

Analiza potencjalnych zagrożeń pożarowych podczas współmielenia biomasy i węgla dla procesów ich bezpośredniego współspalania

Marcin KOPCZYŃSKI, Krzysztof GŁÓD, Jarosław ZUWAŁA - Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2011, 65, 6, 580-589

Wprowadzenie

Obecnie w ponad 40. obiektach energetycznych w Polsce realizowany jest proces współspalania biomasy z paliwami konwencjonalnymi (węglem kamiennym bądź brunatnym). Najpopularniejszą technologią współspalania biomasy jest współspalanie bezpośrednie w istniejących układach kotłowych i fluidalnych [1]. Niestety, wprowadzanie biomasy do zaprojektowanych na węgiel układów przygotowania paliwa (wyposażonych w młyny węglowe) do kotłów pyłowych może spowodować wiele problemów eksploatacyjnych (m.in. zapłony mieszanek węgiel-biomasa) [2]. Współmielenie mieszanki węgla z biomasą może powodować inne, niż w przypadku paliwa podstawowego, zagrożenia, które związane są odmiennymi właściwościami biomasy.

Odnotowane przez operatorów urządzeń energetycznych problemy związane z występowaniem częstszych zapłonów podczas mielenia mieszanki biomasa-węgiel, w porównaniu do samego węgla, stanowiły przesłankę do podjęcia badań identyfikujących źródło tych zapłonów. Rozpoznanie zjawisk zwiększających ryzyko wystąpienia zapłonów podczas współmielenia umożliwi opracowanie eksploatacyjnych procedur technologicznych, mających na celu podniesienie bezpieczeństwa pracy.

Zagrożenia wynikające ze współmielenia węgla z podwyższonym udziałem biomasy można zakwalifikować do dwóch podstawowych rodzajów zagrożeń – gazowych oraz pyłowych. Niniejszy artykuł obejmuje badania związane z gazowymi zagrożeniami pożarowymi.

Z uwagi na fakt, że biomasa charakteryzuje się niższymi temperaturami rozkładu w porównaniu z węglem, a do układu młynowego podaje się powietrze, które w skrajnych przypadkach może mieć temperaturę nawet ok. 300°C, w młynie mogą zachodzić procesy pirolizy lub zgazowania, w wyniku których może dochodzić do destrukcji stałych cząstek biomasy z wytworzeniem związków gazowych. Podczas tych procesów mogą tworzyć się gazy palne, m.in.: tlenek węgla (CO), wodór (H₂), metan (CH₄), etan (C₂H₆), etylen (C₂H₄), propan (C₃H₈), propylen (C₃H₆) i inne [3, 4].

Jeden z materiałów budulcowych biomasy, jakim jest hemiceluloza, ulega degradacji w temperaturach poniżej 300°C [4, 5]. Podczas procesu termicznej konwersji biomasy w atmosferze powietrza w gazach procesowych odnotowano obecność tlenku węgla i metanu już w temperaturze procesu 190°C [6].

Autorzy badający proces toryfikacji biomasy drzewnej (brzozy), czyli termicznej destrukcji w środowisku obojętnym, w gazach procesowych, stwierdzili obecność palnych gazów. Autorzy odnotowali stężenie CO na poziomie 14% obj. oraz CH₄ na poziomie 0,1% obj. w produktach gazowych uzyskanych w procesie toryfikacji w 230°C [7]. Inni autorzy, również w procesie toryfikacji brzozy w temperaturze 230 °C w produktach gazowych, stwierdzili obecność CO na poziomie 18% obj. oraz CH₄ na poziomie 0,1% obj. [8]. W obydwóch przypadkach odnotowane stężenie tlenku węgla w produktach toryfikacji przekraczało jego dolną granicę wybuchowości, która wynosi w powietrzu 12,5% obj. (tab. 1).

Wydzielające się w procesie termicznej destrukcji biomasy gazy mogą stworzyć atmosferę wybuchową, a w konsekwencji spowodo-

wać wystąpienie zagrożeń pożarowych. Zakres stężeń składników palnych w mieszaninie z powietrzem, w którym może nastąpić zapłon określają dwie granice [9]:

- DGW – dolna granica wybuchowości, jest to najniższe stężenie gazu lub pary w powietrzu, poniżej którego nie jest możliwy zapłon mieszaniny pod wpływem czynnika inicjującego i dalsze samoczynne rozprzestrzenianie płomienia w określonych warunkach (nie może powstać gazowa atmosfera wybuchowa)
- GGW – górna granica wybuchowości, jest to najwyższe stężenie gazu lub pary w powietrzu, powyżej którego nie jest możliwy zapłon mieszaniny pod wpływem czynnika inicjującego i dalsze samoczynne rozprzestrzenianie płomienia w określonych warunkach badania.

