

*Utylizacja opon
w technologii mikrofalowej
z produkcją energii elektrycznej i ciepłej*



Stanisław Linert

Włocławek; marzec 2011

Zawartość opracowania

<i>1. Zamiast wstępu.....</i>	<i>3</i>
<i>2. Mikrofalowe procesy karbonizacji opon.....</i>	<i>5</i>
<i>3. Analiza laboratoryjna produktu karbonizacji opon.....</i>	<i>7</i>
<i>4. Gazy występujące w procesach karbonizacji i proces ich oczyszczania.....</i>	<i>9</i>
<i>5. Analiza laboratoryjna gazów odlotowych w procesach karbonizacji.....</i>	<i>10</i>
<i>6. Wnioski i analiza procesów karbonizacji i oczyszczania gazów odlotowych.....</i>	<i>16</i>
<i>7. Wytwarzanie energii elektrycznej z procesów karbonizacji opon.....</i>	<i>18</i>
<i>8. Literatura.....</i>	<i>22</i>

1. *Zamiast wstępu*

Rozwój przemysłu motoryzacyjnego generuje problem utylizacji zużytych opon, odpadu nie ulegających naturalnemu rozkładowi. Szczególne trudności utylizacyjne związane są z grupą gumowych odpadów olejoodpornych, trudnopalnych uzyskiwanych z gumy chloroprenowej. Problem recyklingu tych produktów dyskutowany jest od dawna ze względu na tzw. odpad wielomateriałowy. Stanowiący gumowe mieszanki kauczuku naturalnego i kauczuków syntetycznych na bazie butadienu i butadieno-styrenu. Z udziałem wypełniaczy jak; sadza aktywna, kreda, krzemionka, tlenek cynku, środki usztywniające i wzmacniające jak kord metalowy, włókniny z tworzyw sztucznych, wypełniacze organiczne i zmiękczacze.

Rynki światowe produkują około 30 mln ton wyrobów gumowych z czego około 6 mln ton/rok stanowią odpady, w tym 75% tej masy stanowią zużyte opony samochodowe. Według danych szacunkowych należy przyjąć, że na składowiskach tylko w Polsce rocznie zalega 100 – 150 tys ton zużytych opon. Dokładnej oceny zasobów zalegających opon nie można dokonać ze względu na brak ewidencjonowania oraz rozproszenie tych produktów.

Co roku wzrasta liczba pojazdów na naszych drogach, których eksploatacja powoduje geometryczny przyrost masy odpadowych opon. **Odpady** te zgodnie z art. 55, ust. 1 pkt. 5, ustawy o odpadach nie powinny być składowane na składowiskach odpadów w postaci całych opon jak i w formie rozdrobnionej.



Ryc. 1 *Kierunki recyklingu opon jakie możemy spotkać na każdym większym składowisku odpadów i zakładach demontażu pojazdów*

Określenie tempa przyrostu ilości zużytych opon jest niezwykle trudne do ustalenia, gdyż brak dotychczas jakichkolwiek ewidencji. W Polsce lokalny, regionalny i krajowy sektor przemysłowy nie wykształcił infrastruktury i gałęzi zajmującej się przetwarzaniem opon samochodowych, to co funkcjonuje wymaga nakładów i środków a także przygotowania rzetelnie przygotowanego i sprawnego narzędzia prawnego.

Opony mogą być wydajnym paliwem. Ich wartość energetyczna wynosi 7500 kcal/ kG i jest wyższa od wartości energetycznej węgla - 6300 kcal/kG - choć ustępuje ropie naftowej (9400 kcal/kG).

Taka sytuacja powoduje duże zainteresowanie metodami zagospodarowywania odpadów. Nie bez znaczenia jest rola ustawodawstwa, które powinno stanowić swoistą tarczę ochronną dla mieszkańców Polski przed niekontrolowanym napływem bądź wytworzeniem produktów, z których będą powstawać odpady stanowiące zagrożenie dla wszystkich organizmów żywych jak i całego ekosystemu.

Grupą produktów zagrażających środowisku naturalnemu są opony samochodowe. Istotne zagrożenie powodują nie właściwości fizykochemiczne opon, lecz dynamicznie rosnąca konsumpcja wyrobu.

Do roku 2001 nie było regulacji prawnych określających zasady gospodarowania zużytymi oponami. Rok 2001 spowodował istotne podejście do problemu i jego skali, weszła w życie ustawa z 11 maja 2001 r. „**O obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłatach produktowej i depozytowej**” (Dz. U. Nr 63, poz. 639, z późniejszymi zmianami) nazywana potocznie *ustawą o opłacie produktowej*. Jej istotnym zapisem było przeniesienie obowiązku z użytkownika opony na tego, kto stworzył możliwość jej zakupu, czyli producenta, importera, bieżnikownię. Razem z oponami w taki sam sposób został uregulowany problem wprowadzanych na rynek krajowy olejów, baterii i opakowań.

Do możliwości pozwalających najskuteczniej rozwiązywać problem zagospodarowania zużytych opon należą:

- a. przedłużenie czasu ich użytkowania poprzez zwiększenie trwałości,
- b. recykling materiałowy,
- c. stosowanie jako paliwa, czyli odzysk energetyczny.

Technologie procesów mikrofalowych, znacznie lepiej pomagają przetwarzać materiały odpadowe niż zwykłe procesy spalania nawet ze względów na emisję gazów do atmosfery, znane są wielkości emisji z kotłowni.

Postaram się pokazać również kierunek uzyskiwania energii elektrycznej i ciepła z procesów karbonizacji opon uzyskiwanych dzięki termiczno-mikrofalowemu procesowi odzyskania energii zawartej w odpadach.

2. Mikrofalowe procesy karbonizacji opon

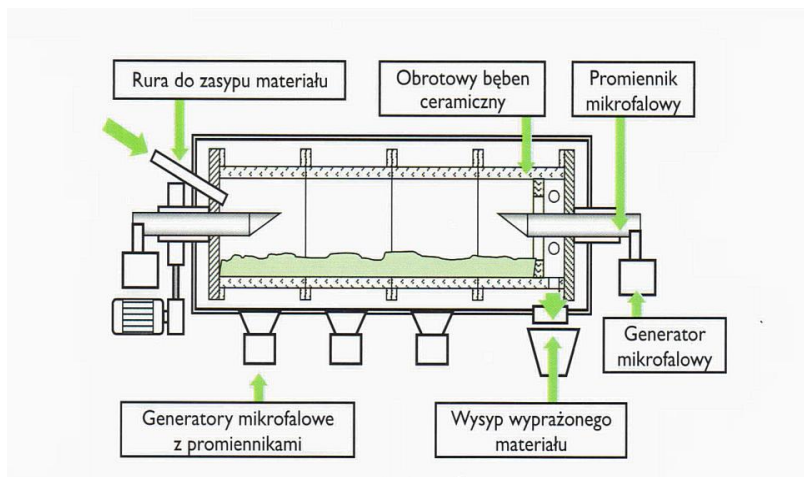
Mikrofalowe niszczenie odpadów w reaktorach mikrofalowych, polega na wykorzystaniu energii elektrycznej, przetworzeniu jej na energię kinetyczną i przez fotony na energię cieplną przekazaną cząsteczkom związków chemicznych z jakich zostały zbudowane opony. Molekularne cząstki wsadu otrzymując potężne ilości energii kinetycznej z magnetronów wprawiają je w wibrację, powodując zamianę energii kinetycznej na potężne ilości energii cieplnej i rozpad cząsteczek na cząstki o mniejszej masie. *Reakcja przebiega do czasu, gdy ze złożonych związków będących substancjami stałymi powstają lekkie związki organiczne w fazie stałej i gazowej, jest to proces przypominający „odwrotną polimeryzacją” (reverse polymerization).* Procesy odwrotnej polimeryzacji wydzielają gazów reakcyjne, emitowane po schłodzeniu i zubożeniu w systemie oczyszczania gazów **MOS** do atmosfery.

