

ANALIZA UTYLIZACJI ODPADÓW PRZEMYSŁU DRZEWNEGO W WYBRANYM PRZEDSIĘBIORSTWIE

Waldemar BOJAR Mateusz MIEDZIŃSKI

Streszczenie: W pracy dokonano analizy utylizacji odpadów powstałych w procesie produkcji sklejki w wybranym przedsiębiorstwie. Głównym celem badań była analiza i weryfikacja efektywności pozyskiwania energii cieplnej w procesie utylizacji odpadów drzewnych. W badaniach wykorzystano dokumentację z przedsiębiorstwa oraz konsultacje i wywiady bezpośrednie z jego kadrami. Potwierdzono hipotezę mówiącą, iż w badanej firmie innowacyjny proces spalania odpadów drzewnych jest efektywny ekonomicznie i przyjazny środowisku.

Słowa kluczowe: przemysł drzewny, odpady, utylizacja, czystsza produkcja

1. Wstęp

Problem odpadów i związane z nim zagrożenia są coraz bardziej zauważalnym wyzwaniem w obszarze ochrony środowiska. Postęp technologiczny i stosowane regulacje prawne – to tylko niektóre czynniki, które mogą ograniczyć ilość powstałych odpadów oraz przyczynić się do ponownego wykorzystania surowców wtórnych.

Zagospodarowanie odpadów, a w szczególności tych przemysłowych, należy zaliczyć do bardzo istotnych i trudnych problemów, z którymi zmagają się wiele przedsiębiorstw. Jednak postęp w różnych gałęziach przemysłu pozwala na dokonywanie odpowiedniej selekcji odpadów, co może prowadzić do efektywniejszego ich wykorzystania. Pozostałości poprodukcyjne stanowią trudną kwestię dla wielu zakładów i przedsiębiorstw z uwagi na rosnące koszty ich zagospodarowania co powoduje, że minimalizacja ich ilości jest dla wielu firm koniecznością ekonomiczną. Pro innowacyjny charakter mają zintegrowane systemy zarządzania odpadami obejmujące m.in. – przetwarzanie, recykling, procesy doczyszczania, utylizację oraz przekształcenie termiczne odpadów. Taki system gospodarowania odpadami jest możliwy dzięki kompleksowemu połączeniu możliwości technologicznych i procesów obróbki, które wzajemnie się uzupełniają.

Przemysł drzewny i odpady, które w wyniku jego działalności powstają, mogą być zagospodarowane dzięki dynamicznemu rozwojowi produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Drewno bowiem jest przydatną biomasą do celów energetycznych – dzięki niemu wiele zakładów przemysłu drzewnego poprzez termiczne metody spalania ubytków drzewnych ma możliwość ich efektywnego energetycznego wykorzystania.

W związku z powyższym w niniejszej pracy podjęto problematykę analizy i utylizacji odpadów drzewnych, a w szczególności możliwości uzyskania w tym procesie korzyści energetycznych. Głównym celem pracy była analiza i weryfikacja efektywności pozyskania ciepła w procesie utylizacji odpadów drzewnych. W sformułowanej hipotezie badawczej założono, iż wykorzystany w badanym przedsiębiorstwie innowacyjny proces spalania odpadów drzewnych jest efektywny i przyjazny środowisku. Źródłem danych do przeprowadzenia badania były informacje pochodzące z dokumentacji firmy – z danych

wyjściowych pochodzących z automatycznego systemu sterowania instalacji kotłowej oraz wywiady z kadrą pracowniczą oraz kierowniczą tego przedsiębiorstwa.

2. Odpad jako źródło odzysku w przemyśle drzewnym

2.1. Przyczyny wzrostu odpadów drzewnych w kraju

Surowiec drzewny jest jednym z najstarszych materiałów, służących pierwotnie jako źródło energii oraz stanowiący cenny materiał budowlany. Od wieków drewno jako wartościowy surowiec miało szerokie w gospodarce np. w budownictwie. Swoją popularność i różnorodne wykorzystanie zawdzięcza on doskonałym właściwościom [1].

Takie zalety drewna, jak odnawialność surowca, doskonałość materiału konstrukcyjnego, dobre właściwości termoizolacyjne, korzystny wpływ na bilans energetyczny, niska szkodliwość dla środowiska, czy jego rola jako regulatora atmosfery [2] powodują, że sektor przemysłu drzewnego nabiera coraz większego znaczenia gospodarczego i społecznego. Wpływa na to pozytywnie wielkość i zasobność lasów w kraju oraz wysoki poziom rozwoju przemysłów opartych na drewnie. Duży eksport przetworzonego drewna, wysoka jakość produkcji oraz nowoczesność wyrobów sprawiają, że polskie produkty są atrakcyjnym towarem dla zagranicznych inwestorów.

W konsekwencji rozwoju przemysłu drzewnego wzrost można odnotować także w wielkości odpadów drzewnych, które od wielu lat wykorzystywane są do produkcji przemysłowej oraz jako główny nośnik energii. Dynamiczny rozwój przemysłu płyt pilśniowych i drewnopochodnych oraz przemysłu celulozowo-papierniczego spowodował, że odpad drzewny stał się pełnowartościowym surowcem przemysłowym. Ilość odpadów powstająca przy obróbce mechanicznej, począwszy od przetarcia surowca, a skończywszy na wyprodukowaniu gotowego produktu jest bardzo duża i w wielu przypadkach przewyższa masę elementów wyrobu gotowego. Dlatego też część odpadów drzewnych z przedsiębiorstw przemysłu drzewnego przeznaczana jest do produkcji materiałów płytowych, a pozostałą część wykorzystuje się w rolnictwie i ogrodnictwie oraz jako paliwo do celów energetycznych. Pełne wykorzystanie tego surowca przemysłowego pozwala zakładom produkcyjnym wytwarzać wyroby o dużych zaletach technicznych, wykorzystywanych w wielu dziedzinach życia codziennego [3].

