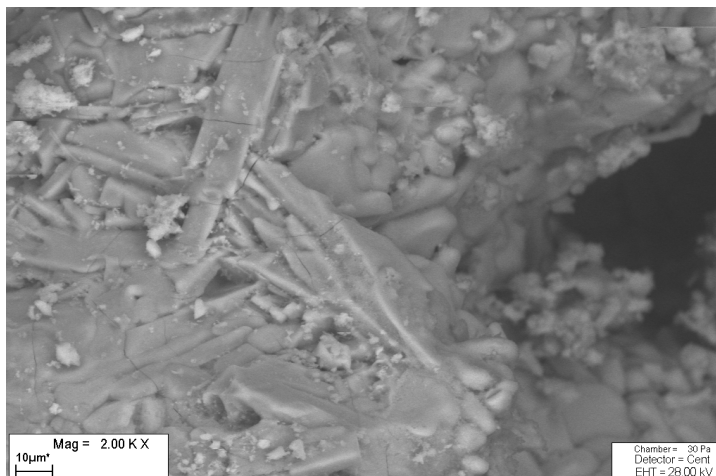
a.



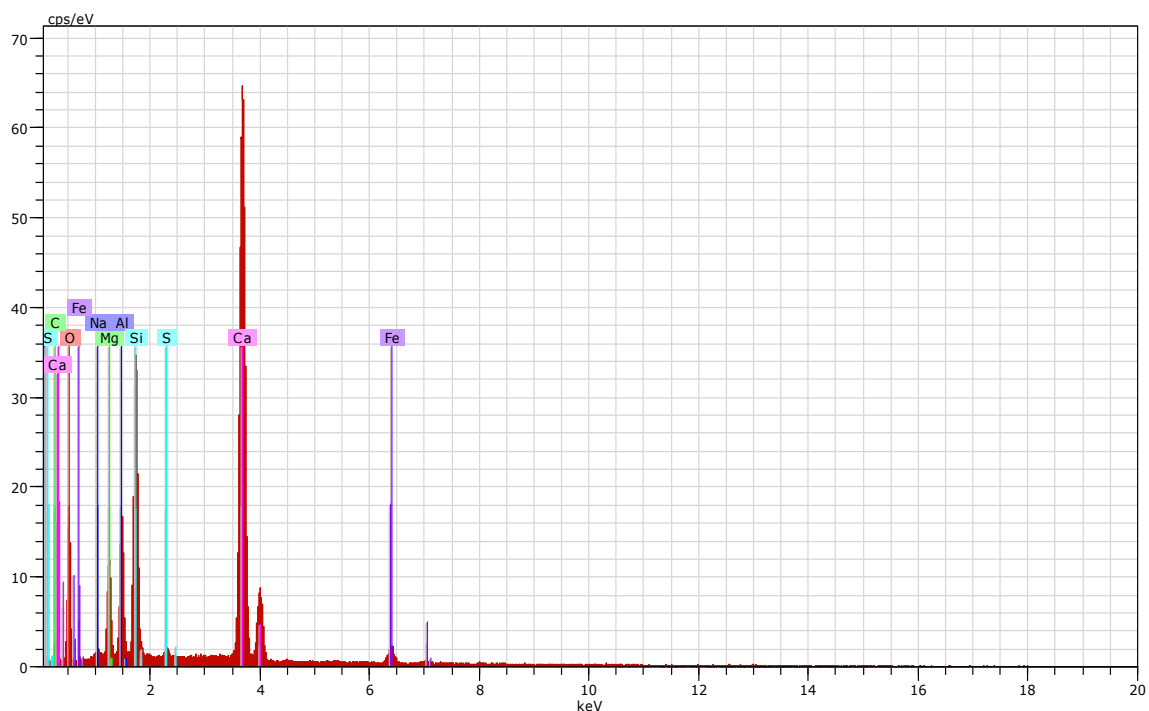
b.



c.