Opony ze względu na skład chemiczny, szczególnie związków siarki, produktów ropopochodnych nie mogą podlegać procesom spalania. Ich proces naturalnego rozkładu trwa długo. Producenci stosując coraz nowsze rozwiązania starają się wyprodukować produkt o najlepszych parametrach trakcyjnych nie zawsze z zgodzie z ochroną środowiska i procesami recyklingu. Komponenty syntetyczne podczas ich spalania wytwarzają wiele szkodliwych związków w tym dioksan stanowiących zagrożenie dla życia biologicznego. Stąd wyzwaniem było skonstruowanie instalacji gwarantującej maksymalne bezpieczeństwo dla ekosystemu podczas utylizacji i recyklingu.

Tab. 1 Wyniki analizy elementarnej opon [4]

Oznaczany składnik wag.	Od	Do	Średnia zawartość
Węgiel	70,00	83,00	76,50
Wodór	5,00	7,50	6,80
Tlen	3,80	8,50	4,73
Azot	0,20	0,55	0,40
Siarka	1,20	1,80	1,50
Chlor	0,06	0,40	0,10
Tlenek cynku	1,20	2,70	2,50
Żelazo	5,00	15,00	7,50
Popiół	0,50	3,00	2,00
Wartość opałowa MJ/kg	28,40	32,00	31,50

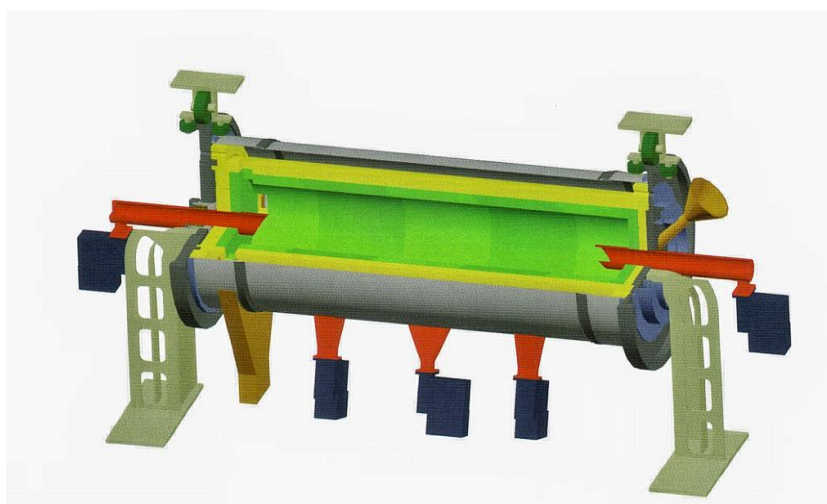
Połączenie technologiczno – konstrukcyjne reaktorów MTT i MOS doprowadziło do opracowania technologii oczyszczania gazów odlotowych z procesów technologicznych *MCS (Microwave Carbonisation System)* oraz stworzenia linii technologicznej karbonizacji opon w technologii *MTT HR* wspartej systemem *MOS*.



Ryc. 2 Schemat instalacji karbonizacji opon samochodowych w technologii MTT HR[1]

Zbudowano instalację służącą do unieszkodliwiania coraz szerszej grupy odpadów, w tym odpadów stanowiących zagrożenie dla ludzi i środowiska naturalnego.

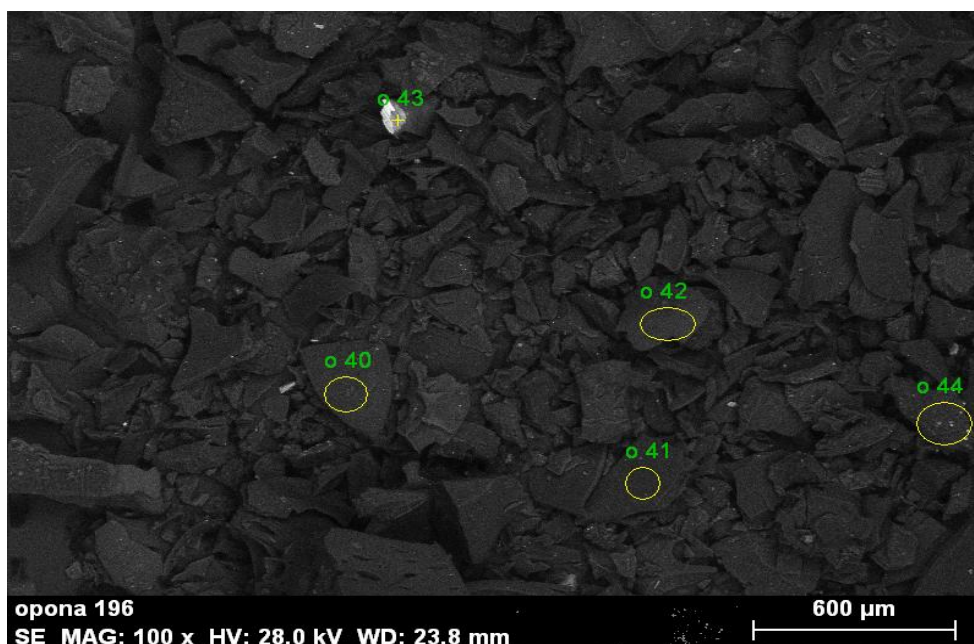
Funkcjonujące i powstające nowoczesne technologie coraz lepiej wykorzystują materiały biologiczne i mineralne, mimo wszystko przemysł produkuje coraz większe ilości odpadów. Poddawanych powtórnej obróbce lub przetworzeniu, gdzie muszą stanowić kolejny produkt lub półprodukt w coraz dłuższym łańcuchu technologicznym.



Ryc. 3 Rozwiązanie technologiczne MCS służące do karbonizacji opon [2]

3. Analiza laboratoryjna produktu karbonizacji opon

Celem i zadaniem procesów mikrofalowej obróbki jest budowa instalacji pracujących w systemie zamkniętym, emitującej gazy oczyszczone i skroploną parę wodną. Karbonizat pochodzenia mineralno-organicznego nie jest końcowym produktem utylizacji.



Ryc. 4 Opona samochodowa poddana karbonizacji – analiza metodą SEM/EDX [5]

Próbki z procesu technologicznego poddano badaniom z użyciem mikroskopu skaningowego, produkcji LEO Electron Microscopy model 1430VP. Badanie polegało na obrazowaniu powierzchni próbek w próżni (ciśnienie istniejące podczas badania wynosiło 10^{-3} Pa).

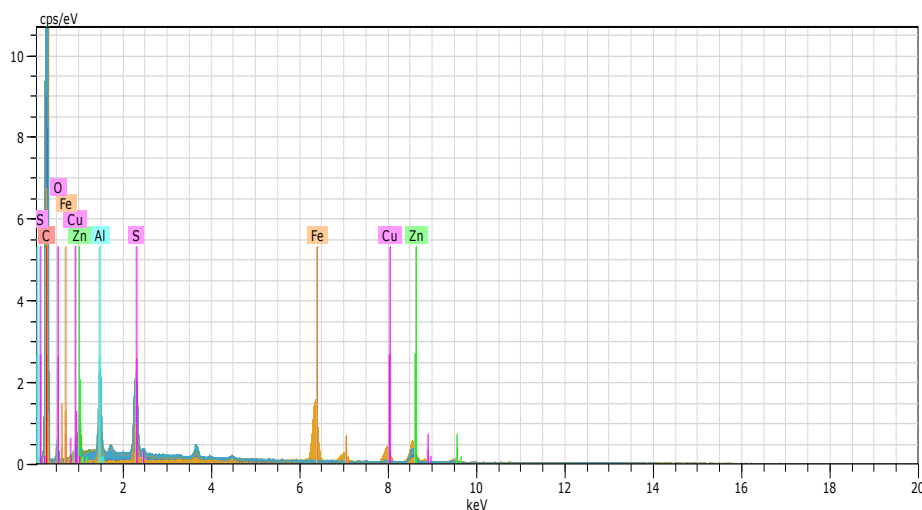
Z wykorzystaniem detektora elektronów elastycznie odbitych **BSE** (Backscattered Elektrons) oraz detektora elektronów wtórnych SE (Secondary Elektrons). Obrazowania mikroskopii skaningowej dokonano metodami SEM/EDX. Obrazy prób informują o dużych zawartościach dużych węgla na powierzchni około 90% z nielicznymi miejscami innych substancji wyodrębniono i zaznaczono miejsca analizy strukturalnej.

