

Współcześnie prowadzi się procesy suchej (rozkładowej) destylacji drewna w sposób okresowy lub ciągły. W pierwszym przypadku stosuje się stalowe (mobilne) piece retortowe, a w drugim – retorty wchodzące w skład zautomatyzowanych instalacji. W obydwu przypadkach proces prowadzi się ze stopniowym wzrostem temperatury, w zakresie od 200 do 600°C, przy ograniczonym dostępie powietrza. W trakcie zachodzących procesów, obok węgla drzewnego, powstaje destylat złożony z gazów i par. Składnikami gazowymi są ditlenek węgla, tlenek węgla, wodór, metan, etylen. W składzie par największy udział mają: metanol, kwas octowy, aceton, kwas mrówkowy, aldehyd i kwas propionowy. Występują w niej również składniki kondensujące w postaci smoły drzewnej. Są to pochodne fenolu, takie jak: krezole, gwajakol, pirokatechina, pirogallol, ksylenole, składniki terpentyny: karen, pinen, kamfen, terpineol, limonen, octan bornylu.

Produkty suchej destylacji drewna

Parametry technologiczne procesu, zwłaszcza temperatura, szybkość jej wzrostu, rodzaj i skład drewna, zawartość wilgoci, wpływają na wydajność poszczególnych produktów. Szybki wzrost temperatury w zakresie 220-300°C powoduje zwiększenie ilości gazów. Okorowane drewno, takich drzew jak: buk, dąb, brzoza, lipa, grab, świerk, sosna pozwala na uzyskanie większych ilości metanolu i kwasu octowego niż drewno nieokorowane. Sucha destylacja drewna z korą zwiększa natomiast ilość węgla drzewnego, smoły i gazów.

Wydajność produktów suchej destylacji drewna zmienia się w szerokich granicach [1,2] (Tab. 1).

Tablica I

Wydajność produktów suchej destylacji drewna [1, 2]

Nazwa produktu	Wydajność* % wag.
Węgiel drzewny	31,8-37,9
Woda	22,3-28,0
Gaz drzewny	
CO ₂	9,9-11,0
CO	3,3-4,2
CH ₄	0,2-0,5
C ₂ H ₄ i wyższe węglowodory	0,2-0,6
Pary	
kwas octowy	3,2-7,1
metanol	0,8-2,1
aceton	0,2
octan metylu	0,0-0,1
Smoła, ogółem	15,0-19,1
w tym rozpuszczalna	6,5-9,1

*buk, grab, dąb, brzoza, lipa, sosna, świerk

Gaz drzewny z suchej destylacji zawiera (%wag.): CO₂ 40-55, CO 26-35, CH₄ 3-10, C₂H₄ 2, H₂ 1-4. Często wykorzystuje się go do produkcji pary wodnej na potrzeby wytwórni lub sąsiadujących z nią obiektów, lub bezpośrednio do ogrzewania retorty. Średnia wartość opałowa gazu wynosi 8,4-12,6 MJ/m³. Gaz ten w warunkach wojennych wykorzystywano do napędzania silników spalinowych.

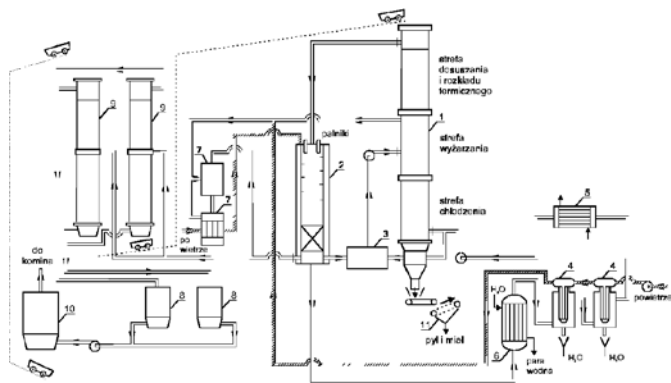
Destylaty ciekłe, po zebraniu w zbiornikach i odstaniu, rozdzielają się z utworzeniem warstwy smoły osadowej i roztworu wodnego zwanego kwaśną wodą, zawierającą kwas octowy, metanol, aceton, octan metylu i składniki smoły. W wyniku destylacji próżniowej w wyparkach kilkudziesięciu uzyskuje się destylat wodny, zwany jasnym octem. Głównymi jego składnikami są: kwas octowy, metanol, aceton. Jako niedogon destylacyjny pozostaje smoła, którą można przetwarzać wspólnie ze smołą osadową. Jasny ocet najczęściej rozdziela się przez ekstrakcję lub neutralizację kwasu octowego mlekiem wapiennym lub przez estryfikację. W przypadku metody opartej na zobojętnianiu, oddestylowuje się metanol i aceton (spirytus drzewny), a roztwór octanu wapnia zateża, krystalizuje, suszy i po rozdrobnieniu traktuje kwasem siarkowym. Uwolniony kwas octowy oczyszcza się metodami rektyfikacji. Spirytus drzewny rozdziela się na frakcje metodami rektyfikacji.