2.2. Zagospodarowanie odpadów drzewnych

2.2.1. Koncepcje redukcji ilości wytwarzanych odpadów

Rosik – Dulewska [3] uważa, że niski poziom technologiczny znacznej części krajowych zakładów przemysłowych, brak środków finansowych na odpowiednie zagospodarowanie odpadów, nieklarowna polityka ekologiczna państwa, a także niski poziom świadomości społeczeństwa są przyczyną powstawania zasadniczych ilości odpadów. Z uwagi na konieczność zapobiegania negatywnym skutkom zwiększenia strumienia wytwarzanych odpadów, w świetle koncepcji rozwoju zrównoważonego, podjęto szereg prac badawczych dla potrzeb ratowania środowiska naturalnego, aby doprowadzić do redukcji nadmiaru niezagospodarowanych odpadów przemysłowych. Warunkiem koniecznym było ustalenie konkretnych działań mających bezpośredni wpływ na źródło powstawania odpadu tj. wdrażanie w placówkach przemysłowych działań mających na celu minimalizację odpadów u źródła ich powstania poprzez zmianę procesu

technologicznego produkcji, gospodarcze zagospodarowanie odpadów poprodukcyjnych oraz przeprowadzanie szkoleń dla pracowników w zakresie gospodarki odpadami [3].

Koncepcje przeciwdziałające wytwarzaniu nadmiernych ilości odpadów są częścią wdrożonej do systemu zarządzania przedsiębiorstwem strategii CP „Cleaner Production” – Czystszej Produkcji opartej o zachodnio-europejskie wzorce organizacyjne. Celem tej strategii jest systematyczne planowanie procedur skupiających się na odkrywaniu metod redukcji lub całkowitej eliminacji odpadów. W inicjatywie tej priorytetowe znaczenie nadaje się zmianom w procesach przemysłowych, opartych na redukcji odpadów u źródła oraz ponownym użyciu ich do pierwotnych lub innych celów. Poprzez wprowadzenie ww. strategii i celów producenci przemysłu drzewnego mogą uzyskać atut rynkowy w postaci certyfikatów potwierdzających przestrzeganie standardów ochrony środowiska oraz jakości wyrobów drzewnych [4].

2.2.2. Potencjał energetyczny odpadów drzewnych

Stosowanie biomasy jako alternatywy dla paliw kopalnych wpływa na zmniejszenie zużycia ropy oraz wydzielanych do atmosfery tlenków siarki i azotu. Przyczynia się to również do korzystnego zbilansowania ilości dwutlenku węgla, który uwalniany w czasie spalania pochodzi z biomasy, która wcześniej związała go w procesie fotosyntezy [5].

Biomasa w postaci odpadu drzewnego, których wartość opałowa waha się od ok. 9 – 18 MJ/kg, może być wykorzystywana na wiele energetycznych sposobów. Najprostszym rozwiązaniem wydaje się być bezpośrednie spalanie biomasy w przystosowanych do tego celu kotłowniach. W wyniku termicznego przetworzenia biomasy uzyskuje się biopaliwo, które w następnej kolejności może być wykorzystane do celów energetycznych. Duże ilości surowca drzewnego powstające w zakładach przerobu drewna jako pozostałości poprodukcyjne stanowią doskonałą biomasę o odpowiednich właściwościach odpadowych [6].

Możliwość wykorzystania odpadów drzewnych do odzysku energetycznego wiąże się z odpowiednimi właściwościami i wartościami danego odpadu.

Dla większości odpadów, takich jak zrębki, pył, kora, tarcica wartość opałowa suchego materiału, wartość energetyczna oscyluje w granicach 18,5 – 20,0 MJ/kg. Pod względem gęstości nasypowej odpadów, największą posiadają zrębki z gałęzi, która wynosi od 250 – 400 kg/m³, a najmniejszą gęstość ma odpad zrębka z cięcia tarcicy wynoszący od 80 – 120 kg/m³. Powstający w wyniku obróbki drewna nadmiar odpadu skłania wiele zakładów przemysłu drzewnego do podjęcia decyzji o wykorzystaniu go do efektywnego odzysku energetycznego.[3].

2.3. Odpad drzewny z produkcji płyt sklejkowych

Przerób i obróbka drewna występująca w zakładach przemysłu drzewnego daje możliwość wykorzystania surowca do produkcji płyt drewnopochodnych. Do takich płyt zalicza się: płyty pilśniowe, wiórowe, OSB oraz sklejki. Płyty drewnopochodne to określenie grupy produktów kompozytowych, stanowiących rodzaj konstrukcyjnych tworzyw drzewnych. Tworzone są przy wykorzystaniu ciśnienia poprzez prasowanie a wysoka temperatura uwalnia żywice. Procesowi ulegają cząsteczki ignocelulozowe w postaci arkuszy forniru, wiórów, trocin, strużyn, włókien oraz zdrewniałych cząstek roślin jednorocznych. Podziału gatunków płyt drewnopochodnych dokonuje się w zależności od rodzaju użytych do ich produkcji cząstek lignocelulozowych. Płyty wytworzone z wiórów

drzewnych nazywamy płytami wiórowymi, ze spilśnionej tkanki drzewnej – płytami pilśniowymi, natomiast wykonane z arkuszy forniru – sklejkami [7].