Nie można zatem mówić o zagrożeniu mikroorganizmami dla organizmów żywych czy środowiska, pozostaje ustalenie, czy w wyniku karbonizacji i mineralizacji produkt stanowi materiał wyjściowy do recyklingu, dla przemysłu farmaceutycznego do produkcji węgla aktywowanego.

Tab. 2 Wyniki analizy pierwiastków w badanych i oznaczonych obszarach próbki karbonizatu opony [4]

L.P.	Spectrum	C	O	Al	S	Fe	Cu	Zn
1.	o 40	95,28	---	1,52	1,39	---	---	1,81
2.	o 41	94,75	---	1,01	1,77	---	---	1,76
3.	o 42	95,99	---	0,74	1,41	---	---	1,86
4.	o 43	40,58	---	3,70	1,50	9,88	5,26	8,60
5.	o 44	39,48	57,06	0,84	0,59	---	---	2,03

Jak i innych procesów produkcyjnych, względnie stanowi alternatywne źródło energii służące do podgrzewania oleju w zbiorniku lub składnik kompostu produkowanego w zakładach przeróbki odpadów organicznych.



Ryc. 5 Widmo EDX karbonizatu opony samochodowej [5]

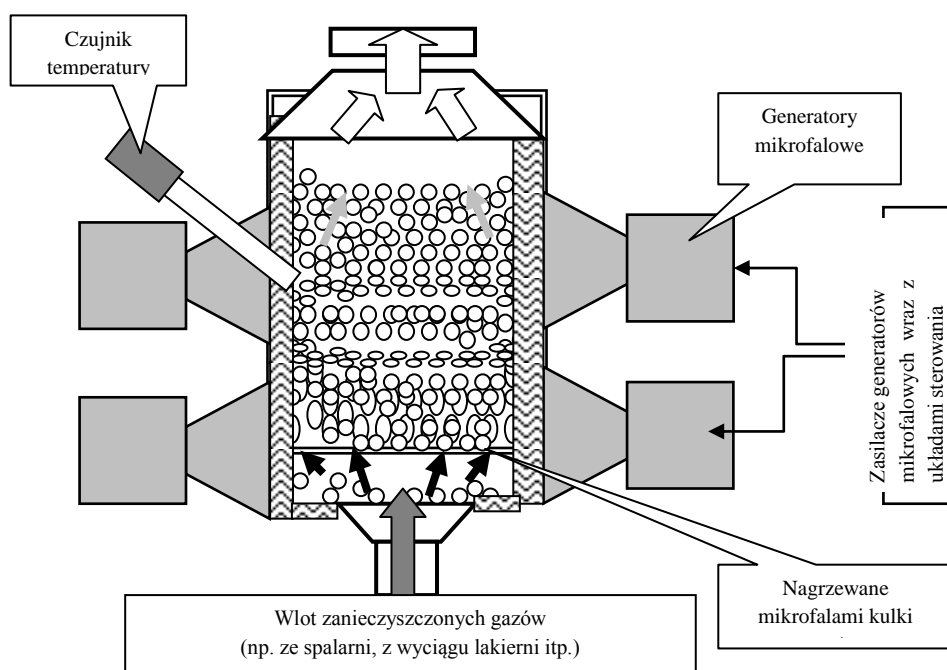
Wyniki analizy spektralnej dokumentują, minimalny udział innych pierwiastków w składzie karbonizatu. Z tabeli 2 wynika, że są to ilości śladowe pozostałości związków mineralnych składu opony pokazanych na ryc. 5 co skłania do wniosków;

1. Procesy karbonizacji opon samochodowych przy użyciu mikrofal to bardzo dobry produkt wyjściowy do produkcji węgla aktywowanego, którego zawartość przekracza 90% przy udziale około 5% pierwiastków takich jak Al., S i Zn.
2. Śladowe występowanie jasne obszarów pozwala sugerować, że w próbce brak jest strukturalnych połączeń mineralnych z atomami tlenu.

3. Szczegółowa analiza strukturalna pozwoliłaby ustalić rzeczywistą jakość węgla, badanie byłoby zasadne pod kątem przydatności do produkcji węgla aktywowanego. Istotnym problemem w karbonizacji opon jest ilość i jakość emitowanych gazów odlotowych. Zaburzenia mogą pojawić w najlepiej opracowanym procesie technologicznym, inicjując w spalinach produkty, które nie powinny się tam znaleźć. Największy niepokój budzą WWA, dioksyny i furany. W gazach po spaleniu może zachodzić reakcja odtwarzająca WWA, tzw. synteza „de novo”.

4. Gazy występujące w procesach karbonizacji i proces ich oczyszczania

Wymienione powyżej zagrożenia skutecznie eliminuje oryginalna technologia MTT i MOS polegająca na stosowaniu energii mikrofalowej do podgrzewania zanieczyszczonych gazów dokładnego stabilizowania temperatury i prowadzenia procesu oczyszczania gazów w warunkach kontrolowanego nadmiaru powietrza.



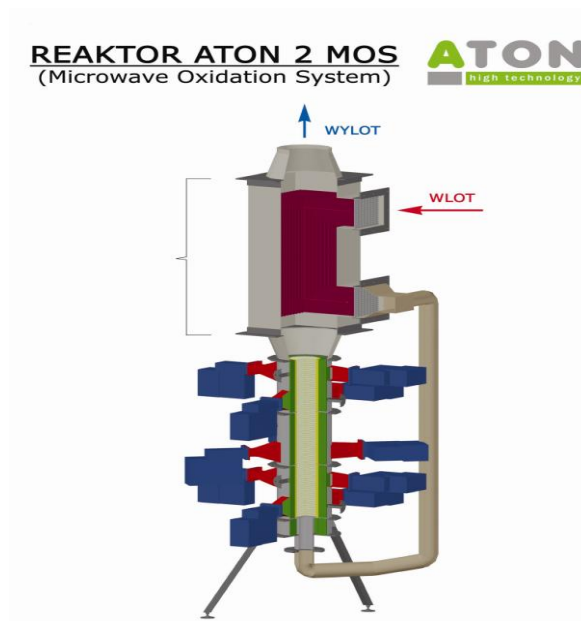
Ryc. 6 Schemat reaktora MOS do dopalania gazów ze spalarni odpadów[4]

Jeśli w wyniku procesu mikrofalowego niszczenia zanieczyszczeń organicznych i mineralnych w reaktorze HR istnieje niebezpieczeństwo emisji zanieczyszczeń w gazach odlotowych należy zastosować reaktor MOS.

Przedstawiony sposób oczyszczania gazów odlotowych polega na wprowadzaniu gazów do komory wypełnionej ceramicznymi elementami, nagrzewanymi mikrofalami do temperatury

1000 - 1300°C. Nagrzewanie elementów ceramicznych dzięki stosowaniu materiału odpornego na wysokie temperatury i pochłaniającego mikrofałe w zakresie częstotliwości 0,5 GHz – 4 GHz. Materiał osłonowy ścianek reaktora charakteryzuje się niską tłumiennością energii mikrofalowej, w temperaturach (ok. 1000°C). Gazy zawierające niedopalone składniki organiczne, złożone substancje chemiczne oraz związki nieorganiczne poddane są termicznej obróbce. Substancje te i pierwiastki nie powinny znaleźć się w powietrzu atmosferycznym. Argumentem przemawiającym za technologią jest możliwość wyłączenia instalacji w przypadku awarii lub niesprawności systemów dozoru – operacyjnych.

