

# **W KIERUNKU BEZODPADOWEJ ENERGETYKI WĘGLOWEJ – UZDATNIANIE MINERAŁÓW ANTROPOGENICZNYCH W PROCESACH ENERGETYCZNYCH**

## **1. TYTUŁEM WSTĘPU**

Energetyka węglowa w przyszłości będzie bezodpadowa albo ... jej nie będzie! Przesłanki do tego zawarte są w polityce, programach i regulacjach unijnych, które omawiałem w publikacjach i prezentacjach w dwóch ubiegłych latach. Jest kluczowa dla naszego kraju więc wszyscy powinniśmy dołożyć starań aby oprócz prądu i ciepła wytwarzała także surowce i materiały do budownictwa. Powinny to być grupy produktów takie jak spoiwa pucolanowe i hydrauliczne, wypełniacze mineralne, kruszywa, nawozy i sztuczna gleba. Ich produkcja powinna być definiowana normami technicznymi i potrzebami rynkowymi. Modyfikacja własności ubocznych produktów spalania (UPS) powinna być dokonywana, w miarę możliwości technicznych, w ramach procesów energetycznych, rozszerzonych o komponent bezodpadowej energetyki węglowej (BEW). Obecne potrzeby krajowe na produkty, które pochodzą z uzdatniania UPS są znacznie większe niż podaź, jaka może powstać na bazie obecnie wytwarzanych UPS. Regulacji rynku dokonać musi rząd i jego agendy, szczególnie te odpowiedzialne za normalizację techniczną. Nie ma więc barier rynkowych, a konieczność wdrożenia nowych procesów technologicznego uzdatniania UPS jest szansą na innowacyjność w energetyce węglowej. Jako kraj możemy być liderem, jeśli nasze utarte schematy myślowe nie okażą się ... barierą nie do pokonania. Antycypacja, a nie reaktywne działanie w stosunku do UPS jest niezbędne.

## 2. CO DO ZASADY

Energetyka węglowa z natury jest bezodpadowa. Nie ma odpadu w węglu i nie powstaje on w procesie spalania. Odpad to termin prawny, a nie wskazanie, czym jest substancja. Ma zastosowanie tylko wtedy, kiedy nie wykorzystujemy minerału jako ubocznego produktu w gospodarce i trafia on na składowisko. To, co powstaje w procesie energetycznego spalania węgla, to minerał antropogeniczny (MA) o własnościach wiążących pożytecznych w budownictwie.

Wdrożenie takiego podejścia:

- a) zmniejsza koszty gospodarki UPS w energetyce – a przez to koszty energetyki,
- b) zmniejsza ilości składowanych UPS,
- c) ochroni część zasobów naturalnych,
- d) zwiększa podaż niskoemisyjnych materiałów do budownictwa.

## 3. JEŚLI TAK, TO JAK?

Uzdatniania minerałów antropogenicznych powstających ze spalania węgla w energetyce realizowane może być na drodze odpowiedniego przygotowania paliwa, celowo kontrolowanego jego spalania i odpowiedniego przetworzenia minerałów powstających w procesach spalania. Kocioł energetyczny, poza zamianą energii chemicznej paliwa na energię cieplną, powinien być widziany także jako wielofunkcyjny reaktor chemiczny do modyfikacji właściwości powstającego popiołu i żużla, w funkcji uzyskiwania i utrzymywania założonych dla danej jego partii określonych parametrów fizyko-chemicznych.

BEW jest odpowiedzią na powyższe zagadnienia – jej schemat blokowy pokazany jest na rys. 1.

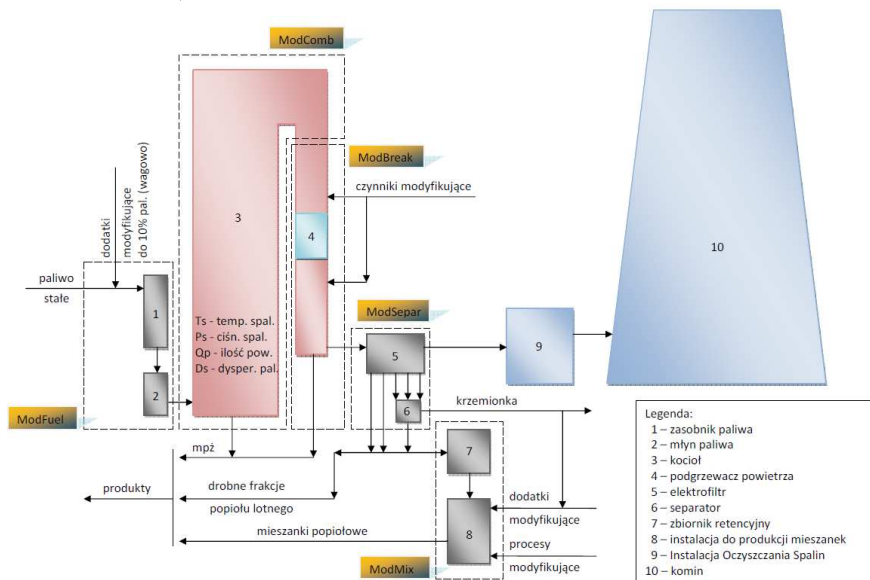
Jest to proces sterowania procesami energetycznego spalania węgla, na etapie:

- a) przygotowania i podawania paliwa,
- b) spalania paliwa w kotłach energetycznych,
- c) usuwania UPS z komory spalania i transportu do elektrofiltrów,
- d) magazynowania i transportu UPS.

Takie podejście umożliwi realizację wieloaspektowego procesu uzdatniania MA dla uzyskiwania własności surowców oczekiwanych przez rynek. Przetworzone w taki sposób materiały stanowią będą bazę do

wytwarzania dalszych surowców i produktów. Do najważniejszych tego typu surowców należy zaliczyć:

- kruszywa – stanowiąc „gruboziarnistą” frakcję UPS powstającego po spaleniu węgla w kotle – moduł ModComb oraz ModBreak. Surowiec ten stosowany będzie przede wszystkim do prac geotechnicznych jako zamiennik kruszyw naturalnych. Oczekiwane na rynku parametry: frakcja piaskowa (0-2mm) w ilości do 80% i frakcja żwirowa (2-63 mm) w ilości do 20%;
- popiół lotny i krzemionka. Są to wyseparowane drobne frakcje popiołu lotnego, w module ModSepar. Stanowiąc będą dodatek do cementu (popiół lotny) oraz wysokowytrzymałościowych betonów (popiół lotny i krzemionka). Szczegółowe warunki, jakie powinien spełniać popiół do betonów, określa norma PN-EN 450. „Popiół lotny do betonu”. W zależności od potrzeb materiałowych zakresy zmienności określone być mogą także innymi normami technicznym, na przykład PN-EN 13282-1:2013-07, PN-EN 14227-1:2013-10. W każdym przypadku regulacja granulometrii frakcji odbywa się poprzez zmianę ustawień na separatorze.
- mieszanki popiołowe – produkty powstałe w instalacji zewnętrznej-ModMix. Przede wszystkim są to hydrauliczne spoiwa: drogowe (np. Tefra 15, Tefra 25, Tefra BP, Tefra Stab) oraz geotechniczne (Tefra In, Tefra Jet).



Rys. 1. Schemat modelu Bezodpadowej Energetyki Węglowej

#### **4. SKALA JEST GIGANTYCZNA**

W gospodarce o obiegu zamkniętym surowce wtórne w przyszłości staną się priorytetowe. Mają istotne znaczenie dla gospodarki, jako element mogący przyczynić się do stworzenia przewag konkurencyjnych oraz ograniczający emisyjność gospodarki. Każdego roku w Europie wytwarza się około 700 mln minerałów antropogenicznych, w tym około 150 mln ton UPS węgla w energetyce, z których ponad 100 mln ton powstaje w 28 krajach członkowskich Unii Europejskiej, z czego ponad 20 mln ton w Polsce. Ilość wytwarzanych UPS na Ziemi szacowana jest na 900-1000 mln ton rocznie. Uboczne produkty spalania węgla podlegają regulacji REACH, aby jako substancja chemiczna podlegająca temu prawu, mogły być wprowadzane do obrotu handlowego.

#### **5. TECHNICZNE NORMY PRODUKTOWE WYZNACZNIKIEM UZDATNIANIA**

Spełnianie wymogów norm technicznych, europejskich lub krajowych, dotyczących poszczególnych zastosowań, jest kluczową techniczną przesłanką do wykorzystywania ubocznych produktów spalania węgla w obszarach materiałowych i/lub produktowych. Ochrona zasobów naturalnych i racjonalnego, wydajnego gospodarowania nimi to bezpośredni cel i kontekst Gospodarki o Obiegu Zamkniętym. W tym podejściu UPS spełniać mogą kluczową rolę, także jako substancja zdolna uzdatniać inne minerały antropogeniczne do produktów.

#### **6. SŁABOŚĆ ROZWIĄZAŃ DOTYCHCZASOWYCH**

Procesy uzdatniania pierwotnie zawartych w węglu minerałów antropogenicznych prowadzone są niemal wyłącznie poza instalacjami układu, tj. już po odseparowaniu popiołu ze spalin oraz przetransportowaniu go do zbiorników magazynowych. Oznacza to, że proces uzdatniania dzieje się już poza procesami energetycznymi. Wyjątek stanowi znane z literatury rozwiązanie, polegające na dodawaniu do węgla spalanego w kotłach energetycznych tlenków metali, które ma na celu taką modyfikację właściwości powstających w procesie spalania popiołów lotnych, aby ich dodatek do betonu pozwalał na uzyskiwanie wyższych wytrzymałości stwardniałego betonu i/lub wykonanych z niego wyrobów – w porównaniu z betonem z dodatkiem popiołu lotnego uzyskiwanego ze spalania węgla bez

wspomnianego dodatku tlenków metali ( $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$  oraz  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Uzyskany w ten sposób materiał ma mieć cechy wiążące, jako dodatek do cementu.

## 7. ISTOTA NOWEGO PODEJŚCIA

Rozwiązanie będące istotą BEW proponuje stworzenie kompleksowego systemu uzdatniania znajdujących się w węglu minerałów antropogenicznych w trakcie przygotowania paliwa i spalania go, a także dalszej drogi ubocznego produktu spalania w instalacji energetyki zawodowej. Punktem wyjścia jest ustalenie głównych obszarów i zakresu 'odstawiania' minerałów antropogenicznych, powstających w danej instalacji, od wymagań technicznych stawianych przez odbiorców rynkowych, w danym otoczeniu lokalizacyjnym, a zatem przyjęcie kierunku niezbędnego uzdatnienia. Często właściwości obu rodzajów popiołu powstającego w wyniku spalania węgla bez przedmiotowego uzdatnienia, ograniczają bądź uniemożliwiają ich wykorzystanie jako zamiennika naturalnych kruszyw mineralnych – głównie piasku i żwiru. Najczęściej spotykane niekorzystne cechy popiołów w omawianym aspekcie obejmują następujące przypadki:

- a) zbyt duża zawartość frakcji pyłowej w popiele lotnym, powodująca wysadzinowość nasypów z nich wykonanych;
- b) zbyt wysoka kapilarność bierna materiału na nasypy;
- c) zbyt niski wskaźnik piaskowy;
- d) zbyt niska gęstość objętościowa szkieletu po zagęszczeniu;
- e) zbyt duże pęcznienie liniowe materiału.

Rozwiązania BEW prowadzą do wykorzystania kotła energetycznego jako wielofunkcyjnego reaktora chemicznego do modyfikacji powstającego popiołu, w funkcji uzyskiwania i utrzymywania założonych dla danej jego partii wielkości parametrów fizyko-chemicznych:

- składu ziarnowego;
- gęstości objętościowej, kapilarności biernej;
- zawartości wolnego/reaktywnego  $\text{CaO}$ ;
- zawartości  $\text{SO}_3$ .

## 8. ETAPY

Przedmiotem BEW jest nowy sposób uzdatniania minerałów antropogenicznych w energetyce poprzez odpowiednie przygotowanie i podawanie paliwa, następnie spalanie paliwa w kotłach energetycznych, odprowadzanie minerałów antropogenicznych z komory spalania, magazynowanie i ładunek na środki transportu oraz przetwarzania w instalacji umiejscowionej w bezpośredniej bliskości elektrowni (patrz rys. 1).

W pierwszym etapie (moduł ModFuel) – przygotowanie i podawanie paliwa – zakłada się modyfikację paliwa, celem optymalizacji składów chemicznych minerałów antropogenicznych do parametrów surowców wymaganych przez rynek. Etap realizowany jest poprzez zastosowanie odpowiednich dodatków modyfikujących do paliwa, takich jak: wapno poreakcyjne i/lub dodatki mineralne, w ilości maksymalnie do 10% wagowych, następnie ich wspólne zmielenie. Istotne jest monitorowanie poprawności tych procesów aby parametry fizyczne paliwa (rozdrobienie i wilgotność) była na poziomie przewidzianym przez producenta kotła.

