

dr Henryk Korcz
mgr inż. Stanisław Szczepaniak

Uwagi do koncepcji bloku energetycznego opalanego biomasa, o wydajności 60t/h pary.

Jeżeli wykorzystanie biomasy przez bezpośrednie spalanie prowadzi do bezpośredniej produkcji energii elektrycznej jest to optymalny proces przetworzenia energii chemicznej biomasy w użytkową energię elektryczną.

Oczywiście, optymalny proces jest wówczas gdy przebiega przy maksymalnej sprawności termicznej procesu spalania i maksymalnej sprawności przemiany energii cieplnej nośników w energię elektryczną. W dzisiejszych czasach i najbliższej przyszłości energia elektryczna jest i będzie najszlachetniejszym i najdroższym źródłem energii. Wydaje się więc że ceny pozostałych nośników energii będą limitowane przez ceny energii elektrycznej. Nie powinno więc być obaw że ceny biomasy mogą drastycznie wzrosnąć z uwagi na wzrost cen innych rodzajów paliw. Ceny biomasy wzrosną jedynie wówczas gdy zostaną wyczerpane ich źródła lub gdy w sposób administracyjny zostaną podniesione poprzez wprowadzenie nowych, wyższych instrumentów wsparcia biomasy. Jednak jeżeli cenami energii i paliw będzie rządził rynek wówczas wzrosną ceny energii elektrycznej, które w pełni zaspokoją nowe, wyższe ceny biomasy.

Najważniejszym czynnikiem który będzie rządził rynkiem paliwowym a szczególnie rynkiem biomasy, wspomaganym zarządzeniami administracyjnymi i ekonomicznymi wszystkich państw świata będzie dążenie do stworzenia technologii przetwarzających z możliwie najwyższą sprawnością energię chemiczną paliwa w energię użytkową przy minimalnej emisji substancji szkodliwych do otoczenia przy pomocy metod „pierwotnych” zachodzących bezpośrednio podczas procesu spalania. Minimalizacja środków finansowych na „wtórna” (poza komorą spalania) likwidację produktów spalania szkodliwych dla otoczenia, będzie drugim głównym czynnikiem, który będzie decydował o wyborze technologii zastosowanych do konwersji chemicznej energii biopaliw w energię elektryczną.

Jest niewątpliwie prawdą że rynek biomasy w Polsce jest dopiero w początkowym stadium rozwoju, tym samym niesie wiele ryzyk prognostycznych, co do jego możliwości podaźowych, cen itd. Warto jednak pamiętać że na tle UE, Polska charakteryzowana jest jako kraj o bardzo wysokim potencjale – 3pozycja.. Obecnie w Polsce spala się około 2,5 mln ton biomasy w kotłach energetycznych wielkiej mocy. Z uwagi na cenę energii „zielonej” dla producentów energii jest to procedura ekonomicznie opłacalna, nie znaczy to że proces współspalania biomasy w kotłach energetycznych przebiega przy zadowalającej sprawności termodynamicznej. W obecnej chwili jeszcze żadna z elektrowni nie cierpi na brak paliwa zakwalifikowanego do OZE. Technologie spalania biomasy z wykorzystaniem palników biomasowych nie są dotychczas wystarczająco sprawdzone eksploatacyjnie. Spektrum rodzajów spalanej biomasy jest ograniczone.

W Polsce nie pracuje dotychczas żaden kocioł pyłowy o wydajności powyżej 80 t/h pary opalany pyłem biomasy. Jeżeli ktoś proponuje takie rozwiązanie to musi stwierdzić że jest to prototyp. Nie są mi znani projektanci którzy poradziliby sobie z projektem związanym z przygotowaniem pyłu biomasy – z jednego rodzaju biomasy – oraz z projektem komory spalania i kanałów konwekcyjnych kotła. Dość dużym wyzwaniem jest również omawianie kotła opalanego biomasa agro typu słoma.

Do rozważań przyjęto kocioł rusztowy opalany słomą o wydajności 50 t/h.

