

Lucjan Furtak
Politechnika Warszawska, Instytut Wentylacji i Ogrzewania
Andrzej Stępień
Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu
Józef Szulc
Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A.

ENERGTYCZNE WYKORZYSTANIE OLEJÓW PRZEPRACOWANYCH JAKO PALIWA W KOTŁOWNIACH

Streszczenie

W artykule przedstawiono podstawowe problemy związane ze spalaniem olejów przetworzonych. Omówiono zagrożenia wynikające ze spalania zużytych środków smarowych zawierających PCB i metale ciężkie. Przedstawiono koncepcje kotłowni wykorzystującej oleje przetworzone jako paliwa.

WSTĘP

W roku 1998 zarejestrowanych było w Polsce ok. 8890800 samochodów osobowych a samochodów ciężarowych i ciągników siodłowych 1562800 [1]. Każdy pojazd zużywa od kilku do kilkudziesięciu dm³ olejów smarowych rocznie. W dziesiątkach tysięcy przedsiębiorstw w maszynach i urządzeniach stosowane są oleje smarowe i technologiczne. W wyniku ich eksploatacji powstają duże ilości olejów przetworzonych. Szacunkowe zużycie mineralnych olejów smarowych w Polsce wyniosło w 1998 roku ok. 320 000 ton [2]. Połowa to oleje silnikowe, a reszta to oleje przemysłowe i technologiczne. Stosowane obecnie systemy zbiórki i przeróbki przetworzonych środków smarowych obejmują wg różnych danych od 25 % do 47 % olejów przetworzonych [2]. Przyjmując zasadę, że praktycznie możliwych do zebrania i przerobienia jest max 50 % olejowych produktów odpadowych w stosunku do ilości zużywanych produktów świeżych, należy podkreślić, że przy zbiorce maksymalnie ok. 69 000 ton przetworzonych środków smarowych los pozostałych 51 000 ton jest nieznany. Należy nadmienić, że ilość eksploatowanych olejów będzie ulegała zwiększeniu w miarę wzrostu produkcji przemysłowej i rozwoju motoryzacji.

Przetworzone oleje są zaliczone do grupy odpadów niebezpiecznych i stanowią olbrzymie zagrożenie dla środowiska naturalnego [3]. Zgodnie z art. 14 pkt. 2 Ustawy o odpadach [4] odpady niebezpieczne powinny być w pierwszej kolejności wykorzystane lub unieszkodliwione w miejscu ich powstawania zaś pkt. 3 stanowi, usuwanie odpadów niebezpiecznych z miejsc ich powstawania jest dopuszczalne tylko wtedy, gdy ich wykorzystanie w tych miejscach jest niewykonalne bądź też nieracjonalne ze względów ekologicznych lub ekonomicznych. Dyrektywa Unii Europejskiej 87/101/EEC z dnia 22.12.1986 jako jeden z kierunków utylizacji olejów przetworzonych obok rerafinacji dopuszcza spalanie.

CHARAKTERYSTYKA PRZEPRACOWANYCH ŚRODKÓW SMAROWYCH

Oleje przetworzone zawierają znacznie więcej substancji szkodliwych i toksycznych niż oleje świeże. Wynika to m.in. z warunków eksploatacji i późniejszego systemu gromadzenia środków smarowych. W trakcie produkcji do mineralnego lub syntetycznego oleju bazowego dodawane są związki chemiczne (dodatki uszlachetniające) polepszające parametry użytkowe środków smarowych. Ilość dodatków oraz ich skład chemiczny powoduje, że oleje smarowe są szczególnie niebezpieczne

dla środowiska. Ilość syntetycznych dodatków w niektórych olejach dochodzi do 30 %. Niebezpiecznym zjawiskiem jest możliwość przedostania się do olejów bazowych w trakcie produkcji polichlorowanych bifenyli (PCB).

Oleje smarowe w trakcie eksploatacji podlegają procesom zanieczyszczenia substancjami obcymi pochodzenia zewnętrznego i wewnętrznego. Do zewnętrznych zanieczyszczeń można zaliczyć m.in. pył, wodę, zanieczyszczenia poremontowe. Do wewnętrznych należą produkty starzenia w postaci żywic, smół i koksów oraz innych produktów rozkładu, ścier metaliczny pochodzący ze zużycia eksploatacyjnego.

