

mgr inż. Danuta Kukielska, mgr Elżbieta Uzunow  
Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego

# Gospodarka surowcami – kruszywa z odpadów

W normach definiuje się kruszywo jako materiał ziarnisty stosowany w budownictwie i wyróżnia się kruszywa naturalne, sztuczne i z recyklingu (rys. 1). Według definicji kruszywa naturalne wytwarza się z surowców naturalnych (złóż) poprzez ich mechaniczną przeróbkę. Kruszywa z recyklingu natomiast są rezultatem przeróbki nieorganicznych materiałów uprzednio stosowanych w budownictwie (gruz). Zaś kruszywa sztuczne są pochodzenia mineralnego i są rezultatem procesów przemysłowych obejmujących modyfikację cieplną lub inną.

Taki podział kruszyw budzi jednak pewne zastrzeżenia. Zgodnie z powyższą definicją kruszyw

**W**artykule przedstawiono analizę zagadnień dotyczących celowości i możliwości wytwarzania kruszyw z odpadów w powiązaniu z obowiązującymi w budownictwie wymaganiami. Omówiono zarówno dotychczasowe błędy w realizacji zasady racjonalnego gospodarowania zasobami mineralnymi, jak i możliwości wzbogacenia oferty dla budownictwa wynikające z nowych technologii wytwarzania kruszyw z odpadów.

sztucznych obejmują one grupę kruszyw wyprodukowanych z surowców pochodzenia mineralnego (jak: gliny, ropy, łupki itp.), które w procesach przemysłowych poddane zostały obróbce cieplnej lub innej modyfikacji. Natomiast powszechną praktyką w ostatnich latach jest wytwarzanie (nie tylko w Polsce) kruszyw także z innych surowców odpadowych, które oprócz uszlachetniania (przekruszenia i rozsiania do odpowiednich frakcji) nie podlegają dodatkowej modyfikacji. Czy zatem kruszywa

otrzymywane z przeróbki mechanicznej żużli (pomiedziowych, stalowniczych, wielkopieczowych) należy zaliczyć do grupy kruszyw sztucznych? Komisja Europejska w 2007 r. [1] zaproponowała, aby zamiast nazwy „kruszywa sztuczne” przyjąć nazwę „kruszywa wtórne” (*secondary aggregates*) dla kruszyw z surowców wtórnych wyprodukowanych w procesach przemysłowych. Zgodnie z tą propozycją zaproponowano nową klasyfikację kruszyw sztucznych, produkowanych z różnych rodzajów surowców wtórnych [2]. Według tej klasyfikacji kruszywa sztuczne mogą być produkowane z wtórnych surowców odpadowych powstających w energetyce (popioły, żużle), hutnictwie żelaza i metali

## SUMMARY

### Management of resources – aggregates made from waste

The paper presents an analysis of issues concerning the desirability and possibility of producing aggregates from waste in conjunction with the applicable construction requirements. Both the current insufficiencies in the implementation of the principle of mineral resources rational management and the possibilities of improving the offer for the construction industry due to new technologies using waste in aggregates production have been discussed.

**Keywords:** disposal of mineral aggregates from waste, quality aggregates from waste disposal dust, slag

kolorowych, ciepłownictwie, przemyśle ceramicznym, górnictwie.

Zakres wykorzystywania wymienionych odpadów jest nieograniczony, pod warunkiem, że otrzymane kruszywo spełnia wymagania dotyczące kruszyw podane w normach PN-EN. Surowiec (materiał) wtórny, z którego wyprodukowano kruszywo zgodnie z normami dotyczącymi kruszyw (patrz zał. ZA w normach), powinien być na etapie badań wstępnych typu szczegółowo rozpoznany i przebadany, z uwzględnieniem występowania uwalnianych substancji niebezpiecznych (np. metali ciężkich). Źródła surowców do produkcji kruszyw mogą być jednak jeszcze inne. Przykładem może być kruszywo uzyskane wg technologii Instytutu Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego [3, 4, 5]. Do ich produkcji można stosować wymienione wcześniej odpady (z produkcji kruszyw, odpadów z energetyki, hutnictwa żelaza i metali kolorowych, ciepłownictwa), ale ich podstawowym składnikiem są osady ściekowe.