Sklejka jest płytą składającą się ze sklejonych ze sobą warstw drewna, przy czym włókna sąsiadujących warstw przebiegają pod kątem prostym [7]. Za właściwości użytkowe i techniczne sklejek odpowiada ich budowa warstwowa, która odznacza się wzajemnym kierunkiem ułożenia, liczbą i grubością warstw. Koncepcja produkcji sklejek polega na sklejeniu fornirów o włóknach wzajemnie prostopadłych. W ten sposób następuje rozłożenie wysokiej wytrzymałości drewna wzdłuż włókien – w obu kierunkach prostopadłych na całej płaszczyźnie sklejki. Płyta sklejkowa, dzięki swej wielowarstwowej budowie, posiada wiele zalet, które przyczyniają się do ich cennych właściwości mechanicznych i fizycznych.

Do produkcji płyt sklejkowych przeznacza się drewno o większej średnicy niż do przerobu tartaczego. Najpopularniejszymi gatunkami drewna są głównie olcha, brzoza, buk i sosna, jednak doskonale nadające się na sklejkę – klon i jawor – przerobione na okleinę dekoracyjną, dają większe korzyści ekonomiczne. Za najcenniejszy surowiec sklejkowy uważa się drewno brzozowe, drewno bukowe oraz drewno gatunków iglastych, które posiadają sporo wad i utrudniają produkcję sklejek, jak np. znacząca różnica w budowie drewna wczesnego i późnego, co powoduje uzyskanie łuszczyki o nierównej grubości.

Odpady są efektem ubocznym procesu technologicznego sklejki, w którym wyróżniamy cztery zasadnicze fazy:

- obróbkę wstępną drewna,
- pozyskanie forniru,
- sklejenie forniru,
- obróbkę wykończeniową sklejki.

Pierwsza faza procesu technologicznego, tj. obróbka wstępna, odbywa się na składzie drewna i rozpoczyna się od rozładunku dłużycy, czyli drewna okrągłego ze środków transportowych [8]. Właściwa faza obróbki wstępnej obejmuje takie czynności, jak korowanie drewna, wyrzynka drewna oraz obróbka hydrotermiczna surowca drzewnego. Korowanie wykonuje się za pomocą mechanicznych korowarek. Mają one na celu oczyszczenie dłużyc lub kłód z kory i łyka oraz z zanieczyszczeń mineralnych, które dostały się do kory. Do wstępnej operacji procesu należy również wyrzynka, dzięki której pozyskiwane są odpowiedniej długości dłużyce i kłody odpowiadające prześwitom łuszcarki, w jaką wyposażony jest dany zakład. Następnie odbywa się hydrotermiczna obróbka drewna w celu uplastycznienia drewna. Zakończenie pierwszej fazy jest przygotowaniem do dalszego przerobu, w którym surowiec stanowiący półfabrykat przechodzi do następnego etapu procesu technologicznego. Faza pozyskania forniru obejmuje takie działania, jak łuszczenie, czyli obwodowe skrawanie wyrzynków, przycinanie forniru oraz suszenie forniru. W początkowym etapie pozyskiwania forniru wyrzynek transportowany jest do skrawarki obrotowej, w której zamocowany w obrabiarce wprawiany jest w ruch obrotowy. Następnie odbywa się przycinanie forniru w celu pozyskania arkuszy o określonych formatach. Jednak nie każdy arkusz nadaje się bezpośrednio na sklejkę. Poprzez sortowanie i klasyfikację arkuszy znaleźć można forniry posiadające wady oraz niedoskonałości wynikające z anatomii budowy drewna. Naprawa mankamentów polega na usunięciu miejsc wadliwych i wstawieniu w te miejsca kawałków forniru bez wad w postaci wstawek lub klinów z drewna [7]. Wysuszony i wstępnie przygotowany fornir przygotowany jest do trzeciej fazy procesu technologicznego.

Faza sklejanie forniru obejmuje kompletowanie arkuszy i nakładanie kleju oraz sklejanie w prasach. Kompletowanie zestawów forniru polega na dobraniu i odpowiednim

ułożeniu arkuszy. Następnie masa klejowa nakładana jest obustronnie na nakładarkach kleju na co drugi arkusz forniru. Do połączenia warstw arkuszy konieczne jest sprasowanie zestawów forniru, które odbywa się przy odpowiednim ciśnieniu w prasach hydraulicznych przy temperaturze 150°C. Po sklejeniu otrzymujemy płytę sklejkową, która po przejściu ostatniej fazy – obróbki wykończeniowej – staje się gotowym produktem.

Wiele zakładów produkujących płyty drewnopochodne podczas mechanicznej obróbki drewna wytwarza znaczną ilość pozostałości poprodukcyjnych. Ubytki te w postaci odpadu drzewnego charakteryzują się rozdrobnioną formą oraz dużą powierzchnią składowania.

Do podstawowych odpadów poprodukcyjnych należą:

- kora,
- zrębki drzewne,
- trociny,
- pył,
- wióry.

