



## Technology of manufacturing a synthetic paraffin oil (selected issues)

Marek PILAWSKI<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> *Petrology Sp. z o.o.*, tel.: 501275786, e-mail: [marekpilawski@wp.pl](mailto:marekpilawski@wp.pl)

### Abstract

The range of topics linked with paraffinic oils in regards to their energetic qualities, as well as to their other properties, is very wide. This work's aim is limited to analyzing energetic aspects when it comes to the use of paraffin as a pure fuel and as a component of composite fuels.

**Keywords:** paraffinic oils, paraffin, poliolefins

### Streszczenie

Wybrane zagadnienia technologii wytwarzania syntetycznego oleju parafinowego

Paleta tematów związanych z olejami parafinowymi, w aspekcie właściwości energetycznych parafiny jak i jej innych własności, jest bardzo rozległa. W niniejszej pracy ograniczono się do rozważań wątków energetycznych związanych z wykorzystaniem parafiny jako paliwa samoistnego i parafiny jako komponentu paliw wieloskładnikowych.

**Słowa kluczowe:** parafina, olej parafinowy, poliolefiny

### 1. Wprowadzenie

Artykuł pt.: „Wybrane zagadnienia technologii wytwarzania syntetycznego oleju parafinowego” zawiera rozwinięcie tych wszystkich zagadnień związanych z istotą przetwarzania odpadowych tworzyw sztucznych na syntetyczny olej parafinowy, które nie mieszczą się w publikacjach ściśle ukierunkowanych tematycznie. Są to zagadnienia rozproszone tematycznie, interdyscyplinarne, łączące wiedzę i doświadczenie z różnych obszarów techniki i technologii, a także prawa, logistyki i wielu jeszcze innych dziedzin.

Wybrane zagadnienia technologii wytwarzania syntetycznego oleju parafinowego można z powodzeniem wykorzystać w dalszych pracach nad rozwojem technik i technologii zagospodarowania odpadów.

### 2. Kalkulacja efektu ekologicznego pracy instalacji

Każdy sposób zagospodarowania odpadów, związany z ich technologicznym przetwarzaniem, staje się źródłem efektu ekologicznego.

W sytuacji, kiedy przetwarzanie tych odpadów związane jest z wytworzeniem energii, efekt ekologiczny jest wyjątkowo duży. W świetle polskiego ustawodawstwa (Ustawa: Prawo Ochrony Środowiska) efekt ekologiczny pracy urządzeń można wyrażać w złotych. W tej sytuacji staje się on bardzo wymierny i łatwo porównywalny z efektami tego typu osiąganymi przez inne urządzenia [1].

Poniżej zostanie przedstawiony algorytm obliczania efektu ekologicznego pracy instalacji, przetwarzającej odpadowe tworzywa sztuczne poliolefinowe na syntetyczne parafiny wykorzystywane dalej jako paliwo, o wydajności 200 dm<sup>3</sup>/h, (1 400 Mg/rok.)

Na efekt ekologiczny składają się głównie koszty nie poniesione.

W Polsce wytwarza się rocznie 13,5 mln Mg odpadów komunalnych, z czego 16% to odpady z tworzyw sztucznych, czyli 2,160 mln Mg rocznie. W odpadach z tworzyw sztucznych 80% to odpady z tworzyw poliolefinowych, 1 728 000 Mg. Obecnie istnieje obowiązek zawrócenia do odzysku 25% tych odpadów, czyli

432 000 Mg. Przyjmuje się więc, że jedno urządzenie powinno powstać w każdym powiecie w Polsce, a jest ich 256. Praca urządzeń, o których mowa powyżej, przynosi wymierne, przeliczalne na złotówki, efekty ekologiczne związane z:

- a. nie ponoszeniem opłat za usunięcie odpadów na wysypisko,
- b. nie ponoszeniem kosztów zakupu równoważnej energetycznie ilości węgla,
- c. nie ponoszeniem opłat za emisję do atmosfery substancji szkodliwych wynikających ze spalania równoważnej energetycznie ilości węgla.