### Strategia zrównoważonego rozwoju – teoria i praktyka

W UE i także w Polsce sformułowano nową politykę dotyczącą branży surowcowej. Ważnymi założeniami tej polityki jest realizacja zasad zrównoważonego rozwoju, opartych na poprawie efektywności wykorzystania zasobów we wszystkich sektorach, oraz aktywna ochrona środowiska przed nadmierną eksploatacją i zanieczyszczeniem (odpadami). Podstawowym założeniem europejskiej strategii zrównoważonego gospodarowania zasobami jest tworzenie i promowanie rozwiązań obejmujących pełen łańcuch wartości, a więc zarówno oszczędzających istniejące zasoby poprzez wykorzystanie surowców towarzyszących, jak i wykorzystanie surowców wtórnych i odpadów, zgodnie z zasadą zamkniętego łańcucha wartości.

Zasoby surowcowe są bez wątpienia podstawą gospodarki, zostały więc zidentyfikowane w projekcie Krajowych Inteligentnych Specjalizacji (KIS) jako „Nowoczesne technologie pozyskiwania, przetworstwa i wykorzystywania surowców naturalnych oraz wytwarzanie ich substytutów”.

Po latach niedoceniań tej branży w Europie wreszcie zdano sobie sprawę, że bezpieczeństwo dostaw surowców jest bezpieczeństwem rozwoju całości gospodarki i zrewidowano dotychczasową politykę w tym zakresie. Jednakże, mimo licznych publikacji i deklaracji na ten temat, niestety założone działania nie są realizowane w wystarczającym stopniu. Analizując działania administracji państwowej, nauki i przemysłu, w dalszym ciągu obserwuje się zbyt mało rozwiązań kompleksowych i transdyscyplinarnych, wciąż przewagę mają działania związane z po-

szukiwaniem surowców pierwotnych i zwiększaniem wydajności ich przetwarzania. Nadal pomijany jest fakt, że w zasobach naturalnych poszukiwane (cenne) surowce stanowią tylko niewielką część i ich nie zrównoważone pozyskiwanie powoduje niejednokrotnie nieodwracalne zniszczenie także tych pozostałych zasobów.

Zbyt wielką wagę przywiązuje się do atrakcyjności (jednostkowa cena, dostępność) samego surowca, nie uwzględniając możliwości masowego wykorzystania tych pozornie mniej atrakcyjnych surowców towarzyszących, a także skutków dla środowiska, wynikających z jednej strony ze składowania odpadów, a z drugiej strony – z konieczności pozyskiwania surowców dla budownictwa.

IMBiGS od lat postuluje, żeby wręcz obowiązkiem było transdyscyplinarne realizowanie projektów w branży surowcowej. Optymalizacja tylko pojedynczych procesów może bowiem w końcowym efekcie okazać się nieekonomiczna. Obserwowaliśmy przypadki wprowadzania zmian technologii, które przynosiły oszczędności procesowe, ale powodowały, że pozostałość po procesie przestała spełniać wymagania umożliwiające wykorzystanie w budownictwie, a co za tym idzie – efekt ekonomiczny optymalizacji procesu nie był prawdziwy, jeśli nie uwzględniano konieczności składowania niezagospodarowanej pozostałości.

Niestety, dotychczasowa dominacja działań wąskich i skoncentrowanych na jednostkowych procesach powoduje powstawanie olbrzymich składowisk, niemożliwych do ekonomicznego zagospodarowania, podczas gdy włączenie tematyki równoległego zagospodarowania surowców towarzyszących już od momentu rozpoznania i eksploatacji złoża z pewnością jest w stanie w znacznym stopniu ograniczyć ich powstawanie i równocześnie dostarczyć niezbędne dla gospodarki materiały.

W dalszym ciągu przemysł surowcowy nie do końca wykorzystuje możliwości pełnego zagospodarowania złoża. O zagospodarowaniu surowców towarzyszących należy myśleć przed decyzją o hałdowaniu wszystkiego, co pozostaje po procesach wydobywczych i przetwórczych. Tak jak w odpadach komunalnych bez separacji wykorzystanie znacznej części odpadów było nieopłacalne, tak również bez racjonalizacji gospodarki zasobami naturalnymi niemożliwe jest osiągnięcie konkurencyjności w branży surowcowej.