Wszystkie ww. odpady są produktami ubocznymi, powstającymi podczas skrawania i frezowania różnorodnych rodzajów drewna. Wykorzystuje się je do produkcji płyt drewnopochodnych oraz jako cenne paliwo dla kotłowni spalających dany rodzaj surowca. Każdy z odpadów charakteryzuje się wieloma właściwościami fizycznymi, inną zawartością składu chemicznego, wilgotnością oraz wartością opałową. Odpady poprodukcyjne powinny być składowane na suchym, betonowym podłożu, pod otwartym po bokach dachem. Powstające w procesie produkcyjnym odpady z płyt nadal zachowują wysoką klasę higieniczności i bezpieczeństwa, a skład elementarny pozostaje taki sam, jak w materiale z którego powstały [7].

3. Forma odzysku energetycznego z odpadów drzewnych

3.1. Metody termicznego przekształcania odpadów

Z racji nadmiernej ilości produkowanych odpadów, w wielu zakładach przemysłu drzewnego stosuje się praktyki związane z procesem energetycznego odzysku tj. zastosowanie powstałego odpadu do uzyskania użytecznego materiału, substancji lub energii. Do podstawowych procesów odzysku zalicza się termiczne przekształcenie odpadów, w których istotną rolę w przemianie fizycznej lub chemicznej odpadu odgrywa ciepło [9].

Wśród stosowanych metod termicznego przekształcenia wymienia się: spalanie, pirolizę i zgazowanie. Główną zaletą tych procesów jest zdolność przekształcania odpadów w materiał bezpieczny przy znacznej redukcji masy i objętości przetworzonych odpadów. Korzystnym efektem ubocznym w metodzie termicznej jest wyzwolenie energii chemicznej z odpadów i przekształcenie jej w energię termiczną. Wykorzystanie powstającego w tym procesie strumienia ciepła odpadowego dla zaspokojenia potrzeb energetycznych oznacza redukcję zużycia nieodnawialnych paliw kopalnych [10]. Do końcowej metody termicznego przekształcania odpadów można zaliczyć spalanie, a inne metody tj. piroliza i zgazowanie stanowią etapy pośrednie – prowadzące do spalania. Proces spalania powinien być odróżniony od przebiegających równocześnie procesów pirolizy i zgazowania paliwa.

Na największą uwagę przy omawianiu metod termicznego przekształcania odpadów zasługuje proces spalania, którym nazywa się natychmiastową reakcję chemiczną powiązaną z uwolnieniem znacznych ilości ciepła i światła. Substancją biorącą zasadniczy udział w omawianym procesie jest paliwo, które składa się z części palnej i balastu

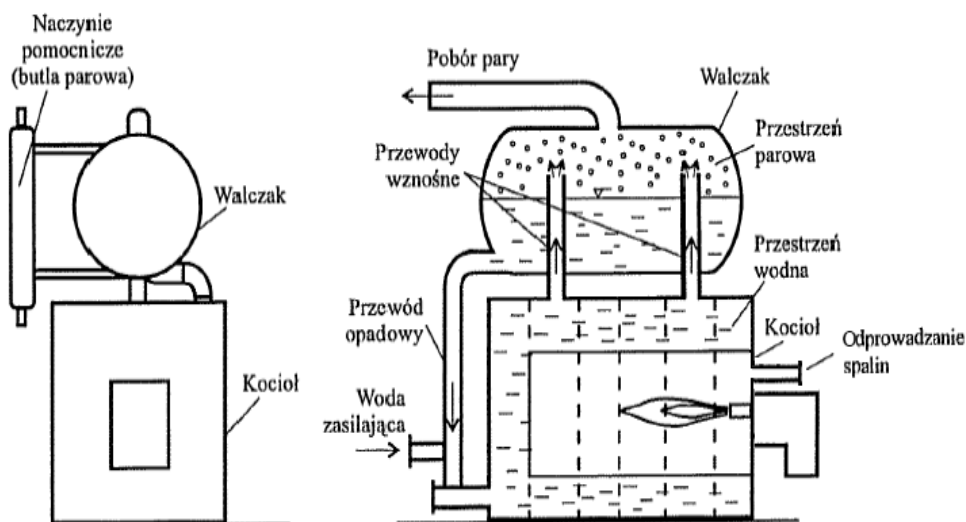
stanowiącego substancje mineralne, odpowiednią wilgotność oraz gazowe składniki niepalne, jak np. azot i dwutlenek węgla. Reakcja spalania paliwa rozpoczyna się od doprowadzenia do niego odpowiedniej ilości tlenu dostarczonego wraz z powietrzem. Substratami w tym procesie są paliwo i powietrze, a produktami spalania – spaliny i stałe pozostałości po paliwie (popiół, żużel) [11]. Proces termicznego rozkładu węglowodorów prowadzi do powstania produktów palnych, mogących stanowić paliwo gazowe [9].

Za najważniejszą informację określającą przydatność odpadu jako paliwa określa się skład chemiczny i fizyczny substancji. Poprzez analizę techniczną można określić właściwości paliw stałych. W zakres tej analizy wchodzi również wyznaczenie ciepła spalania i wartości opałowej.

Ciepłem spalania (Q_s), nazywamy ilość ciepła utraconego w komorze spalania po całkowitym spalaniu jednostkowej ilości paliwa i ochłodzeniu spalin do temperatury początkowej substratów, przy założeniu że powstająca w rezultacie spalania para wodna ulega skropleniu. Pokrewną do ciepła spalania wielkością charakteryzującą paliwo jest wartość opałowa (W_d). Definiuje się ją jako ilość ciepła uwalnianą w tym samym procesie spalania po ochłodzeniu spalin do temperatury początkowej substratów [9]. Pojawiająca się w procesie spalania para wodna może być również użyteczna.

