



PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

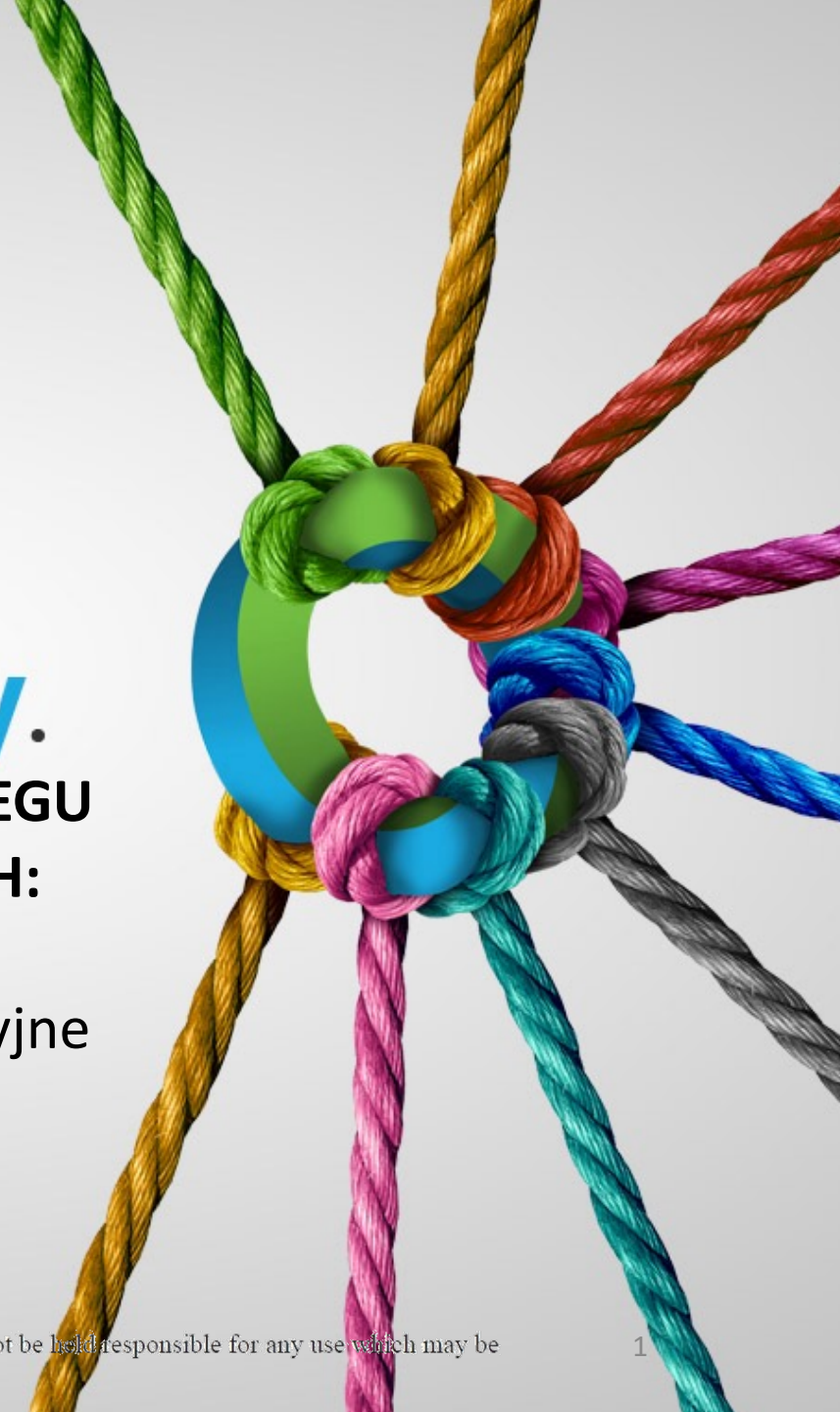
Program szkoleniowy **SPECJALISTA W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM DS. OPAKOWAŃ Z TWORZYW SZTUCZNYCH:**
moduły

- Eko-projektowanie i nowatorskie przetwarzanie produkcyjne
 - Nowe materiały i biomateriały
 - Zaangażowanie obywateli i konsumentów
 - **Zarządzanie i waloryzacja odpadów**



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

Zarządzanie i waloryzacja odpadów

- Logistyka i Sortowanie
- **Systemy recyklingu i nowatorskie modele biznesowe dla drugiego życia odpadów**
- Ekonomiczne, środowiskowe i prawne aspekty dotyczące odpadów z tworzyw sztucznych



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

Systemy recyklingu i nowatorskie modele biznesowe dla drugiego życia pozostałości

- Optymalizacja recyklingu tworzyw sztucznych
- Recykling mechaniczny odpadów opakowaniowych
- Wtórne produkty z tworzyw sztucznych. Przykłady i trendy rynkowe
- **Chemiczne drogi recyklingu. Technologie rozpuszczające, katalityczne i termochemiczne**



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

- **Recykling termochemiczny**
 - Odzyskiwanie energii



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

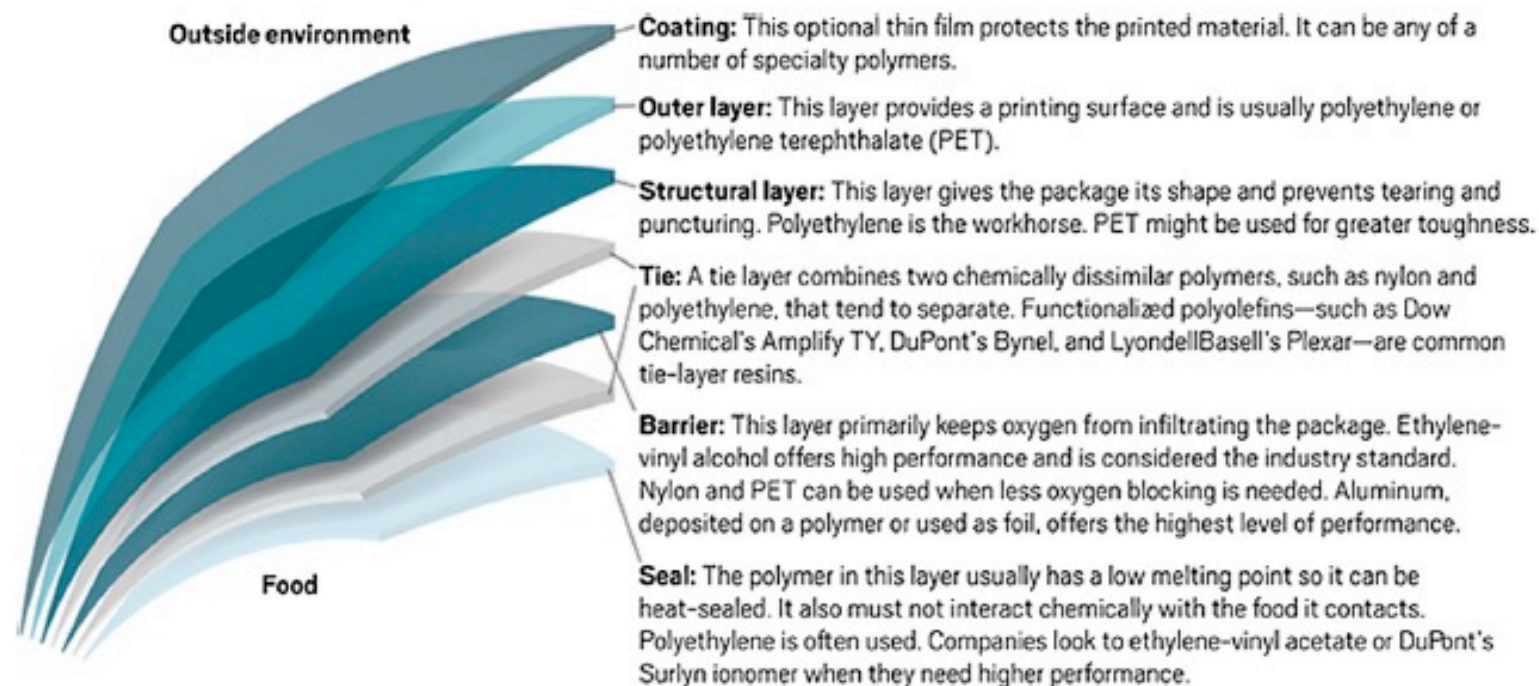
This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Recykling termochemiczny

Proces	Warunki reakcji	Produkty
Gazyfikacja	15-30 MPa, 800-1600°C	Gaz syntezowy (CO and H ₂) energia końcowa
Uwodornienia	20 MPa, 500 °C	Syncrude, Bitum
Piroliza	400-900°C	Wosk, olej, gaz, energia
Redukcja w wielkim piecu	2000 °C	Surówka hutnicza, gaz piecowy





Rys. 1 - Architektura nowoczesnych wielowarstwowych materiałów opakowaniowych (Tullo, A.H., 2016. The cost of plastic packaging. Chem. Eng. News 94, 32–37.)

Ciekawe technologie do odpadów z tworzyw sztucznych które są trudne do depolimeryzacji i obecnie nie są (mechanicznie) poddawane recyklingowi, ale spalane lub składowane, takie jak mieszane PE/PP/PS, opakowania wielowarstwowe, kompozyty wzmocnione włóknami ... (Opakowania na żywność).

Recykling termochemiczny

Gazyfikacja

Można zdefiniować jako częściowe utlenianie węglowodorów w obecności niższych poziomów tlenu niż wymagane do całkowitego spalania stechiometrycznego.

Jest to dobrze rozwinięty proces przemysłowy do zgazowania frakcji węgla i ropy ciężkiej, który można modyfikować do użytku z odpadami z tworzyw sztucznych.

Główny produkt: Gaz syntezowy.

Węglowodory (odpady polimerowe) + O₂ + Ciepło → Gaz syntezowy

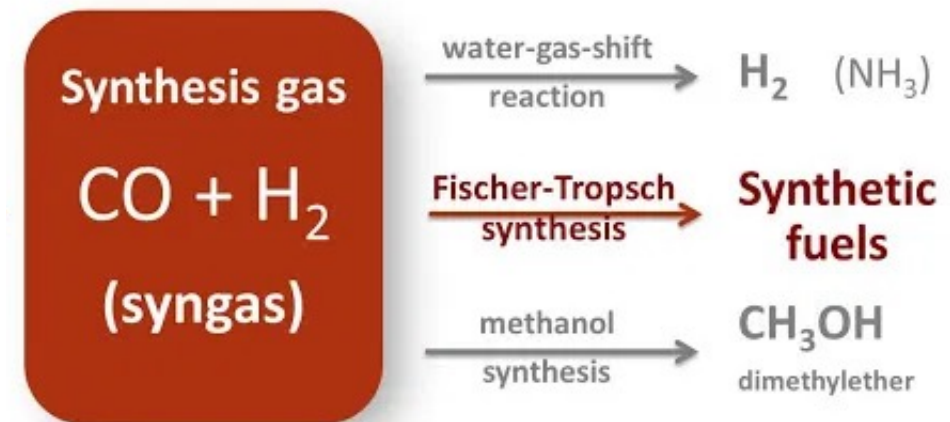
Recykling termochemiczny

Gazyfikacja

Gaz syntezy: CO and H₂ stosowany do syntezy metanolu i gazu ziemnego.

Temperatury 800°C-1600°C, Ciśnienia 15-30 Mpa

Powietrze, tlen, para wodna, spaliny, CO₂, H₂ mogą być stosowane jako środki zgazowujące.



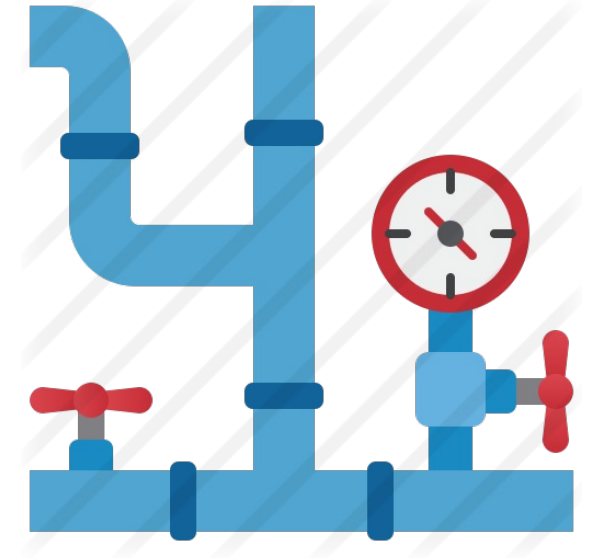
Rys. 2- Zastosowania gazu syntezy

Recykling chemiczny

Gazyfikacja

Istnieją dwa ogólne rodzaje technologii zgazowania:

- Stałe źródło
- Źródło fluidalne.