Granice wybuchowości (palności, zapłonu) są charakterystycznymi cechami mieszanin palnych. Poza tymi granicznymi stężeniami składników palnych w mieszaninie z powietrzem (utleniaczem), zapłon mieszaniny nie nastąpi nawet, jeśli źródło zapłonu będzie miało nieskończonej wielką energię. W tabeli 1 przedstawiono wartości stężeń, przy których występują granice wybuchowości.

Tablica 1

Stężeniowe granice wybuchowości oraz gęstość wybranych gazów [10]

Nazwa gazu	Wzór chemiczny	DGW, % obj.	GGW, % obj.	Gęstość ¹ , kg/m ³
Tlenek węgla	CO	12,5	75	1,250
Siarkowodór	H ₂ S	4,3	45	1,539
Wodór	H ₂	4	75,6	0,089
Metan	CH ₄	5	15	0,717
Etan	C ₂ H ₆	3	15,5	1,356
Etylen	C ₂ H ₄	2,7	3,4	1,260
Acetylen	C ₂ H ₂	2,4	83	1,170
Propan	C ₃ H ₈	1,2	7,4	2,003
Propylen	C ₃ H ₆	2	11,1	1,915
Butan	C ₄ H ₁₀	1,5	8,5	2,70
Powietrze		-	-	1,292

¹ – gęstość określona w warunkach normalnych

Część eksperymentalna

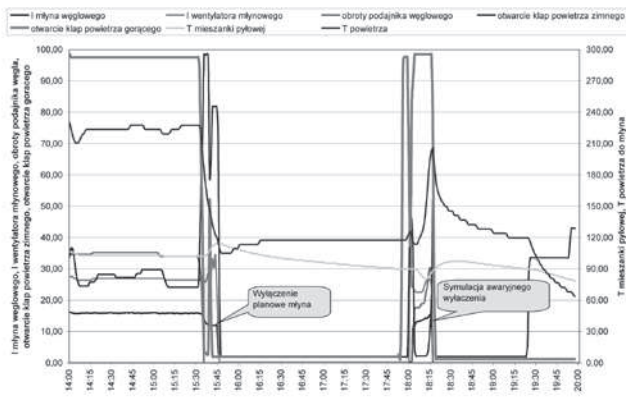
Badania przemysłowe przeprowadzono w krajowej elektrociepłowni, która realizuje proces współspalania węgla i biomasy, z wykorzystaniem istniejącej instalacji młynowej w trakcie testów spalania węgla oraz mieszanek węgla i różnych rodzajów biomasy. Substancją mieloną był węgiel kamienny oraz mieszanki węgla z 15% udziałem wagowym peletów z trocin drzewnych lub peletów z łusek słonecznika. Badania miały na celu identyfikację gazowych związków palnych mogących wydzielać się podczas procesu mielenia paliwa młynie kulowym.

Skład atmosfery gazowej występującej wewnątrz układu młynowego określano podczas następujących charakterystycznych stanów pracy młyna:

- stabilna praca zespołu młynowego – praca ciągła młyna z maksymalną możliwą wydajnością
- odstawienie (wyłączenie) planowe młyna wg procedur elektrociepłowni
- postój młyna „pustego” wyłączzonego wg procedur elektrociepłowni
- załączenie młyna wg procedur elektrociepłowni
- symulowane awaryjne, wyłączenie młyna (poprzez wyłączenie w trakcie pracy wentylatora młynowego) z pozostawieniem paliwa w młynie
- postój młyna z zalegającym paliwem.

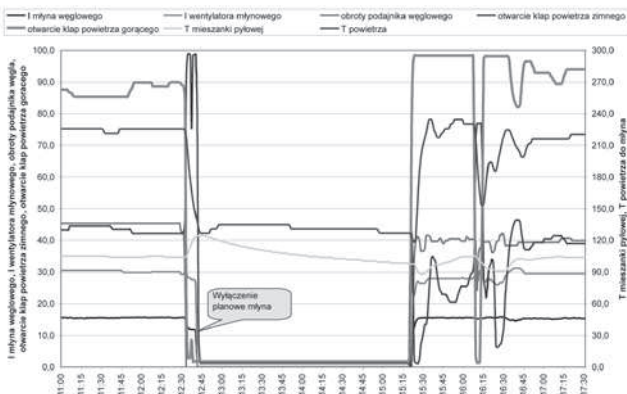
Wyłączanie młyna wg obowiązujących w elektrociepłowni procedur oraz symulowane awaryjne wyłączenie młyna, prowadzone było w dwóch wariantach, z zastosowaniem i bez zastosowania tzw. parowania młyna.