Nowe opracowania i badania powinny prowadzić do opracowywania nowych rodzajów reaktorów mikrofalowych unieszkodliwiających gazowe i stałe odpady niebezpieczne.



Ryc. 7 Konstrukcja reaktora MOS do dopalania gazów odlotowych [2]

Pomiarami wielkości emisji objęto lotne związki organiczne, Co, NO_x, SO_x, O₂ i CO₂, pomiarów dokonywano przed wprowadzeniem zanieczyszczeń gazowych do reaktora oraz po opuszczeniu gazów przez reaktor mikrofalowy, dokonując pomiarów stężenia zanieczyszczeń dokonywano pomiarów gazów odlotowych, temperatury, ciśnienia i wielkości strumienia gazów przepływających przez instalację.

5. Analiza laboratoryjna gazów odlotowych w procesach karbonizacji

Badania prowadzono w oparciu o aparaturę;

- sonda probiercza z ogrzewaną głowicą i filtrem wstępnym,

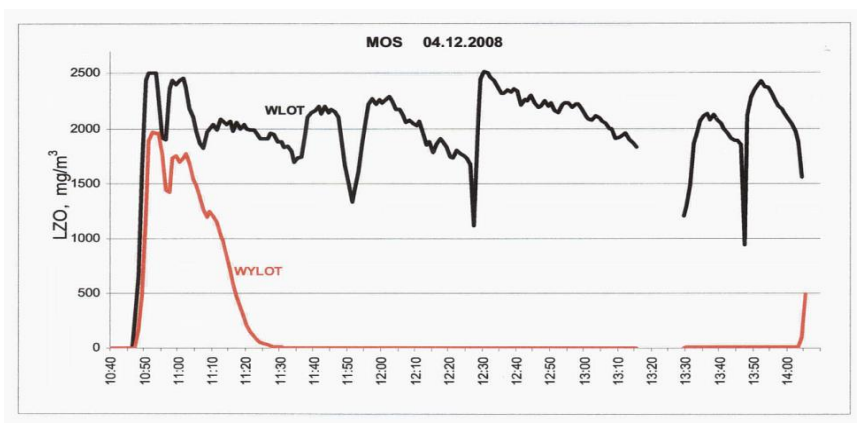
- linia ogrzewana do poboru próbek gazów,
- kondycjoner PSS-5 z chłodnicą Peltiera, pompką zasysającą, filtr wtórny i separator wilgoci,
- analizator PG – 250 firmy HORIBA do pomiaru SO₂, NO_x, CO, CO₂, i O₂.

Metodyka badań stosowanych w analizatorze

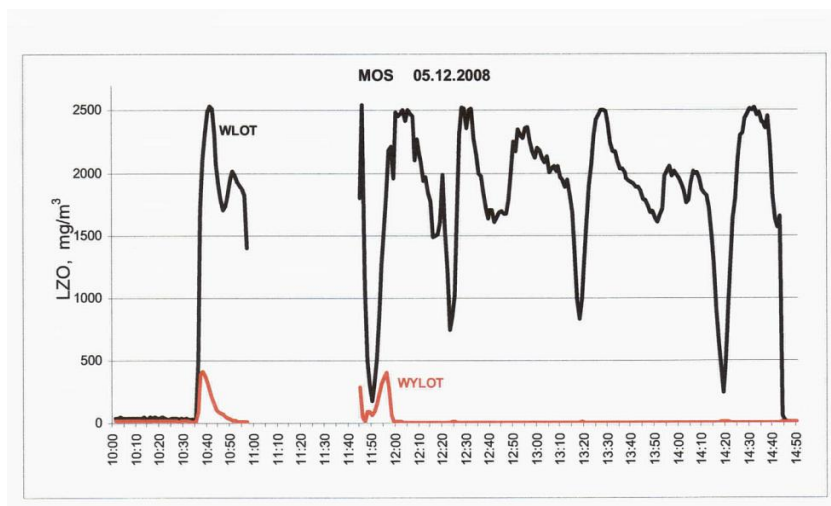
- metoda absorpcji w podczerwieni (NDIR) – dla SO₂, CO₂ i CO
- chemiluminescencji dla – NO_x,
- elektrochemiczna dla O₂
- konwerter NO₂ – NO umożliwia pomiary stężenia sumy tlenków azotu lub tlenku azotu, nie szacowane za pomocą stałego współczynnika. Pomiary przesyłane złączem RS do rejestratora i wyświetlane na ekranie ciekłokrystalicznym.
- analizator AWE-PW firmy LAT - pomiaru stężeń lotnych LZO wyrażanych jako całkowity gazowy węgiel organiczny (pomiarów dokonywano przed i za reaktorem MOS).
- sonda temperaturowa typ termopara K podłączona do pyłomierza EMIOTEST 2598,
- pomiar ciśnienia statycznego i różnicowego gazów z pyłomierzem EMIOTEST 2598,
- kryza pomiarowa do pomiaru strumienia objętości gazów wg PN-EN ISO 5167-2:2005 o średnicy prześwitu 34mm z rurką spiętrzającą Prandtla.

Zastosowane metody pomiarowe są metodami referencyjnymi w świetle Rozp. Min. Środowiska z dn. 23.grudnia 2004 r.i PN-EN 12619 oraz PN-EN 13526.

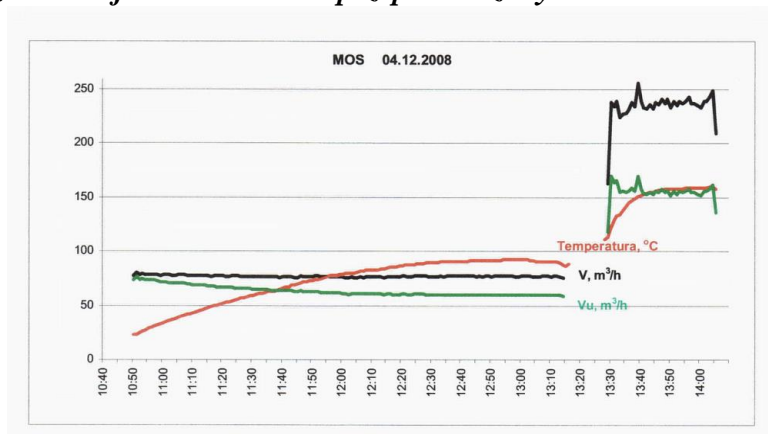
Podczas badań skuteczności oczyszczania powietrza przez reaktor MOS dokonywano ciągłego pomiaru parametrów dokumentując zapisy w wykresach i tabelach, ze względu na bogaty zapis tabelaryczny wyniki przedstawiono w wybranym zestawieniu wykresowym.