Recykling chemiczny

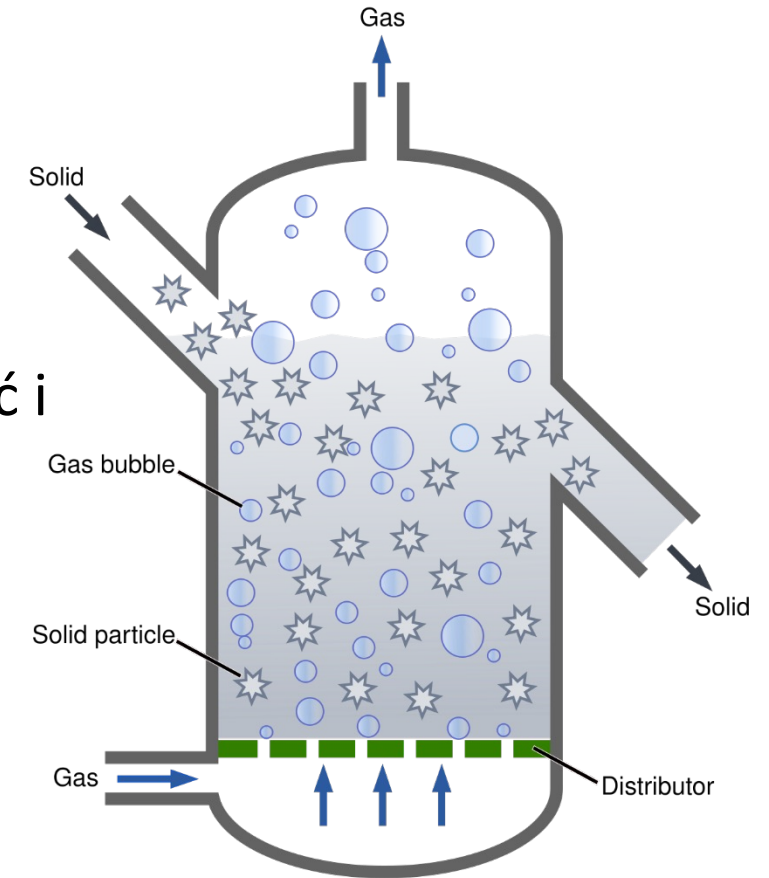
Gazyfikacja

Technologia fluidalna

Jeśli gaz jest przepuszczany w górę przez złożę ciał stałych z prędkością wystarczająco dużą, aby cząstki mogły się oddzielić i swobodnie podeprzeć w płynie, mówi się, że złożę jest upłynnione.

Zalety w porównaniu ze stałym złożem:

- Bliższy kontakt ciał stałych z gazem
- Wysokie wskaźniki wymiany ciepła
- Jednolite temperatury

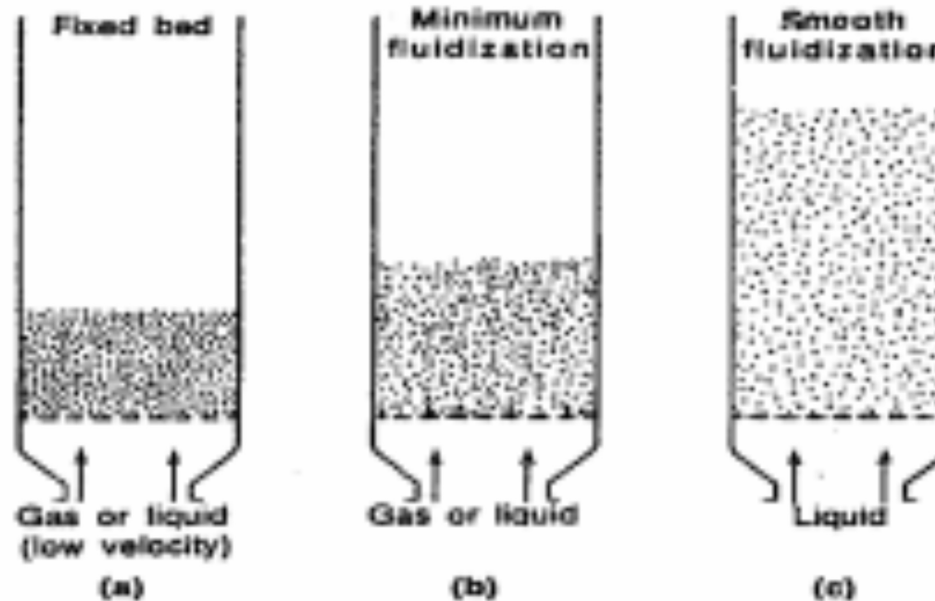


Rys. 3- Reaktor zgazowania

Recykling chemiczny

Gazyfikacja

Technologia fluidalna



Rys. 4- Rodzaje fluidyzacji. D. Kunii, O. Levenspiel, Fluidization Engineering. Butterworth-Heinemann, 1991

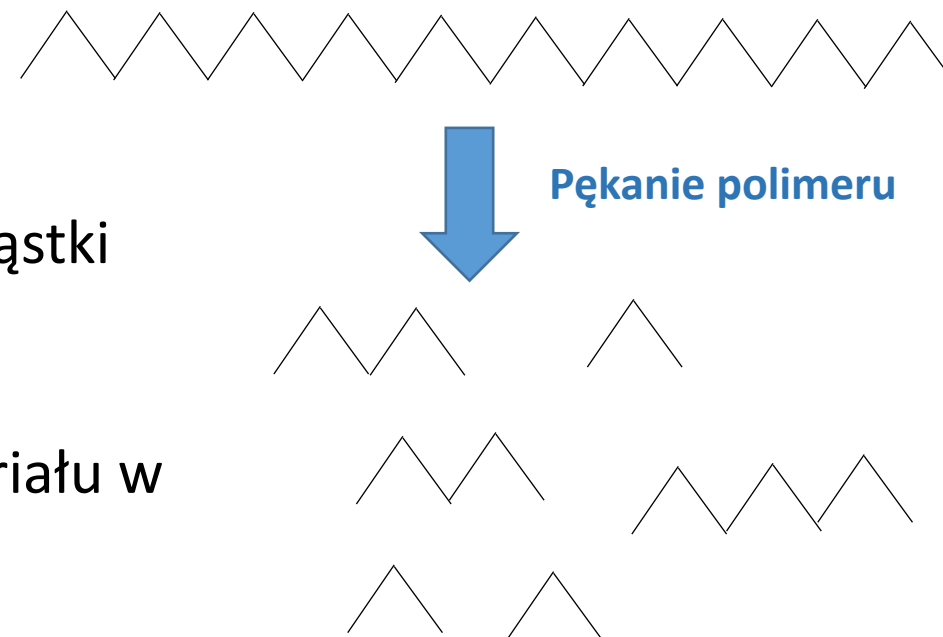
Gazyfikacja

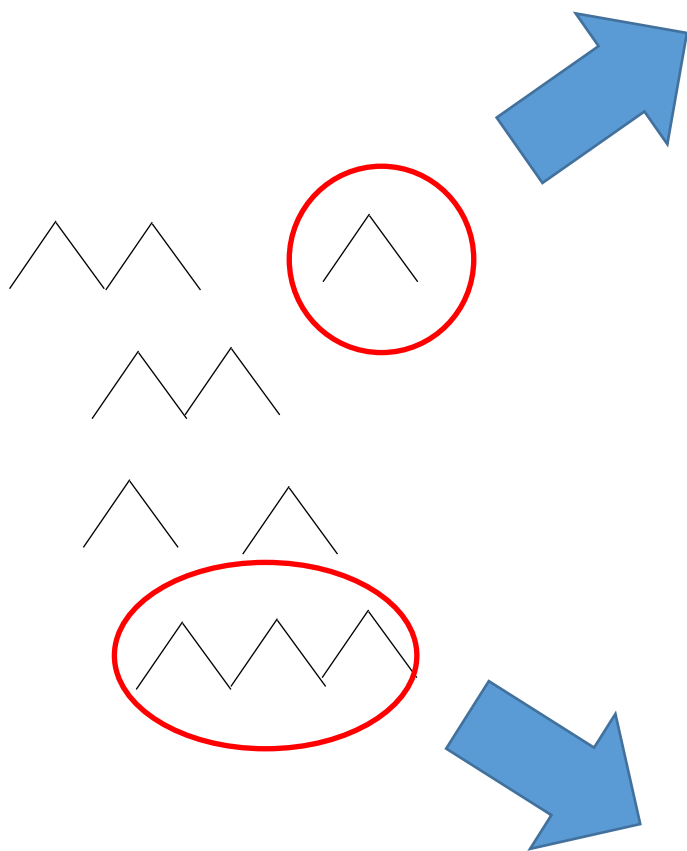
Technologia fluidalna

Cząstki plastiku są szybko topione i powlekane na cząstki piasku.

Polimer pęka, aby obniżyć masę cząsteczkową materiału w wysokich temperaturach złoża.

Składniki o wyższej lotności są przekształcane w gaz syntezowy, pozostawiając cięższe, metaliczne i mineralne frakcje do zebrania na dnie.





Gaz syntezowy

Cięższe frakcje

Recykling chemiczny

Gazyfikacja

Technologia fluidalna

Zazwyczaj 80-90 % odpadów z tworzyw sztucznych jest odzyskiwanych.

Jeśli PVC jest zgazowany, HCl może być wytwarzany. Można go skutecznie i tanio usunąć, wprowadzając tlenek wapnia do złoża.

Sprawia to również, że złożo fluidalne jest bardziej atrakcyjne niż złożo stałe, w którym oczyszczanie gazu musi odbywać się osobno.

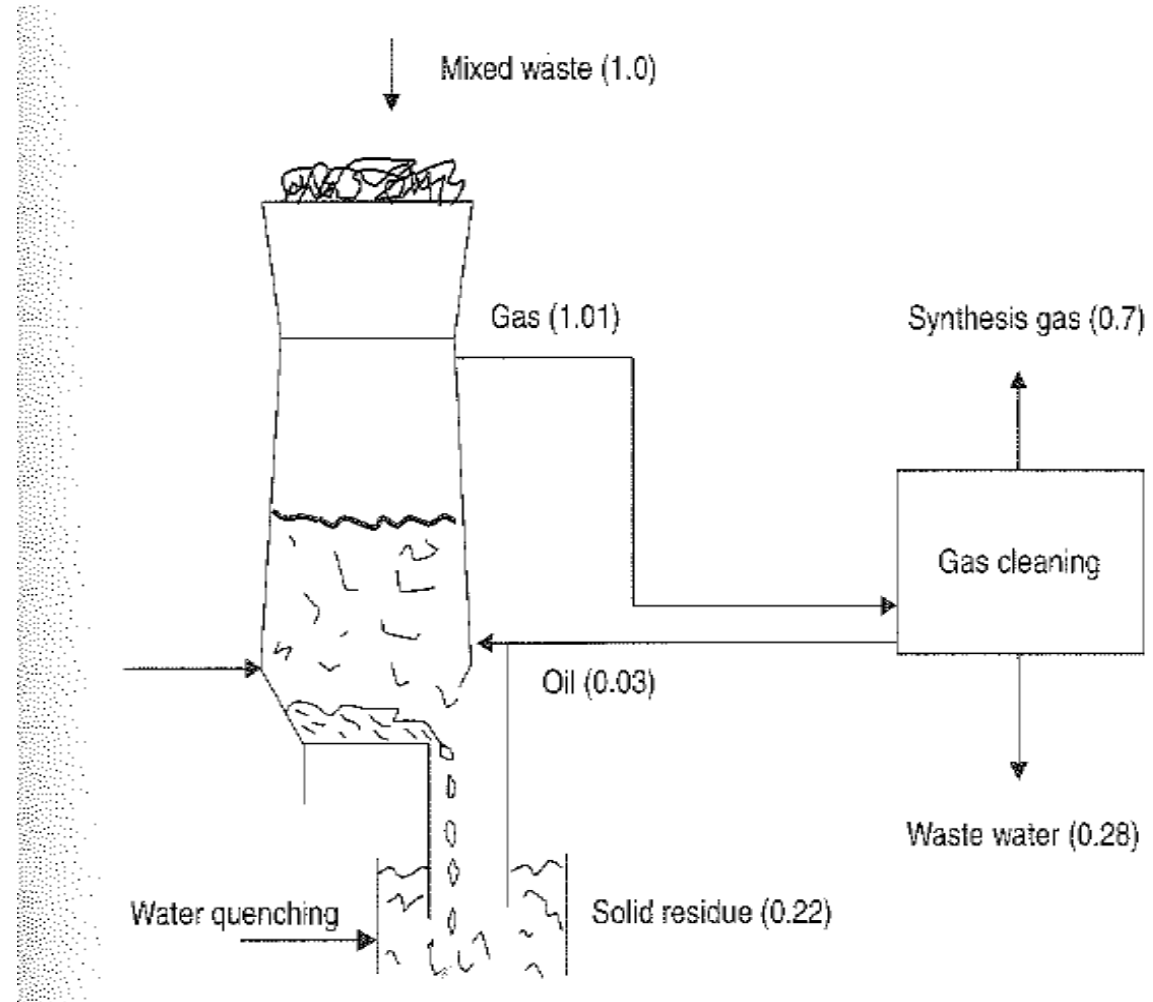
Recykling chemiczny

Gazyfikacja

Technologia na złożu stałym

System Purox

- Tlen jako środek zgazowujący.
- Temperatury reaktora 1700°C
- Wytwarzane są spaliny: CO, CO₂, H₂, i para wodna.
- Gazy zawierają 80 % energii odpadów z tworzyw sztucznych, ale muszą zostać oczyszczone.
- Czyszczenie i czysty tlen sprawiają, że system jest drogi