Smoła osadowa w największych ilościach wydziela się jako oddzielna warstwa z destylatów ciekłych. Część jej składników występuje w wodzie kwaśnej, jako tzw. smoła rozpuszczalna. Wyodrębnia się ją w trakcie wydzielania głównych składników wody kwaśnej: kwasu octowego, metanolu i acetonu i może być przetwarzana wraz z główną masą smoły. Smoła rozpuszczalna jest stosowana również bez przetwarzania do produkcji brykietów węgla drzewnego. Na ogół, smołę osadową rozdestylowuje się na olej lekki, o temperaturze wrzenia do 120°C, olej ciężki – odbierany w zakresie 120-270°C, a jako pozostałość uzyskuje się pak. Olej lekki stosuje się jako czynnik flotacyjny w przetwórstwie rud metali. Olej ciężki jest używany do impregnacji drewna. Wyodrębnia się z niego gwajakol i kreozot (mieszanina krezoli, fenoli diwodorotlenowych, ich eterów metylowych, ksylenoli).

Schemat technologiczny ciągłej instalacji suchej destylacji drewna

Schemat technologiczny instalacji suchej destylacji drewna, pracującej w sposób ciągły, przedstawiono na Rysunku 1. Na tej instalacji nie wydziela się par ani gazów, lecz wykorzystuje je energetycznie na potrzeby instalacji i do produkcji pary wodnej [3]. Drewno w postaci wałków lub szczap o średnicy do 20 cm układa się na stole i przesuwa do taśmowego przenośnika korytowego. Na obrotowych walcach wałki drewna przesuwa się pod tarczę tnącą przenośnika. Tu następuje ich pocięcie na kawałki o długości ok. 25 cm. Kawałki są przesyłane do silosu magazynowego 10. W momencie ustawienia pod silosem pojemnika załadowczego następuje jego napełnienie i przesłanie do suszarni 9. Po obniżeniu się poziomu drewna w suszarni do określonej wysokości następuje otwarcie komory załadowczej suszarni i uzupełnienie ładunku. To drewno pozostaje pod wpływem gazów suszących o temperaturze 160-180°C, które powodują odparowanie zawartej w nim wody i obniżenie temperatury gazów do 50-80°C. Przepływ gazów zapewniają wentylatory umieszczone za komorami rozprężnymi gazów suszących 8. Komory rozprężne odbierają drobne kawałki drewna powstające podczas suszenia. Wibracyjne rynny wyładowcze, zamontowane na dole każdej suszarni, przesuwiają wysuszone drewno do wózka-pojemnika, który porusza się nad retortą 1 i przesypuje do niej drewno w momencie obniżenia się poziomu do określonej wysokości. W retorcie mieści się pełny ładunek pojemnika. Po zamknięciu klapy retorty zachodzi odparowanie resztek wody i rozpoczyna termiczny rozkład drewna. Inicjują go gorące gazy o temperaturze 250-300°C, przemieszczające się ze środkowej części retorty (strefy wyżarz-

nia). Proces przebiega w sposób egzotermiczny. Następuje zwęglenie masy organicznej drewna. W jego wyniku wydziela się również kwas octowy, aceton, metanol, smoła drzewna, oleje, gazy: ditlenek i tlenek węgla, metan, etan i wyższe węglowodory, wodór i woda. W wyniku zmniejszenia objętości częściowo zwęglonej masy drewna przesuwa się ona w dół retorty i dostaje do strefy wyżarzania. Tu w temperaturze 500-550°C powstaje ostateczna postać węgla drzewnego. Wydzielająca się ilość ciepła jest jednak za mała, aby utrzymać tę temperaturę i spowodować ostateczne jego odgazowanie. Z tego powodu do strefy wyżarzania doprowadza się gorący gaz spalinowy o temperaturze 500-600°C. Ze strefy wyżarzania węgiel grawitacyjnie przesuwa się do strefy chłodzenia w dolnej części retorty. Czynnikiem chłodzącym jest tutaj zimny gaz spalinowy o temperaturze 35-40°C. Tłoczy się go wentylatorem przez zasysanie gazów spalinowych ochłodzonych w ostatnim etapie w chłodnicy wodnej 5.