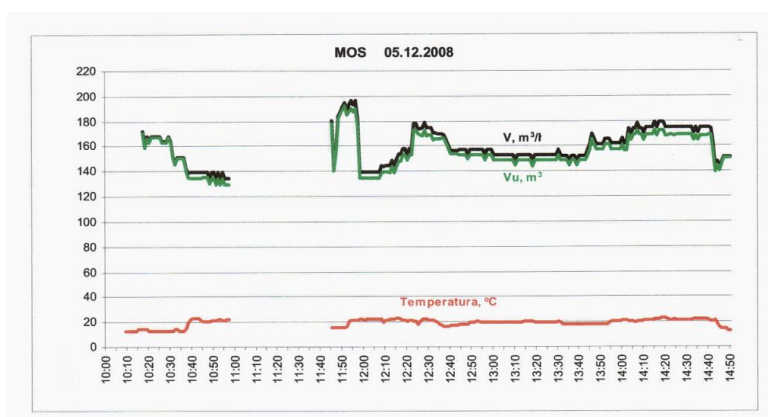
Ryc. 8 Stężenie lotnych związków organicznych w kanale wlotowym i wylotowy z instalacji MOS podczas karbonizacji opon w dniu 04.12.2008 r [12]



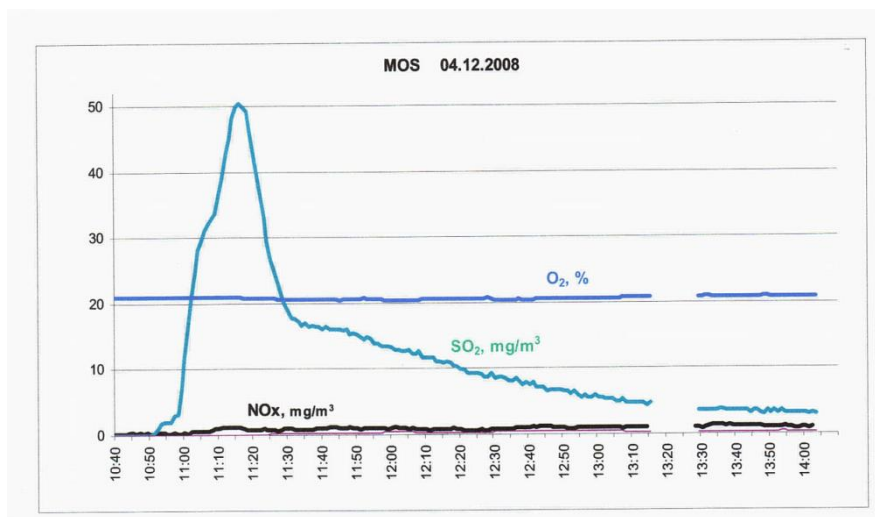
Ryc. 9 Stężenia lotnych związków organicznych w kanale wlotowym i wylotowym z instalacji reaktora MOS przeprowadzonych w dniu 05.12.2008 r.[12]



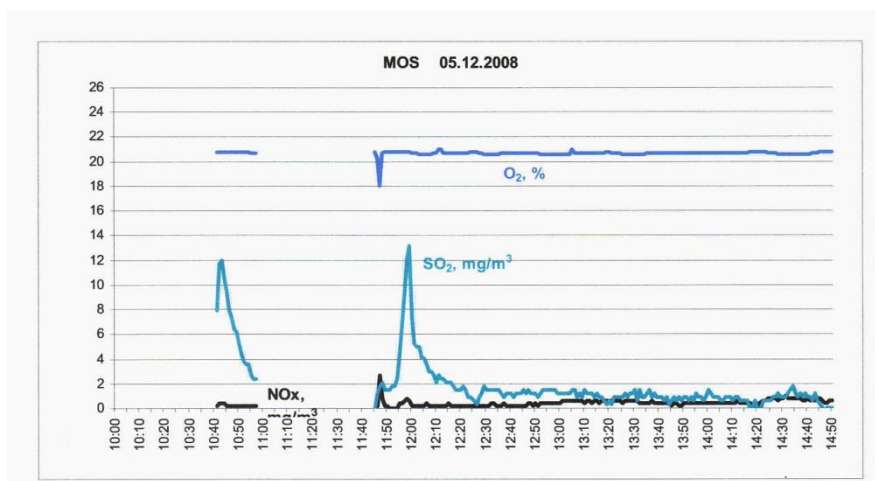
Ryc. 10 Pomiary stężenia gazów w odcinku pomiarowym w godz. 10⁵⁰ – 13¹⁵ przed uruchomieniem reaktora MOS, i w godz. 13²⁹ – 14⁰⁴ dokonane w kanale odlotowym poza instalacją reaktora MOS dokonane w dniu 04.12.2009 r.[12]



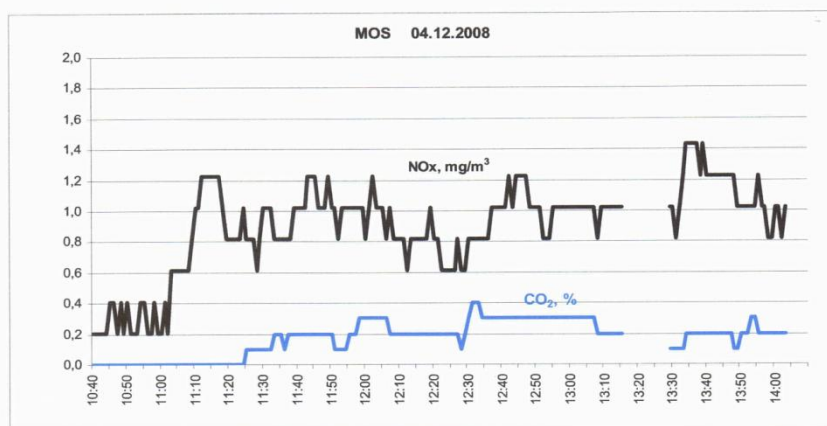
Ryc. 11 Parametry stężenia gazów odlotowych w odcinku pomiarowym podczas karbonizacji opon przeprowadzonych w dniu 05.12.2008 r. [12]



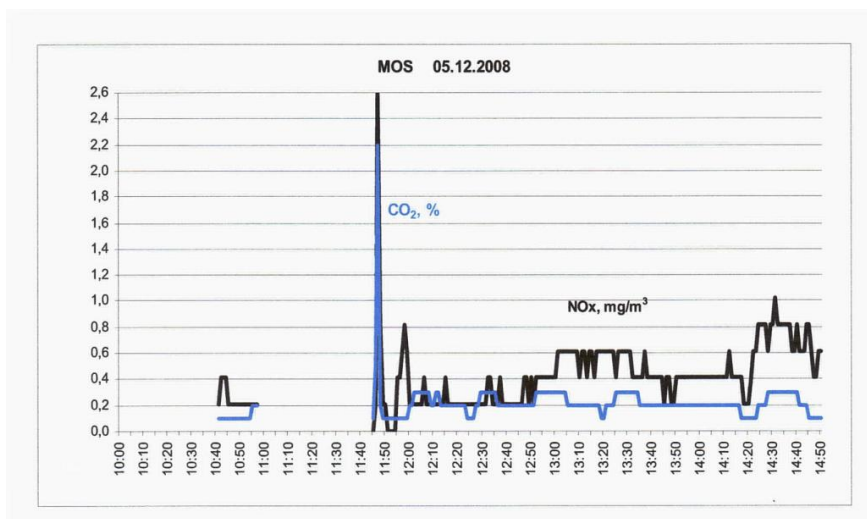
Ryc. 12 Przebieg zmienności O_2 , NO_x oraz SO_2 podczas karbonizacji opon pomiarów w kanale odlotowym poza instalacją reaktora MOS przeprowadzonych w dniu 04.12.2008 r.[12]