Rys. 5- Reaktor zgazowania

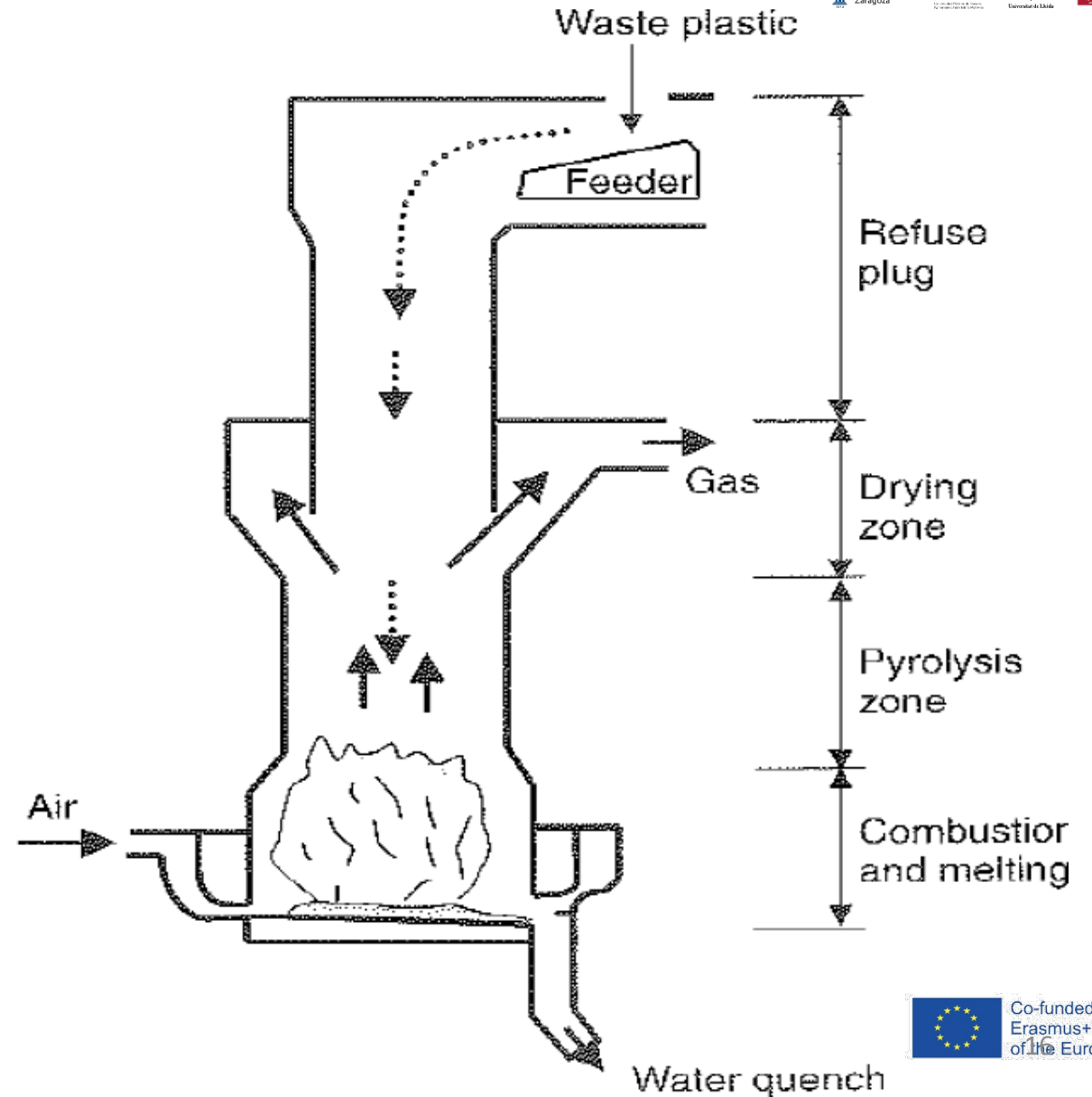
Recykling chemiczny

Gazyfikacja

Technologia na złożu stałym

System Andco-Torrax

- Polimer odpadowy jest podawany do górnej części reaktora pionowego.
- Powietrze jako środek zgazujący.
- Gazy są czyste, ale o niższej wartości opałowej.
Temperatura wyjścia 400-500°C. Gazy są idealne do produkcji gorącej wody i pary



Recykling chemiczny

Gazyfikacja

Podsumowując:

- Gaz syntezowy jest lepszy niż gazy spalinowe jako produkcja gazów.
-
- Zgazowanie ma wiele zalet w porównaniu z innymi procesami recyklingu chemicznego (niski koszt kapitałowy i wysoka wartość produktu), ale wymaga procesów obróbki wstępnej w celu oddzielenia odpadów z tworzyw sztucznych, co zwiększa koszty bieżące.



PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

Program szkoleniowy: moduły

- Eko-projektowanie i nowatorskie przetwarzanie produkcyjne
 - Nowe materiały i biomateriały
 - Zaangażowanie obywateli i konsumentów
 - **Zarządzanie i waloryzacja odpadów**



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

Zarządzanie i waloryzacja odpadów

- Logistyka i Sortowanie
- **Systemy recyklingu i nowatorskie modele biznesowe dla drugiego życia odpadów**
- Ekonomiczne, środowiskowe i prawne aspekty dotyczące odpadów z tworzyw sztucznych





PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

**Systemy recyklingu i nowatorskie modele biznesowe dla drugiego
życia pozostałości**

- Optymalizacja recyklingu tworzyw sztucznych
- Recykling mechaniczny odpadów opakowaniowych
- Wtórne produkty z tworzyw sztucznych. Przykłady i trendy rynkowe
- **Chemiczne drogi recyklingu. Technologie rozpuszczające,**

katalityczne i termochemiczne



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be
made of the information contained therein.





PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

- **Recykling termochemiczny**
 - Odzyskiwanie energii



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



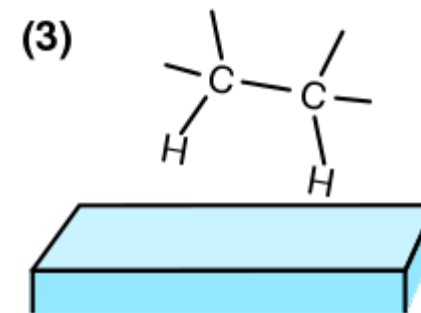
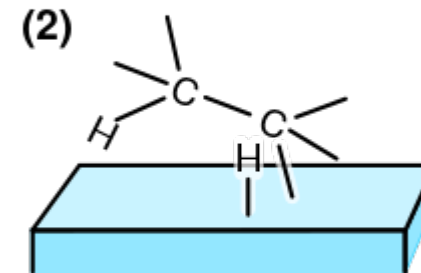
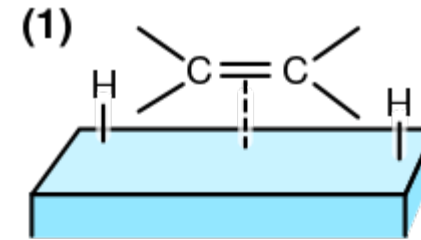
Recykling termochemiczny

Proces	Warunki reakcji	Produkty
Gazyfikacja	15-30 MPa, 800-1600°C	Gaz syntezowy (CO i H ₂) energia końcowa
Uwodornienia	20 MPa, 500 °C	Syncrude, Bitum
Piroliza	400-900°C	Wosk, olej, gaz, energia
Redukcja w wielkim piecu	2000 °C	Surówka hutnicza, gaz piecowy



Uwodornienia

Uwodornienie jest reakcją chemiczną między wodorem cząsteczkowym (H_2), a innym związkem lub pierwiastkiem, zwykle w obecności katalizatora, takiego jak nikiel.

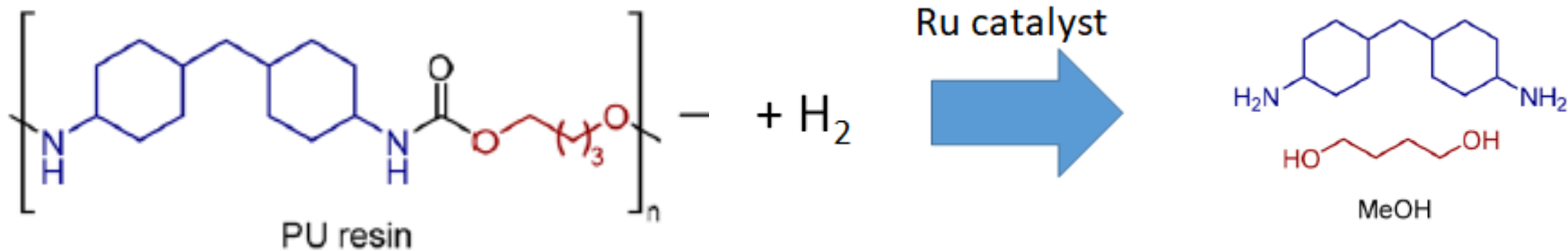


Uwodornienia

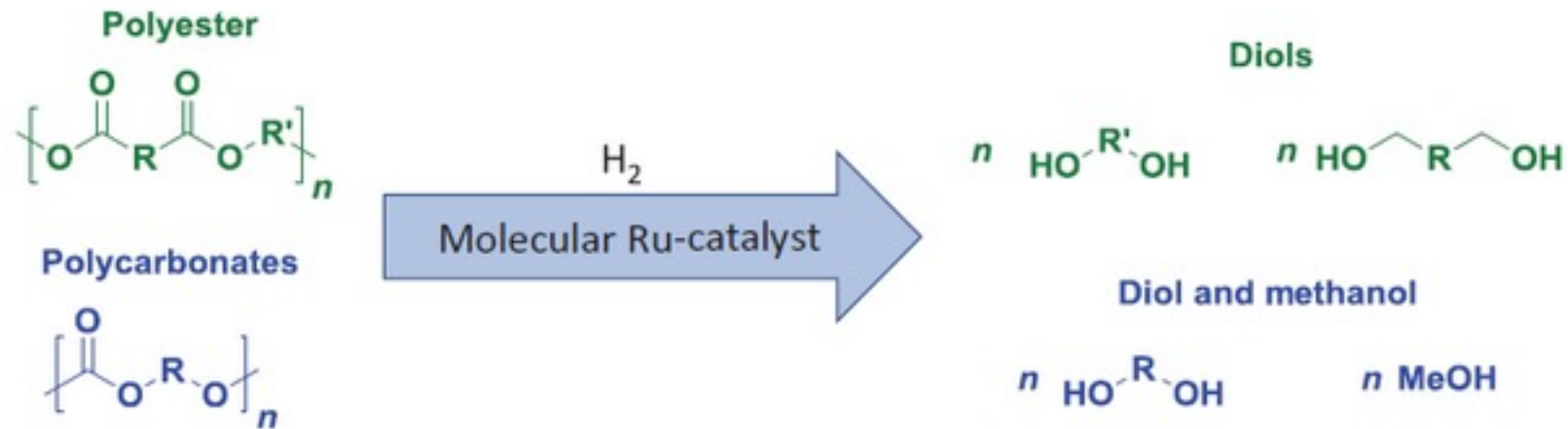
Odpady polimerowe + Wodór + Ciepło + Katalizator → Olej syntetyczny

Przykłady badań naukowych dotyczących uwodornienia polimerów odpadowych (PU)

Uwodornienie poliuretanu:



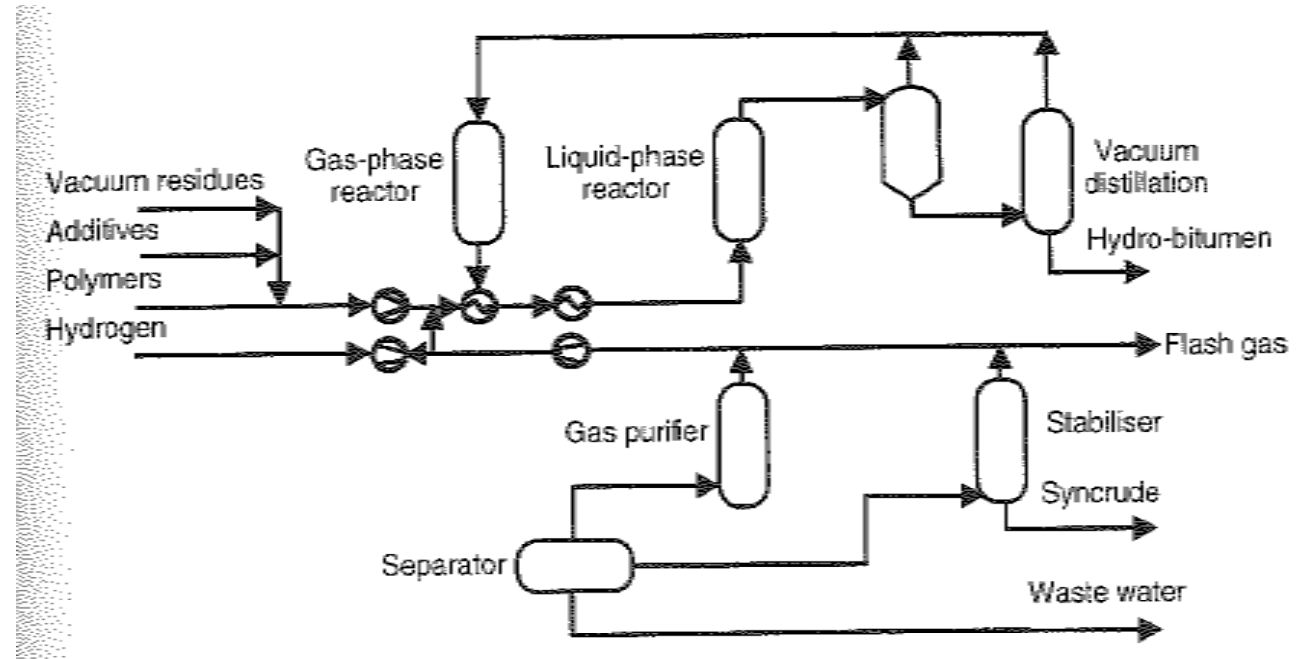
Przykłady badań naukowych uwodornienia polimerów odpadowych (poliester i poliwęglan)



Uwodornienia

Proces Bottrop

- Depolimeryzacja występuje przy 420 °C
- Proces hydrokrakingu odbywa się w reaktorze z kolumną bąbelkową w wodorze przy 480 °C i 20 Mpa.
- Głównymi produktami gazowymi są węglowodory i amoniak.
- Produkty stałe to bitum i syncrude.
- Proces jest wrażliwy na obecność heteroatomów (np. S, Cl, N,...) w polimerze.

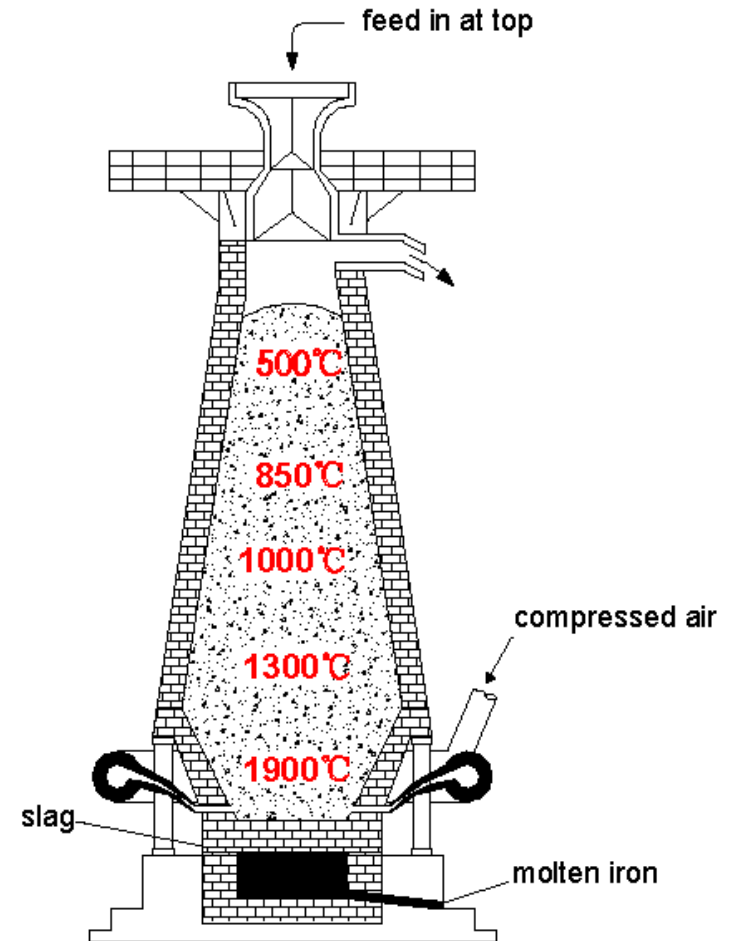


Recykling chemiczny

Proces	Warunki reakcji	Produkty
Gazyfikacja	15-30 Mpa, 800-1600°C	Gaz syntezowy (CO i H ₂) energia końcowa
Uwodornienia	20 MPa, 500 °C	Syncrude, Bitum
Piroliza	400-900°C	Wosk, olej, gaz, energia
Redukcja w wielkim piecu	2000 °C	Surówka hutnicza, gaz piecowy

Ruda żelaza jest redukowana w wielkim piecu za pomocą środków redukujących, takich jak węgiel, tlenek węgla lub wodór. Odpady polimerowe mogą być stosowane jako substytut ciężkiego oleju.

Materiał polimerowy jest wdmuchiwany na dno wielkiego pieca w temperaturze 2000 °C.

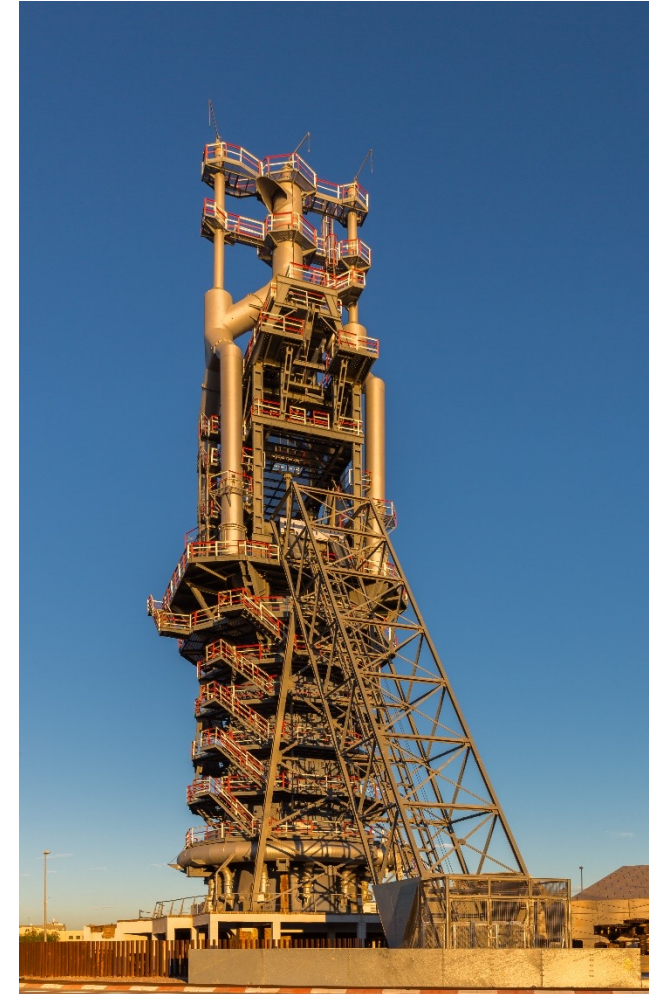


Recykling chemiczny

Redukcja wielkiego pieca

Materiał polimerowy pirolizuje tworząc gazy redukujące, a jednocześnie stanowi źródło ciepła.

Polimer zastępuje ciężki olej jako źródło energii, a prawie 80% wytwarzanych gazów jest wykorzystywanych przez długie złożę ruchome wielkiego pieca.





PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

Program szkoleniowy: moduły

- Eko-projektowanie i nowatorskie przetwarzanie produkcyjne
 - Nowe materiały i biomateriały
 - Zaangażowanie obywateli i konsumentów
- **Zagospodarowanie i waloryzacja pozostałości**



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

Zagospodarowanie i waloryzacja pozostałości

- Logistyka i Sortowanie
- **Systemy recyklingu i nowatorskie modele biznesowe dla drugiego życia pozostałości**
- Ekonomiczne, środowiskowe i prawne aspekty dotyczące odpadów z tworzyw sztucznych



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

**Systemy recyklingu i nowatorskie modele biznesowe dla drugiego
życia pozostałości**

- Optymalizacja recyklingu tworzyw sztucznych
- Recykling mechaniczny odpadów opakowaniowych
- Wtórne produkty z tworzyw sztucznych. Przykłady i trendy rynkowe
- **Chemiczne drogi recyklingu. Technologie rozpuszczające,**

katalityczne i termochemiczne



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

- **Recykling termochemiczny**
 - Odzyskiwanie energii



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Recykling chemiczny

Proces	Warunki reakcji	Produkty
Gazyfikacja	15-30 Mpa, 800-1600°C	Gaz syntezowy (CO i H ₂) energia końcowa
Uwodornienia	20 MPa, 500 °C	Syncrude, Bitum
Piroliza	400-900°C	Wosk, olej, gaz, energia
Redukcja w wielkim piecu	2000 °C	Surówka hutnicza, gaz piecowy



Piroliza

Jest rozkładem termicznym w temperaturach od 350-700°C przy braku tlenu i innych środków zgazowujących.

Polimery rozkładają się na monomery, oligomery i inne substancje organiczne, które mogą być zbierane oddzielnie i wykorzystywane jako surowiec do wytwarzania energii.

Wysoka zawartość PVC ogranicza zastosowanie

Odpady polimerowe + Ciepło → ciecz + gazowy + węglowodory stałe

Recykling chemiczny

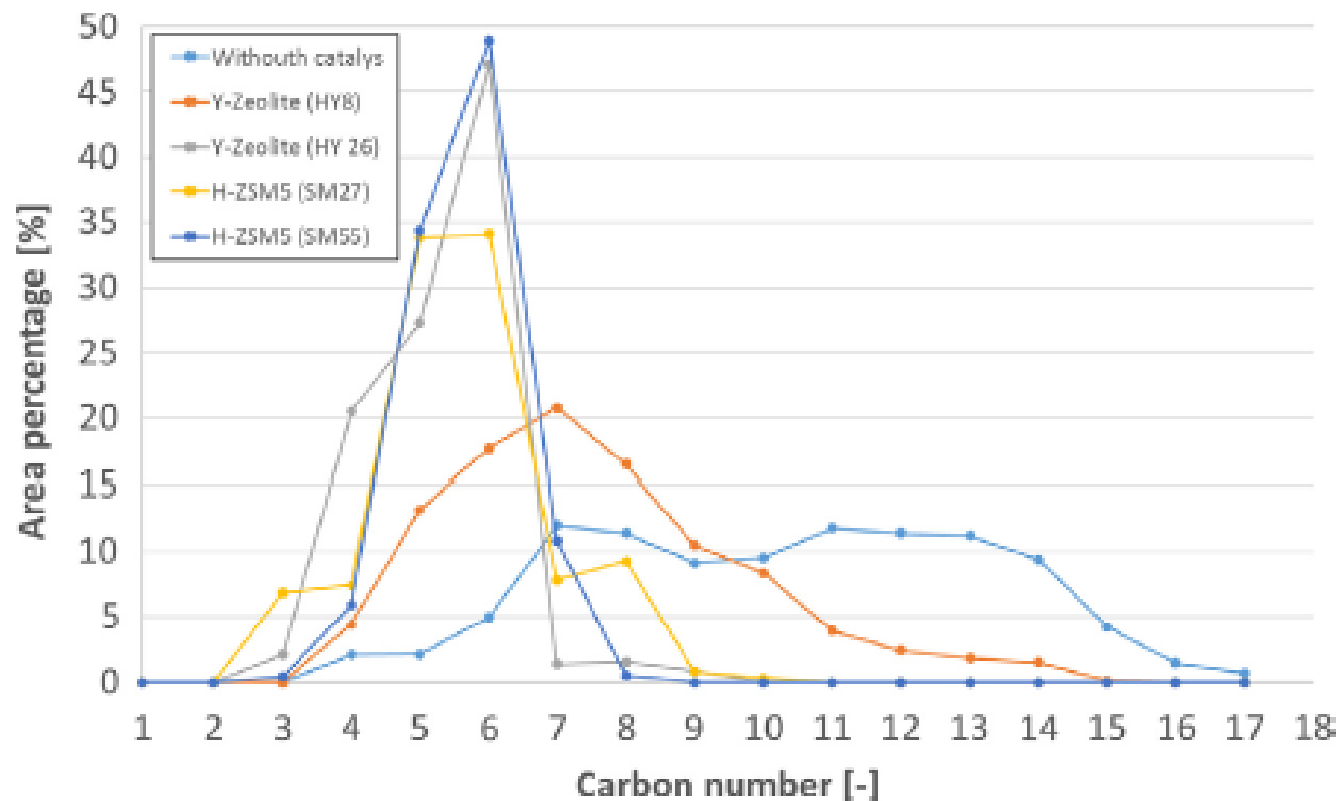
Piroliza

Jest podzielona na dwa główne typy:

- Termiczny (bez obecności katalizatora): wytwarza ciecze o niskiej liczbie oktanowej, a gazy wymagają modernizacji do wykorzystania jako paliwo.
- Piroliza katalityczna: obniżona temperatura i zwiększenie wartości produktów ciekłych i gazowych.