Rys. 1. Uproszczony schemat technologiczny ciągłej instalacji suchej destylacji drewna.

- 1 – retorta, 2 – piec do spalania par i gazów, 3 – komora mieszania gazów grzewczych, 4 – chłodnica chłodzona powietrzem, 5 – chłodnica chłodzona wodą, 6 – kocioł parowy, 7 – komora mieszania gazów, 8 – komora rozprężania gazów, 9 – suszarnia drewna, 10 – silos magazynowy kłoczków drewna

Poziom węgla i drewna w retortce obniża się w wyniku postępującego spadku objętości, głównie jednak w następstwie pracy ślimaka zainstalowanego w dolnej części retorty. Okresowe uruchamianie ślimaka powoduje przemieszczanie się węgla drzewnego do komory wyładowczej. Ze względu na konieczność zachowania szczelności retorty, zamyka się jej klapy dolne, zatrzymuje ślimak i przesypuje węgiel drzewny z komory wyładowczej do zamkniętej rynny, a z niej podaje się go na przenośnik transportująco-sortujący 11. Tu następuje odebranie pyłu i mialu węglowego oraz właściwej frakcji węgla drzewnego. Węgiel przechowuje się w zbiornikach magazynowych i po kilkudniowym sezonowaniu kieruje do pakowni. Pył i mial węglowy wykorzystuje się do produkcji brykietów.

Ze szczytu retorty uchodzą pary i gazy powstałe głównie w strefie rozkładu i wyżarzania, a także ta część gazu chłodzącego, której nie odprowadzono kolektorem bocznym. Mieszaninę par i gazów o temperaturze ok. 200°C przesyła się wraz z powietrzem do palników zainstalowanych w oddzielnym piecu 2. Przetłacza się je przez zewnętrzny płaszcz chłodzący komory spalań, dzięki czemu uzyskuje się ochronę wewnętrznej ściany komory spalań przed przepaleniem. Część ogrzanego powietrza wykorzystuje się natomiast do suszenia drewna. Gazy spalinowe z pieca 2, o temperaturze ok. 1000°C ulegają dopaleniu podczas przepływu przez katalizator umieszczony w dolnej części komory spalań pieca 2. W przypadku niedoboru par i gazów z retorty, a także podczas uruchamiania instalacji lub w przypadku zgaśnięcia płomieni palników głównych, zapala się palnik awaryjny (rozruchowy). Posiada on niezależne zasilanie gazem ziemnym lub innym gazem węglowodorowym. Część gazów spalinowych z pieca spalania par i gazów 2 jest przesyłana do komory mieszania gazów grzewczych 3 i służy do wyżarzania węgla. Tutaj ochładza się je do temperatury 500-600°C i wentylatorem przetłacza

do strefy wyżarzania retorty. Gaz o tym zakresie temperatur uzyskuje się po zmieszaniu w komorze 3 gazu spalinowego z pieca do spalań par i oparów 2 z gazem spalinowym opuszczającym kocioł parowy 6, po jego ochłodzeniu powietrzem w chłodnicy 4 i wodą w chłodnicy 5. Pozostałe gazy spalinowe z pieca spalania par i gazów 2 wykorzystuje się do schłodzenia węgla drzewnego do ok. 40°C w strefie chłodzenia retorty. W tym celu, część gazów spalinowych o temperaturze początkowej ok. 1000°C jest kierowana do ogrzewania wymienionego kotła parowego 6. Podczas produkcji pary wodnej ich temperatura obniża się do ok. 200°C. Dalsze przeponowe ochładzanie gazów następuje w wymiennikach ciepła chłodzonych powietrzem, które ogrzewa się do 60-70°C. Gazy spalinowe ochładzają się poniżej punktu rosy zawartej w nich pary wodnej, co powoduje wykraplanie powstającej w procesie wody, odprowadzanej następnie do ścieków. Dalsze ochłodzenie gazów do temperatury 30-40°C następuje w chłodnicy wodnej 5.