3.2. Charakterystyka procesu spalania w kotłach parowych

Wymiennikiem ciepła, w którym energia chemiczna z doprowadzonego paliwa jest przemieniana w ciepło zawarte w parze wodnej nazywanym kotłem parowym (rys. 1). W kotle tym zachodzą procesy związane z konwersją energii.



Rys. 1. Schemat budowy kotła parowego ze stalowym walczakiem
Źródło: [12]

Spalanie paliwa odbywa się przy udziale pierwiastków palnych, takich jak: tlen – O, węgiel – C, wodór – H, siarka – S. Wzajemne reakcje utleniania tych pierwiastków nazywamy reakcjami egzotermicznymi. W wyniku tego procesu powstają gorące spaliny, które dzięki swej wysokiej temperaturze podgrzewają przestrzeń wodną całego kotła.

Odrowadzenie ciepła ze spalin powstałych w komorze paleniskowej odbywa się w przewodach wznoszących. Spaliny trafiają bezpośrednio do przestrzeni parowo – wodnej znajdującej się w walczaku, który umiejscowiony jest nad centralnym kotłem wodnorurkowym.

Odparowywanie wody występuje podczas podgrzania jej przez spaliny do temperatury wyższej niż temperatura wrzenia. Powstała para wodna w wyniku różnicy ciśnień przepływa swobodnie do odbiorników pary. Zbilansowana objętość przestrzeni parowej i wody znajdującej się w walczaku zapobiega nadmiernemu zwilgoceniu pary wodnej, jak również przedostania się wody do przewodów wznoszących i parowych. Z walczaka pełniącemu funkcję zasobnika pary, wychodzi przewód opadowy, który pozwala na naturalną cyrkulację wody między walczakiem, a kotłem centralnym [12].

Przedstawiony schemat wraz z charakterystyką procesu spalania w kotłach parowych, znajduje swoje zastosowanie w badanym przedsiębiorstwie (rys. 1).

3.2.1 Opis instalacji

Opisana instalacja służy do produkcji ciepła (2 x 5,3 MW) w postaci pary wodnej poprzez spalanie różnych gatunków drewna pochodzącego z produkcji sklejki. Składa się ona z rębaka, składowiska opału, suwnicy, dwóch linii kotłowych, komina, zbiornika kondensatu, uzdatniania wody, odgazowywacza i pomp zasilających oraz automatyki sterowniczej. Do magazynowania opału służy wiatła o powierzchni składowej 14 x 25 m, której konstrukcja stanowi również tor jezdny suwnicy podającej paliwo do kotłów. Poszczególne frakcje opału dostarczane są na składowisko przed wiatłą transportem zakładowym, a następnie przy użyciu ładowarki lub spychacza zostają wymieszane, aby opał w całej objętości był możliwie jednorodny. Do sprawnego podawania paliwa do silosów zasypowych służy suwnica, która czerpie odpady z wyznaczonego w komputerze sektora, na składowisko pod wiatłą. Składa się z dwudźwigarowego mostu jezdny, wciągarki linowej na wózku jezdny, chwytaka hydraulicznego oraz wagi określającej ilość pobranego paliwa. Znajdujące się pod wiatłą silosy zasypowe służą do odbioru paliwa od suwnicy i podawania go do podajnika. Wyposażone są w wizjery, przez które kontrolowany jest poziom zasypu. Kiedy poziom paliwa opadnie poniżej dolnej fotokomórki, suwnica otrzymuje sygnał od sternika, aby podać nowe paliwo, do chwili podniesienia poziomu do górnej fotokomórki. Do prawidłowego dozowania opału do rusztu kotłowego służą podajniki opałowe. Prędkość podawania (przesuwu podajnika) regulowana jest bezstopniowo na ekranie monitora i uzależniona jest od ciśnienia i temperatury pary w kotle. Podajniki wyposażone są w dwoje drzwi wjazdowych. Jedne drzwi umożliwiają dostęp do siłownika hydraulicznego, drugie natomiast, usytuowane w pobliżu rusztu, umożliwiają rozpalenie ognia w kotle w czasie jego uruchamiania. Bezpośrednio z podajnika opał transportowany jest do paleniska, które wykonane jest jako wolnostojąca konstrukcja stalowa, składająca się z komory spalania, czyli 4 ruchomych zespołów rusztów, zwanych również strefami spalania. Każda strefa wykonuje posuw w przód i w tył przy pomocy siłownika hydraulicznego, co umożliwia równoczesne czyszczenie powierzchni rusztowin. W wyniku tych ruchów opał jest przesuwany w komorze spalania, a następnie w postaci popiołu wyrzucany do popielnika wypełnionego wodą. Prędkość posuwu rusztu uzależniona jest od obciążenia kotła (zainstalowane są dwa kotły wodnorurkowe), który dzięki kompaktowej budowie zamontowany jest na paleniskach. Nad komorą paleniskową kotła wykonany jest szczelny ekran rurowy, przechodzący w tylnej części w konstrukcję wymiennikową 3-ciągową, z 564 sztukami płomieniówek

połączonych komorą nawrotową spalin. Całość od strony zewnętrznej jest zaizolowana warstwą wełny mineralnej i osłonięta blachą falistą. Każdy kocioł posiada dwoje drzwi umożliwiających wejście do komory paleniskowej i dokonanie wewnętrznej inspekcji ekranu rurowego kotła oraz stanu technicznego rusztu. W dolnej części kotła zamontowano ręczne zawory spustowe wody (6 sztuk) oraz dwa elektryczne zawory służące do odmulania kotła. Na części ekranowej stoi walczak parowy, w którym umieszczone są wszystkie podstawowe czujniki sterujące pracą kotła, zawory, wodowskazy, instalacja odsalania i poboru próbek wody kotłowej.