Na rysunkach 1 ÷ 5 przedstawiono przebiegi charakterystycznych parametrów młyna podczas prowadzonych badań.

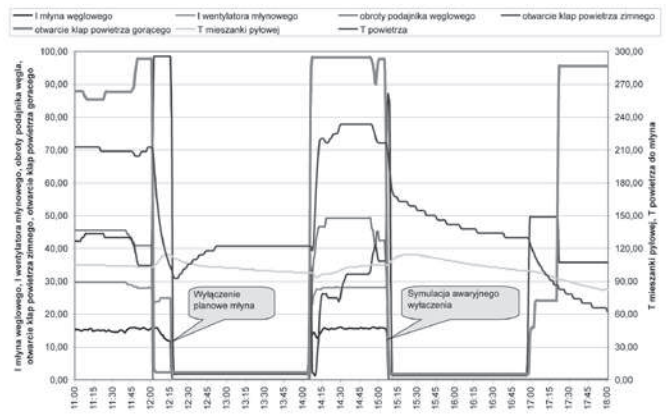


Rys. 1. Przebiegi parametrów młyna MW2 w trakcie badań na węglu

Na rysunkach 1 ÷ 3 przedstawiono parametry pracy młyna podczas charakterystycznych stanów, bez użycia instalacji parogazzenia przy jego wyłączeniu. Podczas planowego wyłączenia zatrzymano podawanie węgla do młyna w celu opróżnienia go z resztek mielniwa oraz wychłodzenia jego elementów. Realizację wychładzania młyna przeprowadzono poprzez zamknięcie klap powietrza gorącego, przy równoczesnym całkowitym otwarciu klap powietrza zimnego – temperatura powietrza podawanego obniżona została z 220°C do blisko 120°C. W trakcie wyłączenia (poprzez zasymulowanie awarii wentylatora) młyn został zatrzymany z pozostającym w środku niezmielonym paliwem. Klapy na powietrzu zimnym oraz gorącym zostały wówczas zamknięte. W tym czasie zaobserwowano wzrost temperatury mieszanki pyło-powietrznej; dopiero po 15 min. odnotowano jej spadek.



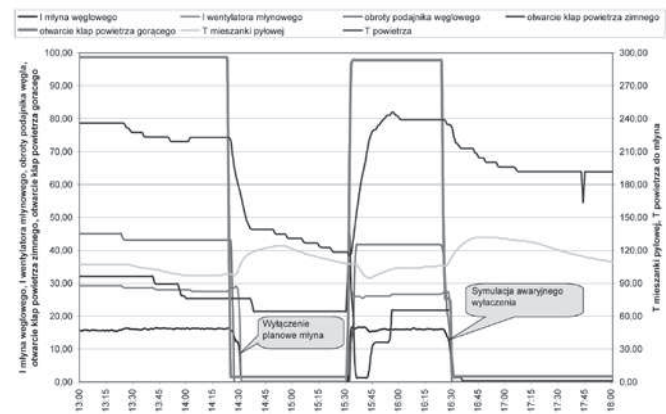
Rys. 2. Przebiegi parametrów młyna MW2 w trakcie prób na mieszance węgla i 15% pelet z łuski słonecznika (bez użycia instalacji parogazzenia)



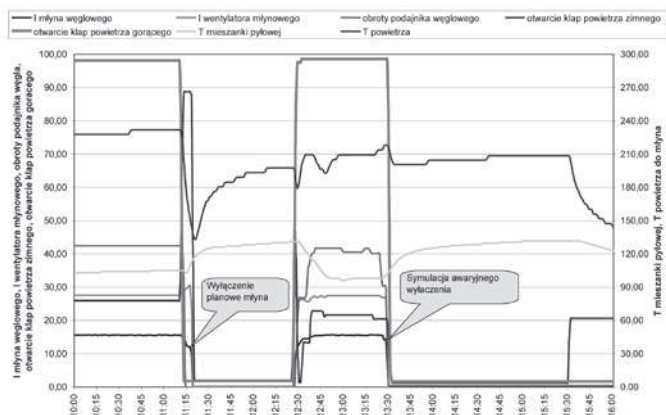
Rys. 3. Przebiegi parametrów młyna MW2 w trakcie prób na mieszance węgla i 15% pelet z trocin drzewnych (bez użycia instalacji parogazzenia)

Na rysunkach 4 ÷ 5 przedstawiono parametry młyna podczas charakterystycznych stanów pracy, z użyciem instalacji parogazzenia przy jego wyłączeniu.