Powietrze z przeponowych wymienników ciepła 4, o temperaturze 70-80°C, miesza się z gazami spalinowymi opuszczającymi strefę wyżarzania retorty. Mieszanie powietrza ze spalinami prowadzi się w przystosowanych do tego celu komorach 7. W rezultacie następuje obniżenie temperatury spalin ze strefy wyżarzania od 500-600°C do 160-180°C. Gaz ten wykorzystuje się do suszenia drewna w suszarniach 9. W razie niedostatecznego obniżenia temperatury spalin, do komór doprowadza się dodatkowe ilości powietrza atmosferycznego.

W eksploatacji, w austriackiej miejscowości Güssing, znajduje się także elektrociepłownia zgazowująca zrębki drewna bezpośrednio parą wodną, bez udziału powietrza i pod niewielkim nadciśnieniem [4]. Zakłady te produkują gaz o niskiej zawartości azotu i względnie wysokiej wartości opałowej, wykorzystywany bezpośrednio do spalania w silniku gazowym, sprzężonym z elektrogeneratorem. Gorące spaliny z silnika ogrzewają dodatkowo wodę cyrkulującą w sieci grzewczej miasta. Powstający ubocznie węgiel drzewny jest wykorzystywany jako paliwo do prowadzenia procesu.

Zastosowania węgla drzewnego

Średni skład pierwiastkowy węgla drzewnego jest następujący (%wag.): 80-85 C, 14-16 O, 3-4 H oraz N i kilka procent popiołu. Najważniejsze zastosowania węgla drzewnego są związane z jego dobrymi właściwościami adsorpcyjnymi, uzyskiwanymi w wyniku aktywacji [5]. Wysoka wartość powierzchni właściwej (400-1500 m²/g) sytuuje go w grupie materiałów o najwyższej zdolności adsorpcyjnej. W związku z tym stosuje się go w przemysłowych adsorberach do usuwania i odzyskiwania związków organicznych, zwłaszcza z par i gazów odprowadzanych do atmosfery oraz w maskach przeciwgazowych i okapach kuchennych. Używa się go również do usuwania niepożądanych związków z cieczy, zwłaszcza z wody i ścieków.

Węgiel drzewny służy także jako paliwo, również w formie brykietów. W pirotechnice jest składnikiem wielu prochów; najbardziej znany jest proch czarny. Jest także wykorzystywany do wykonywania rysunków.

Węgiel aktywny, do wszelkiego rodzaju adsorberów i pochłaniaczy, uzyskuje się po dodatkowym rozwinięciu powierzchni węgla drzewnego lub węgla uzyskanego z innego surowca (skorupy orzechów kokosowych, kości, torfu, węgla brunatnego i pozostałości po rafinacji ropy naftowej). Wymieniony surowiec do produkcji tego typu węgla poddaje się destylacji rozkładowej w retortach, bez dostępu powietrza, po nasyceniu roztworami wodnymi, takich związków jak chlorki (najczęściej cynku(II)), fosforany(V) lub kwas fosforowy(V), siarczki(II) metali alkalicznych, tiocyjanian potasu. Destylację prowadzi się w temperaturze 300-600°C. Z produktu wymywa się wodą pozostałości wprowadzonych związków, węgiel suszy się i aktywuje parą wodną.

Węgiel aktywny powstaje również w wyniku selektywnego utleniania uprzednio otrzymanego węgla drzewnego parą wodną lub ditlenkiem węgla w temperaturze ok. 200°C. Proces prowadzi się w kilku-metrowych, cylindrycznych, stalowych retortach.

W handlu węgiel aktywny występuje w postaci drobnoziarnistej, tabletek, kulek i cylinderków. Rozdrobniony węgiel miesza się z wodną zawiesiną materiału wiążącego i nadaje odpowiednie kształty. Uformowane kulki lub inne kształty aktywuje się w piecach w podwyższonej temperaturze. Dzięki temu zwiększa się zdolności adsorpcyjne poprzez tworzenie się nowych porów i otwieranie otworów wejściowych do porów już istniejących. W końcowym etapie materiał przeemywa się kwasem, aby obniżyć zawartość popiołu.

W przypadku adsorpcji gazów, dobre wyniki uzyskuje się dla węgla aktywnego o średnicy porów 1,2-20 nm, a do adsorpcji z roztworów wodnych – o średnicy od kilku do 100 nm.

Węgiel aktywny jest stosowany w rafinacji cukru, olejów roślinnych, alkoholi, do odbarwiania kwasu cytrynowego, mlekowego i innych, a także do polepszania własności smakowych wód i napojów, usuwania odorów i koloïdów.