#### KALKULACJA EFEKTU EKOLOGICZNEGO:

a) związanego z gospodarką odpadami,

- wydajność urządzenia: 1 400 Mg odpadów/rok,
- opłata za składowanie odpadów: 250 zł/Mg .

Koszty uniknięte w tym przypadku związane są z brakiem konieczności ponoszenia opłat za składowanie przetwarzanych odpadów:

$$1\,400\text{ Mg/rok} \times 250\text{ zł/Mg} = 350\,000\text{ zł/rok}.$$

b) związanego z walorami energetycznymi produktu

- produkt pracy urządzenia w ilości 1 400 Mg/rok równoważny jest energetycznie 2 100 Mg węgla,
- cena zakupu węgla: 800 zł/Mg

Koszty uniknięte w tym przypadku związane są z brakiem konieczności zakupu równoważnej energetycznie ilości węgla:

$$2\,100\text{ zł/Mg} \times 800\text{ zł/Mg} = 1\,680\,000\text{ zł/rok}$$

c) związanego z emisją zanieczyszczeń do atmosfery

- każdorazowa emisja zanieczyszczeń do atmosfery wynikająca ze spalania 1Mg węgla związana jest z koniecznością poniesienia opłat do Urzędu Marszałkowskiego za używanie środowiska w wysokości 38 zł/1 Mg,

W tym przypadku uniknięte koszty związane z opłatami za emisję to:

$$2\,100\text{ Mg/rok} \times 38\text{ zł/1Mg} = 79\,800\text{ zł/rok}$$

Przeliczalny na złotówki roczny ekologiczny efekt pracy jednej instalacji to:

$$350\,000\text{ zł/rok} + 1\,680\,000\text{ zł/rok} + 79\,800\text{ zł/rok} = 2\,109\,800\text{ zł/rok}$$

**Roczny ekologiczny efekt pracy jednej instalacji porównywalny jest z kosztami wytworzenia instalacji.**

**Roczny ekologiczny efekt pracy 256 sztuk instalacji to kwota 540 108 800 zł.**

Czas trwałości – amortyzacji – instalacji do termokatalitycznego przetwarzania odpadowych tworzyw sztucznych, szacuje się na 6 lat. Uzyskany w tym czasie przeliczalny na złotówki efekt ekologiczny w całości pokrywa koszty inwestycyjne związane z pobudowaniem tych instalacji.

Beneficjentem efektów ekologicznych pracy instalacji jest samo środowisko.

Poza tym występują inne, niewymierne efekty pracy urządzenia:

- efekty społeczne (stworzenie nowych miejsc pracy),
- poprawa krajobrazu,
- zmniejszenie uciążliwości związanych z zaleganiem odpadów i ich transportowaniem, itd.

Efekt ekologiczny w wielu przypadkach jest bardzo ważną kategorią ekologiczno – finansową. Wielkość efektu ekologicznego jest często brana pod uwagę przy rozpatrywaniu wniosków krajowych (NFOŚ) i unijnych (UE) o dotację/dofinansowanie.

### 3. Przykładowa realizacja idei: „Odpady Pracują na Odpady”

Przykładowa realizacja idei: „Odpady Pracują na Odpady” [2] wykorzystuje destylarki przeznaczone do przetwarzania odpadowych tworzyw sztucznych poliolefinowych na komponenty paliw syntetycznych. Załóżmy, że będą one pracować w otoczeniu niżej zdefiniowanego przykładowego wysypiska odpadów komunalnych.

#### 3.1 Problemy pracy dotyczące wysypisk odpadów komunalnych (przykład)

Niech na przykładowym wysypisku gromadzone są odpady komunalne zmieszane dostarczane z aglomeracji wielkomiejskiej w ilości 300 000 Mg rocznie. W odpadach tych 16 % wagowo stanowią odpady opakowaniowe z tworzyw sztucznych o łącznej masie 48 000 Mg. W odpadach tych co najmniej 80 % wagowo to odpady tworzyw sztucznych poliolefinowych (polietylen, polietylen, polimetakrylan metylu) o łącznej masie 38 400 Mg.