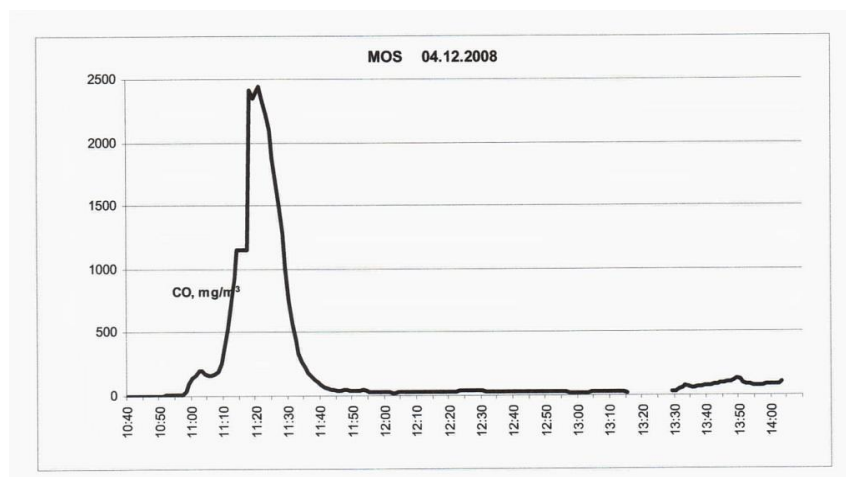
Ryc. 13 Przebieg zmienności O_2 , NO_x i SO_2 podczas pomiarów prowadzonych podczas karbonizacji opon w kanale odlotowym poza instalacją reaktora MOS przeprowadzonych w dniu 05.12.2008 r.[12]



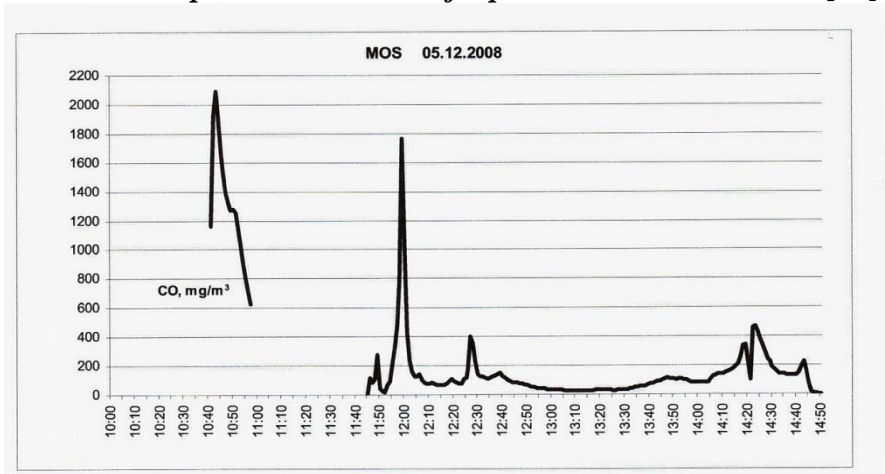
Ryc. 14 Przebieg zmienności NO_x i CO_2 podczas karbonizacji opon poza instalacją reaktora MOS przeprowadzonych w dniu 04.12.2008 r.[12]



Ryc. 15 Przebieg zmienności tlenków NO_x i CO_2 badań w kanale odlotowym podczas karbonizacji poza instalacją reaktora MOS przeprowadzonych w dniu 05.12.2008 r.[12]



Ryc. 16 Przebieg zmienności zawartości CO w czasie badań w kanale odlotowym poza reaktorem MOS podczas karbonizacji opon w dniu 04.12.2008 r.[12]



Ryc. 17 Przebieg zmienności CO_2 podczas badań w kanale odlotowym poza instalacją reaktora MOS podczas karbonizacji opon w dniu 05.12.2008 r.[12]

Na wykresach przyjęto oznakowanie wielkości odnoszących się do;

- temp. - temperatura gazu w odcinku pomiarowym,
- V - strumień objętości gazu w warunkach rzeczywistych w odcinku pomiarowym,
- V_u - strumień objętości gazu wilgotnego w warunkach umownych ($t = 273^{\circ} K$,
ciśnienie – 1013hPa w odcinku pomiarowym),
- LZO - stężenie lotnych związków organicznych wyrażone przy pomocy całkowitego gazowego węgla organicznego (TOC),
- O₂, CO₂ - udział objętościowy tlenu i dwutlenku węgla w gazie suchym,
- C), NO_x, SO₂ - stężenie zanieczyszczeń w gazie suchym w warunkach umownych wyrażane w mg/m³ ,

Dane pomiarów rejestrowano w sposób ciągły w celu przedstawienia tabelarycznego i graficznego wyniki przedstawione zostały jako średnie z czasem uśrednienia wynoszącym 1 minutę. Pomiarów parametrów parametrów gazu oraz strumienia dokonywano;

- w dniu 4.12.

godz. 10⁵⁰ – 13¹⁵ przed wlotem do MOS – metoda zwężkowa z kryzą d 34,

godz. 13²⁹ – 14⁰⁴ wylot za MOS-em – z zastosowaniem rurki spiętrzającej Prandtla,

- w dniu 5.12.

godz. 10¹⁷ – 10⁵⁷ – wylot za MOS-em - z zastosowaniem rurki spiętrzającej Prandtla,

godz. 11⁴⁵ – 14⁵⁰ – wylot za MOS-em i za chłodnicą gazu - z zastosowaniem rurki spiętrzającej Prandtla,

Przedstawione graficznie wyniki nie są pełnym spektrum pomiarowym dokonanym podczas analizy pracy instalacji oczyszczającej gazy odlotowe, przedstawiono najważniejsze składniki zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery. Pokazanie skuteczności działania instalacji jest potwierdzeniem wykazującym wysoką skuteczność przedstawionego procesu technologicznego. Godnym zauważenia jest fakt umiejscowienia przyrządów pomiarowych, które pokazują ilość i wielkość emisji zanieczyszczeń do atmosfery.

Obecność w badanych gazach odlotowych zanieczyszczeń nieorganicznych takich jak tlenek i dwutlenek węgla, para wodna tlenki azotu czy siarki nie wywierają wpływu na dokładność oznaczeń. Natomiast przeliczenia z udziałów na stężenia zanieczyszczeń przeprowadzone zostały zgodnie z PN-Z-04030-7 oraz zarz. GIOS nr. 69 korzystając z zależności:

$I_{ppm\ CO} = 1,25\ mg/m^3\ CO\ w\ warunkach\ umownych\ (273^{\circ}K, i\ 1013\ hPa),$

$I_{ppm\ NO} = 2,05\ mg/m^3\ NO_2\ w\ warunkach\ umownych\ (273^{\circ}K, i\ 1013\ hPa),$

$I_{ppm\ SO_2} = 2,926\ mg/m^3\ SO_2\ w\ warunkach\ umownych\ (273^{\circ}K, i\ 1013\ hPa),$

6. *Wnioski i analiza procesów karbonizacji i oczyszczania gazów odlotowych*

Powietrze jest naturalnym składnikiem biosfery przez większość ludzi traktowane było i jest jak coś co było i wydaje się być nieskończonym. Jednak jego skład chemiczny i ilość zanieczyszczeń, obecność pyłów, włókien i innych zanieczyszczeń wywiera potężny wpływ na pozostałe składniki naszej biosfery. Urbanizacja, rozwój przemysłu, bezmyślna działalność człowieka są głównymi przyczynami poważnych skażeń atmosfery będących zagrożeniem dla życia biologicznego na Ziemi. Powodem są instalacje, które zostały wyposażone w systemy katalityczne oczyszczania spalin lecz cóż z tego gdy nie dotrzymuje się w nich ustalonych warunków eksploatacji.

Przedstawiony system oczyszczania gazów oparty o wykorzystanie mikrofal jest instalacją technologiczną stosunkowo prostą i nie wymagającą potężnych nakładów inwestycyjnych i wyszukanych technologii. Problem w proponowanym rozwiązaniu sprowadza się do poddania obróbce termicznej gazów zawierających nie utlenione substancje pochodzenia organicznego i mineralnego jak metale ciężkie i ich związki. Należy przy tym zauważyć, w gazach odlotowych co potwierdzono przedstawionymi badaniami i wynikami nie ma związków szkodliwych jak furany czy dioksyny.