Przyjęto parametry pary: (str. 8)

- ciśnienie 60 bar
- temperatura 500 °C
- entalpia pary $i_p=3423$ kJ/kg

Sprawność wytwarzania energii w bloku ciepłowniczym przyjęto równą 44,01% (str. 9)

Po przeprowadzonej analizie jako najkorzystniejszy przyjęto wariant:

- TC-E20MW, blok z turbiną ciepłowniczo kondensacyjną o maksymalnej mocy elektrycznej nie większej jak 20 MW
- TC-E10MW, blok z turbiną ciepłowniczo kondensacyjną o nominalnej mocy elektrycznej

nie większej jak 10MW z kotłami opalonymi zrębkami i słomą (str. 11).

Średnia wartość opałowa słomy wynosi $Q_i \approx 10000$ kJ/kg przy wilgotności $W^r \approx 40$ %. Ilość ciepła konieczna do wytworzenia 50t/h pary o ciśnieniu 60bar i temp 500°C wynosi:

$$Q_C = D_p \times l_p = 50000[\text{kg/h}] \times 3423[\text{kJ/kg}] = 171.150.000 \text{ kJ/h}$$

Ilość biomasy w postaci słomy lub zrębków która jest niezbędna do wytworzenia 50t/h pary przy sprawności kotła $\eta_K = 85\%$

$$Q_{CK} = Q_C / \eta_K = 171.150.000 / 0,85 = 201352,941 \text{ kJ/h}$$

Ilość biomasy koniecznej do spalenia aby uzyskać wymaganą moc kotła

$$B_p = Q_{CK} / Q_i = 201352,941 / 10000 = 20.135 \text{ kg/h} \approx 20 \text{ t/h}$$

Dla kotła o wydajności pary $D_p \approx 50 \text{ t/h}$, o ciśnieniu $p = 60 \text{ bar}$ i temperaturze $t_p = 500^\circ \text{C}$ niezbędne jest spalanie około 20 t/h biomasy. Moc w parze wylotowej z kotła wynosi około 47,54 MWh. Moc użytkowa uzyskana w elektrociepłowni z układem ciepłowniczo-kondensacyjnym wynosi 44,01% co stanowi:

$$N_{\text{uzyt}} = N_{\text{par}} \times \eta_{C-K} = 47,54 \times 0,4401 = 20,92 \text{ MWh}$$

Można więc przyjąć z dużym uproszczeniem że jest to przypadek bloku z turbiną ciepłowniczo-kondensacyjną TCK-E10MW.

Z powyższego widać że zapotrzebowanie na biomasę pochodzącą ze słomy lub zrębków jest znacznie większe jak to co zostało przedstawione na str. 15. Zapotrzebowanie słomy przy pracy jednego kotła dla wytworzenia energii elektrycznej o mocy 10MW jest znacznie większe i nie wynosi 8,5 t/h biomasy. W związku z powyższym nie jest również prawdziwa objętość strefy gromadzenia bel słomy. Powierzchnia magazynowania w rzeczywistości będzie o kilkadziesiąt procent większa niż ta co przedstawiono na str. 15.

Na str. 16 użyte jest sformułowanie „nieodpowiednia słoma” - nie wiadomo co to ma znaczyć, gdyż do termicznej utylizacji najlepsza jest słoma tzw „szara”, która dłużej leżakowała na polu i posiada mniej zanieczyszczeń metalami alkaicznymi.

Nie ma nic powiedziane o sposobie zabezpieczania przed cofaniem się płomienia w układzie podawania bel słomy. Nie wiem jak skuteczny jest podajnik w tłumieniu pożaru zamknięcie ogniowe musi być na tyle skuteczne aby natychmiast odciąć przestrzeń palącej się słomy od reszty układu podającego.. Nie jestem pewny czy podajnik celkowy jest w tym przypadku całkowicie skuteczny (str. 19).

Rozdrobnienie, transport i podawanie słomy do kotła jest problemem bardzo utrudniającym spalanie, szczególnie w kotłach dużej mocy (str. 20). Najbardziej przydatne do tego celu mogą być ruszty wibracyjne. Prawdziwe jest stwierdzenie że cieplne obciążenie objętościowe komory paleniskowej powinno być bardzo niskie, a podział na powierzchni ogrzewalnych drugiego ciągu powinien być znacznie większy od podziałek konwencjonalnych (węglowych). W związku z czym gabaryty kotła będą znacznie większe niż gabaryty kotłów o podobnej mocy lecz opalanych paliwami konwencjonalnymi.