Piroliza

- Spektra produktu są zwięzane za pomocą katalizy
- Obniżone temperatury (300-350°C)
- Główne wady: zanieczyszczenie katalizatorem



Dystrybucja produktów płynnych pirolizy

Piroliza

Reakcje zachodzące w reaktorze pirolitycznym:

- Rozkład na monomery
- Rozdrobnienie głównych łańcuchów na składniki organiczne
- Jednoczesny rozkład i fragmentacja na monomery/oligomery
- Eliminacja prostych składników organicznych
- Eliminacja łańcuchów bocznych, wytwarzanie złożonych, usieciowanych struktur polimerowych.

Recykling chemiczny

Piroliza

Plastics Energy

<https://plasticenergy.com/>

Plastic Energy Co. posiada opatentowaną technologię termicznej konwersji beztlenowej mającą na celu przekształcenie PSW w surowiec do produkcji tworzyw sztucznych lub alternatywnych paliw niskoemisyjnych. Firma posiada dwa zakłady recyklingu w Sewilli i Almerii (Hiszpania), które działają odpowiednio od 2014 i 2017 roku. Na każdą tonę przetworzonego zużytego PSW wytwarza się 850 litrów chemicznego oleju pirolitycznego (TACOIL). Firma zamierza przetworzyć 200 000 ton plastiku do 2020 roku

Enval Ltd. koncentruje się na pirolizie mikrofalowej do przetwarzania laminatów aluminiowych z tworzyw sztucznych. Recykling aluminium w procesie Enval prowadzi do oszczędności energii do 75%. Przy czystości przekraczającej 98% i minimalnej wydajności metalu wynoszącej 80% można go bezpośrednio ponownie wprowadzić do procesu przetapiania.

Typowy zakład w Enval produkuje 200–400 ton aluminium rocznie. Wygenerowane oleje pirolityczne mogą być stosowane jako surowiec chemiczny lub do wytwarzania energii. Proces Enval może być kontrolowany w celu dostosowania uzysku gazów i olejów zgodnie z wymaganiami operatora. Zakłady Enval mogą pracować z prędkością do 350 kg na godzinę, co odpowiada nominalnej wydajności 2000 ton rocznie

<https://etia-group.com/operations-for-thermal-processing/pyrolysis/>

ETIA Ecotechnologies opracowała innowacyjny opatentowany proces pirolizy Biogreen®, który działa od 2003 roku.

Piroliza

Technologie recyklingu

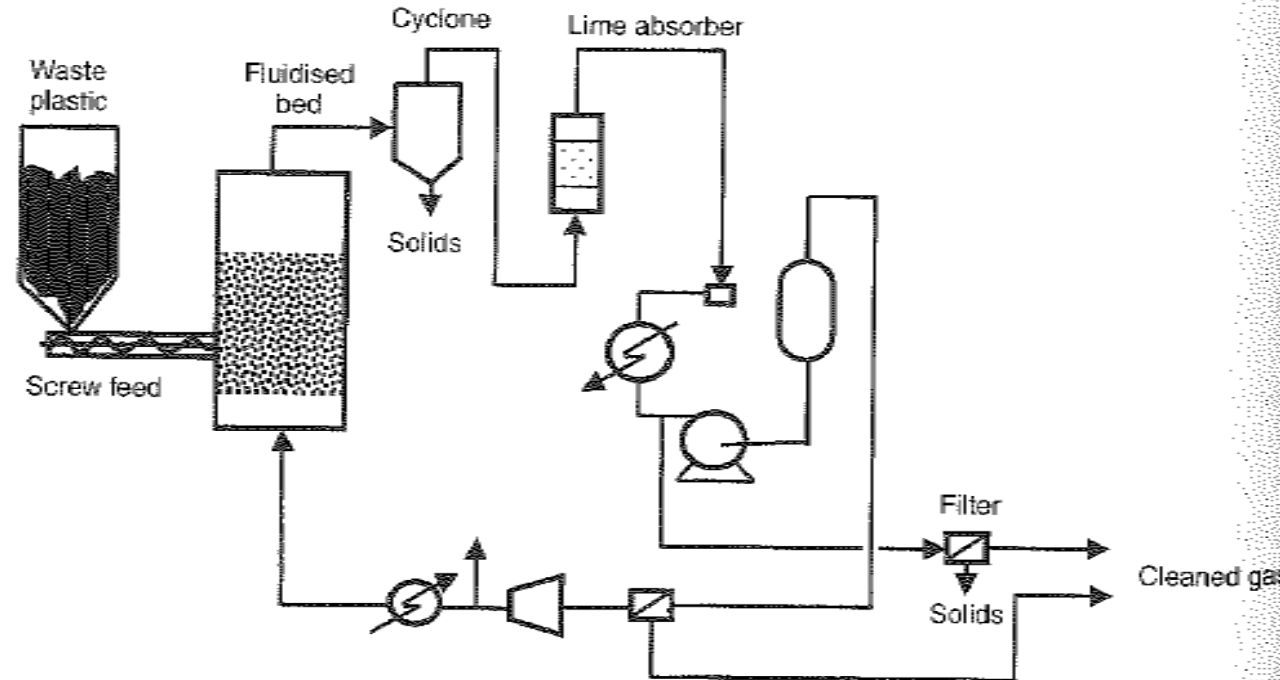
<https://recyclingtechnologies.co.uk/>

Technologie recyklingu opracowały metodologię procesu recyklingu tworzyw sztucznych poprzez przekształcanie odpadów z tworzyw sztucznych w paliwo i ich pojemność sięgającą do 9000 tpa. Skomercjalizowali również cztery specjalne oleje o bardzo niskiej zawartości siarki (osiągające mniej niż 0,1% zawartości siarki) pochodzące z tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu – zwane Plaxx – które mogą być stosowane jako substytuty paliwa lub surowce do produkcji tworzyw sztucznych lub wosku.

Piroliza

Proces pirolizy BP Chemicals

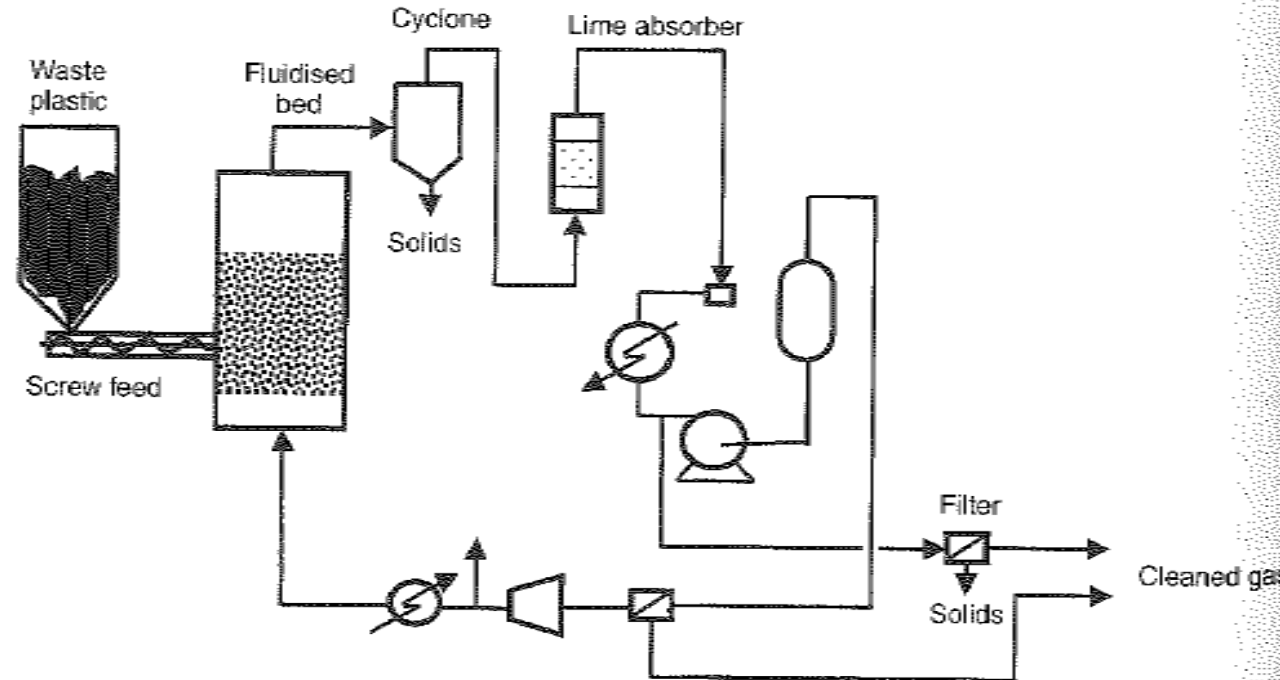
- Reaktor ze złożem fluidalnym, który działa w temperaturze 500°C przy braku tlenu.
- Wytwarzane są węglowodory, które opuszczają złożę z gazem fluidyzującym.



Piroliza

Proces pirolizy BP Chemicals

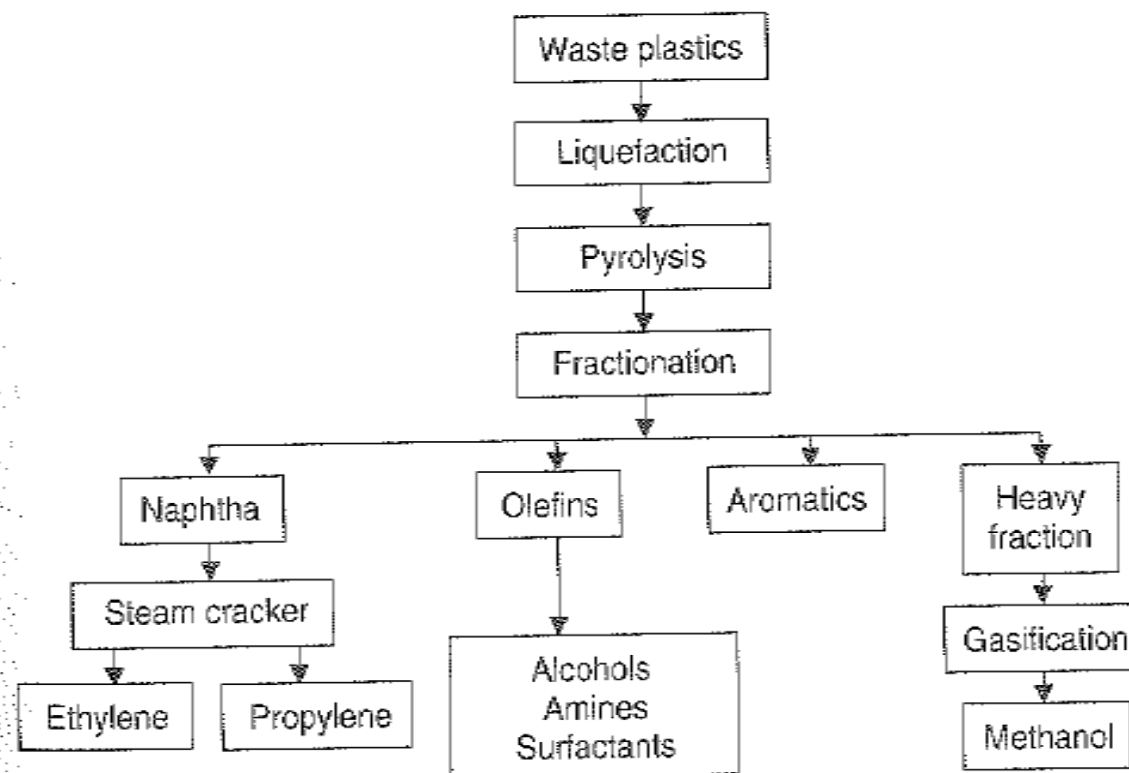
- Oczyszczony gaz jest chłodzony w celu skondensowania cięższych węglowodorów, które mogą być wykorzystywane do produkcji gazu płynnego (LPG) i benzyny.
- Pozostałe lżejsze węglowodory mogą być ponownie wykorzystane jako gaz fluidyzujący lub jako paliwo.



