

dr inż. Tomasz Szczygielski¹⁾

Minerały antropogeniczne z energetyki a gospodarka o obiegu zamkniętym

DOI: 10.15199/33.2015.12.10

Corocznie w Europie wytwarza się ok. 700 mln ton minerałów antropogenicznych, w tym ok. 150 mln ton ubocznych produktów spalania węgla w energetyce (UPS). Przeszło 100 mln ton z tej ilości powstaje w 28 krajach członkowskich Unii Europejskiej, z czego przeszło 20 mln ton w Polsce. Uboczne produkty spalania węgla podlegają regulacji REACH, aby jako substancja chemiczna mogły być wprowadzane do obrotu handlowego. Wykorzystywane są przede wszystkim jako surowce do produkcji cementu i betonu oraz jako kruszywa i wypełniacze w budownictwie. Dzięki temu wpisują się w strategię gospodarki o obiegu zamkniętym, której celem jest ochrona zasobów naturalnych i racjonalne nimi gospodarowanie. Pozytywnym skutkiem stosowania minerałów antropogenicznych jest m.in. obniżanie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Główne kierunki zagospodarowania UPS z energetyki, dobrze rozpoznane na świecie i w kraju, powinny być upowszechnione. Ponadto nieodzowne są dalsze badania naukowe w dziedzinie nowych kierunków ich wykorzystania.

Polska energetyka znajduje się w szczególnej sytuacji, gdyż do 2050 r. udział węgla w wytwarzaniu energii nie spadnie poniżej 50%. Oznacza to, że w tym okresie będzie corocznie powstawać o kilkanaście milionów ton więcej minerałów antropogenicznych z energetyki, które znajdują się obecnie w wielu normach technicznych dotyczących bardzo szeroko pojętego budownictwa, m.in.: cementu (PN-EN 197-1); betonu (PN-EN 206); kruszyw do betonu (PN-EN 12620), a także popiołu lotnego do betonu (PN-EN 450); mieszanek spajanych hydraulicznie (PN-EN 14227); spoiw drogowych (PN-EN 13282). Zakres dziedzin, w których wykorzystanie ubocznych produktów spalania węgla jest uwzględnione przez normy materiałowe i produktowe, pokazuje, jak ważnej i dużej części gospodarki dotyczy.

Obecnie udział minerałów antropogenicznych w ilości kruszyw wytwarzanych w wybranych krajach członkowskich UE jest na drastycznie niskim poziomie (tabela).

Potwierdza to Wskaźnik Obiegu Zamkniętego Materiałów (MCI) w sektorze kruszyw budowlanych, który wynosi 0,02. Wydaje się, że potrzebne będą szczególne rozwiązania i regulacje horyzontalne, które powinny sprawić, że nie wolno będzie stosować kruszyw naturalnych, dopóki nie wykorzystają się w całości dostępnych kruszyw na bazie minerałów antropogenicznych.

¹⁾ Politechnika Warszawska, Instytut Badań Stosowanych
e-mail: tomasz.szczygielski@ibs.pw.edu.pl

Wskaźnik Obiegu Zamkniętego Materiałów w sektorze kruszyw budowlanych w różnych krajach (dane za 2012 r.)

Kraj	Kruszywa wyprodukowane [mln t]	Kruszywa z surowców odpadowych [mln t]	MCI*
Austria	100	6	0,06
Belgia	82	16	0,20
Bułgaria	29	1	0,03
Dania	45	3	0,07
Francja	360	25	0,07
Holandia	83	17	0,20
Niemcy	564	98	0,17
Polska	268	5	0,02
Szwajcaria	50	5	0,10
Wlk. Brytania	202	54	0,27

*) Wskaźnik Obiegu Zamkniętego Materiałów

Uzdatnianie minerałów antropogenicznych

Dążąc do wprowadzenia zasad gospodarki o obiegu zamkniętym, już teraz należy podjąć intensywne prace badawczo-rozwojowe nad uzdatnianiem minerałów antropogenicznych w energetyce. Ich celem powinno być uzupełnienie prostego zastępowania kruszyw i minerałów naturalnych antropogenicznymi, w tym szczególnie ubocznymi produktami spalania węgla, i wypracowanie sposobów wytwarzania bardziej zaawansowanych materiałów przy okazji wytwarzania energii elektrycznej, przez odpowiednie zabiegi uzdatniające. Studia dotyczące bezodpadowej energetyki węglowej wskazują na możliwości uzdatniania m.in. na etapie:

a) przygotowania i podawania paliwa przez odpowiednie zmielenie i ujednorodnienie oraz zastosowanie dodatków do paliwa, takich jak wapno poreakcyjne, dodatki mineralne i inne;