Niech przy wysypisku będzie budowany zakład segregacji. Zakładając, że z ogólnej ilości odpadowych tworzyw sztucznych poliolefinowych da się wydzielić do dalszego przetwarzania tylko 60 % - 80 % tych tworzyw, otrzymuje się ostatecznie masę tworzyw do dalszego przetwarzania 23 040 – 30 720 Mg rocznie.

Taką właśnie ilość tworzyw może przetworzyć rocznie na produkt gospodarczo użyteczny dziesięć instalacji o wydajności 300 dm<sup>3</sup>/h każda.

Ponadto niech na wysypisku budowane będzie ujęcie gazu wysypiskowego. Produkcja tego gazu będzie wynosić ok. 3 000 Nm<sup>3</sup> / h, czyli ponad 26 mln Nm<sup>3</sup> rocznie. W części będzie on wykorzystywany energetycznie do ogrzewania mieszkań pobliskich domostw. Część gazu wysypiskowego będzie można wykorzystać jako paliwo stanowiące źródło ciepła dla instalacji przetwarzania odpadowych tworzyw sztucznych poliolefinowych na parafiny i olej parafinowy.

#### 3.2 Zapotrzebowanie instalacji przetwarzania odpadów na gaz wysypiskowy

Każda instalacja, taka jak opisana powyżej, składa się z czterech modułów. Dziesięć instalacji składa się zatem z 40 modułów. Każdy moduł instalacji zasilany jest palnikiem gazowym o mocy nominalnej 140 kW. Moc taka potrzebna jest jednak tylko przy rozruchu modułu. W czasie normalnej pracy zapotrzebowanie na moc cieplną wynosi 85 –100 kW. Przyjmując wartość opałową gazu wysypiskowego równą 12 000 kJ/Nm<sup>3</sup> - średnie zapotrzebowanie na gaz pojedynczego modułu wynosi 9 Nm<sup>3</sup>/h. Przy 40 modułach daje to średnią wielkość poboru gazu równą 360 Nm<sup>3</sup>/h.

Roczny pobór gazu, przy pracy przez 8 760 h w roku, wynosi zatem:

$$360 \text{ Nm}^3/\text{h} \cdot 8\,760 \text{ h} = 3\,153\,600 \text{ Nm}^3/\text{rok}$$

Przyjmując okresowe planowe wyłączenia modułów (przeglądy, naprawy, konserwacje), jak również zwiększony pobór mocy przy ich rozruchu, ustala się, że zestaw dziesięciu czteromodułowych instalacji powinien dysponować gazem wysypiskowym w ilości 3 679 200 Nm<sup>3</sup> rocznie.

Przykładowe wysypisko jest w stanie pokryć zapotrzebowanie na gaz wysypiskowy potrzebny do pracy projektowanych instalacji.

#### 3.3 Produkcja gazu wysypiskowego na potrzeby pracy instalacji przetwarzania odpadów

W dobrze urządzonego przykładowego wysypiska odpadów komunalnych następuje produkcja metanu w ilości 200 – 250 Nm<sup>3</sup> rocznie w przeliczeniu na 1 Mg suchej masy biologicznej. Odpowiada to produkcji metanu w ilości 18 Nm<sup>3</sup> przypadającą na 1 Mg odpadów komunalnych zmieszanych. Ponieważ metan stanowi ok. 50 % gazu wysypiskowego, można przyjąć, że z 1 Mg odpadów komunalnych zmieszanych uzyskuje się rocznie 36 Nm<sup>3</sup> gazu wysypiskowego o wartości opałowej 12 000 kJ/Nm<sup>3</sup>.

Biorąc pod uwagę nie średni pobór gazu wysypiskowego przez instalację 360 Nm<sup>3</sup>/h, a pobór okresowy maksymalny: 420 Nm<sup>3</sup>/h, uzyskuje się maksymalny pobór roczny gazu równy 3 679 200 Nm<sup>3</sup>. Taka ilość gazu wytwarzana jest przez 102 199,5 Mg wielkomiejskich odpadów komunalnych zmieszanych.