Jest także używany jako katalizator lub nośnik właściwego katalizatora.

Węgiel aktywny (najlepszy z drewna lipowego) w formie tabletek stosowany jest w farmacji; adsorbuje on z przewodów pokarmowych bakterie, toksyny, gazy i reguluje perystaltykę jelit. Wykorzystuje się go również jako składnik pasz dla zwierząt, np. w żywieniu kurcząt brojlerów [6]. Może być też wykorzystywany jako reduktor w metalurgii do otrzymywania metali.

Podsumowanie

We współczesnej ciągłej instalacji suchej destylacji drewna głównym produktem handlowym jest węgiel drzewny. Produkty gazowe i ciekłe wykorzystuje się energetycznie do prowadzenia procesu rozkładu drewna, a nadmiar ciepła do produkcji pary wodnej, którą wykorzystuje się do celów grzewczych na miejscu i w sąsiadujących obiektach.

W instalacjach okresowych suchej destylacji drewna istnieje też możliwość wykorzystania destylatów ciekłych i smoły drzewnej. Z destylatów ciekłych wydziela się kwas octowy oraz spirytus drzewny. Smołę drzewną rozdestylowuje się na olej lekki oraz olej ciężki. Pierwszy z nich stosowany jest jako czynnik flotacyjny w przetwórstwie rud metali, a drugi do impregnacji drewna.

Literatura

1. Zakrzewski R.: *Niektóre aspekty termicznego rozkładu drewna i wybranych surowców lignocelulozowych, Rozprawy naukowe*. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, yd. Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań 2001.
2. Bogoczek R.: Kociótek-Balawejder E.: *Technologia chemiczna organiczna*. Wyd. Akademii Ekonomicznej, Wrocław 1992.
3. Instrukcja rozruchu technologicznego zakładu produkcji węgla drzewnego w Ińsku, Szczecin 2002.
4. Kotowski W.: *Przem. Chem.* 2006, 85, 1284.
5. Informacje firmy Gryfskand, <http://gryfskand.pl/gryfskand-faq.html>, 2009.
6. Majewska T., Zaborowski M.: *Medycyna weterynaryjna* 2003, 59, 81.

Dr inż. Grzegorz LEWANDOWSKI ukończył studia na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej (1987), obecnie Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie. Jest adiunktem w Zakładzie Technologii Chemicznej Organicznej tej uczelni. Specjalność – technologia podstawowej syntezy organicznej. e-mail: grzegorz.lewandowski@zut.edu.pl.

Prof. dr hab. inż. Eugeniusz MILCHERT ukończył studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Szczecińskiej (1969), obecnie Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie. Pracuje w Instytucie Technologii Chemicznej Organicznej, jest kierownikiem Zakładu Technologii Chemicznej Organicznej tej uczelni. Obecnie pełni funkcję Prodziekana ds. Nauki na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Specjalność – technologia chemiczna organiczna.

**BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA
W WARSZAWIE
ZAPRASZA NA WYSTAWĘ**

**CHEMICY
- ABSOLWENCI
UNIWERSYTETU
WARSZAWSKIEGO**

**WYSTAWA CZYNNA:
18 PAŹDZIERNIKA - 27 LISTOPADA 2011
PONIEDZIAŁEK-SOBOTA W GODZ. 9-21
NIEDZIELA W GODZ. 15-20
WSTĘP WOLNY**

**BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA
W WARSZAWIE
UL. DOBRA 56/66**

ORGANIZATOR:
Biblioteka Uniwersytecka w Warszawie

PROFUSJIE WSPÓŁFINANSUJĄCE:
OLCO, Agencja Reklamowo-Wydawnicza
Klub Absolwentów UW
Fundacja Uniwersytetu Warszawskiego
Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

PROFUSJIE WYKAZUJĄCE EKSPONATÓW:
Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie
Archiwum Uniwersytetu Warszawskiego
Muzeum Uniwersytetu Warszawskiego

PIKOTRA HONORARIUSZ:
Muzeum Marii Skłodowskiej
Polskie Towarzystwo Chemiczne – Oddział Warszawski
Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego (IStPChem)

PIKOTRA WEDŁAGI:
„Analityka”
„Chemia w szkole”
„Chemik – nauka-technika-rynek”
„Przemysł Chemiczny”
„Uniwersytet Warszawski”
Akademickie Radio „Kampus”
Telewizja Akademicka UWSD TV