W czasie zbiórki olejów przepracowanych dostają się do nich często różne zanieczyszczenia, m.in.: piasek, skrawki tkanin, woda, rozpuszczalniki, chłodziwa a także mogą trafić syntetyczne oleje zawierające PCB czy toksyczne związki chemiczne.

To wszystko powoduje, że przepracowane oleje smarowe mogą zawierać wiele substancji potencjalnie niebezpiecznych mających duży wpływ na możliwe kierunki ich utylizacji. W składzie olejów zużytych znajdują się m.in. związki metali ciężkich i chloru, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) [5-10]. Wysokie koszty oznaczeń powodują, że nie jest możliwe objęcie kontrolą przez każdego użytkownika olejów wszystkich grup generowanych przez siebie olejów przepracowanych. Przybliżony koszt wykonania oznaczenia PCB, zawartości wody i zanieczyszczeń stałych oraz podstawowych parametrów fizykochemicznych wynosi ok. 1000 zł (marzec 2000 r.).

MOŻLIWOŚCI SPALANIA PRZEPACOWANYCH ŚRODKÓW SMAROWYCH

Interesującym kierunkiem utylizacji przepracowanych środków smarowych jest spalanie.

W przypadku spalania odpady tego rodzaju mogą być zagospodarowane u użytkownika, bez kosztownej operacji zbierania i transportu do oddalonych zakładów przetwórczych. Teoretycznie spalanie może być najkorzystniejszym kierunkiem utylizacji. Rozwiązuje w radykalny sposób problem przepracowanych olejów a dodatkowo otrzymuje się energię cieplną. Niesie jednak ze sobą wiele zagrożeń, jakie mogą powstać w wyniku spalania w nieodpowiednich warunkach, przy braku kontroli i nieodpowiednio prowadzonej zbiórce środków smarowych.

Dyrektywa UE 87/101/EEC dopuszcza możliwość spalania olejów przepracowanych pod warunkiem nie przekroczenia poziomu 50 ppm PCB. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 21 października 1998 r. w sprawie szczegółowych zasad usuwania, wykorzystania i unieszkodliwienia odpadów niebezpiecznych przekształcanie termiczne odpadów niebezpiecznych może się odbywać pod następującymi warunkami [11]:

1. Czas utrzymania spalin w komorze spalania powinien wynosić co najmniej 2 sekundy w temperaturze:
 - a. Nie niższej od 850°C – jeśli zawartość chloru w związkach organicznych w przekształconych odpadach nie przekracza 1 % suchej masy odpadów.
 - b. Nie niższej od 1100°C – jeśli zawartość chloru w związkach organicznych w przekształconych odpadach przekracza 1 % suchej masy odpadów.
2. Zawartość tlenu w gazach spalinowych nie może być mniejsza niż 6 %.
3. Gazy odlotowe z procesu powinny być monitorowane w zakresie ciągłej rejestracji temperatury w komorze spalania, ciśnienia, zawartości tlenu i pary wodnej.

W załączniku do powyższego rozporządzenia dla:

- odpadowych olejów hydraulicznych z grup 130103, 130106,
 - odpadowych olejów smarowych z grup 103202,
 - odpadowych olejów stosowanych jako nośniki ciepła i elektroizolatory z grup 103303, 130305,
- dopuszcza się procesy termicznego przekształcania przy założeniu, że nie zawierają związków chlorowcoorganicznych, związków cynku, kadmu, miedzi, niklu, kobaltu, rtęci w ilości nie przekraczającej 0,5 % wagowych suchej masy odpadów łącznie w przeliczeniu na masę pierwiastków.

Termiczne wykorzystanie olejów zużytych może się odbywać łącznie ze spalaniem paliw stałych i ciekłych, jak również z odpadami komunalnymi w spalarniach. W tym ostatnim przypadku następuje zwiększenie wartości opałowej odpadów komunalnych i dodatkowo stabilizowany jest proces spalania.

Właściwości energetyczne oraz podstawowe parametry fizykochemiczne przetworzonych olejów smarowych są zbliżone do olejów opałowych. Porównanie wartości opałowych różnych paliw przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Porównanie wartości opałowej przetworzonego oleju silnikowego z wartościami opałowymi wybranych paliw [10,12].