b) spalania paliwa w komorze spalania (dyspersja strumienia paliwa w komorze spalania przez sterowanie pracą palników i powietrzem pierwotnym oraz wtórnym w funkcji zawartości części palnych w popiele lotnym; modyfikacja procesu spalania w celu zwiększenia ilości frakcji grubej w postaci popiołu dennego/żuźła; inne zabiegi);

c) odprowadzania minerałów antropogenicznych z komory spalania do urządzeń odpylających: rozbicie konglomeratów cząstek popiołu lotnego; wstępna hydratacja i suszenie popiołu lotnego na trasie przemieszczania się cząstek do elektrofiltru; separacja cząstek popiołu na frakcje w ciągu spalin; inne zabiegi;

d) magazynowania i załadunku minerałów antropogenicznych na środki transportu (selektywne magazynowanie np. oddzielnych frakcji popiołu; mieszanie popiołu z dodatkami, w tym z innymi popiołami; separacja powietrzna popiołu na frakcje po wytrąceniu w elektrofiltrze; granulowanie; inne zabiegi);

e) przetwarzania w specjalistycznej instalacji blisko elektrowni, np. poddawanie oddziaływaniu CO₂ ze strumienia spalin.

Wiele z tych prac, z pozytywnymi wynikami, prowadzi się już w energetyce.

Wszystkie minerały antropogeniczne powstające podczas spalania węgla, w celu wytwarzania energii elektrycznej, powinny być zagospodarowywane w ramach stosownych norm produktowych i materiałowych.

Punktem wyjścia w przypadku danego wytwórcy energii elektrycznej i minerałów antropogenicznych z węgla będzie zawsze analiza otoczenia rynkowego w konkretnej lokalizacji, która musi pokazać, na jakiego rodzaju materiały i wyroby występuje trwałe zapotrzebowanie rynkowe, jaka jest jego wielkość, sezonowość, aspekty ekonomiczne itp. Analiza ta dostarczy podstaw do ustalenia głównych obszarów uzdatnienia minerałów antropogenicznych powstających u danego wytwórcy energii.

Nowe kierunki rozwoju UPS

Nieodzowne są badania naukowe i wytyczanie nowych kierunków rozwoju UPS. Mający solidne podstawy naukowo-techniczne katalog rozwiązań modyfikacyjnych pozwoli wytwórcy energii elektrycznej i minerałów antropogenicznych na dobranie własnego pakietu rozwiązań odpowiadających na konkretne uwarunkowania rynkowe i techniczne.

Obniżanie emisji do atmosfery, szczególnie CO₂, jest kolejnym pozytywnym skutkiem stosowania minerałów antropogenicznych. W związku z tym, że popioły z energetyki są produktem ubocznym, powstającym podczas spalania węgla przy wytwarzaniu energii elektrycznej, nie wiąże się z tym procesem żadna dodatkowa emisja CO₂, która musiałaby powstać, gdyby użyto tradycyjnych spoiw, takich jak cement czy wapno w scenariuszu „business as usual”. Wdrożony z powodzeniem projekt TEFRA JI, wykorzystujący mechanizm Joint Implementation przewidziany przez Protokół z Kioto, pokazał, że:

- w ciągu 5 lat można uniknąć emisji przeszło 350 tys. ton CO₂ do atmosfery przez wytworzenie i dostarczenie na rynek spoiw z ubocznych produktów spalania, zdolnych do skutecznego zastąpienia cementu i wapna przede wszystkim w budowie dróg, co zostało potwierdzone oficjalnym przyznaniem stosownej liczby uprawnień do emisji (ERU);

- możliwa jest ocena potencjału zastąpienia zasobów materiałów naturalnych przez surowce odpadowe oraz wielkości unikniętej dzięki temu emisji CO₂ w przypadku, gdy popioły zostały użyte jako spoiwo np. zamiast cementu i wapna;

- mechanizmy rynkowe, bez odpowiedniego wsparcia politycznego i finansowego złożonych i długoterminowych przedsięwzięć polegających na zwiększeniu zastosowania

minerałów antropogenicznych, pozwolą jedynie na ograniczone obniżenie emisji CO₂.