W branży budowlanej dysponujemy już i wiedzą, i technologiami w zakresie efektywnego zastępowania naturalnych surowców skalnych przez surowce towarzyszące i odpadowe, nawet zakwalifikowane jako niebezpieczne, np. bardzo rozdrobnione albo zanieczyszczone związkami metali ciężkich.





fot. Thinkstock

Prace nad sformułowaniem dokumentu KIS w grupie zajmującej się surowcami naturalnymi wprowadziły istotne *novum*, tj. zastosowano model gospodarki kołowej, obejmującej w każdym sektorze pełny zakres działań, od rozpoznania do zagospodarowania odpadów. Uwzględniono fakt, że technologie w każdym sektorze są specyficzne, ale wymagają skoordynowania działań w zakresie wspólnym dla wszystkich sektorów. Intencją było zrównoważenie rozwoju przez uznanie transdyscyplinarności projektów kwalifikowanych do finansowania.

Ważne, żeby to rozwiązanie nie pozostało tylko na papierze, ale weszło do praktyki badawczej i przemysłowej, a zwłaszcza żeby było podstawowym kryterium oceny i przyznawania funduszy na projekty realizowane w konkursach KIS i innych.

### Kruszywa z odpadów

Istotne znaczenie ma fakt, że złoża surowców, ich poszukiwanie i wydobycie, coraz częściej są utrud-

nione przez konkurencyjne sposoby użytkowania (np. program Natura 2000) oraz wiele regulacji w zakresie ochrony środowiska. Kierunki rozwiązania problemu zabezpieczenia i poprawienia dostępu do surowców muszą uwzględniać lepsze wykorzystanie złóż naturalnych, jak również surowców odpadowych i towarzyszących.

Zakres wykorzystywania odpadów do produkcji kruszywa jest ograniczony jedynym warunkiem – kruszywa niezależnie od rodzaju surowca, z którego są wytwarzane, muszą spełniać wymagania norm PN-EN, także zakres stosowania wszystkich kruszyw ustalają normy PN-EN. Wszystkie rodzaje kruszyw są równoprawne, a jedynym kryterium zastosowania kruszywa są jego właściwości.

Stosowanie kruszywa wytwarzanego z odpadów nie oznacza godzenia się na gorszą jakość, a wręcz przeciwnie, coraz częściej może oznaczać uzyskanie materiału o pożądanym właściwościach, których kruszywa naturalne nie mogą spełnić.

Takim przykładem mogą być sztuczne lekkie kruszywa, powstałe w wyniku termicznej metody przekształcania osadów ściekowych. Jest to innowacyjna technologia opracowana przez nasz Instytut [3]. Zaletą tej technologii produkcji kruszyw jest możliwość zmiany właściwości kruszyw w szerokim zakresie. Celowo wprowadzane modyfikacje procesu wpływają na określone cechy kruszywa, co pozwala na uzyskanie kruszywa dostosowanego do przyszłego zastosowania. Modyfikacje mogą np. pójść w kierunku otrzymania kruszywa na potrzeby drogownictwa o wysokim PSV i jasnej barwie.



Rys. 1. Podział kruszyw uwzględniający rodzaj surowców, z których są wytwarzane





Rys. 2. Przykładowe rodzaje kruszyw: a) kruszywo naturalne, b) kruszywo z żużla, c) kruszywo wg technologii IMBiGS

Kolejnym przykładem korzyści wynikających ze specyficznych metod wytwarzania kruszyw sztucznych może być możliwość ich produkowania w wąskich frakcjach w technologii bezodpadowej, podczas gdy wytwarzanie wąskich frakcji z surowców naturalnych (5,6/8; 8/11,2; 4/8), które są niezbędne do stosowania w warstwach ścieralnych na drogi, powoduje równocześnie wytwarzanie znacznej ilości innych nieprzydatnych frakcji.

Należy podkreślić, że kruszywo sztuczne wg technologii IMBiGS jest produktem w pełni ekologicznym, struktura kruszyw jest analogiczna z występującą w minerałach naturalnych, w kruszywie nawet po rozdrobnieniu i podczas eksploatacji nie są uwalniane żadne szkodliwe substancje chemiczne. Technologia produkcji kruszyw na bazie osadów ściekowych w najbliższym czasie będzie realizowana w skali przemysłowej – właśnie zakończono budowę zakładu produkcyjnego.