W drugim etapie (moduł ModComb) – spalanie paliwa w komorze spalania – zakłada się optymalizację procesów spalania w kotle energetycznym pod kątem uzyskiwania określonych własności wytwarzanych minerałów antropogenicznych. Istotą tego procesu jest utrzymywanie takich warunków procesu spalania, w tym głównie ilości podawanego powietrza pierwotnego i wtórnego, aby utrzymywać poziom części palnych pozostających w popiele w granicach określanych normami produktowymi: PN-EN 450 1/2 ale także PN-EN 13282-1:2013-07, PN-EN 14227-1:2013-10. Zasadniczym celem jest osiągnięcie poziomu części palnych w popiele poniżej 5%.

W trzecim etapie (moduł ModBreak) – podczas odprowadzania minerałów antropogenicznych, z komory spalania w strumieniu gazów odlotowych do urządzeń odpylających – uzyskuje się zmianę właściwości fizycznych minerałów antropogenicznych, wskutek ich rozdrobnienia, częściowej hydratacji i osuszenia, na trasie przemieszania się cząstki z komory spalania do elektrofiltru, lub separację cząstek popiołu na frakcje, w ciągu spalin. Zadania te realizuje się poprzez doprowadzenie do zderzenia zlepionych cząsteczek popiołu z cząsteczkami wody (pary wodnej) lub poddanie ich działaniu fal, o częstotliwości zdolnej do rozbicia aglomeratów. Ilość podawanej wody (pary wodnej), lub zakres częstotliwości fal elektromagnetycznych, dobiera się indywidualnie w zależności od konstrukcji kotła, spalanego paliwa i wydajności instalacji odpylania.

W czwartym etapie (moduł ModSep) – transportu wytrąconego w elektrofiltrach popiołu do silosów oraz jego magazynowanie – zakłada się rozdział na frakcje oraz selektywne magazynowanie oddzielnych frakcji.

Separacja popiołu odbywała się będzie dwuetapowo. Pierwszym etapem będzie pozyskanie najdrobniejszego materiału z pierwszej i drugiej strefy elektrofiltra. Jest to możliwe dzięki odpowiedniej konstrukcji samego elektrofiltra. Klasyczne rozwiązanie polega na wychwycie popiołu w elektrofiltrze, który podzielony jest na 3 strefy. Każda ze stref odpowiada za czyszczenie spalin, z konkretnego zakresu cząstek popiołu. Pierwsza strefa wyłapuje cząstki największe, ostatnia najdrobniejsze. W normalnych warunkach, popiół z każdej strefy elektrofiltra, trafia do wspólnego rurociągu (kolektora), gdzie się ze sobą miesza, a następnie do zbiornika. Omawiane rozwiązanie zakłada „wpięcie” się w odpowiednie miejsce tego rurociągu, żeby następnie skierować najdrobniejszy materiał na zewnątrz, tj. do odrębnego zbiornika lub instalacji ModMix.

Drugim miejscem do przeprowadzania separacji (przy założeniu pozyskiwania pierwszego strumienia, jak wyżej) jest droga pomiędzy elektrofiltrem, a zbiornikiem. Należy poddać popiół z 1 strefy (najgrubszy i najbardziej zanieczyszczony) procesom rozdzielania na frakcje, np. za pomocą klasyfikatorów powietrznych, a następnie wykorzystać powstałe surowce – krzemionka i popiół lotny, w sposób opisany powyżej. Przewiduje się podział popiołu na następujące frakcje: od 30 um, od 30 do 100 um, pow. 100 um.

Piątym etapem prezentowanych procesów przetwórczych jest moduł ModMix. Polega on na dalszej zmianie zmodyfikowanych już MA (zmiana składu chemicznego lub własności fizycznych), w celu uzyskania nowych (innych) produktów finalnych. W skrócie, technologia polega na mieszaniu popiołu z dodatkami, w tym z innymi popiołami, lub granulowaniu oraz poddawaniu innym zabiegom, wg opracowanych receptur, a następnie załadunku i dostawie do odbiorcy końcowego.

BEW w przykładzie realizacji przedstawiono na rysunku, który przedstawia schemat ideowy procesu.

Skuteczne wdrożenie Bezodpadowej Energetyki Węglowej pozwoli wytwórcom energii na uniknięcie ryzyka znaczącego wzrostu tych kosztów – np. wskutek wejścia w życie nietrafnych i wycinkowych regulacji horyzontalnych, nieuwzględniających złożoności powyższych zagadnień. Z drugiej strony jest to potencjalne źródło oszczędności zarówno dla samych wytwórców energii, jak i dla wytwórców wielu wyrobów ponoszących koszty materiałowe kruszyw, spoiw itp.

*„Jeśli tylko bariery umysłowe pokonamy,  
to z techniką i regulacją rynku radę damy”*

*TomAsh*