Piroliza

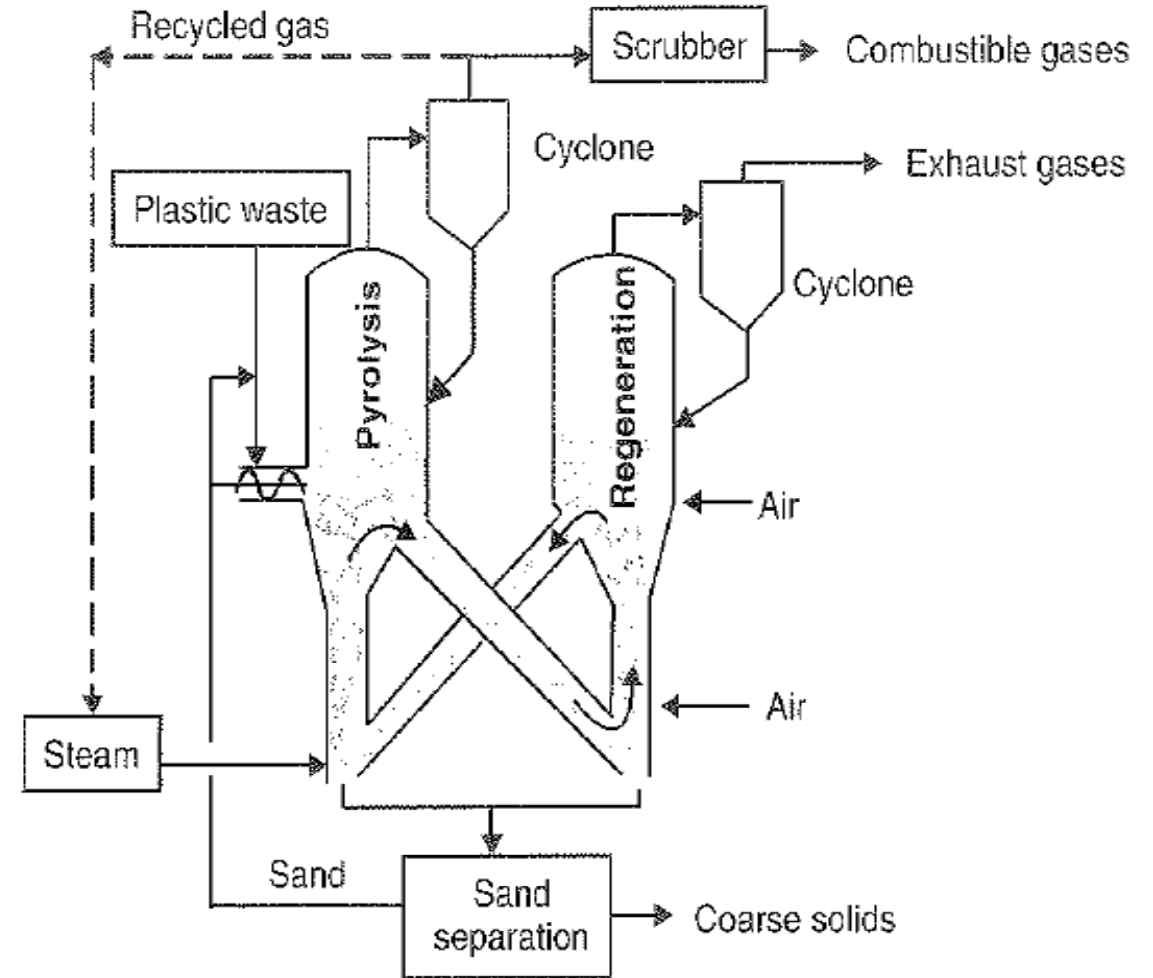
Proces termolizy BASF

- 15000 ton rocznie polimeru z tworzywa sztucznego może być przetwarzane
- Pierwszym krokiem jest skraplanie w temperaturze 300-350°C w kaskadzie reaktorów z mieszanym zbiornikiem.
- Piroliza odbywa się w reaktorze rurowym w temperaturze 400-450°C, a następnie dwustopniowe frakcjonowanie chłodzące, najpierw w temperaturze 330-380°C, a następnie w temperaturze 110°C



<https://www.basf.com/global/en/who-we-are/sustainability/we-drive-sustainable-solutions/circular-economy/mass-balance-approach/chemcycling.html>

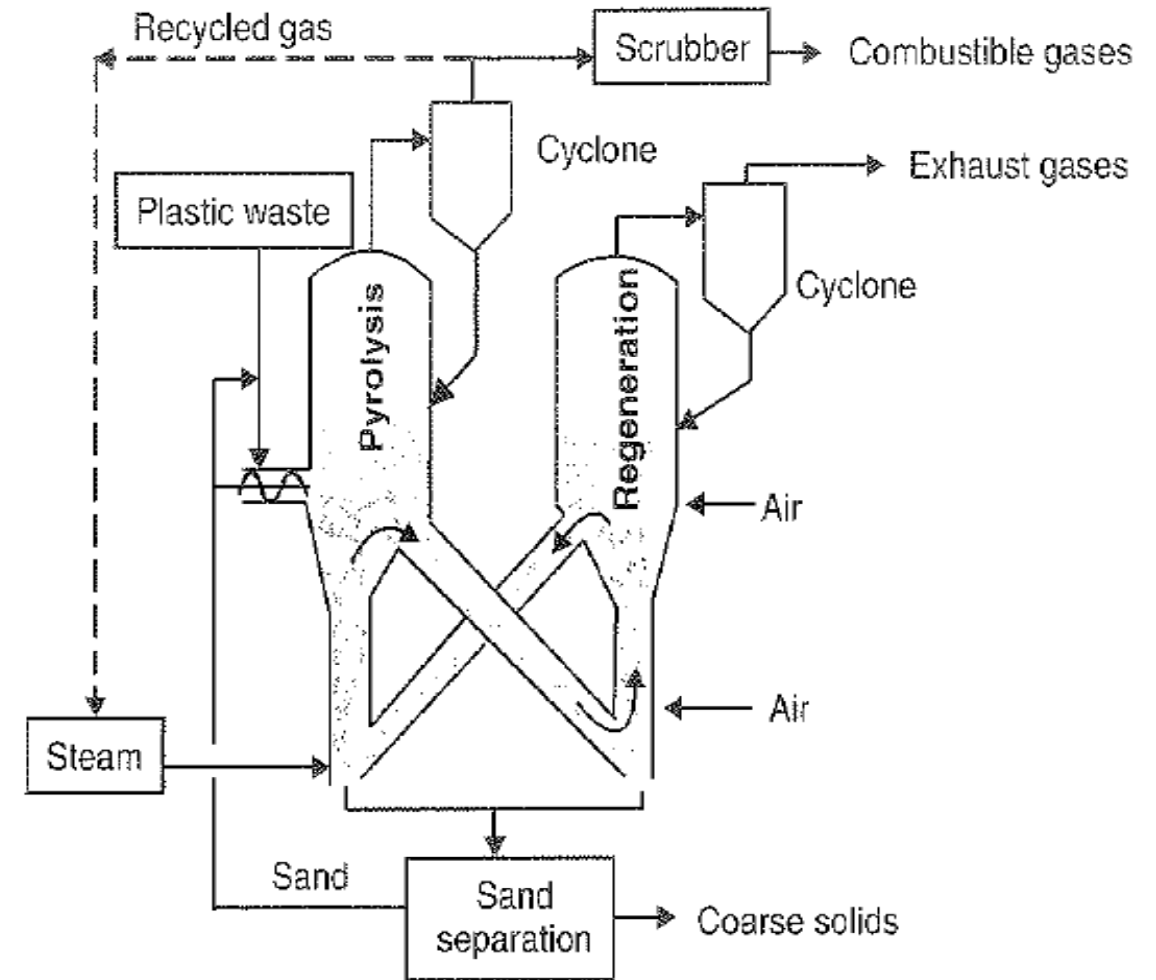
- Mieszanka CO, CO₂, H₂, i pary wodnej jest produkowana.
- Dwa cyrkulacyjne złoża fluidalne są używane z piaskiem jako medium fluidyzujące i przenoszące ciepło.



Piroliza

Cyrkulacyjny system pirolizy fluidalnej

- Jedno złożo służy do pirolizy w temperaturach między 800-850 °C, a jedno do regeneracji w temperaturze 950 °C
- Para jest stosowana jako środek fluidyzujący w reaktorze pirolitycznym.
- Ciała stałe oddzielone od gazów są wykorzystywane do wytwarzania pary, a niektóre są spalane w złożu regeneracyjnym w celu wytworzenia ciepła.





PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

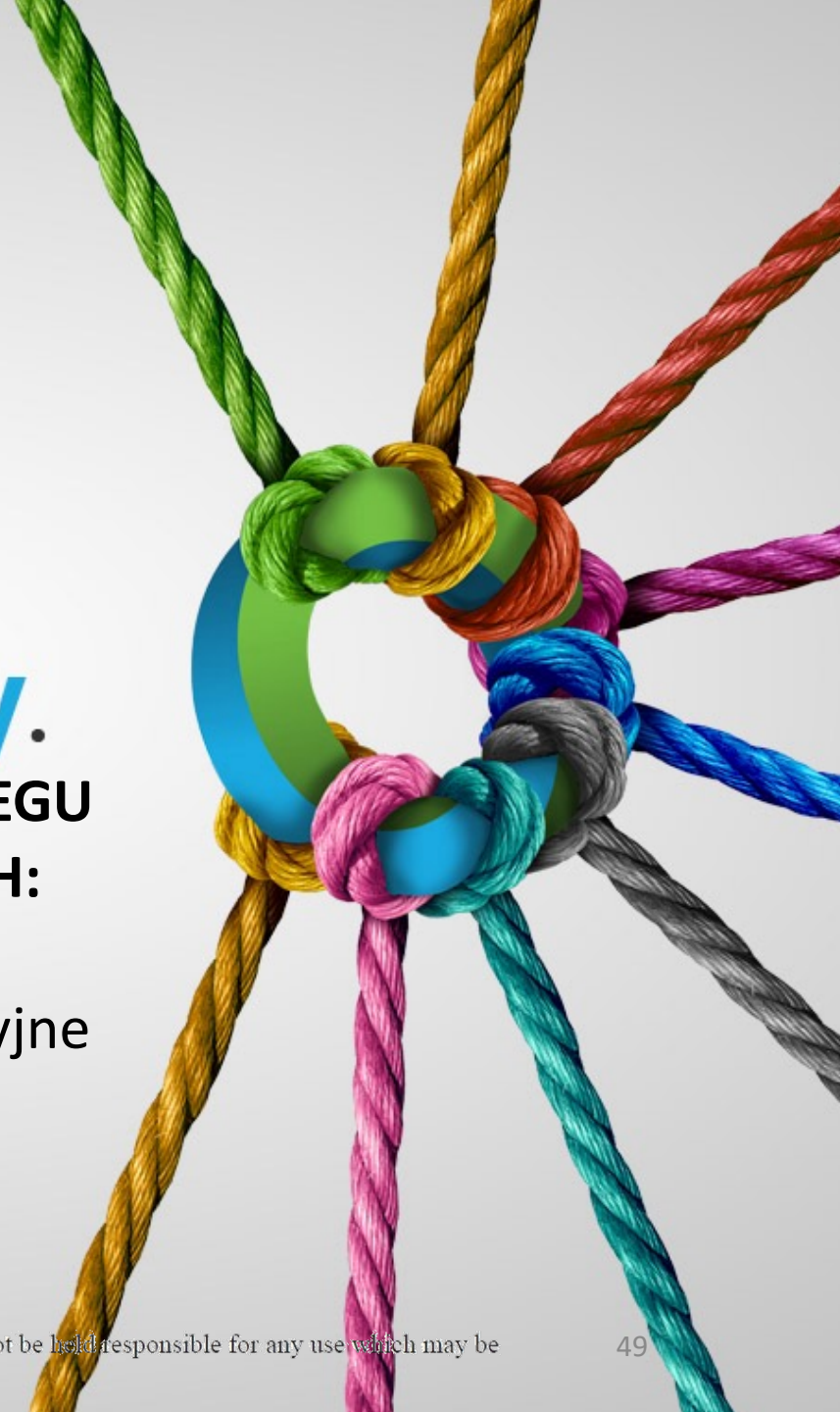
Program szkoleniowy **SPECJALISTA W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM DS. OPAKOWAŃ Z TWORZYW SZTUCZNYCH:**
moduły

- Eko-projektowanie i nowatorskie przetwarzanie produkcyjne
 - Nowe materiały i biomateriały
 - Zaangażowanie obywateli i konsumentów
- **Zagospodarowanie i waloryzacja pozostałości**



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

Zagospodarowanie i waloryzacja pozostałości

- Logistyka i Sortowanie
- **Systemy recyklingu i nowatorskie modele biznesowe dla drugiego życia odpadów**
- Ekonomiczne, środowiskowe i prawne aspekty dotyczące odpadów z tworzyw sztucznych



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

**Systemy recyklingu i nowatorskie modele biznesowe dla drugiego
życia pozostałości**

- Optymalizacja recyklingu tworzyw sztucznych
- Recykling mechaniczny odpadów opakowaniowych
- Wtórne produkty z tworzyw sztucznych. Przykłady i trendy rynkowe
- **Chemiczne drogi recyklingu. Technologie rozpuszczające,**

katalityczne i termochemiczne



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.





PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

- **Recykling termochemiczny**
 - Odzyskiwanie energii



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



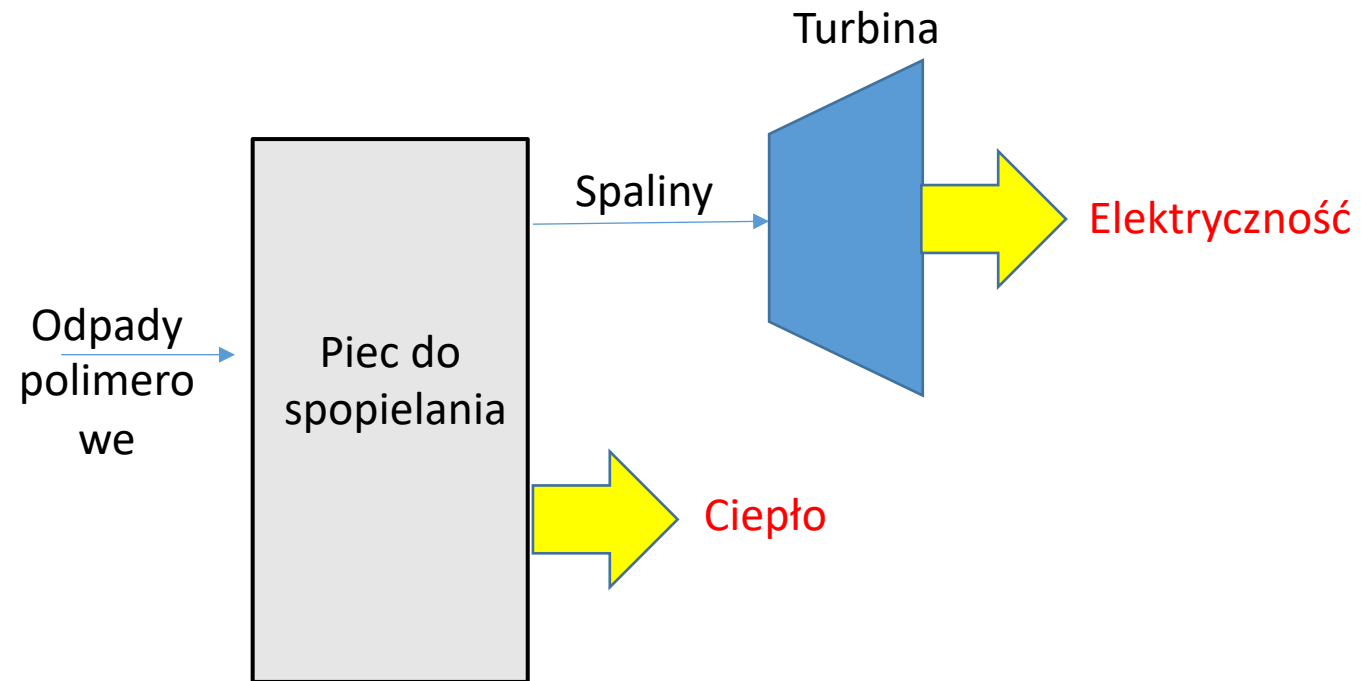
Odzyskiwanie energii

Jeśli recykling mechaniczny lub chemiczny nie jest możliwy, energia może zostać odzyskana z odpadów z tworzyw sztucznych, ponieważ ma wysoką wartość opałową.

Odzyskiwanie energii może mieć miejsce:

- Spalanie w spalarni odpadów komunalnych tworzywami sztucznymi wraz z innymi odpadami
- Współspalanie lub monospalanie z tworzywami sztucznymi i innym paliwem jest spalane w celu wytworzenia ciepła.

Odzyskiwanie energii



Odzyskiwanie energii

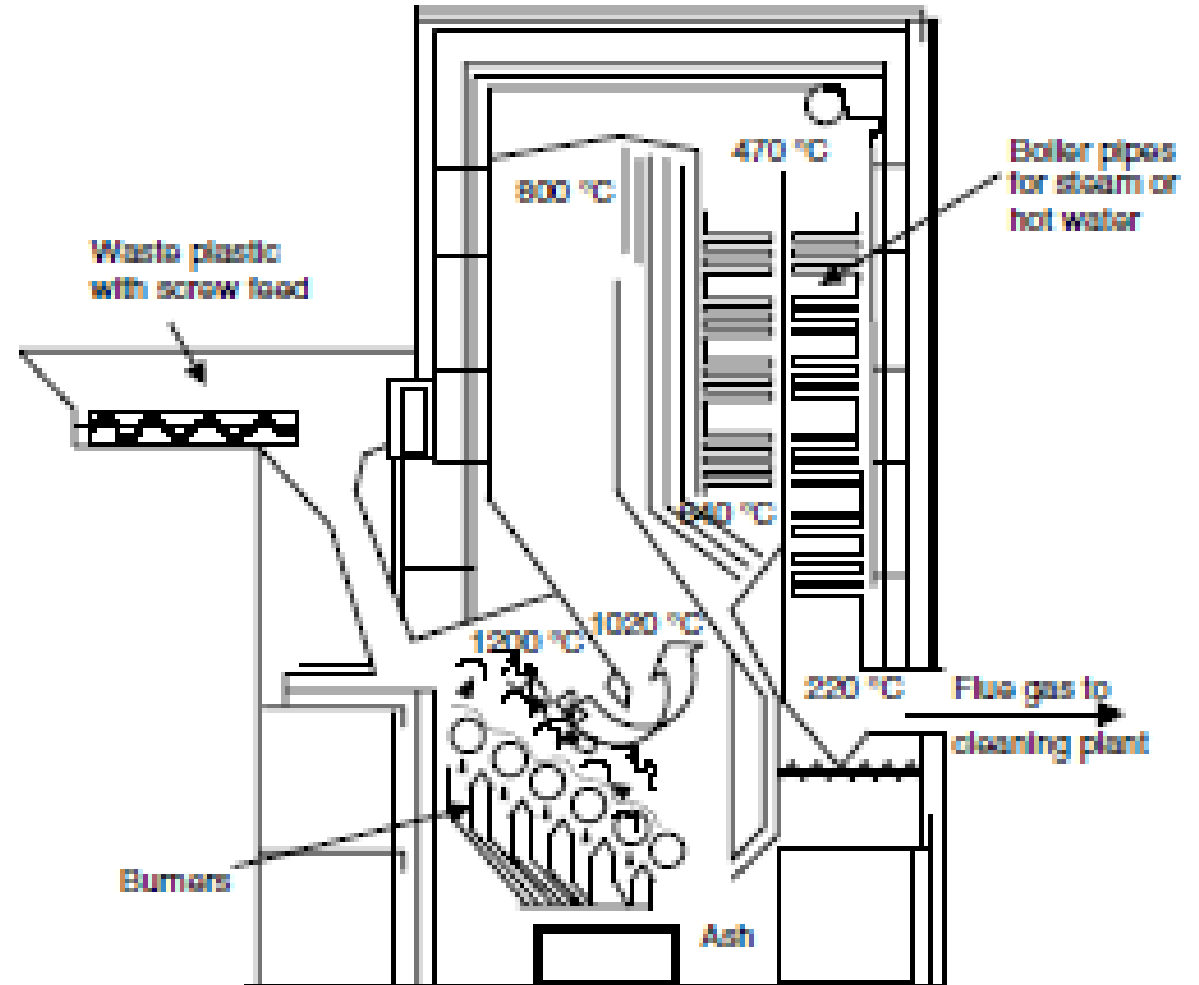
Główne typy, jeśli spalarnia jest obecnie w użyciu, można sklasyfikować jako:

- Piec mechaniczny (Stoker)
- Piec obrotowy
- Złoże fluidalne

Odzyskiwanie energii

Stoker

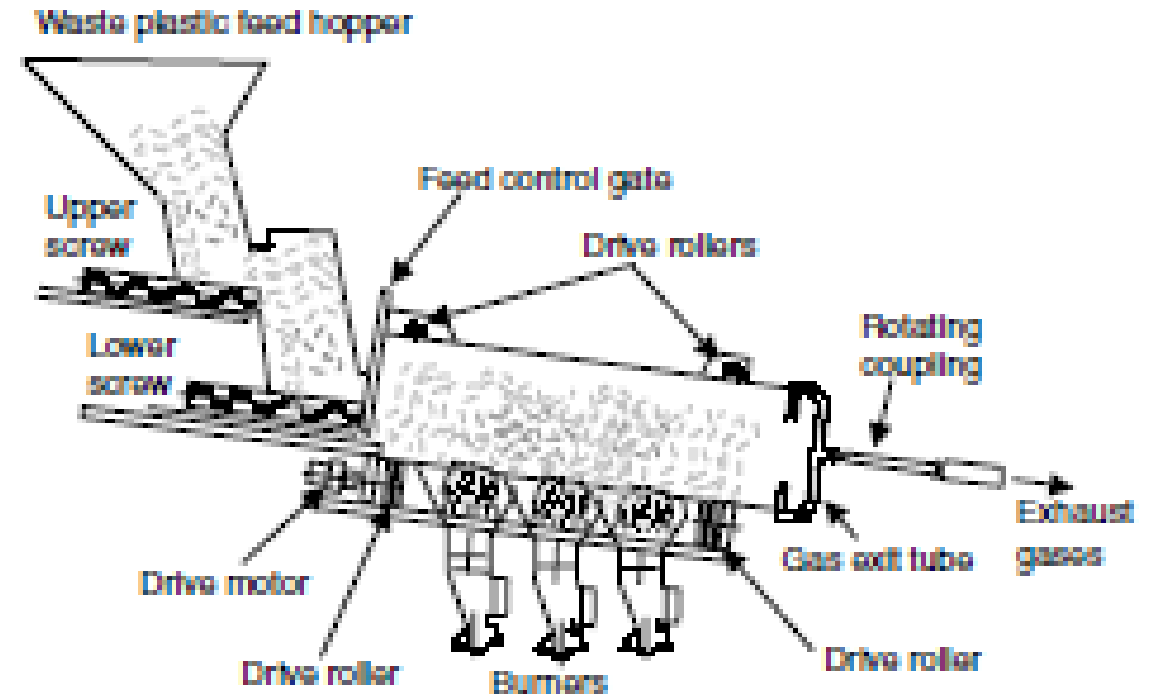
- Jest to główny rodzaj spalarni stałych odpadów komunalnych.
- Odpady są wprowadzane do strefy spalania przez bramki robocze lub przez proste podawanie śrubowe.
- Ciepło jest odzyskiwane za pomocą kotła spalinowego lub jako energia elektryczna za pomocą turbin parowych.



Energy recovery

Piec obrotowy

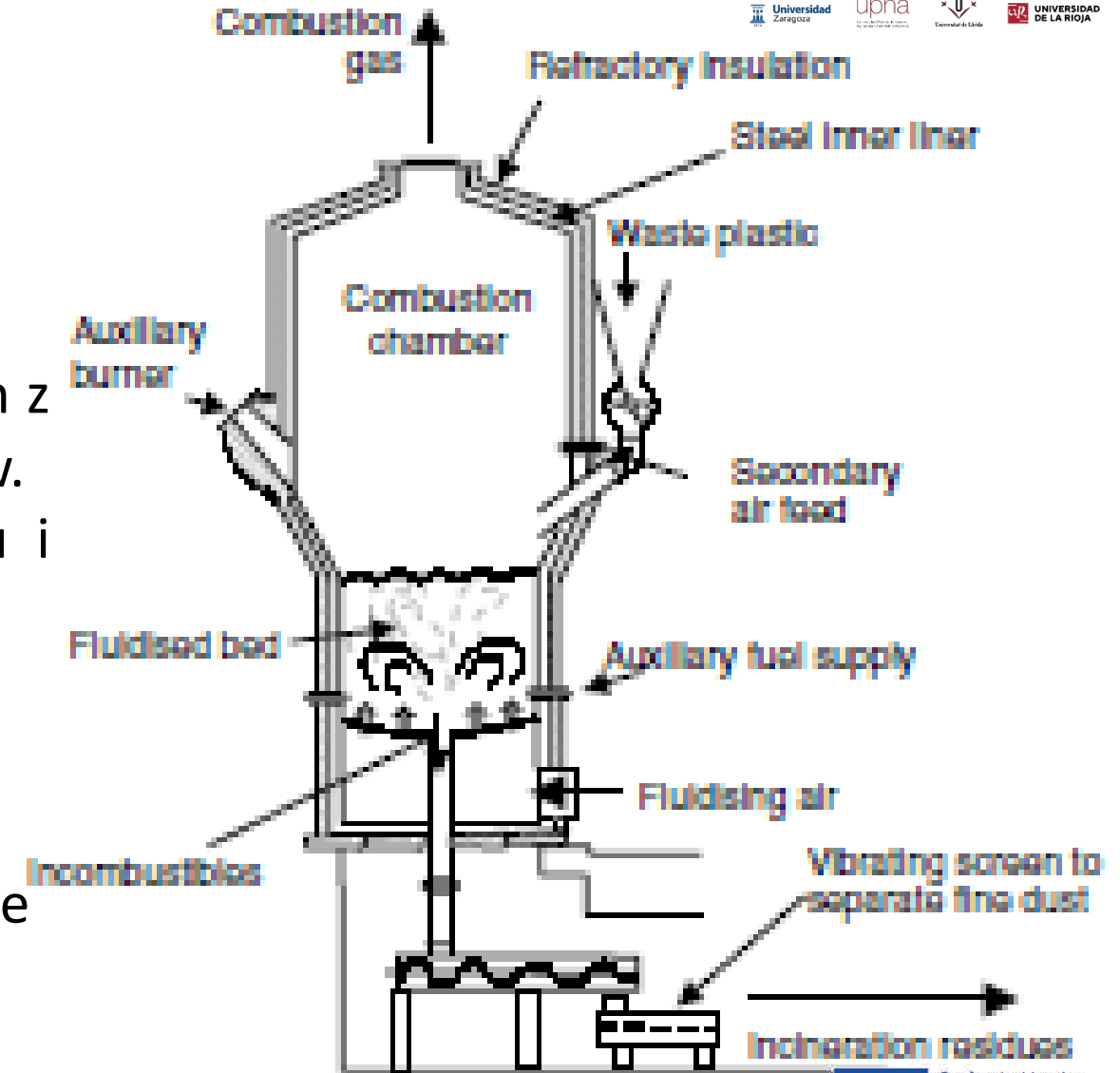
- Podobny do stokera, z tym wyjątkiem, że spalanie odbywa się w pochyłym, obracającym się cylindrze.
- Odpady z tworzyw sztucznych są wprowadzane do pieca w temperaturze $T > 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Materiał niespalony $\approx 3\%$
- Kosztowna technologia stosowana tylko w przemyśle cementowym