Ryc. 8 Eternit po obróbce termicznie - mikrofalowej, widziany pod elektronowym mikroskopem skaningowym z zastosowanie detektora BSE[5]



Ryc. 9 Widmo EDX w granulacie atonitu oznaczonych metodą analityczną [5]

Tab. 3 Zawartości procentowo-ilościowe pierwiastków w badanej próbce atonitu [5]

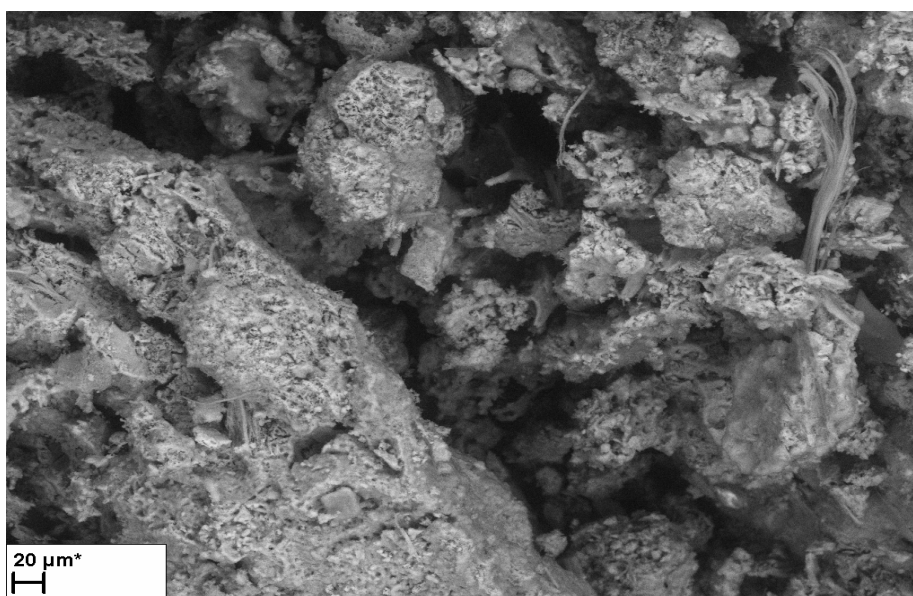
L.P.	Symbol Chemiczny	Procent masowy [wt. %]	Procent atomowy [AT. %]	Błąd [%]
1.	C	3,17	5,95	0,6
2.	O	39,90	56,23	5,4
3.	Na	1,30	1,27	0,1
4.	Mg	5,05	4,69	0,3
5.	Al	5,83	4,87	0,3
6.	Si	8,84	7,10	0,4
7.	S	0,24	0,17	0,0
8.	Ca	33,53	18,86	1,0
9.	Fe	2,13	0,86	0,1
O G Ó Ł E M		100,00	100,00	

Procesy unieczynniona włókien azbestu i powstający z nich produkt pod nazwą atonit jest materiałem wyjściowym do dalszych procesów technologicznych, a zatem w wyniku

mikrofalowego niszczenia azbestu nie pozostaje kolejny produkt niebezpieczny, który musiałby być składowany na składowiskach niebezpiecznych.

Na podstawie przeprowadzonych analiz laboratoryjnych starano się wykazać, całkowitą obojętność chemiczną powstającego produktu oraz jego przydatność do procesów innych technologicznych.