W systemie *MOS (Microwave Oxidation System)* wykazano wysoką skuteczność instalacji, wykorzystując naświetlanie mikrofalowe jako metodę konwersji energii elektromagnetycznej w ciepłą służącą do bezpośredniego ogrzewania materiałów znacznie przyspieszamy przebieg wielu procesów. Tym samym wpływamy na właściwości obrabianych materiałów, korzystając z tych wpływamy i wykorzystujemy energię mikrofal np. w technologii adsorpcyjnej do modyfikacji właściwości w opracowywaniu niekonwencjonalnych metod regeneracji adsorbentów.

Zasadniczymi różnicami między stosowanymi instalacjami wyposażonymi w skomplikowane urządzenia oczyszczające – odpylające jest fakt, że potrzebują dużych ilości energii i pracują przy bardzo wysokich temperaturach rzędu 1200 – 1300⁰C w efekcie zimne w czasie rozuchu urządzenia zostają zapchane gazami i pyłami, a ich skuteczność spada do około 10 – 15% w stosunku do wartości założonych. Reaktor mikrofalowy załączany jest przed uruchomieniem procesów technologicznych w czasie gwarantującym skuteczne działanie podczas prowadzonych procesów technologicznych. Powstające podczas dopalania gazów nie wielkie ilości popiołów i produktów są obojętne chemicznie i nie stanowią zagrożenia. Technologia pozwala otrzymywać nieidentyfikowane i sterylne pod względem mikrobiologicznym pozostałości nadające się w znakomitej większości produktów do dalszego przetworzenia.

Potencjał jednostek naukowych i badawczo-rozwojowych ukierunkowany i wykorzystany może ograniczyć wysokość koniecznych do poniesienia kosztów, zwiększając innowacyjność i konkurencyjność gospodarki kraju. Warunkiem koniecznym do realizacji działań jest zwiększenie zaangażowania jednostek badawczo-rozwojowych w obszarze poszukiwań nowych zastosowań swoich badań i spełnienia oczekiwań potencjalnych odbiorców. Nieraz jest to bardzo trudne nie bez znaczenia jest w dalszych pracach korzystanie z technik BAT. *Best Available Techniques – BAT.*

Najlepsze Dostępne Techniki – służą określeniu maksymalnych wielkości emisji zanieczyszczeń dla większych ośrodków przemysłowych na terenie Unii. Limity emisyjne ustalone na podstawie BAT, opierają się na konkretnym kontekście – techniczny danej instalacji, położenie geograficzne czy warunki środowiskowe – wszystko to brane jest pod uwagę.

Opierając się na założeniach technik BAT i innowacyjnych technologii przedstawiono innowacyjne instalacje do niszczenia materiałów niebezpiecznych, wykorzystujące energię zawartą w mikrofalach pozwalając uzyskać efekty techniczno – ekonomiczne. Przedstawione wyniki badań przeprowadzonych przez laboratoria analiz instrumentalnych w tym PAI przy Wydziale Chemii UMK potwierdzają założenia techniczno – konstrukcyjne prezentowanych technologii, na szczególną uwagę zasługuje fakt, że przedstawione i omówione instalacje nie wymagają ponoszenia znacznych kosztów w okresie eksploatacji jak i inwestycyjnych.

Mikrofałe ich działanie i zastosowanie nie są jeszcze w pełni poznane, w dniu dzisiejszym nie doszliśmy jeszcze do perfekcyjnych konstrukcji jeżeli chodzi o technologię urządzeń powodujących ich powstawanie i przesył.

Prezentacja wyników badań dokonanych w oparciu o analizy laboratoryjne omówionych technologii, w których źródłem efektów technologicznych jest promieniowanie mikrofalowe. W pełni pokazują prawidłowość dążenia technologów i konstruktorów urządzeń w kierunku doskonalenia istniejących konstrukcji i myśli technologicznej. Wyniki pokazują realne możliwości zagospodarowania i przetworzenia produktów stanowiących poważny problem ich zagospodarowania.

Nawiązując do publikacji M. Rumian i L. Czepirski z AGH otrzymując produkt z karbonizacji odpadów o zawartości >80% węgla należałoby podjąć badania i pójść w kierunku otrzymywania węgla aktywowanego dla potrzeb przemysłu czy lecznictwa. Do takiego wniosku skłania fakt stosunkowo łatwego oddzielenia popiołów od czystego pierwiastka przy śladowych ilościach innych pierwiastków. Innym rozwiązaniem jest wykorzystanie powstającego w wyniku karbonizacji opon węgla w ilości 85 – 86% przy

zawartości popiołów w granicach 4% w przemyśle oponiarskim lub jako produkt wyjściowy do produkcji węgla aktywowanego, którego coraz więcej potrzeba do pracujących instalacji aktywnego oczyszczania spalin.

Podjmując działania zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju poszukujemy nowych i alternatywnych źródeł energii mających zapewnić przyszłym pokoleniom egzystencję na warunkach nie gorszych w jakich my żyjemy. Może zatem kierunek badań wykorzystywania mikrofal może okazać się w przyszłości tym, który pozwoli stworzyć alternatywne źródła energii. Obecnie taki pomysł może wydawać się odległy i nierealny jeszcze nie tak dawno marzono o lotach w przestrzeń kosmiczną, a w początku lat 40-tych XX w. Nie myślano o wykorzystywaniu mikrofal w procesach technologicznych, dzisiaj instalacje technologiczne nie tylko niszczą to co szkodliwe lecz i tworzą nowe produkty.

7. Wytwarzanie energii elektrycznej z procesów karbonizacji opon

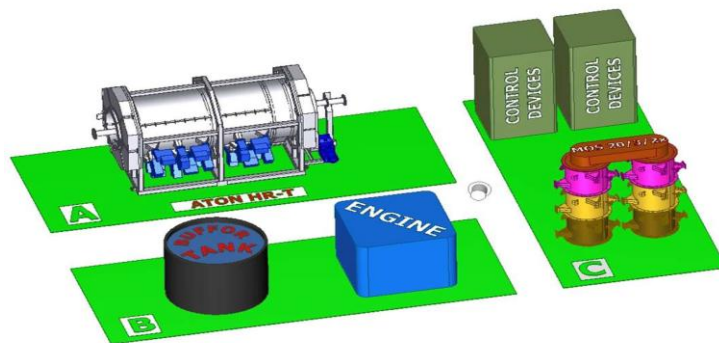
Opony mogą być i są wydajnym źródłem energii. Ich wartość energetyczna wynosi 30MJ/kg dla porównania wartości energetycznej węgla – 25MJ/kg, ropy naftowej – 38MJ/kg. Spalanie opon w cementowniach stosowane jest w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie, Japonii, Niemczech i w Belgii. W Anglii i w Niemczech powstały pierwsze elektrownie, w których paliwem są opony.

CBR ATON HT opracowało i nadal pracuje nad uzyskaniem jeszcze lepszych efektów techniczno – ekonomicznych związanych z przetwarzaniem zużytych opon na energię elektryczną.

Opracowana metoda obejmuje:

1. Utylizację opon poprzez atonizację materiału z wykorzystaniem obrotowego pieca mikrofalowego typu **ATON HR-T**.
2. W wyniku procesu powstaje strumień wysokoenergetycznych gazów, który po osuszeniu kierowany jest do silnika spalinowego sprzężonego z generatorem energii elektrycznej.
3. Praca silnika związana jest z emisją zanieczyszczonych gazów odlotowych do atmosfery, jako ostatni element linii technologicznej to mikrofalowy system oczyszczania gazów odlotowych **ATON MOS**. Zapobiega wtórnemu zanieczyszczeniu środowiska naturalnego

Spodziewany zysk energetyczny wyniesie około 4MW.