Dane techniczne dwóch kotłów parowych:

- typ VRT – 9 – SP 3
- moc cieplna 2 x 5300 kW
- wydajność pary 2 x 8000 kg/h
- zapotrzebowanie opału do 6 t/h
- ciśnienie konstrukcyjne 16 bar
- ciśnienie dopuszczalne przez UDT 13 bar
- temperatura pary 195°C
- temperatura wody zasilającej 125°C
- pojemność wodna 14 500 litrów
- ciężar kotła 35 ton

Istotną rolę w pracy kotłów odgrywa zasilanie wodne oraz system odprowadzania spalin, co polega na bezpiecznym i dokładnym kontrolowaniu wszystkich parametrów związanych z minimalizacją spalin. Ważnym aspektem jest również odprowadzanie popiołu, który spada z rusztu do przenośników wypełnionych wodą. Woda powoduje gaszenie popiołu oraz uszczelnienie stref spalania. Następnie popiół zostaje wyrzucony z pojemnika na zewnątrz kotłowni.

Opisana powyżej charakterystyka instalacji kotłowej pozwoliła na przeprowadzenie badań mających na celu analizę i weryfikację efektywności pozyskiwania energii cieplnej w postaci pary technologicznej w procesie pełnego spalania odpadów drzewnych w badanym przedsiębiorstwie.

4. Wyniki badań

4.1. Charakterystyka badanego przedsiębiorstwa

Badane przedsiębiorstwo specjalizuje się w produkcji wyrobów z drewna. Podstawowymi produktami firmy są głównie sklejki o podwyższonych właściwościach technicznych. Główną strategią przedsiębiorstwa jest umocnienie obecnej pozycji na rynku płyt drewnopochodnych, wdrażanie nowych zastosowań dla sklejki technicznej oraz ciągły i zrównoważony rozwój innowacyjności firmy.

Energetyczne urządzenia do spalania drewna oraz nowoczesne technologie dotyczące przygotowania paliwa do procesów spalania swój rozwój odnotowały już w badanym przedsiębiorstwie w drugiej połowie XX wieku. Od tego czasu w zakładach przemysłu drzewnego instalowało się w pełni zautomatyzowane paleniska opalane odpadem drzewnym.

Zainstalowanie nowoczesnych kotłów znacząco wpłynęło na wykorzystanie powstających odpadów drewna, a także na zmniejszenie zanieczyszczeń powietrza. Pełna automatyzacja procesu produkcji ciepła oraz spełnienie wymogów wszystkich norm

ochrony środowiska naturalnego są podstawowymi uwarunkowaniami postawionymi nowej inwestycji [13].

4.2. Analiza efektywności energetycznej procesu utylizacji odpadów w badanym przedsiębiorstwie

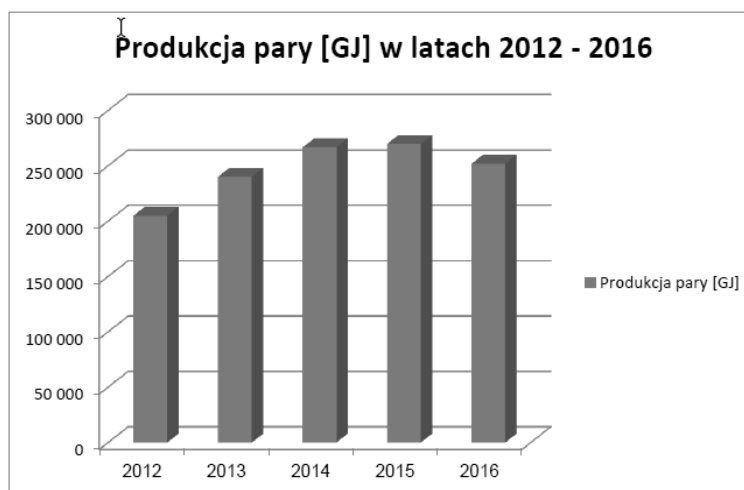
Z przeprowadzonej w firmie analizy w roku 2016 wynika, że zrębki drewna stanowiły zdecydowaną większość łącznej ilości odpadów drzewnych przekazywanych na cele energetyczne. Z ilości 8 308 995 kg przekazanego paliwa, aż 88% stanowiły zrębki. Procentowa ilość pyłów z sumy przekazanych odpadów wyniosła 6%. Pozostały rodzaj odpadu, czyli trociny i kora, stanowiły po 3% dostarczonych odpadów. Dla porównania, suma odpadów z dwóch miesięcy z najmniejszą ilością dostarczonych zrębków do kotłowni, tj. w kwietniu i w lipcu (1 093 050 kg.) była wyższa niż wspólna suma roczna pozostałych odpadów (1 075 325 kg.).