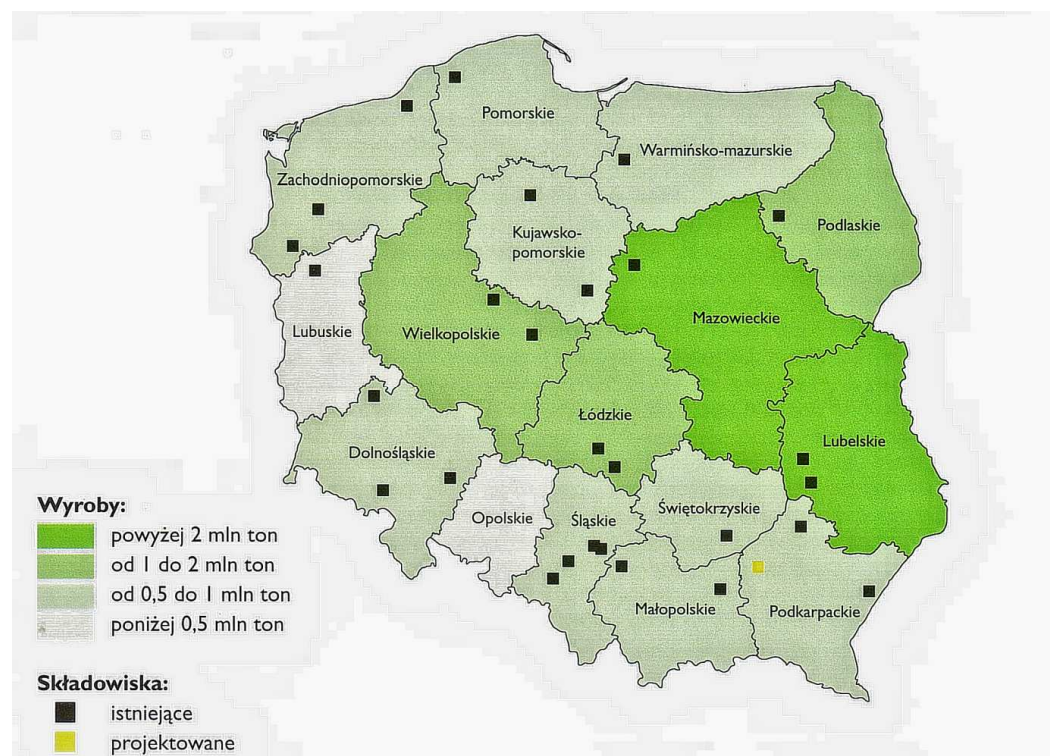
Zasada mikrofalowego niszczenia odpadów polegająca na przekazywaniu energii poprzez fotony cząsteczkom substancji zawartych w odpadach tak, że następuje ich początkowa wibracja, efektem której jest rozpad cząsteczek cząstki o mniejszej masie molowej. Reakcja trwa tak długo, że ze złożonych związków będących substancjami stałymi powstają lekkie związki organiczne w fazie stałej i gazowej. Proces możemy nazwać „odwrotną polimeryzacją” (reverse polymerization). Gazy reakcyjne opuszczające instalacje poprzez system oczyszczania są odprowadzane do atmosfery. Pozostałe, nie rozłożone, zredukowane substancje pozostające po zakończeniu procesu niszczenia mikrofalowego, poddawane rozdrobnieniu. Wyraźnie należy podkreślić fakt, że instalacja nie wymaga zasilania paliwami jak w przypadku spalarni. Nie wymaga zasilania ani gazem ziemnym ani olejami opałowymi. Zaletą reaktora mikrofalowego jest możliwość jego wyłączenia w przypadku awarii zasilania lub niesprawności któregoś systemu. W tym przypadku materiał niszczonego pozostaje w komorze magnetronów w atmosferze azotu do czasu usunięcia awarii, po czym może nastąpić włączenie urządzenia i dokończenie procesu (nawet po kilku dniach).



Ryc. 10 *Próbka atonitu w technologii poziomej widziana w mikroskopie skaningowym z zastosowaniem i wykorzystaniem funkcji detektora BSE [5]*

Dobre rozpoznanie struktur krzemian azbestowych ich negatywny wpływ na zdrowie i życie nie tylko zwierząt lecz przede wszystkim ludzi oraz mechanizmy negatywnego oddziaływania tych związków krystalicznych na organizmy żywe pozwoliło stworzyć technologię ich unicestwiania. Stworzenie technologii niszczenia struktur minerałów krzemianowych mogło nastąpić tylko wówczas gdy jesteśmy w stanie określić energię wiązań jonowo atomowych sieci krystalicznej krzemianów. Znając te wartości możemy określić ile energii musimy dostarczyć do układu w celu trwałego zniszczenia istniejących struktur i wiązań z jednoczesnym pozabawieniem cech włóknistości wtórnych związków mogących powstawać po rozpadzie niszczonej struktur. Przedstawiony skuteczny efekt możemy uzyskać przy zastosowaniu skoncentrowanej wiązki promieniowania mikrofalowego z jednoczesnym wytworzeniem odpowiednio wysokiej temperatury powodującej trwałą destrukcję istniejących wiązań lub stosując palniki plazmowe otrzymany efekt fizyko – chemiczny jest podobny lecz zastosowanie palnika plazmowego skutkuje co najmniej sześciokrotnie wyższymi kosztami eksploatacyjno - ekonomicznymi.