Paliwo	Wartość opałowa, [MJ/kg]
Węgiel brunatny	8 000 – 16 000
Węgiel kamienny	29 000 – 30 000
Gaz ziemny	32 000
Olej opałowy	40 000 – 42 000
Przetworzony olej silnikowy	41 500

Jak wynika z przedstawionych danych wartość opałowa przetworzonych środków smarowych jest zbliżona do oleju opałowego. W tabeli 2 podano dane dotyczące zawartości metali i chlorowców w przetworzonych olejach oraz węgla.

Tabela 2. Zawartość niektórych metali i chlorowców w oleju przetworzonym i węgla.

Składnik	Węgiel [9], [ppm]	Olej przetworzony [13], [ppm]
<u>Metale:</u>		
Bar	24.5	2,73 – 3,39
Beryl	2.27	<0,02
Kadm	0.1 – 10	0,1 – 2,34
Chrom	5 – 80	3,19 – 3,91
Ołów	11 – 270	7,23 – 57,0
Rtęć	0.24	brak danych
Nikiel	20 – 80	1,85
Cynk	16 – 22	1 141 – 1 161
<u>Chlorowce:</u>		
Chlor	100 – 2 800	100 – 2 000

Zawartość chloru jest podobna w obu przypadkach. Zawartość niektórych metali chromu, baru, berylu, kadmu jest mniejsza w oleju przetworzonym. Jak podają inni autorzy [13,15,16] zawartość PCB w badanych próbkach oleju przetworzonego zawiera się od 5 do 20 ppm. Składy chemiczne węgla i oleju przetworzonego mogą się zmieniać. W przypadku olejów przetworzonych skład ich zależy m.in. od rodzaju stosowanych dodatków, warunków eksploatacji oraz sposobu zbiórki i magazynowania.

Możliwość zakwalifikowania olejów przetworzonych do spalania determinuje głównie zawartość chloru, PCB oraz metali ciężkich. Dodatkowym czynnikiem utrudniającym spalanie przetworzonych środków smarowych jest fakt, że mogą zawierać duże ilości wody i zanieczyszczeń. W tabeli 3 przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych próbek olejów badanych w latach 1989 – 1999 w Instytucie Technologii Eksploatacji w Radomiu.

Tabela 3. Zawartość wody i zanieczyszczeń stałych w olejach przepracowanych.

Wymagania	Oleje silnikowe		Oleje hydrauliczne, maszynowe, przekładniowe, sprężarkowe.	
	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Wartość minimalna	Wartość maksymalna
Zawartość wody [%]	brak	10	brak	30
Zawartość zanieczyszczeń stałych [%]	0,15	10,5	brak	4

Badane próbki olejów pochodziły z eksploatacji oraz ze zbiorników magazynowych produktów zużytych. Jak wynika z przedstawionych w tabeli 3 danych, w niektórych próbkach zawartość wody osiągnęła 30 % zaś poziom zanieczyszczeń stałych wynosił 10,5 %. Stopień zanieczyszczenia niektórych próbek oleju nie pozwala przeznaczyć ich do spalania bez uprzedniego oczyszczenia i przeprowadzenia analiz fizykochemicznych.

W tabeli 4 podano zestawienie wyników badań próbek oleju przepracowanego pobranych w wytypowanych przedsiębiorstwach. Próbki zostały pobrane z beczek oleju przepracowanego.

Tabela 4. Wyniki badań wybranych próbek oleju przepracowanego w trzech wybranych przedsiębiorstwach.

Wymagania	Zakład A		Zakład B		Zakład C	
	min	max	min	max	min	max
Lepkość kinematyczna w 40°C, mm ² /s,	20,0	23,9	41,8	49,3	42,9	46,7
Lepkość kinematyczna w 100°C, mm ² /s,	3,64	4,37	5,36	6,09	6,15	6,62
Zanieczyszczenia stałe, % m/m	Poniżej 0,02	0,08 szlam 0,1	Poniżej 0,02	0,1	0,05	0,6
Zawartość wody, % m/m	Brak	0,3	Brak	0,2	0,05	0,5
Zapłon, °C	160,5	189,0	179	191	208	215
Zawartość żelaza	-	-	-	89	-	-