Wyłączenia te odbywały się analogicznie jak opisano wcześniej, jednakże w końcowym etapie planowanego wyłączenia lub po awaryjnym zatrzymaniu młyna, do środka podawano parę w celu zneutralizowania atmosfery tlenowej oraz „wydmuchania” zalegającego paliwa.

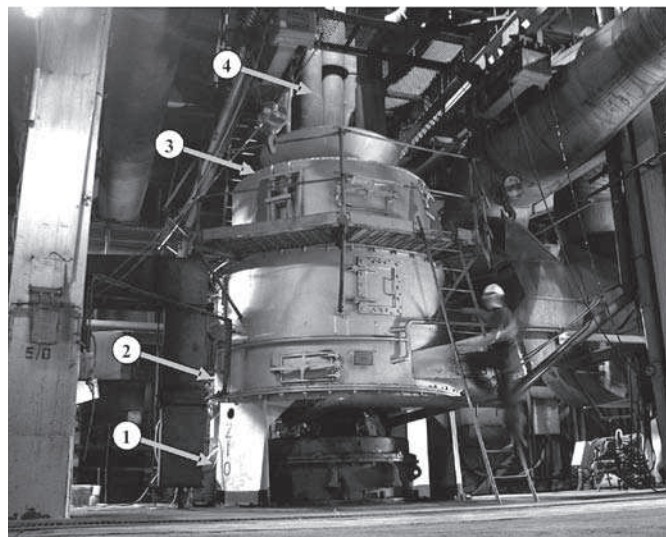


Rys. 4. Przebiegi parametrów młyna MW2 w trakcie prób na mieszance węgla i 15% pelet z trocin drzewnych (z użyciem instalacji parogazzenia)



Rys. 5. Przebiegi parametrów młyna MW2 w trakcie prób na mieszance węgla i 15% pelet z łuski słonecznika (z użyciem instalacji parogazzenia)

Pobieranie próbek gazów w trakcie badań wykonywano w czterech punktach pomiarowych (trzy zlokalizowane wewnątrz komory młyna oraz jeden wewnątrz pyłoprzewodu), których rozmieszczenie przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w układzie młynowym podczas badań (1 – komora pirtowa, 2 – przestrzeń wygarniaka, bezpośrednio pod kulami, 3 – górna przestrzeń, odsiewacz, 4 – jeden z czterech pyłoprzewodów)

Do analizy składu chemicznego pobieranych gazów wykorzystano technikę mikrochromatografii gazowej *on-line* (μ GC), wykorzystując mikrochromatograf „Varian GC4900”. Pobieranie próbek gazów prowadzono w sposób ciągły za pomocą pompy aspiracyjnej, natomiast analiza składu gazu, za pomocą μ GC, prowadzona była w odstępach 5-minutowych, kolejno z każdego punktu.

Omówienie wyników badań

Analiza jakościowa i ilościowa atmosfery gazowej w młynie węglowym – Praca ustalona młyna

Podczas stabilnej pracy ciągłej układu młynowego, próbki gazów pobierano ze wszystkich miejsc pomiarowych (rys. 6). W każdym z nich próbkę gazów pobierano pięciokrotnie. W tabelicy 2 przedstawiono uśrednione wyniki analizy chemicznej składu gazu dla poszczególnych mieszanek paliwowych.

Uzyskane za pomocą analizy chromatograficznej wyniki badań wskazują, że podczas stabilnej pracy młyna, skład chemiczny atmosfery gazowej panującej we wszystkich miejscach poboru zbliżony był do składu chemicznego powietrza.

Tabela 2

Średni skład chemiczny w trakcie stabilnej pracy młyna

Skład gazowy	Rodzaj paliwa / Średnie stężenie oznaczanych związków, %obj.																			
	Węgiel				Węgiel + łuski słonecznika ¹				Węgiel + łuski słonecznika ²				Węgiel + trociny ¹				Węgiel + trociny ²			
Nr pkt. Pomiar.	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
O ₂	20,22	20,26	20,38	20,31	20,81	20,41	20,81	20,13	20,23	20,42	20,18	20,35	20,43	20,13	20,25	20,35	20,41	20,35	20,12	20,16
N ₂	77,21	77,32	77,04	77,09	77,08	77,15	77,64	77,72	77,13	77,13	76,88	77,19	77,55	77,24	77,10	77,33	77,24	77,25	77,64	77,43
CO ₂	0,16	0,18	0,12	0,11	0,13	0,16	0,14	0,17	0,13	0,16	0,14	0,17	0,16	0,18	0,12	0,11	0,16	0,18	0,12	0,11
H ₂								Ślady ³					Ślady ³							
CH ₄				Ślady ³				Ślady ³					Ślady ³			Ślady ³				Ślady ³

¹ – testy, w trakcie których niestosowano parowania młyna, ² – testy, w trakcie których stosowano parowanie młyna, ³ – stężenia na poziomie kilkudziesięciu ppm

W trakcie realizacji badań podczas stabilnej pracy młyna, w świetle pyłoprzewodu (punkt pomiarowy nr 4) oznaczono śladowe ilości metanu (dla wszystkich paliw) oraz wodoru (dla mieszanki węgla i łuski słonecznika), których stężenia kształtowały się na poziomie kilkudziesięciu ppm.