Roczna ilość wyprodukowanej pary w 2016 roku jako odzysku energetycznego z utylizowanych odpadów drzewnych wyniosła 252 008 GJ. Największą ilość wyprodukowanej pary odnotowano w miesiącu listopadzie – 23 250 GJ, a najmniejszą w miesiącu lipcu – 17 270 GJ. W skali całego roku, miesięczna średnia ilości uzyskanej energii wynosiła ok. 21 000 GJ.

Do prawidłowego przeliczenia ilości pary na energię służyły równania (1, 2) – pochodzące z danych źródłowych firmy.

$$1 \text{ GJ} = (1 / 2,78) \text{ t} \quad (1)$$

$$1 \text{ Gcal} = (1 / 1,5037) \text{ t} \quad (2)$$

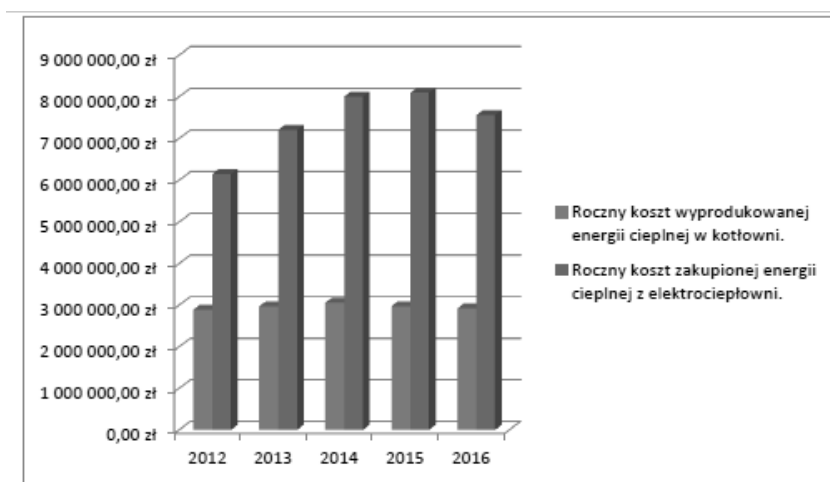


Rys. 2. Produkcja pary w latach 2012 - 2016

Na rysunku 2 porównano produkcję pary w badanym obiekcie w latach 2012 – 2016. Z danych źródłowych firmy wynika, iż najmniejszą ilość wyprodukowanej pary technologicznej odnotowano w 2012 roku i wynosiła ona 204 988 GJ, a największą w 2015 roku i była ona równa 269 857 GJ. Średnia ilość wyprodukowanej energii na przestrzeni analizowanych lat wynosiła ok. 246 800 GJ.

4.3. Efektywność procesu odzysku energii

Wyprodukowane ciepło, którego nośnikiem jest para technologiczna, przynosi wiele korzyści i możliwości do jej odpowiedniego wykorzystania. Spalanie odpadów w opisanej kotłowni, dzięki zautomatyzowanemu cyklowi sterowania i odpowiedniemu pod względem jakościowym surowcu drzewnemu, jest w pełni opłacalną inwestycją. Opłacalność tej inwestycji wynika przede wszystkim z własnej produkcji ciepła, którego wygenerowanie obniża koszty jej pozyskania w takim stopniu, że uzyskana z tego tytułu korzyść w wymiarze finansowym jest wyższa niż koszty zakupu energii ciepła. Zakup równoważnej ilości wyprodukowanej w wyniku utylizacji odpadów energii od lokalnej elektrociepłowni wiąże się z ponad 2-krotnie wyższymi nakładami finansowymi dla przedsiębiorstwa (rys. 3).

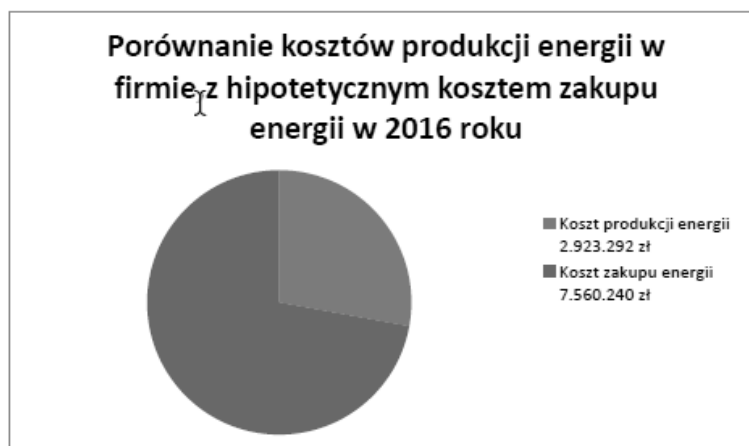


Rys. 3. Porównanie kosztów produkcji energii z hipotetycznymi kosztami zakupu energii w latach 2012 - 2016

Wykres na rysunku 4 przedstawia porównanie kosztów produkcji ciepła wyprodukowanego w badanym przedsiębiorstwie z hipotetycznymi kosztami poniesionymi na zakup ekwiwalentnej ilości energii.

Analizując dane z rys. 4 można stwierdzić, że w 2016 roku łączny koszt wyprodukowanej energii w ilości 252 008 GJ po wygenerowanej cenie 11,60 zł za 1 GJ wyniósł 2 923 292 zł. Hipotetyczny zakup tej samej ilości energii po przyjętej w firmie cenie ok. 30 zł za 1 GJ, wyniósłby 7 560 240 zł, co generowałoby ponad 2-krotnie większy nakład finansowy dla firmy.

Porównując wielkość uzyskanej pary technologicznej z wygenerowanymi kosztami produkcji, można stwierdzić, iż proces utylizacji odpadów drzewnych jest opłacalny. Para technologiczna wyprodukowana przez kotłownię wykorzystywana jest do ogrzania całego zakładu. Ciepło zużywane jest w 2/3 do celów technologicznych związanych z produkcją sklejk, a w 1/3 do ogrzania hal fabrycznych, budynków oraz pomieszczeń biurowych. Produkcja ciepła pochłania bardzo duże ilości opału, który stanowi odpad drzewny pochodzący z produkcji sklejk. W ten sposób wykorzystywany jest całkowity odpad



Rys 4. Porównanie kosztów produkcji energii z hipotetycznym kosztem zakupu energii w 2016 roku

poprodukcyjny, który jest doskonałym paliwem o wysokich właściwościach opałowych. Eliminuje się w ten sposób problem z zagospodarowaniem ubytków powstałych podczas produkcji sklejk. Oprócz odpadów drzewnych spalane są również liście kasztanowca – niszczone jest wtedy groźny szkodnik kasztanowca, a powstały podczas spalania popiół jest wykorzystywany jako nawóz dla rolników – co świadczy o pełnym recyklingu stosowanym w analizowanej kotłowni.

Zainstalowanie nowej kotłowni pozwoliło zlikwidować problem nadmiernej emisji gazów do środowiska naturalnego. Emisja gazów powstałych w procesie spalania odpadów jest szczegółowo badana i analizowana dwa razy w ciągu roku. Ponadto co jakiś czas Inspekcja Ochrony Środowiska przeprowadza niezapowiedzianą kontrolę emisji zanieczyszczeń z komina kotłowni. Pomiary emisji gazów polegają na określeniu parametrów gazów odlotowych: strumienia objętości gazów odlotowych, stężenia zanieczyszczeń pyłowych w gazach odlotowych, stężenia zanieczyszczeń gazowych w gazach odlotowych. Dla przykładu podczas kontroli w 2016 roku emisja z kotła parowego wyniosła:

- pył – 84 mg/m³ przy dopuszczalnej ilości 400 mg/m³
- dwutlenek siarki – poniżej oznaczalności przy dopuszczalnej ilości 400 mg/m³
- dwutlenek azotu – 382 mg/m³ przy dopuszczalnej ilości 400 mg/m³

Parametry te wskazują na prawidłowość w funkcjonowaniu kotłowni w aspekcie ochrony środowiska. Korzyści płynące z efektywności procesu utylizacji odpadów dają możliwość wykorzystania czynników decydujących o ich prawidłowym przebiegu do zaproponowania usprawnienia badanego procesu.

5. Wnioski

Sformułowaną hipotezę zweryfikowano pozytywnie. Dokonano analizy danych z dokumentacji firmy o rocznych kosztach produkcji ciepła porównanych ze średnimi, rzeczywistymi kosztami zakupu porównywalnej wielkości energii cieplnej z elektrociepłowni. Wynika z niej, że uzyskano efektywność procesu spalania odpadów drzewnych w badanym przedsiębiorstwie. Potwierdzono także, iż analizowany proces

spalania odpadów drzewnych jest przyjazny środowisku, wykazując w oparciu o pomiary, że emisja zanieczyszczeń do atmosfery mieści się w dopuszczalnych normach. Tym samym zrealizowano cel pracy.

Literatura

1. Kokociński W., Drewno. Pomiary właściwości fizycznych i mechanicznych, Wyd. Prodruk, Poznań 2004.
2. Surmiński J., Zarys chemii drewna, Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań 2006.
3. Rosik – Dulewska Cz., Podstawy gospodarki odpadami, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
4. Wasiaś A., Dobrzański G., Zrównoważony rozwój w przedsiębiorstwie i jego otoczeniu, Politechnika Białostocka, Białystok 2005, s. 106.
5. <https://poradnikprzedsiębiorcy.pl/-czy-wiesz-ile-wynosi-calkowity-koszt-zatrudnienia-pracownik>, data dostępu 25.08.2017
6. Hałuzo M., Musiał R., Ocena zasobów i potencjalnych możliwości pozyskania surowców dla energetyki odnawialnej w województwie pomorskim; Biuro Planowania przestrzennego w Słupsku, Słupsk 2004,
7. Fierek, M. Wnorowska, P. Borysiuk, Przewodnik po płytach drewnopochodnych. Wydanie I, Stowarzyszenie Producentów Płyt Drewnopochodnych w Polsce, Czarna Woda 2013.
8. Parczewski A., Wierzbiński A., Sadowski M., Technologia produkcji sklejk, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1969.
9. Nadziakiewicz J., Waclawiak K., Stelmach S., Procesy termiczne utylizacji odpadów, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2017.
10. Wandrasz J.W. (red.), Paliwa z odpadów, Wydawnictwo HELION, Gliwice 1998.
11. Szargut J., Termodynamika, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.
12. Mizielińska K., Olszak J., Parowe źródła ciepła, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 2008.
13. Szymanowska M., Ogrzewanie przemysłowe po skandynawsku, „Ciepło”, nr 1/32 styczeń – marzec 2006, s. 33-36.

Dr hab. inż. Waldemar BOJAR
Katedra Inżynierii Zarządzania Wydział Zarządzania UTP w Bydgoszczy
ul. Fordońska 430, 85-790 Bydgoszcz
tel. 52-3408192
e-mail:wald@utp.edu.pl

Inż. Mateusz Miedziński
tel. 692 504 333