Sprzeciw związany z tzw . „jakością słomy” nie należy stawiać jako pierwszoplanowy ponieważ przy właściwym doborze konstrukcji komory paleniskowej nie będzie to czynnik decydujący. Jest oczywistym że komora paleniskowa musi być wykonana ze ścian ekranowanych, chłodzonych wodą, które stanowią parownik kotła. Kłopotliwy w eksploatacji jest natomiast ruszt chłodzony wodą. Należy więc zaproponować rozwiązanie technologiczne które

wyeliminowałyby, spalanie słomy na ruszcie chłodzonym wodą (str. 25). Odpylanie spalin powinno być dwustopniowe w układzie multicyklon-filtr workowy. Ze względu na strukturę fizyczną popiołu biomasy oraz jego własności fizykochemiczne elektrofiltr nie spełni do końca swoich zadań, a bezpośrednio skierowanie spalin do filtra workowego powoduje jego szybkie zasypanie i zwiększenie oporów przepływu uniemożliwiające jego pracę. Wstępna separacja w multicyklonie, a następnie doczyszczanie w filtrze workowym jest optymalnym procesem odpylania spalin pochodzących ze spalania biomasy (str. 26).

Odprowadzanie mokre popiołu doszczelni kocioł, lecz powoduje dość znaczne kłopoty ze strukturą popiołu. Popiół traci wiele swoich zalet (str. 27).

Kocioł rusztowy produkcji „Rafako” opalany zrębkami dobrze spełnia swoje zadanie spalania zawilgoconej biomasy. Gwarantowana zawartość NO_x nie powinna być uzależniona od zawartości N w Paliwie $< 0,29\%$ (str. 48). NO_x w spalinach sąbowiem głównie z powodu powstawania termicznych NO_x z N_2 pochodzącego z powietrza. Zawartość N paliwowego nie ma decydującego wpływu na wielkość emisji NO_x w spalinach. Głównie wpływ powstawanie NO_x ma temperatura spalania i liczba nadmiaru powietrza (λ).

Kocioł z rusztem schodkowym nie daje możliwości ograniczenia emisji substancji szkodliwych metodami „pierwotnymi” zachodzącymi w trakcie procesu odgazowania i spalania produktów termicznego rozpadu. Ograniczenie emisji tlenków siarki, tlenków azotu oraz lotnego popiołu jest niemożliwe w komorze kotła w trakcie spalania. Likwidacja wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń gazowych w spalinach jest możliwa jedynie na zewnątrz kotła tzw. metodami wtórnymi, które znacznie podrażają koszty eksploatacji. Następnym mankamentem kotłów rusztowych jest ograniczenie zakresu zmian własności fizykochemicznych biomasy w trakcie spalania. W trakcie spalania muszą być zachowane zarówno rozmiary geometryczne jak i struktura fizyczna spalanej biomasy zgodnie z założeniami projektowymi. Kolejnym utrudnieniem jest pozyskany popiół, który często posiada zawartość części palnych, powyżej 5%, co powoduje że staje się odpadem przeznaczonym do utylizacji a nie do wykorzystania materiałowego.

Kondensacja spalin

W prosty sposób nie można przenosić problemów związanych z temperaturą nasycenia spalin i zawartością wilgoci w paliwie. Wynika to z faktu że część wilgoci wydzielonej w fazie suszenia paliwa, bierze udział w reformingu węglowodorów w wyniku czego powstaje CO_2 . Jest to jednak skomplikowany problem i nie wiadomo w jakim zakresie opłacalny jest proces odzysku ciepła zawartego w parze wodnej. Proces odzysku ciepła w UKS w małych kotłach energetycznych bez udziału chemicznego oczyszczania spalin w wielu przypadkach sprawdził się, na ile jest to możliwe w dużych kotłach, należy sprawdzić doświadczalnie w warunkach normalnej eksploatacji. Należy również dokładnie sprawdzić opłacalność kosztów oczyszczania kondensatu z zawartych związków fenolowych, siarczków itd.

Suszenie wstępne

Opary powstałe w procesie suszenia są odpadem które muszą być poddane procesowi utylizacji. Powstaje problem ze sposobem utylizacji. Wstępne suszenie biomasy nie jest rozwiązaniem optymalnym z punktu widzenia ochrony środowiska i z punktu widzenia sprawności termodynamicznej konwersji energii.