Analiza jakościowa i ilościowa atmosfery gazowej w młynie węglowym – Planowe wyłączenie i postój młyna

Badania składu chemicznego atmosfery gazowej we wnętrzu młyna podczas jego wyłączania prowadzono w dwóch wariantach. Pierwszym, było wyłączenie młyna wg procedur wewnętrznych elektrociepłowni z zastosowaniem tzw. parogaszania, w drugim wariantcie parogaszania nie stosowano. Ze względu na szybkie zmiany parametrów panujących w młynie podczas jego wyłączania, gaz do analizy chromatograficznej pobierano wyłącznie z pyłoprzewodu (punkt nr 4, rys. 6). Z uwagi na przepływ powietrza przez instalację młynową, pyłoprzewód uznano za miejsce reprezentacyjne, w którym można oznaczyć skład gazów opuszczających młyn. Analiza jakościowa i ilościowa próbek gazów pobranych ze światła pyłoprzewodu podczas wyłączania młyna wykazała, że w obydwu wariantach skład chemiczny pobranych gazów był identyczny za składem powietrza atmosferycznego.

Po zatrzymaniu się młyna gaz próbkowano we wszystkich punktach pomiarowych (rys. 6) w odstępach 20-minutowych przez okres ok. 2 godzin. Miało to na celu sprawdzenie, czy paliwo zalegające w młynie po wcześniejszym wysuszeniu ulega odgazowaniu. Istnieje możliwość pozostania paliwa w młynie podczas jego wyłączania, a niektóre jego elementy mogą być rozgrzane nawet do temperatury ok. 230°C.

W tabelicy 3 przedstawiono wyniki analizy chromatograficznej składu gazu dla poszczególnych mieszanek paliwowych.

Wyniki analizy chromatograficznej wykazały, że podczas postoju młyna wyłączonego wg procedur obowiązujących w elektrociepłowni nie stwierdzono obecności palnych związków gazowych. Stosując parowanie młyna, jak i bez parowania, skład chemiczny atmosfery gazowej panującej we wszystkich miejscach pobierania gazów zbliżony był do składu chemicznego powietrza.

Tabela 3

Skład chemiczny atmosfery w trakcie wyłączenia młyna

Skład gazowy	Rodzaj paliwa / Średnie stężenie oznaczanych związków, %obj.																			
	Węgiel				Węgiel + łuski słonecznika ¹				Węgiel + łuski słonecznika ²				Węgiel + trociny ¹				Węgiel + trociny ²			
Nr pkt. pomiar.	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
O ₂	20,26	20,38	20,31	20,43	20,13	20,25	19,81	20,13	20,13	20,42	20,38	20,31	20,25	20,13	20,41	20,81	20,25	20,13	20,25	19,81
N ₂	77,32	77,04	77,09	77,24	77,10	77,33	77,64	77,10	76,87	76,7	76,88	77,02	77,33	77,10	77,15	77,64	76,87	76,64	76,89	77,11
CO ₂	0,12	0,11	0,13	0,16	0,11	0,12	0,13	0,17	0,16	0,16	0,13	0,16	0,16	0,12	0,16	0,12	0,12	0,16	0,16	0,14

¹ – testy, w trakcie których niestosowano parowania młyna, ² – testy, w trakcie których stosowano parowanie młyna

Analiza jakościowa i ilościowa atmosfery gazowej w młynie węglowym – załączenie układu młynowego

Włączenie układu młynowego przeprowadzono wg procedur wewnętrznych elektrociepłowni. Ze względu na ograniczony czas i szyb-

ko zmieniające się parametry młyna, podczas załączania układu młynowego badano wyłącznie skład atmosfery gazowej panującej w świetle pyłoprzewodu (punkt nr 4, rys. 6) – analogicznie jak w przypadku wyłączenia młyna.

W tabelicy 4 przedstawiono wyniki analizy chemicznej składu gazu dla poszczególnych mieszanek paliwowych.