O tym, jak wiele możliwości stwarzają procesy otrzymywania kruszyw sztucznych, może świadczyć kolejny patent IMBiGS, dotyczący stabilizacji niebezpiecznych odpadów pylistych ze spalarni odpadów komunalnych w procesie wytwarzania sztucznego kruszywa lekkiego [4, 5].

### Przepisy dotyczące kruszyw z odpadów

Obowiązujące przepisy zasadniczo nie hamują możliwości rozwoju tego typu materiałów. Dopuszczają odrębny sposób postępowania dla odpadów ewidentnie niestwarzających zagrożenia środowiskowego, natomiast ograniczają w sensowny sposób możliwość zagrożeń środowiskowych. Zapobiegają obniżeniu jakości wyrobów budowlanych w wyniku zamiany surowców naturalnych na odpady poprzez ustalenie i kontrolę właściwości wyrobów przez normy.

Jedyny wątpliwy element to wymaganie w niektórych zastosowaniach (np. atesty higieniczne) składu chemicznego wyrobu, a nie wymywalności.

Być może wynika to z faktu, że obecne metody badania wymywalności nie do końca dają odpowiedź na faktyczną reaktywność w środowisku, woda destylowana jest innym rozpuszczalnikiem niż

woda w naturze, dlatego od lat prowadzi się prace nad zmianą tych metod i ich skorelowaniem z wymaganiami innych państw, np. USA.

Trzeba mieć jednak świadomość, że żadne programy i strategie dotyczące gospodarowania surowcami nie będą zachętą do szerszego stosowania surowców wtórnych i nie będą skuteczne, jeśli nie będą ekonomicznie uzasadnione.

W ocenie opłacalności ekonomicznej należałoby jednak uwzględnić wszystkie aspekty, takie jak uzyskanie użytecznego materiału dla budownictwa, oszczędzanie naturalnych źródeł surowca, bezpieczne pozbycie się odpadu. W przypadku zagospodarowania odpadu niebezpiecznego opłacalność może być wyższa, ponieważ dodatkowo nie ponosi się kosztów ich stabilizowania w formie nieużytecznej i składowania, a w dłuższej perspektywie także kosztów skażenia będącego skutkiem korozji, w wyniku której wymywanie substancji toksycznych zachodzi, tylko w zwolnionym tempie. Analogiczne wątpliwości budzi metoda stosowania tego typu odpadów jako wypełniacze do asfaltów (nie na warstwy wierzchnie), ponieważ w praktyce oznacza mieszanie popiołów z dobrymi jakościowo surowcami. Rolą decydentów jest wyważenie wszystkich zysków i ewentualnych kosztów.

Kruszywa wytwarzane z odpadów w procesach termicznych nie będą tańsze od wytworzonych naturalnie, ale w wycenie opłacalności ich wytwarzania należy jednak uwzględnić ochronę środowiska i skuteczność pozbycia się odpadów niebezpiecznych. □

### Piśmiennictwo

1. Dokument Komisji Europejskiej *End of Waste – Aggregates Case Study* z 5 marca 2007 r.
2. Dokument CEN/TC154/TG10/N736 Materiały wtórne. Kruszywa sztuczne. Raport końcowy dla kruszyw ze złóż wtórnych.
3. Patent nr 210921. Sposób otrzymywania kruszywa lekkiego z odpadów komunalnych i przemysłowych, z dnia 06-03-2008.
4. Zgłoszenie patentowe P-408165. Sposób unieszkodliwiania i zagospodarowania niebezpiecznych odpadów z instalacji spalania i mułów po flotacji rud metali nieżelaznych w produkcji kruszywa lekkiego dla budownictwa, z dnia 2014.05.09.
5. Zgłoszenie patentowe PTC/PL2015/000070. A method of disposal and utilisation of dusts from an incineration installation and sludge from flotation enrichment of non-ferrous metal ores containing hazardous substances in the process of light aggregate production for the construction industry, z 27.04.2015 r.