Obecne regulacje zawarte w Dyrektywie o odpadach powodują, że mające podstawy techniczne, gospodarcze i środowiskowe wykorzystanie dobrze scharakteryzowanych minerałów antropogenicznych jest w praktyce uważane za odzysk materiału odpadowego. Tymczasem energetyka powinna się skupić na wytwarzaniu z nich surowców lub produktów spełniających normy techniczne. Gospodarka o obiegu zamkniętym powinna zastąpić dotychczasowe bardzo uproszczone i zawężone podejście, dzielące produkty z procesów przemysłowych, w tym przypadku popioły, żużle i produkty odsiarczania spalin, na dwie nieprawdziwe kategorie prawne, czyli wyrób i odpad. Wówczas będą one traktowane jako pełnoprawne wyroby i materiały spełniające określone wymagania techniczne, a nie jako odpady. Zmieni się też obowiązująca zasada postępowania dotycząca odpadów, która nakazuje, aby przede wszystkim zapobiegać ich powstawaniu. W tym samym celu należy zdecydowanie uprościć procedurę korzystania ze statusu produktu ubocznego przez UPS. Przed wdrożeniem nowych ram dotyczących gospodarki o obiegu zamkniętym należy lepiej skoordynować zapisy i definicje zawarte w prawodawstwie unijnym.

Propozycje wprowadzania wskaźników, wypracowanych przez Ellen MacArthur Foundation, w ramach pakietu przygotowań do wdrożenia rozwiązań gospodarki o obiegu zamkniętym skupiły się na wytwarzaniu produktów. Nie uwzględniły natomiast specyfiki masowych minerałów antropogenicznych, przede wszystkim pochodzących z energetyki węglowej. Wskazuje to na potrzebę powstania uzupełniających regulacji sektorowych. Podjęte już przez Politechnikę Warszawską prace studialne w ramach idei Bezodpadowej Energetyki Węglowej pozwoliły na opracowanie propozycji uzupełniających modeli analitycznych dla sektorów gospodarki, takich jak energetyka, górnictwo, przemysł wydobywczy surowców naturalnych, przemysł chemiczny, papierniczy itp., w których powstają duże ilości minerałów antropogenicznych traktowanych obecnie jako odpady. Celem Bezodpadowej Energetyki Węglowej jest, aby wskaźnik odpadowości W_o był równy zero, a wskaźnik produktywności W_p jeden.

- **wskaźnik odpadowości – W_o** określa ilość odpadów stałych wytwarzanych na jednostkę produktu, a więc mówi o czystości produkcji i potencjale redukcji wytwarzanych odpadów w danym zakładzie wytwórczym.

$$W_o = O/P;$$

gdzie:

O – odpady; P – produkty.

Jednostki, np: tona/MWe, tona/MWt, tona/tona papieru itp.

- **wskaźnik produktywności – W_p** określa proporcję pomiędzy odpadami wytwarzanymi a przetwarzanymi na surowce i produkty.

$$W_p = SP/O$$

gdzie:

SP – surowce i produkty antropogeniczne wytworzone i zbyte; O – odpady. Jednostka: wskaźnik bezwymiarowy – tona/tona.

Ponadto powinny być określone:

• **wskaźnik emisyjności surowców i produktów W_e** , który określa wielkość emisji związaną z wytworzeniem jednostki surowca i produktu antropogenicznego i jest odpowiednikiem śladu węglowego produktów.

$$W_e = E_{sp}/SP$$

gdzie:

E_{sp} – emisja gazów cieplarnianych wynikająca z kryterium przychodów z produkcji podstawowej i antropogenicznej; SP – surowce i produkty antropogeniczne wytworzone i zbyte. Jednostka: kg CO₂/tona.

• **wskaźnik kosztów własnych i produktowych – W_k** określający 2 rodzaje kosztów:

a) koszty własne gospodarki odpadami – W_{ko}

$$W_{ko} = (K_s + K_o + K_z)/O$$

gdzie:

K_s – suma kosztów składowania odpadów (w tym całej infrastruktury magazynów i składowisk); K_o – opłaty za składowanie odpadów; K_z – suma innych kosztów gospodarki odpadami; O – ilość odpadów. Jednostka: zł/tona odpadu;

b) koszty wytworzenia surowców i produktów antropogenicznych – W_{kp}

$$W_{kp} = (K_b + K_{pz} + K_{ps})/SP$$

gdzie:

K_b – koszty bezpośrednie produkcji (wartość zużytych materiałów, kosztów pracy i wytworzenia); K_{pz} – koszty pośrednie zmienne (koszty zużycia materiałów i energii, niezaliczane do kosztów bezpośrednich); K_{ps} – koszty pośrednie stałe (amortyzacja, konserwacja i remonty, koszty ogólne produkcji, inne); SP – surowce i produkty antropogeniczne wytworzone i zbyte. Jednostka: zł/tona produktu

Koszty wytworzenia surowców i produktów antropogenicznych (W_{kp}) wyliczane są w przypadku każdego produktu oddzielnie i dotyczą ich ilości wytwarzanych i sprzedawanych w określonym czasie.