Wykonano dwa kolejne próbkowania gazów. Pierwsze, po otwarciu kierownicy wentylatora młynowego (próbka I), w celu wymuszenia niewielkiego przepływu powietrza przez młyn i sprawdzenia, czy podczas jego postoju nie nagromadziły się palne substancje gazowe. Drugie, po uruchomieniu wentylatora młynowego (próbka II), w celu sprawdzenia czy dawka „świeżego” powietrza wpłynie na zachowanie się pozostałości paliwa (niewielkie ilości paliwa mogły pozostać w młynie podczas jego wyłączenia).

Tablica 4

Skład chemiczny atmosfery gazowej w trakcie uruchamiania młyna

Skład. gazowy	Rodzaj paliwa / Nr nastrzyku na μGC / Stężenie oznaczanych związków, % obj.									
	Węgiel		Węgiel + łuski słonecznika ¹		Węgiel + łuski słonecznika ²		Węgiel + trociny ¹		Węgiel + trociny ²	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
O ₂	20,38	20,81	20,13	20,35	20,32	20,55	20,42	20,52	20,61	20,65
N ₂	77,04	77,64	77,10	77,64	77,64	77,24	77,75	77,05	77,24	77,51
CO ₂	0,10	0,08	0,13	0,06	0,12	0,11	0,14	0,07	0,16	0,08

¹ – testy, w trakcie których nie stosowano parowania młyna, ² – testy, w trakcie których stosowano parowanie młyna

Wyniki analizy chromatograficznej wskazują, iż podczas uruchamiania młyna, skład chemiczny atmosfery panującej w pyłoprzewodzie zbliżony był do składu chemicznego powietrza. Jednak można zauważyć tutaj pewną prawidłowość, mianowicie po uruchomieniu wentylatora młynowego (próbka II), moment wiążący się z dostarczeniem dużej dawki powietrza do młyna, zawartość tlenu nieznacznie wzrasta w porównaniu z atmosferą w młynie przy otwartych tylko klapach na kanale powietrza (próbka I).

Analiza jakościowa i ilościowa atmosfery gazowej w młynie węglowym – awaryjne wyłączenie i postój układu młynowego

Analogicznie jak podczas wcześniejszych stanów pracy młyna (załączenie oraz wyłączenie planowe) w czasie jego zatrzymywania, gaz pobierano wyłącznie ze światła pyłoprzewodu (punkt nr 4, rys. 6). Analiza jakościowa i ilościowa pobranych próbek gazów wykazała, że zarówno w przypadku stosowania, jak i bez stosowania parowania, skład chemiczny pobranych gazów był identyczny ze składem chemicznym powietrza atmosferycznego.

Wyłączenie młyna symulujące awarię wykonano wyłączając wentylator młynowy, w wyniku czego w młynie pozostało paliwo. Identyfikacyjnie jak podczas testów wyłączenia młyna wg procedur elektrociepłowni, po zatrzymaniu się młyna gaz próbkowano we wszystkich punktach pomiarowych w ostępach 20-minutowych przez okres ok. 2 godzin. Miało to na celu sprawdzenie, czy paliwo zalegające w młynie po wcześniejszym wysuszeniu ulega odgazowaniu.

Badania prowadzono stosując parowanie młyna w trakcie jego odstawiania, jak również bez stosowania parowania. W tabelicy 5 przedstawiono wyniki analizy chemicznej składu gazu dla poszczególnych mieszanek paliwowych.

Tablica 5

Średni skład chemiczny w trakcie awaryjnego wyłączenia układu

Skład. gazowy	Rodzaj paliwa / Średnie stężenie oznaczanych związków, % obj.																			
	Węgiel				Węgiel + łuski słonecznika ¹				Węgiel + łuski słonecznika ²				Węgiel + trociny ¹				Węgiel + trociny ²			
Nr pkt. pomiar.	I	2	3	4	I	2	3	4	I	2	3	4	I	2	3	4	I	2	3	4
O ₂	20,81	20,13	20,43	20,25	20,13	20,25	19,81	20,41	20,41	20,25	19,81	20,13	20,81	20,13	20,25	20,43	20,13	20,42	20,25	20,35
N ₂	77,64	77,72	77,24	77,33	77,10	77,33	74,64	77,24	77,33	76,88	77,02	76,97	77,33	77,10	77,10	77,33	76,87	76,7	77,24	77,10
CO ₂	0,18	0,12	0,12	0,11	0,13	0,16	0,18	0,12	0,13	0,13	0,16	0,11	0,11	0,11	0,13	0,12	0,16	0,18	0,12	0,11

¹ – testy, w trakcie których nie stosowano parowania młyna, ² – testy, w trakcie których stosowano parowanie młyna

Wyniki analizy chromatograficznej wskazują, iż podczas symulowanego awaryjnego wyłączenia młyna, skład chemiczny atmosfery panującej we wszystkich miejscach poboru nie odbiegał znacząco od składu chemicznego powietrza atmosferycznego.

Podsumowanie

Badania atmosfery gazowej panującej wewnątrz młyna węglowego oraz w pyłoprzewodzie prowadzono podczas charakterystycznych stanów pracy młyna, takich jak: stabilna praca młyna, w trakcie włączania planowego młyna oraz w czasie postoju (wyłączony wentylator młynowy, zamknięte kierownice), w trakcie załączenia i podczas wymuszonego awaryjnego wyłączenia młyna (z zasypnym paliwem).

W trakcie trwania badań, wewnątrz młyna stwierdzono obecność tylko związków gazowych zawartych w powietrzu (tlen, azot, ditlenek węgla). W czasie ruchu, podczas stabilnej pracy młyna, pomiary składu chemicznego atmosfery w badanym pyłoprzewodzie wykazały obecność głównie związków gazowych zawartych w powietrzu. Jednak odnotowano niewielkie stężenia metanu podczas stosowania węgla i mieszanki węgla z biomasą drzewną oraz metanu i wodoru podczas stosowania mieszanki węgla i łusek słonecznika (rzędu kilkudziesięciu ppm).

Wnioski

Zagrożenia gazowe wynikają z obecności gazów palnych, mogących wydzielać się pod wpływem termicznej destrukcji paliwa, a ich odpowiednie stężenia mogą powodować zapłon i w następstwie wybuch.

Zagrożenia wynikające z możliwości zapłonu gazów w przypadku współmielenia mieszanek węgla z biomasą, mogą wystąpić głównie w stanach nieustalonych, tj. wyłączeniu awaryjnym, wyłączeniu planowym oraz załączeniu. Mimo że w trakcie badań podczas wymienionych stanów, nie odnotowano żadnych palnych składników gazowych we wnętrzu układu młynowego, to – jak wynika z danych

literaturowych - zalegająca na wygrzanych elementach młyna biomasa może ulegać rozkładowi z wytworzeniem gazów palnych [4 ÷ 8]. Gazy te mogą gromadzić się w niewentylowanych przestrzeniach młyna, w wyniku czego może dojść do powstania mieszanki gazowej o stężeniach składników palnych zbliżonych do granicznych wartości wybuchowych (DGW).

W związku z tym, dla zapewnienia bezpiecznej eksploatacji zespołu młynowego należy stosować się do poniższych zaleceń:

Stabilna praca

- W trakcie wzrostu temperatury mieszanki powyżej 130°C z niewielkim gradientem należy bezzwłocznie obniżyć temperaturę pracującego młyna przy zachowaniu wentylacji, nie dopuszczając do wyłączenia młyna i ewentualnego wydzielania się gazów palnych z zalegającego w młynie paliwa.
- W przypadku gwałtownego wzrostu temperatury mieszanki (pożar w młynie), należy bezzwłocznie uruchomić instalację parogazowania.

Wyłączenie oraz postój planowy

- Należy wydłużyć czas wymielania przy minimalnym obciążeniu podajników i podwyższonej wentylacji. Czynność tę należy wykonać dla wywiania z młyna zalegających drobin paliwa (szczególnie biomasy).
- Przed wyłączeniem wentylatora młynowego należy załączyć instalację parogazowania dla dodatkowego oczyszczenia elementów wewnętrznych młyna z zalegającej biomasy.
- W związku z możliwością wydzielania się niewielkich ilości gazów palnych z zalegającej wewnątrz młyna biomasy, należy w trakcie postoju utrzymywać przepływ powietrza przez młyn.

Wyłączenie awaryjne

- Zalegająca mieszanka węgla z biomasą na rozgrzanych elementach młyna może powodować wydzielanie się gazów palnych, stwarzając przy odpowiednich stężeniach zagrożenie wybuchowe, jak również zagrożenie związane z możliwością zapłonu pyłu. W związku z tymi zagrożeniami, należy przy niepracującym młynie prowadzić intensywną wentylację zimnym powietrzem, które ma za zadanie usuwanie ewentualnie tworzących się gazów, jak również chłodzenie elementów młyna. W trakcie chłodzenia młyna należy załączyć instalację parogazowania, która będzie miała na celu przede wszystkim zwiększenie wilgotności zalegającego paliwa.
- W momencie pożaru w młynie należy zamknąć dopływ powietrza, pozostawiając załączoną instalację parogazowania, która będzie stwarzać atmosferę inertną oraz uniemożliwi gromadzenie się powstałych gazów palnych w niebezpiecznych stężeniach.
- Po wychłodzeniu młyna, tj. po uzyskaniu temperatury mieszanki pyłowo-powietrznej poniżej 80°C, należy przystąpić do opróżnienia młyna z zalegającego w nim paliwa.
- W przypadku wystąpienia zapłonu paliwa w młynie, przed rozpoczęciem usuwania paliwa, należy dodatkowo użyć wody w celu całkowitego zagaszenia ewentualnie tłącego się jeszcze paliwa, stanowiącego zagrożenie wybuchu przy dostaniu się powietrza.

Powyższe zalecenia mają charakter ogólny i ich stosowanie z pewnością może poprawić warunki eksploatacji kotłów współspalających węgiel z biomasą przy jej podwyższonym udziale (powyżej 10% masowo).

Jednak, dla zapewnienia maksymalnej wiarygodności, w indywidualnych układach energetycznych należy zasugerować realizację badań w zakresie jak opisano powyżej, przy najczęściej spalanych rodzajach biomasy i jej udziałach w mieszance z węglem.

Literatura

1. Ściążko M., Zuwała J., Pronobis M.: *Współspalanie biomasy i paliw alternatywnych w energetyce*. ISBN 978 83 913434 3-2. Wydawnictwo IChPW i Politechniki Śląskiej w Gliwicach.
2. Zuwała J.: *Zagrożenia pożarowe towarzyszące spalaniu i współspalaniu biomasy w energetyce*. Karbo 2008, 4.
3. Moghatedri B.: *The safety implication of low heating rate pyrolysis of coal/ biomass blends in pulverised fuel boilers*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 2001, 4, 161-165.
4. Yi-min W., Z. Zeng-li, L. Hai-bin, H. Fang: *Low temperature pyrolysis characteristics of major components of biomass*. Journal of Fuel Chemistry and Technology 2009, 37 (4), 427-432
5. Wei-Hsin Chen, Po-Chih Kuo: *A study on torrefaction of various biomass materials and its impact on lignocellulosic structure simulated by a thermogravimetry*. Energy 2010, 35, 2580-2586.
6. Zuwała J., Topolnicka T., Głód K., Kopczyński M.: *Zastosowanie technik sprzężonych TGA-MS oraz μ -GC do analizy przebiegu procesów termicznego rozkładu mieszanek węgla i biomasy*. Przemysł Chemiczny 2010, 6.
7. Zanzi R., Ferro D., Torres A., Soler P., Björnborn E.: *Biomass torrefaction*.
8. Pach M., Zanzi R., Björnborn E.: *Torrefied Biomass a Substitute for Wood and Charcoal*. 6th Asia-Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization, 20 May 2002 – 22 May 2002, Kuala Lumpur.
9. Pile A., Zaborowska I.: *Granice wybuchowości palnych par i gazów*. Ochrona przeciwpożarowa w Przemśle Chemicznym 1971, 3.
10. *Poradnik fizykochemiczny*, praca zbiorowa, wydanie drugie całkowicie zmienione, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa 1974.

Mgr inż. Marcin KOPCZYŃSKI w 2003 r. ukończył Wydział Chemiczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Od 2004 r. specjalista inżynierijno-techniczny w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla. Specjalizuje się w zagadnieniach związanych z termiczną konwersją paliw stałych, ze szczególnym uwzględnieniem biomasy oraz wpływu zawartych w niej związków na zagrożenia eksploatacyjne związane z jej energetycznym wykorzystaniem. Posiada duże doświadczenie w zakresie pobierania próbek gazów przemysłowych.

Mgr inż. Krzysztof GŁÓD w 2000 r. ukończył Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Od 2005 r. Główny Specjalista w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze. Specjalizuje się w zagadnieniach specjalizując się w zakresie efektywnego wykorzystania biomasy oraz odpadów biodegradowalnych w energetyce. Posiada duże doświadczenie w zakresie optymalizacji rozruchów jednostek energetycznych. Kierownik grupy pomiarowej realizującej badania energetyczno – emisyjne obiektów energetycznych.

Dr inż. Jarosław ZUWAŁA – dyrektor Centrum Badań Technologicznych Instytutu. Stopień magistra inżyniera (1998) i doktora nauk technicznych (2004) uzyskał na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach – specjalność: energetyka cieplna, mechanika i budowa maszyn. Główne zainteresowania naukowe: eksploatacja instalacji spalania i współspalania biomasy oraz optymalizacja pracy systemów energetycznych pod względem energetycznym, ekonomicznym i ekologicznym w pełnym cyklu życia (analiza LCA).