Odzyskiwanie energii

Złoże fluidalne

- Nowoczesne spalarnie
- Prostota obsługi. Brak problemów związanych z resztkowymi niespalonymi frakcjami odpadów.
- Stosowany również do MSW oraz kauczuku i opon.
- Piasek jest stosowany w reaktorze fluidalnym.
- Zalety tego reaktora:
 - Spalanie jest łatwe do kontrolowania
 - Oczyszczanie spalin nie jest skomplikowane
 - Duża redukcja ilości odpadów



Odzyskiwanie energii

Złoże fluidalne

- Energia jest odzyskiwana w postaci gorącej wody, pary lub energii elektrycznej. Energia elektryczna jest ekonomiczna dla większych elektrowni.
- Szeroki zakres temperatur i ciśnień. T 370-540°C, ciśnienie 2.5-10 Mpa
- Niższe temperatury oznaczają niższą wydajność cieplną, ale zapobiegają korozji chlorem.

Emisje ze spalarni

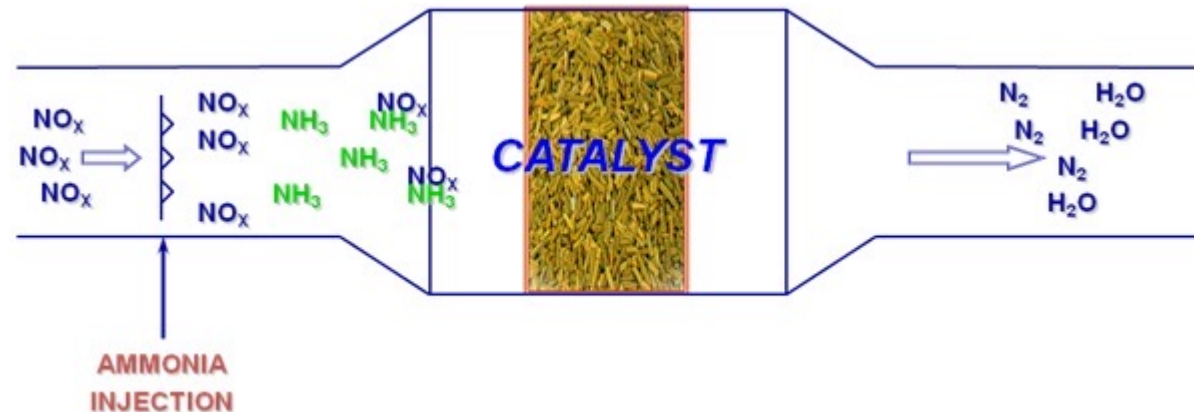
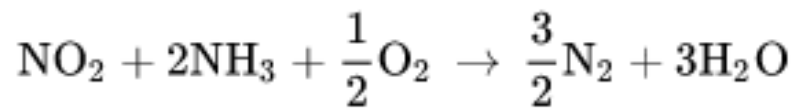
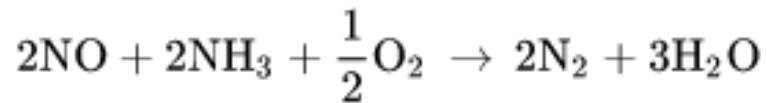
CO, HCl, SO₂, NO_x, cząstki, metale ciężkie, dioksyny i furany są zwykłymi emisjami

Odzyskiwanie energii – emisje ze spalania

NO_x można zredukować za pomocą systemu sterowania dopływem powietrza i selektywnej redukcji katalitycznej.

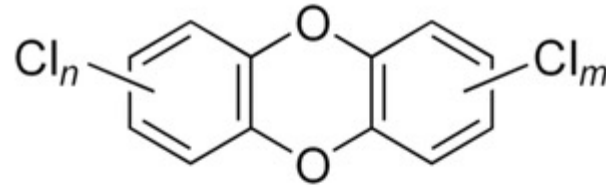
NO_x selektywna redukcja katalityczna:

Reakcja redukcji NO_x zachodzi, gdy gazy przechodzą przez komorę katalizatora. Przed wejściem do komory katalizatora amoniak lub inny reduktor (taki jak mocznik) jest wstrzykiwany i mieszany z gazami.

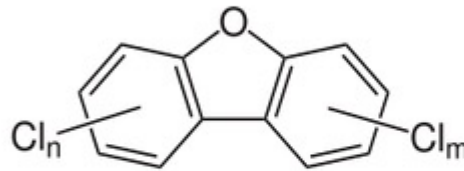


Odzyskiwanie energii – emisje ze spalania

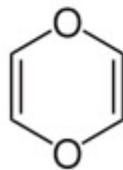
Dioksyny można zredukować za pomocą systemu kontroli dopływu powietrza oraz kontroli temperatury i czasu przebywania. Selektywna redukcja katalityczna może również zapobiec emisji dioksyn. Dioksyny są wysoce toksyczne i są trwałymi zanieczyszczeniami. Niektóre istotne dioksyny.



Polychlorinated dibenzo-p-dioxins



Polychlorinated dibenzofurans



1,4-dioxin

Odzyskiwanie energii – emisje ze spalania

Systemy usuwania cząstek stałych



Figure- Cyclones for particles separation

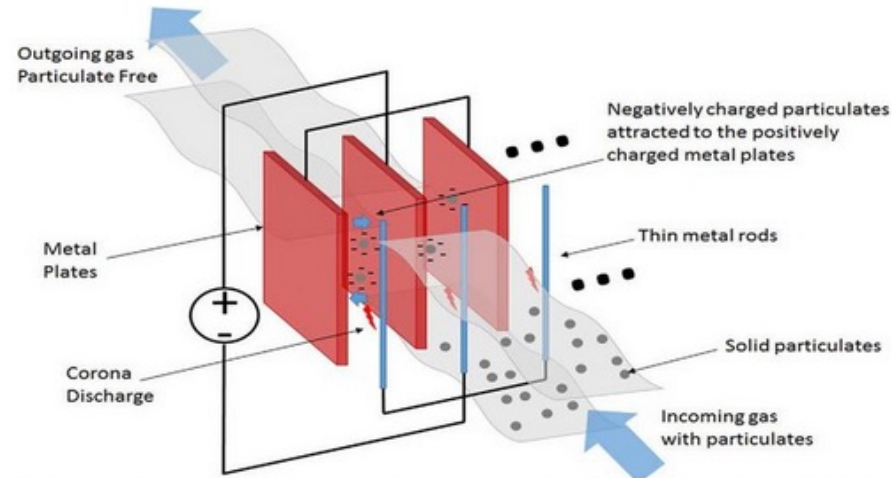


Figure - Electrostatic separators for particle sremoving (Becker, K. Environmental applications of non-thermal plas-mas. In Biological and Environmental Applications of Gas Discharge Plasmas; Brelles-Marino, G., Ed.; Nova Science Publishers: New York, 2010; 5–32.)

Odzyskiwanie energii – emisje ze spalania

Systemy usuwania cząstek stałych

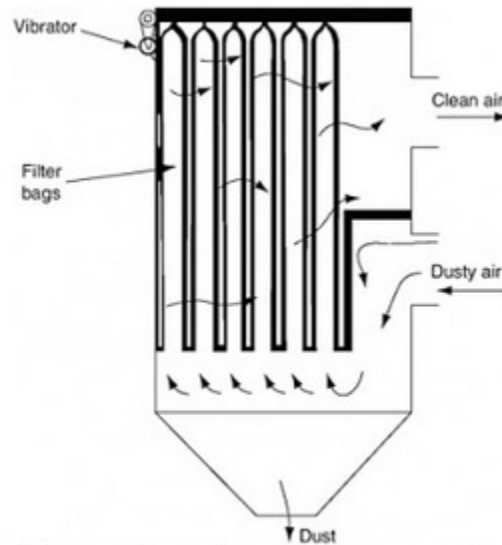


Figure - Filters for particles separation

Odzyskiwanie energii – emisje ze spalania

Systemy usuwania cząstek stałych

Płuczki do usunięcia HCl, HF i SO₂

Węgiel aktywny do usuwania metali ciężkich

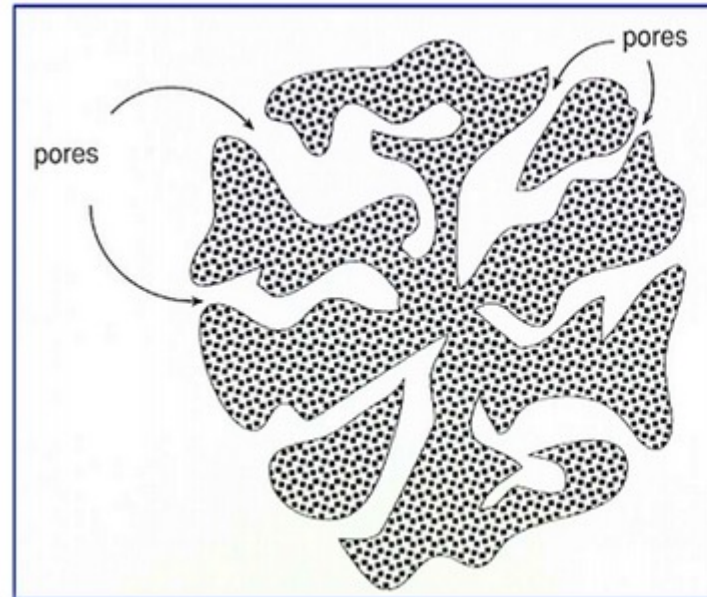
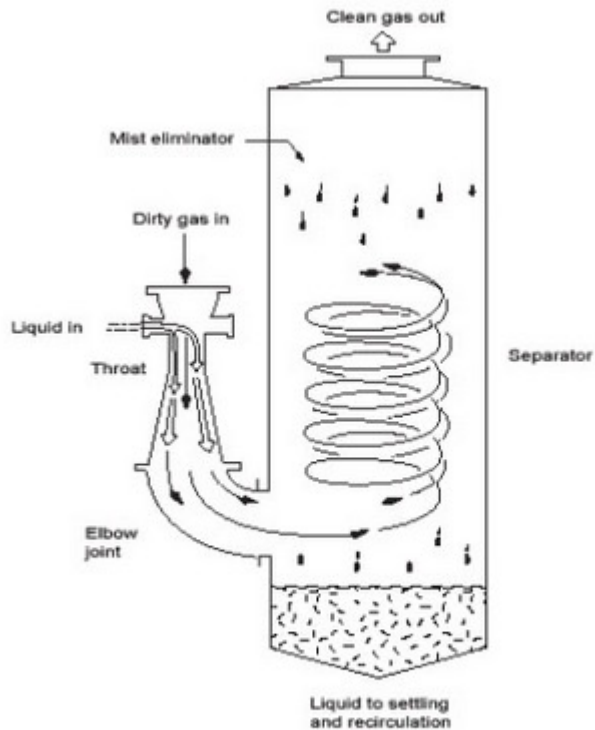


Figure - A typical carbon particle has numerous pores that provide a large surface area for water treatment.

Figure- Wet scrubber system (www.epa.gov.)



PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking Academy to Industry.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI SALERNO



Copyright: CC BY-NC-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

With this license, you are free to share the copy and redistribute the material in any medium or format. You can also adapt remix, transform and build upon the material.

However only under the following terms:

Attribution — you must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.

NonCommercial — you may not use the material for commercial purposes.

ShareAlike — if you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original.

No additional restrictions — you may not apply legal terms or technological measures that legally restrict others from doing anything the license permits.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.

This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.