Ryc. 18 Poglądowy schemat systemu produkcji energii elektrycznej z granulatu opon

Granulat opon jest przetwarzany w reaktorze mikrofalowym *ATON HR-T*, którego wnętrzu do złudzenia przypomina obrotowy piec ceramiczny. Wewnątrz, którego następuje kumulacja pola mikrofalowego. Wprowadzany materiał w atmosferze azotu mikrofałe powodują jego podgrzanie do temperatury procesu gazyfikacji. Substrat ulega rozkładowi – zgazowaniu. W wyniku zachodzących procesów fizyko – chemicznych następują procesy zmiany stanu skupienia z jednoczesną redukcją masy. W efekcie otrzymywane są dwa produkty:

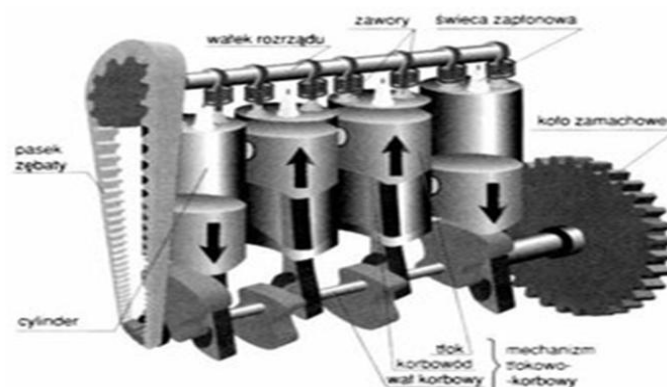
- a. atonizat – materiał stały o charakterze mineralno – węglowym stanowiący ca 10% masy wsadu,
- b. wysokoenergetyczne gazy pirolityczne, które w dalszym procesie są kierowane do zasilania silnika spalinowego, stanowiąc jego źródło zasilania. Silnik spalinowy pracując powoduje napędzanie generatora energii elektrycznej.

Gazy spalinowe po opuszczeniu *ATON HR-T*, zostają przesłane wewnętrznym systemem technologicznym do silnika gazowego, w którym stanowią energię napędową silnika. Energia odzyskana z gazów pirolitycznych napędza silnik gazowy, który przekazuje energię mechaniczną generatorowi energii przetwarzając ją na energię elektryczną. Spaliny powstałe w silniku gazowym z gazów pirolitycznych opuszczając silnik gazowy zostają poddane oczyszczeniu w dopalaczu mikrofalowym *ATON – MOS*, skąd oczyszczone do parametrów podanych wcześniej trafiają do atmosfery.

Silnik gazowy

Najbardziej popularna metoda zamiany gazu z procesu atonizacji materiału organicznego w energię elektryczną to użycie do tego celu silników gazowych.

Zwykle silniki gazowe budowane są na moce od 50 kW do 2MW. Zazwyczaj silnik gazowy napędzany jest tylko i wyłącznie za gazem pochodzącym z procesu (start na paliwie konwencjonalnym, po osiągnięciu parametrów pracy przełączenie na zasilanie gazem z generatora).



Ryc. 18 Schemat silnika gazowego stosowanego w procesie zamiany energii

Obostrzenia zazwyczaj występują w obszarach rzutujących na pracę i osiągnięte parametry techniczno - technologiczne:

- a. Maksymalna wilgotność.
- b. Ilość i wielkość cząstek stałych w gazie.
- c. Zawartości związków: siarki, halogenków, alkaliów, krzem, amoniak, substancji oleistych.
- d. Zmiany wartości opałowej produkowanego gazu wynikające ze składu chemicznego substratu jakim jest granulata opon.
- e. Zmiany ciśnienia w czasie wynikające z ilości produkowanego w reaktorze gazu.
- f. **Liczba Wobbego** – wyrażająca wartość przeliczeniową strumienia energii doprowadzonej do palnika w specyficznych i ściśle określonych warunkach.
- g. **Liczba metanowa** – przyjęta wartość wskaźnikowa charakteryzująca gaz i określająca jego wartość spalania skutkowego, chociaż za pojawienie się spalania stukowego odpowiada też szereg innych czynników.

ATON MOS

Urządzenie oczyszczające gazy odlotowe z silnika gazowego **ATON MOS** składa się z wypełnionej złożem ceramicznym komory procesowej, przez którą przechodzą gazy poddawane oczyszczaniu. Komorę wyposażono w zespół generatorów mikrofalowych

rozieszczonych tak aby w całej przestrzeni zagwarantować jednorodność pola mikrofalowego zapewniającego prawidłowe prowadzenie procesu technologicznego oczyszczania gazów odlotowych.

Kształtki ceramiczne wypełniające reaktor wykonane są ze specjalnie dobranego materiału ceramicznego zapewniającego maksymalne pochłanianie emitowanej energii mikrofalowej i przetworzenie jej na ciepło. Ponadto godnym zauważenia jest fakt katalitycznego oddziaływania kształtek ceramicznych na cząstki gazów odlotowych, prowadząc jednocześnie reakcje redukcji jonowej.

Temperaturę procesu ustala się z reguły na wartościach zapewniających wysokie wartości oksydacji i temperaturach o wartościach oscylujących między 1000⁰C a 1200⁰C. W tych warunkach nie następuje jeszcze proces utleniania azotu z powietrza. Transport gazów przez złożę następuje turbulentnie zapewniając dłuższy czas przebywania gazów w obszarze oddziaływania pola mikrofalowego..

W latach 50 i 60-tych ubiegłego stulecia popularnym było powiedzenie, że to przyroda ma służyć człowiekowi, jak mało wiedziano wówczas o prawach rządzących naturą możemy przekonać się obecnie.

Relacje człowiek – natura muszą przebiegać zgodnie ze słowami wypowiedzianymi przez Francis'a Bacon'a ...” *natura non nisi arendo vincitur*”... czyli *naturę można pokonać podporządkowując się jej prawom.*

8. *Literatura*

1. R. Parosa, Mikrofałe w procesach utylizacji odpadów – materiały nie publikowane; ATON HT -2008
2. Unieszkodliwianie odpadów niebezpiecznych – materiały sympozjum ekologicznego – Poznań 2008
3. E. Reszke, Mikrofałe i ich zastosowanie w chemii analitycznej
Analityka, nauka i praktyka; 3/2001; str. 29 - 31
4. S. Linert; Praca magisterska – UMK 2009
5. S. Linert; Dokumentacja analityczna i fotograficzna laboratoryjna – laboratorium UMK ; 2008
6. E. Reszke, Mineralizacja mikrofałowa – Analityka, nauka i praktyka; 4/2001 str. 22 – 25
7. Biuletyn Informacji Prawnej Ministerstwa Ochrony Środowiska
8. A. Grochowalski; Politechnika Krakowska - Program PCB – STOP; Nowoczesne metody termiczne unieszkodliwiania odpadów niebezpiecznych; e-mail: agrochow@chemia.pk.edu.pl
9. A. Grochowalski; Politechnika Krakowska – Zagrożenia chemiczne związane z gospodarowaniem odpadami chemicznymi
10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23.12.2004r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji, Dz.U. Nr. 283, Poz. 2842,
11. POLSKA NORMA PN-Z-04030-7. Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. „ Pomiar stężenia i strumienia masy pyłu w gazach odlotowych metodą grawimetryczną
12. J. Niewczas ; Sprawozdanie z badań instalacji technologicznej MOS MTT; Wrocław 2008
13. S. Linert; Praca zaliczeniowa WSHE – 2006
14. Rozp. Min. Środ. z dnia 20.12.2005r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji, Dz.U. Nr 260, Poz. 2181,
15. Rozp. Min. Środ. 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, Dz. U. Nr 59 poz.529 z dnia 8 kwietnia 2003 r.
16. Ustawa z dnia 27.04.2001 roku, Prawo ochrony środowiska, Dz.U. nr 62, Poz. 627,
17. L. Czepirski; Węgiel aktywny w ochronie środowiska; mat. Konferenc.; Częstochowa 1998, 10

18. M. Rumian, L. Czepirski; Zastosowanie promieniowania mikrofalowego w technologii Adsorpcyjnej; AGH, Kraków, przemysł chemiczny 84/5(2005).