Rozpatrywanie problemu nie miałoby większego sensu gdyby chodziło o niezbyt duże ilości jednak dla pokazania wielkości problemu przedstawiam mapkę prezentującą



Ryc. 11 Ilości zalegających wyrobów z zawartością azbestu i składowisk z azbestem[3]

Wprowadzanie dojrzałego rozwiązania aparatu – procesowego przy coraz oszczędniejszym prowadzeniu procesu technologicznego skutkować musi efektami ekonomicznymi. Natomiast coraz większe zrozumienie decydentów, którzy w sposób przychylny dla technologów potrafią interpretować istniejące i wprowadzane prawo z uwzględnieniem w przyjmowanych obliczeniach wszystkich ważących składników kosztów zagospodarowania odpadów w tym nie ujmowanych obecnie kosztów zastosowania technologii nowych i innowacyjnych. Należą do niektórych tylko aspektów tzw. kluczowego parametru każdej opłacanej technologii określanej zwrotem „*breakeven point*”. *Na szczególną uwagę ze strony decydentów zasługują bardzo często pomijane i niedoceniane tzw. koszty środowiskowe w ramach których funkcjonują i stanowią wcale nie małe wartości finansowe;*

- 1. Koszty użytkowania środowiska z uwzględnieniem opłat i kar.*
- 2. Koszty budowy składowisk odpadów w przypadku odpadów zawierających azbest wiąże się wymogami konstrukcyjnymi oraz techniczno – eksploatacyjnymi. Nie tylko w czasie eksploatacji ale i monitoringu podczas rekultywacji oraz po jej zakończeniu.*
- 3. Nie bez znaczenia pozostają praktycznie na zawsze utracone korzyści związane z wykorzystywaniem terenu po rekultywacji, tereny zrehabilitowane zawierające azbest nie mogą być wykorzystywane w celach gospodarczych i rekreacyjnych.*

Podsumowując należy jednoznacznie stwierdzić, że na tle już istniejących metod i sposobów zagospodarowania odpadów zawierających azbest metoda **MTT(Microwave Thermal Treatment)** jest technologią w pełni bezpieczną unieszkodliwiania nie powodującą kolejnych odpadów niebezpiecznych jak w przypadku niszczenia azbestu metodą chemiczną z udziałem kwasów fluorowodorowych. Ponadto powstający w procesie technologicznym produkt jest tworem obojętnym chemicznie dla środowiska przyrodniczego, stanowiąc produkt wyjściowy dla innych technologii np. w branży betoniarskiej jako wypełniacz do mas betonowych, gdyż struktura atonitu powoduje poprawę wiązań z cementem powodując uzyskiwanie produktów galanterii betonowej o lepszych parametrach technicznych.

Naukowcy i technicy stanęli na wysokości zadania powodując nie tylko zniszczenie całkowite azbestu lecz i powstały odpad staje się półproduktem w pełni wartościowym a zatem nie zalega na składowisku i nie powiększa zanieczyszczenia.

Literatura

1. R. Parosa, Mikrofałe w procesach utylizacji odpadów – materiały nie publikowane; ATON HT -2008
2. Mikrofałe w technologii unieszkodliwiania azbestu – ATON HT S.A. – materiały nie Publikowane
3. Unieszkodliwianie odpadów niebezpiecznych – materiały sympozjum ekologicznego – Poznań 2008
4. Praca zaliczeniowa WSHE – 2006
5. Dokumentacja analityczna i fotograficzna laboratoryjna – laboratorium UMK ; 2008
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 lutego 2003 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia, przekazywanych właściwym organom ochrony środowiska oraz terminu i sposobów ich prezentacji, Dziennik Ustaw Nr 59 poz.529 z dnia 8 kwietnia 2003 r.
7. Biuletyn Informacji Prawnej Ministerstwa Ochrony Środowiska
8. E. Reszke, Mineralizacja mikrofałowa – Analityka, nauka i praktyka; 4/2001 str. 22 – 25
9. K. Wystalska, J. Bień; Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych nr. 33; Instytut Ochrony Środowiska – Warszawa 2007; - Stałe i gazowe produkty uzyskane w procesie plazmowego przekształcania odpadów.
10. Kuznetsov, D.V., Raev, V.A., Kuranov, G.L., Arapov, O.V., Kostikov, R.R. Russ. J. Org. Chem. 2005 (41) 1719