Efekty ekonomiczne stosowania minerałów antropogenicznych

Wyniki ekonomiczne są bardzo istotnym wymiarem gospodarki o obiegu zamkniętym. Wymagane są wszechstronne analizy, uwzględniające: modelowanie zagadnienia na poziomie kosztów ponoszonych przez wytwórców energii elektrycznej; rolę aktywnej polityki w zakresie zamówień publicznych – szczególnie w ramach wielkich projektów infrastrukturalnych, finansowanych ze źródeł publicznych, które na poziomie kraju bądź regionu powinny przyczynić się do wdrażania Zielonych Zamówień Publicznych. Trzeba ponadto przeanalizować wpływ dużej ilości materiałów antropogenicznych na ekonomikę zarządzania odpadami i finansowania przedsięwzięć z dziedziny ochrony środowiska, internalizację kosztów środowiskowych i wdrożenie idei kapitału przyrodniczego oraz niezbędne i możliwe zmiany podatku VAT itp. Szacuje się, że koszty składowania odpadów stanowią 1 – 2% kosztów działalności elektrowni. Wdrożenie zasad gospodarki w obiegu zamkniętym pozwoli wytwórcom energii na uniknięcie ryzyka dużego wzrostu kosztów, np. wskutek wejścia w życie nietrafnych i wycinkowych regulacji horyzontalnych, nieuwzględniających złożoności omawianych zagadnień. Z drugiej strony jest to potencjalne źródło oszczęd-

ności zarówno dla samych wytwórców energii, jak i wytwórców wielu wyrobów ponoszących koszty materiałowe kruszyw, spoiw itp.

Bez odpowiedniego wsparcia edukacyjnego nie da się wprowadzić w życie zaprezentowanych zagadnień. Obok innowacji i rozwoju naukowo-technicznego obejmują one konieczność współpracy międzynarodowej pozwalającej na przygotowywanie, opracowanie i upowszechnianie programów edukacyjnych dotyczących gospodarki o obiegu zamkniętym jako całości, a także poszczególnych jej aspektów w formacie podstawowym, akademickim, czy podyplomowym i specjalistycznym. Ważne jest również aktywne kształtowanie opinii publicznej i postaw konsumenckich, gdyż wpływają one bezpośrednio na dokonywane wybory na wielu poziomach.

Podsumowanie

W artykule zaprezentowano jedynie zarys planu działań niezbędnych do wdrożenia pakietu rozwiązań gospodarki o obiegu zamkniętym. Poszczególne gałęzie gospodarki będą musiały wypracować własne strategie. Można założyć, że będą one realizowane w czterech etapach:

1) diagnoza sytuacji w danej gałęzi gospodarki w aspekcie spełniania i stosowania przez nią zasad gospodarki o obiegu zamkniętego;

2) analiza przyczyn stwierdzonego stanu rzeczy, z których na czoło będzie prawdopodobnie wybijało się dotychczasowe przekonanie, że możemy jeszcze długo przedkładać surowce naturalne nad te z recyklingu itp., jako zdrowsze, tańsze i niewiążące się z problemami, a przemysł należy obciążyć finansowo za odpady produkcyjne i umieścić je na odpowiednich wysypiskach;

3) przyjęcie do wiadomości podejścia opartego na gospodarce o obiegu zamkniętym, jako stanu rzeczy możliwego do osiągnięcia w danej gałęzi gospodarki oraz opisanie go przez zestaw uzgodnionych wskaźników umożliwiających planowanie i modelowanie strategiczne;

4) wypracowanie szczegółowego planu działań i inicjatyw rozłożonych w czasie.

Takie plany działania powinny stać się podstawą do wprowadzania regulacji i polityk krajowych, które będą uwzględniały specyficzne uwarunkowania poszczególnych krajów członkowskich. Pomocna może być współpraca międzynarodowa we wdrażaniu gospodarki o obiegu zamkniętym, pozwalająca na stworzenie pod egidą Komisji Europejskiej platformy wymiany doświadczeń i najlepszych praktyk prezentowanych przez liderów.

Pakiet Circular Economy został przedstawiony przez Komisję Europejską 02.12.2015 r. i jest dostępny pod adresem: http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.html. Wydaje się, że nowe zapisy mogą drastycznie dotknąć podmioty unieszkodliwiające odpady przez złożenie ich na składowisku. W projekcie poprzedniej regulacji z 2014 r., która nie weszła w życie, był zapis o zakazie składowania odpadów, nadających się do zagospodarowania. Niewątpliwie dotyczy to minerałów antropogenicznych z energetyki.

Przyjęto do druku: 02.12.2015 r.