Przykładowe wysypisko zapewnia taką ilość odpadów rocznie.

#### 4. Krajowy bilans materiałowo – energetyczny produkcji biomultipaliw

W kraju wytwarzanych jest 13,5 mln Mg odpadów komunalnych rocznie.

W odpadach tych zawarty jest wagowo 16% odpadów z tworzyw sztucznych, czyli 2,16 mln Mg.

W odpadowych tworzywach sztucznych 80% to odpady z tworzyw sztucznych poliolefinowych, czyli ok. 1 728 000 Mg.

Przyjmując sprawność segregacji odpadów na poziomie 30% otrzymuje się dostępną do celów technologicznych ilość odpadów poliolefinowych na poziomie 500 000 ton rocznie.

Produkty przetwarzania tych odpadów na paliwo syntetyczne mają wartość opałową równą 12 MWh/t, czyli reprezentują sobą potencjał energetyczny równy 6 mln MW.

##### Ponadto:

W 12 mln Mg odpadów komunalnych rocznie 40% stanowią surowe odpady pochodzenia roślinnego (biomasa) w ilości 4,8 mln ton, przy czym ich wilgotność oceniana jest na 60%.

W biomasie wysypiskowej ilość suchej masy – biopaliwa – jest równa 1,92 mln Mg, przy czym wartość opałowa tak przygotowanego biopaliwa stanowi wartość 4,5 MWh/ Mg, a jego potencjał energetyczny to 8,64 mln MWh.

##### Biomultipaliwo [3]:

Składa się z: - w 85% z biomasy (1,92 mln Mg),

- w 15% z paliw syntetycznych (0,34 mln Mg),

osiągając wartość opałową:  $0,85 \times 4,5 + 0,15 \times 12 = 5,625$  MWh/ Mg.

Masa biomultipaliwa:  $1,92 \text{ mln Mg} + 0,34 \text{ mln Mg} = 2,26 \text{ mln Mg}$ .

##### Potencjał energetyczny biomultipaliwa:

$2,26 \text{ mln t} \times 5,625 \text{ MWh/ Mg} = 12 \text{ mln MW}$ , co przy pracy w czasie 6000 h w roku daje moc cieplną biomultipaliwa równą 2 000 MW.

W tym przypadku, w klasycznych zespołach energetycznych, można odzyskać moc 700 MWe energii elektrycznej i moc 1000 MWh energii ciepłej. Pozostała część mocy to moc strat.

##### Pozostaje:

do dalszego wykorzystania ilość paliw syntetycznych o wadze:

$500\,000 \text{ Mg} - 340\,000 \text{ Mg} = 160\,000 \text{ Mg}$  i o potencjale energetycznym 2,1 mln MWh.

##### Biomasa surowa:

o masie 4,8 mln Mg zawiera 2,88 mln Mg wody. Potencjał energetyczny 2,1 mln MW pozostałych paliw syntetycznych jest wystarczający w zupełności do odparowania wody z wilgotnej masy biologicznej odpadów surowych i przekształcenia ich w suche biopaliwo - nośnik biomultipaliw.

Z krajowego bilansu materiałowo – energetycznego produkcji biomultipaliw wynika, że w tym zakresie polskie składowiska odpadów komunalnych są samowystarczalne w sensie materiałowym i energetycznym, wytwarzając przy tym energię porównywalną z energią produkowaną przez dużą elektrociepłownię zawodową i likwidując przy tym ok. 50% odpadów.

W tym przypadku mamy również do czynienia z realizacją idei: „Odpady Pracują na Odpady”, w której dominują „zamknięte obiegi materiałowo – energetyczne” w systemach gospodarki odpadami.