W zakładach A i B stosowane są głównie oleje sprężarkowe, zaś w przedsiębiorstwie C oleje hydrauliczne. Należy podkreślić, że wytypowane firmy mają dobrze zorganizowany system zbiórki i magazynowania olejów przepracowanych. Roczne zużycie w/w środków smarowych wynosi, wg szacunków ok. 25 ton. W sumie w ciągu roku można wykorzystać ok. 70 ton przepracowanych środków smarowych. Oleje nie zawierają dużych ilości zanieczyszczeń eksploatacyjnych i „dodatków” pochodzących z nieprawidłowej zbiórki. Warunki magazynowania i przechowywania ograniczają możliwości zmieszania z innymi substancjami. Zawartość żelaza wskazuje na małą zawartość metali w olejach. W tabeli 5 przedstawiono wyniki badań olejów silnikowych w średniej wielkości przedsiębiorstwie transportowym. Warunki zbiórki i przechowywania olejów zużytych były znacznie gorsze. Oleje były magazynowane w zardzewiałych beczkach do których zlewano także płynne substancje chemiczne, m.in. rozpuszczalniki, płyny hamulcowe, resztki farb i lakierów.

Tabela 5. Wyniki badań wybranych próbek przetworzonych olejów silnikowych pochodzących z eksploatacji w bazie transportowej.

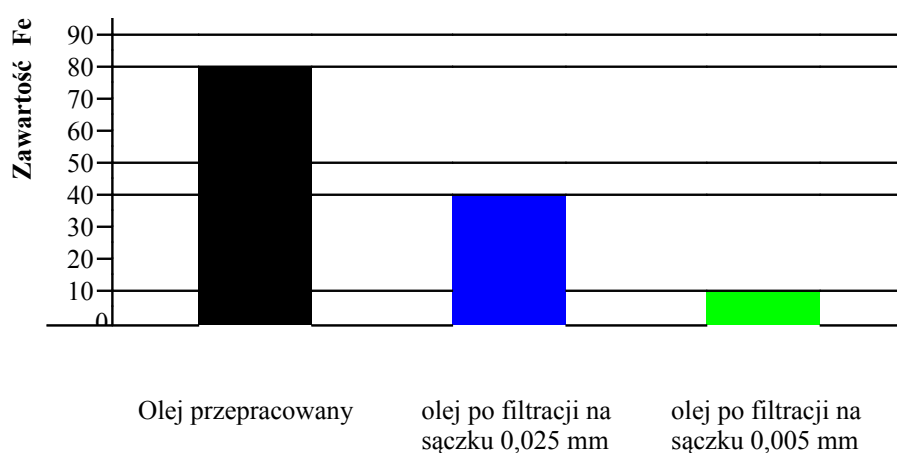
Wymagania	Wyniki	
	min.	max.
Lepkość kinematyczna w 40 °C, mm ² /s,	60	124
Lepkość kinematyczna w 100 °C, mm ² /s,	8,4	16
Zanieczyszczenia stałe, % m/m	śląd	7,5
Zawartość wody, % m/m,	brak	10
Zapłon w tyglu otwartym, °C	70	225
Zawartość żelaza	64	180

Pobrane próbki wykazywały dużą zawartość zanieczyszczeń i wody. Duża rozpiętość w pomiarach lepkości i zapłonu sugeruje (przy jednym rodzaju oleju) duże ilości zanieczyszczeń w rodzaju rozpuszczalników i oleju napędowego.

Generalnie należy przyjąć, że oleje przetworzone mogą zawierać duże ilości wody i zanieczyszczeń. Zależy to od sposobu w jaki dokonuje się zbiórki i przechowuje oleje. Część przetworzonych środków smarowych pochodzi z wymian awaryjnych. Skład takich olejów jest bardzo zróżnicowany: od praktycznie czystych do mocno zanieczyszczonych. Część pochodząca z urządzeń z układami wodnymi, zawiera duże ilości wody. Wymaga to odpowiedniego przygotowania olejów do spalania w kotłowniach. Jednak głównym celem uzdatniania zużytych środków smarowych jest usunięcie części zanieczyszczeń zawierających związki toksyczne t.j. metale pochodzące ze ścieru czy produkty rozpadu mogące w wyniku spalania być źródłem toksycznych składników spalin.

Na wykresie 1 przedstawiono wpływ filtracji na skuteczność usuwania żelaza z przetworzonego oleju sprężarkowego Clavus.

mg Fe/kg oleju



Wykres 1. Wpływ filtracji na skuteczność usuwania żelaza z przetworzonego oleju sprężarkowego Clavus [16].

Filtrowanie oleju ma duży wpływ na usuwanie metali z olejów przepracowanych. Jak wynika z danych przedstawionych na wykresie 1 przy zastosowaniu sączka o dokładności filtracji 0,005 mm usunięto 80 % żelaza. Zastosowanie dokładniejszych filtrów powoduje zwiększenie skuteczności usuwania zanieczyszczeń stałych.

Oczyszczanie przepracowanych środków ma za zadanie także ochronę elementów pomp i innych urządzeń przed uszkodzeniami przez cząsteczki zanieczyszczeń oraz zmniejszeniem podatności na korozję.

ZALECENIA DOTYCZĄCE SPALANIA OLEJÓW PRZEPRACOWANYCH W INNYCH KRAJACH

W wielu krajach wydano szczegółowe zalecenia dotyczące wykorzystania przepracowanych środków smarowych jako paliwa w urządzeniach energetycznych. Przykładem mogą być Stany Zjednoczone Ameryki, gdzie Agencja Ochrony Środowiska (EPA) wydała w 1992 roku normę p.t.: „Postępowanie z Przepracowanym Olejem”. Jednym z postanowień tej normy jest to, że wytwórcy olejów przepracowanych mogą je spalać w nagrzewnicach i kotłach zgodnie z określonymi warunkami [17]:

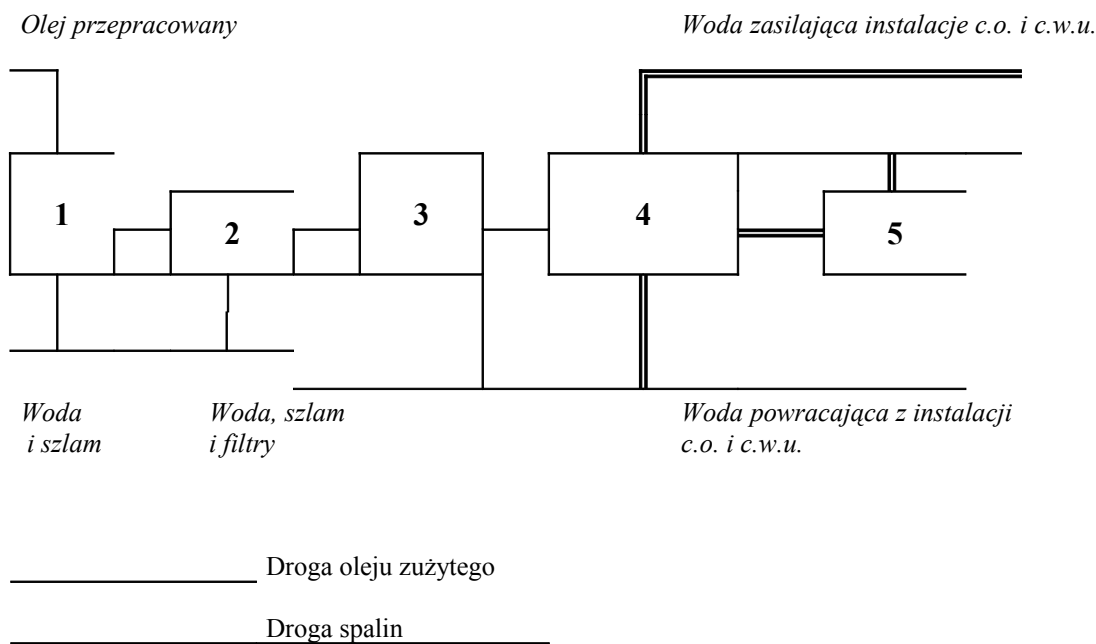
- spalany olej musi pochodzić od tego samego użytkownika ,
- spaliny muszą być odprowadzane na zewnątrz budynku,
- moc cieplna nagrzewnicy lub kotła nie może przekraczać 146,5 kW,
- spalanie może się odbywać w odpowiednio skonstruowanych i certyfikowanych urządzeniach.

Podobne przepisy zostały wydane w Wielkiej Brytanii. Wybrane zalecenia z aktualnie obowiązujących wytycznych The Scottish Office UK dotyczących spalania olejów przepracowanych w indywidualnych urządzeniach grzewczych o mocy nie przekraczającej 0,4 MW są następujące [18]:

1. nie powinna być wydawana zgoda na użytkowanie urządzeń, jeśli mają być spalane niżej wymienione substancje:
 - oleje zawierające halogeny,
 - mieszaniny węglowodorów aromatycznych innych niż pochodzących z olejów smarowych,
 - oleje i mieszaniny węglowodorów o temperaturze zapłonu niższej niż 40 °C, określoną metodą Pensky Martensa,
 - materiały kryjące, np. farby.
2. w przypadku spalania olejów (mieszanin węglowodorów) nie pochodzących z jednego źródła lub od innych użytkowników stężenie PCB w oleju nie może przekraczać 10 ppm.
3. w przypadku olejów zużytych pochodzących od innych użytkowników, powinno się prowadzić analizy olejów na zawartość PCB co trzy miesiące lub natychmiast po zmianie dostawcy.
4. olej przepracowany może być spalany tylko w urządzeniach do tego zaprojektowanych i spełniających wymagania norm brytyjskich.
5. urządzenie powinno mieć dobry dostęp do wszystkich elementów w celu oczyszczenia i usunięcia popiołu bez konieczności demontażu całego urządzenia.
6. Wszystkie urządzenia powinny być podłączone do systemu kominowego na stałe.

KONCEPCJA KOTŁOWNI OPALANEJ OLEJEM PRZEPRACOWANYM

Na rys. 1 przedstawiono schemat blokowy kotłowni olejowej wykorzystującej olej przepracowany. Ważną częścią układu zasilania w olej opałowy jest blok oczyszczania olejów przepracowanych. Ze względu na możliwe zanieczyszczenia związkami niebezpiecznymi wskazana jest kontrola składu oleju przepracowanego zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki [11].



1. Zbiornik magazynowy na zużyty olej
2. Blok oczyszczania oleju zużytego (sedymentacja i filtrowanie)
3. Zespół zbiorników za oczyszczony olej zużyty i olej opałowy.
4. Kocioł
5. Blok oczyszczania spalin

Rys. 1. Schemat blokowy kotłowni zasilanej olejem przetworzonym.

W trakcie procesu oczyszczania powstaną zanieczyszczenia, t.j. woda, szlamy i zużyte materiały filtracyjne. Tego typu odpady wymagają odrębnego zagospodarowania. Można je dostarczać do wyspecjalizowanych firm. Do spalania przeznaczono by głównie przetworzone oleje hydrauliczne, maszynowe, sprężarkowe i w niedużej ilości silnikowe pochodzące z silników Diesla. Kotłownia może także pracować przy spalaniu handlowych olejów opałowych.

Ze względu na rodzaje przetworzonych olejów i obecność środków dyspergujących w olejach silnikowych proces oczyszczania przewidziano w dwóch etapach:

- pierwszy etap w zbiorniku sedymentacyjnym, mający na celu usunięcie wody i dużych zanieczyszczeń,
- w drugim etapie olej zostanie doczyszczony przy pomocy urządzenia filtracyjnego.

Powstające ciepło przeznaczone jest na cele c.o. i c.w.u. zakładów przemysłowych i baz transportowych, w których powstają oleje przetworwane.

PODSUMOWANIE

Spalanie rozwiązuje w sposób radykalny problem olejów przetworzonych a dodatkowo otrzymuje się energię cieplną. W przypadku spalania odpady tego rodzaju mogą być zagospodarowane u użytkownika, bez kosztownej operacji zbierania i transportu do oddalonych zakładów przetwórczych. Właściwości energetyczne oraz podstawowe parametry fizykochemiczne przetworzonych olejów smarowych są zbliżone do olejów opałowych. Spalanie z wykorzystaniem produkowanego ciepła można potraktować jako najkorzystniejszy kierunek utylizacji. Niesie jednak ze sobą wiele zagrożeń, jakie mogą powstać w wyniku spalania w nieodpowiednich warunkach, bez braku kontroli i nieodpowiednio prowadzonej zbiórce przetworzonych środków smarowych. Ze względu na skład chemiczny olejów zużytych proces spalania powinien być prowadzony w warunkach

odpowiednio wysokich temperatur oraz czasu niezbędnego do dopalenia gazów spalinowych. Wiele stosowanych obecnie kotłów nie spełnia tych warunków.

Literatura:

1. Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej. GUS, 1999
2. Jasiński W., Garlicki S.: Polski rynek olejów przetworzonych – zbiórka i przerób. Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji, nr 69, 1999.
3. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 24 grudnia 1997 roku w sprawie klasyfikacji odpadów. Dz. U. Nr 162, poz. 1135.
4. Ustawa z dnia 27 czerwca 1997 roku o odpadach. Dz. U. Nr 96, poz. 592.
5. Beran E., Gryglewicz St., Steininger M., Rutkowski M., Szczawnicka E.: Problem skażenia olejów polichloropochodnymi bifenyli (PCB). X Sympozjum Paliw Płynnych i Produktów Smarowych w Gospodarce Morskiej., Jarosławiec, czerwiec 1993
6. Golba W., Krasodomski M., Przybylski: Polichlorowane bifenyly jako niebezpieczne ekologicznie zanieczyszczenia olejów opałowych. X Sympozjum Paliw Płynnych i Produktów Smarowych w Gospodarce Morskiej., Jarosławiec, czerwiec 1993.
7. Brenk F.R.: Wentrup Quantifizierung von polychlorierten Biphenylen (PCB) in alten Erdl und Kohle. Bd 38, Heft 10, Oktober 1985.
8. Beran E., Rutkowski M.: Problemy utylizacji przetworzonych olejów. Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji, nr 5, 1993
9. Envirometal Toxikology Internatioanl: Wszystko można spalić. Spalanie niebezpiecznych odpadów w piecach cementowych. Materiały z seminarium w Cementowni „Kujawy”, maj 1995.
10. Łuksa I., Łuksa A.: Wykorzystanie olejów przetworzonych do celów grzewczych. Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji, nr 35, 1997.
11. Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21 października 1998 roku w sprawie szczegółowych zasad usuwania, wykorzystania i unieszkodliwienia odpadów niebezpiecznych. Dz. U. Nr 145, poz. 942.
12. Furtak L., Skalmowski K.: Termiczne metody unieszkodliwiania odpadów komunalnych. Polski Instalator, nr 2, 1998, s. 6-10.
13. Biernat K.: Problemy utylizacji zużytych olejów smarowych. Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji, nr 54, 1998.
14. Kotowski W., Fechner W.: Kraking przetworzonych olejów do paliw silnikowych. Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji, nr 66, 1999.
15. Wasiak W., Urbaniak W., Rykowski J., Fall J.: Silnikowe oleje przetworzone. Analiza surowca i produktów pochodzących z jego zbiórki. II Konferencja Naukowo – techniczna p.t.: Pojazd a Środowisko. Jedlnia Letnisko, 9-10 Czerwca 1999.
16. Grądkowski M., Rogoś E., Urbański A.: Badanie zawartości metali w olejach smarowych. V Szkoła Absorpcji Atomowej, Ustroń 1997.
17. Wolf D.F.: Zalecenia dotyczące spalania przetworzonych olejów w nagrzewnicach i kotłach małej mocy, na podstawie Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska. Konferencja „Oleje przetworzone zagrożeniem dla środowiska. Alternatywne metody zagospodarowania i unieszkodliwiania odpadów niebezpiecznych”, Warszawa 1998.
18. TEC Sp. z o.o.: Kryteria wydawania zezwoleń na instalacje i użytkowanie urządzeń grzewczych zasilanych olejem przetworzonym. Na podstawie wytycznych Departamentu Ochrony Środowiska The Scottish Office UK, Wielka Brytania. Konferencja „Oleje przetworzone zagrożeniem dla środowiska. Alternatywne metody zagospodarowania i unieszkodliwienia odpadów niebezpiecznych”, Warszawa 1998.