#### 5. Przyszłościowe technologie przetwarzania odpadowych tworzyw sztucznych

Rozszerzając pojęcie tworzyw sztucznych należy zaliczyć do nich nie tylko tworzywa sztuczne plastikowe, lecz także gumę. Mówiąc zatem o odpadach z tworzyw sztucznych możemy mieć na myśli zarówno odpadowe tworzywa sztuczne plastikowe, jak i zużyte opony samochodowe.

Pomimo różnych cech zewnętrznych – opony i odpadowe tworzywa sztuczne poliolefinowe zbudowane są w swej podstawie z tych samych atomów: węgla i wodoru. Różnią się one jedynie stosunkiem wagowym węgla do wodoru. Tworzywa sztuczne poliolefinowe zawierają w swej strukturze 14% wagowo wodoru (resztę stanowi węgiel), a opony – tylko 6% wagowo wodoru (resztę stanowi węgiel).

Chemiczne podobieństwo zużytych opon samochodowych i odpadowych tworzyw sztucznych poliolefinowych pozwala na technologiczne traktowanie tych dwóch różnych rodzajów odpadów jak jeden surowiec produkcyjny.

Proces beztlenowej transformacji zużytych opon samochodowych na olej pirolityczny (surowiec do produkcji ciekłego paliwa alternatywnego) i gaz nosi nazwę pirolizy.

W wyniku pirolizy gumy otrzymuje się w przybliżeniu wagowo: 40% oleju pirolitycznego, 40% pirowęgla, 15% gazu, 5% kord stalowy [4].

Olej pirolityczny zawiera w sobie zarówno frakcję benzynową, jak i frakcję smołową. Te dwie skrajne frakcje nie mogą oczywiście przedostać się do paliwa pirolitycznego. Dlatego też przeprowadzono proces destylacji oleju pirolitycznego w destylarce z odcięciem frakcji skrajnych. W wyniku takiej obróbki oleju pirolitycznego surowego otrzymano olej pirolityczny przetworzony, który może być już użyty jako paliwo alternatywne w silnikach diesla agregatów prądotwórczych (fotografia pierwsza).

Ponadto przeprowadzono proces pirolizy/suchej destylacji odpadowej gumy wraz z pewną ilością tworzyw sztucznych typu PE i PP.



Rys. 5.1. Produkty transformacji w destylarkach oleju popirolitycznego z opon samochodowych. Od lewej: Olej pirolityczny po transformacji w destylarce, olej pirolityczny surowy, pozostałość smołowa po transformacji w destylarce oleju pirolitycznego surowego. Postać pozostałości: gęsta maź-smoła. Ilość pozostałości: 150 ml. Ilość przerobionego oleju surowego: 2,2 dm<sup>3</sup>. Graniczna temperatura transformacji w destylarce: 400<sup>0</sup>C. (fot. zbiory własne).

W wyniku tego procesu otrzymano paliwo alternatywne uzdatnione (fotografia druga). Paliwo uzdatnione ma lepszą smarność, niższą temperaturę krzepnięcia, niższą zawartość siarki, większą liczbę cetanową, itd. Dla przykładu można podać, iż liczba cetanowa paliwa nieuzdatnionego wynosi 28, natomiast liczba cetanowa paliwa uzdatnionego wynosi 45.

Podobnie jak powyżej można postąpić z biogliceryną (odpadem powstałym z produkcji biodiesla z rzepaku), jak i z samym biodieslem.

Postępując w podobny sposób z innymi ciekłymi komponentami paliwowymi można komponować różne rodzaje paliw, za każdym razem dostosowując je do wymagań środowiskowych i wymogów technologicznych urządzeń wykorzystujących te paliwa w swojej pracy.

Tego rodzaju „paliwa komponowane” nie są obecne na rynku.



Rys. 5.2. Produkty wspólnej i jednoczesnej transformacji w destylarkach oleju popirolitycznego z opon samochodowych i tworzyw sztucznych. Od lewej: Próbką 2.1 – Mieszanina oleju popirolitycznego i parafinowego po transformacji w Destylarce. Próbką 2.2 – Olej pirolityczny surowy + olej parafinowy – mieszanina. Próbką 2.3 – Pozostałość po transformacji w destylarce mieszaniny oleju surowego ( $2,8 \text{ dm}^3$ ) i tworzyw sztucznych (0,9 kg). Postać pozostałości: gęsta maź/smoła w ilości 160 ml. Graniczna temperatura transformacji w destylarce:  $400^\circ\text{C}$ . (fot. zbiory własne).

## 6. Podsumowanie

Wykorzystanie odpadów organicznych jako paliwa w zamkniętych obiegach materiałowo-energetycznych przynosi wymierne efekty ekologiczne i ekonomiczne. Efekty te mogą być podstawą do wykonania „biznes planów” warunkujących pozyskanie od inwestorów środków finansowych na realizację prezentowanych inwestycji proekologicznych, bez konieczności użycia środków publicznych. Przedstawiona idea, aby „odpady pracowały na odpady”, może przybliżyć Polskę do sprostania wymaganiom Unii Europejskiej w zakresie gospodarowania odpadami.

Polska jest sygnatariuszem **Protokołu Karty Energetycznej Unii Europejskiej Dotyczącego Efektywności Energetycznej i Odnosnych Aspektów Ochrony Środowiska**.

Protokół jest podpisany w oparciu o:

- Europejską Kartę Energetyczną przyjętą Aktem Końcowym Haskiej Konferencji na temat Europejskiej Karty Energetycznej podpisanej w Hadze dnia 17 grudnia 1991 r.,
- Traktat Europejskiej Karty Energetycznej z dnia 17 października 1994 r.

Protokół wprowadza pojęcie Cyklu Energetycznego.

„Cykl Energetyczny oznacza cały łańcuch energetyczny obejmujący działania związane z poszukiwaniami, rozpoznawaniem, wydobyciem, przetwarzaniem, magazynowaniem, transportem, dystrybucją, **użytkowaniem różnych form energii** oraz **przetwarzanie i pozbywanie się odpadów**, jak również przerwanie, zaniechanie lub zakończenie tych działań przy minimalizacji szkodliwego oddziaływania na środowisko”.

Protokół zachęca do innowacyjnego podejścia do inwestowania w poprawę efektywności energetycznej, takiego jak **Finansowanie przez Stronę Trzecią** i współfinansowanie.

Protokół w przykładowej liście możliwych obszarów współpracy podaje analizę efektywności energetycznej w rafinacji, **przerobie**, transporcie i dystrybucji **węglowodorów**.

Protokół wprowadza, w odniesieniu do odpadów komunalnych, pojęcie **Cyклу Energetycznego**. Karta Energetyczna Unii Europejskiej wprowadza także pojęcie Całego Cyklu Energetycznego. Jeśli pojęcie „**Cały Cykl Energetyczny**” rozumieć jako **Zamknięty Cykl Energetyczny**, oznacza to, że z materiały odpadową powinniśmy postępować w zamkniętych cyklach technologicznych.

## Literatura

1. Raport Krajowej Izby Gospodarczej: „Zamknięte Obiegi Materiałowo – Energetyczne w Systemach Gospodarki Odpadami”, Warszawa, czerwiec 1999 r.
2. „Zamknięte obiegi materiałowo - energetyczne w systemach gospodarki odpadami komunalnymi i osadami ściekowymi”, „EKO-Profit” - miesięcznik ekologiczny, Nr 3 (21) marzec 2000 r., cz. I ; Nr 4 (22) kwiecień 2000 r., cz. II, s. 38 –41
3. Marek Pilawski, Anna Grzybek, Zbigniew Pabjan: „Multifuel on the Biomass Base”, s. 123-124, VII Polsko – Duńska Konferencja: „BIOMASA W ENERGETYCE”, Starbiwno, 12-15 czerwiec 2003 r.
4. Marek Dudyński, Marek Pilawski: „Energetyczny recykling zużytych opon samochodowych”, Dwumiesięcznik: TWORZYWA SZTUCZNE W PRZEMYSŁE, nr (10) rok III, s. XXII – XXVI.
5. Prace własne.



**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO

