

Tańsze i przyjaźniejsze dla środowiska

Kruszywa alternatywne w budownictwie

Wiesław Kozioł¹, Paweł Kawalec²

Podział kruszyw

Wzrastające zużycie kruszyw, szczególnie w krajach o dynamicznie rozwijającej się gospodarce i dbałość o ochronę środowiska przyrodniczego powodują, że w wielu rozwiniętych gospodarczo krajach produkuje się kruszywa z surowców alternatywnych wobec nieodnawialnych surowców mineralnych. Podczas gdy średnia wielkość produkcji i zużycia kruszyw naturalnych w Europie wynosi ok. 6 t na mieszkańca, to w rozwijającej się w bardzo szybkim tempie Irlandii wielkość produkcji wynosi prawie 30 t/osobę. W Polsce wskaźnik ten jest dużo niższy i wynosi 4,0–4,5 t na mieszkańca. Tańszymi i przyjaźniejszymi dla środowiska rozwiązaniami są materiały alternatywne do produkcji kruszyw.

Obowiązujące w Polsce od 2004 r. normy europejskie dzielą kruszywa na trzy grupy:

KRUSZYWA NATURALNE – to kruszywa pochodzenia mineralnego, które poza przeróbką mechaniczną nie zostały poddane żadnej innej przeróbce. Kruszywa naturalne dzieli się na łamane, produkowane ze skał litych oraz kruszywa zwirowe (zwirowo-piaskowe, piaskowo-zwirowe lub bardziej ogólnie piaski i żwiry), produkowane ze skał okruchowych.

KRUSZYWA SZTUCZNE – kruszywa pochodzenia mineralnego, uzyskane w wyniku procesu przemysłowego obejmującego termiczną lub inną modyfikację.

KRUSZYWA Z RECYKLINGU – kruszywa powstałe w wyniku przeróbki nieorganicznego materiału zastosowanego uprzednio w budownictwie.

Szacuje się, że w Unii Europejskiej produkuje się obecnie ponad 3 mld t kruszyw naturalnych rocznie, a średnioroczny wzrost produkcji wynosi ok. 7%. W przypadku kruszyw sztucznych i z recyklingu brak jest dokładniejszych statystyk, a nawet szacunków co do wielkości tej produkcji. Kruszywa sztuczne i z recyklingu znajdują coraz szersze zastosowania w budownictwie i drogownictwie. Zazwyczaj są one tańsze niż kruszywa naturalne, przy porównywalnych właściwościach fizyko-mechanicznych. Dodatkową zaletą kruszyw sztucznych jest ich często dużo niższa gęstość objętościowa niż kruszyw naturalnych. Z punktu widzenia odbiorców jest to istotna zaleta tych surowców, gdyż w nasypie drogowym lub podbudowie drogi ważna jest objętość mas (liczba metrów sześciennych), podczas gdy płaci się za tonę surowca. Tak więc niższa o 50% gęstość wpływa bezpośrednio na koszt inwestycji budowlanej.

Kruszywa sztuczne produkowane są z różnego rodzaju surowców odpadowych, powstających głównie w przemyśle hutniczym, energetycznym i górnictwie. Rodzaj surowca ma duży wpływ na parametry wytrzymałościowe otrzymanych kruszyw.

Kruszywa z recyklingu powstają w miejscach prowadzonych prac budowlanych, takich jak: roboty wyburzeniowe i rozbiórkowe, przebudowa dróg itp. Ilość kruszyw, jaka powstaje w danym miejscu, jest stosunkowo niewielka. W przypadku przebudowy lub rozbudowy nawierzchni drogowej materiał mineralny pozyskany z rozbiórki starej nawierzchni jest kruszony i wyko-

rzystywany do budowy nowej drogi. Obrót tymi surowcami jest bardzo trudny do zewidencjonowania i w większości nie jest uwzględniony w zestawieniach statystycznych.

Oprócz wyżej wymienionych, na rynku coraz szerzej zaznacza się grupa kruszyw produkowanych z odpadowego surowca mineralnego, powstającego przy podziemnej eksploatacji złóż węgla kamiennego i rud. Kruszywa te według poprzednio obowiązujących norm (przed 2004) zaliczono do sztucznych, jednak zgodnie z obowiązującymi normami są to kruszywa naturalne, ponieważ surowiec mineralny, z którego są produkowane, nie został poddany żadnej przeróbce, oprócz mechanicznej. Niemniej jednak kruszywa te nie są ujmowane w statystykach dotyczących kruszyw naturalnych ze względu na surowiec, z którego są produkowane.

Z wyżej opisanych powodów proponuje się wprowadzenie nowego podziału kruszyw innych niż naturalne (ryc. 1).



Ryc. 1. Proponowany podział kruszyw alternatywnych

Kruszywa sztuczne

Wymienione w normie kruszywa sztuczne to jedynie te, które produkowane są na bazie surowców pochodzenia mineralnego. W nieobowiązującej już normie PN-78/B-01101 *Kruszywa sztuczne*. Podział wyróżniano grupę D – kruszyw pochodzenia organicznego, w której przede wszystkim uwzględniano kruszywa powstające w wyniku przetworzenia odpadowych tworzyw sztucznych. Według obecnie przyjętych unormowań taki surowiec nie jest kruszywem. Dlatego też w prezentowanym podziale proponuje się szersze podejście do problematyki przez uwzględnienie wszelkiego typu surowców odpadowych.

KRUSZYWA SZTUCZNE Z SUROWCA MINERALNEGO PODDANEJ OBRÓBCE TERMICZNEJ to keramzyt (gliniec) i glinoporyt, zaliczana do kruszyw lekkich (gęstość poniżej 1000 kg/m³). Powstają one w wyniku wypalania kopalni ilastych spełniających odpowiednie wymagania (zdolność do pęcznienia/spiekania, odpowiedni skład ziarnowy, chemiczny i mineralny). W Polsce produkuje się obecnie jedynie keramzyt. Produkcja keramzytu polega na wypalaniu odpowiednio przygotowanego wsadu w piecach, najczęściej obrotowych. Wypalanie składa się z kilku stadiów, w których temperatura w piecu waha się od 150 do 1250 °C. Otrzymany produkt ma kształt kulisty (ryc. 2) o wymiarach 0–16 mm, stosunkowo dużej porowatości, przy przewodzie porów zamkniętych i gęstości objętościowej od 200 do 1000 kg/m³.

¹ Prof. dr hab. inż. AGH; Wydział Górnictwa i Geoinżynierii AGH, Katedra Górnictwa Odkrywkowego, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.

² Dr inż.; tamże.



Ryc. 2. Kruszywo keramzytowe, źródło: Maxit sp. z o.o.

Mała gęstość jest podstawową zaletą kruszyw keramzytowych, dzięki której znajdują one liczne zastosowania w budownictwie, w tym drogowym. Stosuje się je przede wszystkim do odciążenia budynków i budowli (wymiana gruntu rodzimego na kruszywo keramzytowe), budowy nawierzchni drogowych na słabych podłożach, ale także do zapraw, tynków i wielu innych zastosowań.

W Polsce keramzyty produkowane są przez dwie firmy: Maxit (dawniej Optiroc) w Gniewie k. Gdańska i Keramzyt w Mszczonowie k. Warszawy. Wielkość produkcji kruszyw keramzytowych wynosi w Polsce ok. 250 tys. t rocznie i rozkłada się mniej więcej równo pomiędzy poszczególnych producentów.

KRUSZYWA SZTUCZNE Z SUROWCÓW ODPADOWYCH PODDANYCH OBRÓBCE TERMICZNEJ to kruszywa z wypalanych popiołów ze spalania węgla kamiennego lub brunatnego oraz kruszywa ze schłodzonego żużla stalowniczego.

Węgiel kamienny, jak i brunatny w dużej mierze składają się z substancji niepalnych, które pozostają jako efekt spalania w postaci popiołów lotnych. Materiał ten to odpad, który w dużej mierze jest utylizowany na składowiskach. Niemniej jednak poprzez poddanie popiołów oddziaływaniu wysokiej temperatury (rzędu 1000–1300 °C) możliwe jest ich spiekanie i uzyskanie kruszywa – popiołoporytu (ryc. 3). Tak otrzymane kruszywo charakteryzuje się stosunkowo niewielką gęstością objętościową 650–850 kg/m³, ale równocześnie dużą porowatością i nasiąkliwością.



Rys. 3. Kruszywo popiołoporytowe, źródło: Pollytag SA

Największym producentem popiołoporytu w Polsce jest firma Pollytag, która produkuje rocznie ok. 100 tys. t tego surowca. Przy niektórych elektrowniach (Skawina, Opole i inne) produkowane są również kruszywa z popiołów, ale ich łączna produkcja nie przekracza 30–40 tys. t/r.

Produkcja kruszyw z żużla hutniczego jako kruszyw sztucznych z tzw. produktów ubocznych, poddawanych obróbce cieplnej, polega na schłodzeniu odebranego wprost z huty ciekłego żużla – odpadu procesu wytopu rud. Łączna szacunkowa produkcja kruszyw tego typu wynosi w Polsce ok. 3 mln t i jest realizowana w zakładach eksploatujących składowiska żużli przy hutach, które to zakłady zostaną omówione w dalszej części artykułu.

KRUSZYWA SZTUCZNE Z SUROWCÓW ODPADOWYCH (UBOCZNYCH) PODDANE INNEJ OBRÓBCE NIŻ TERMICZNA to przede wszystkim kruszywa produkowane z żużli pohnutniczych, popiołów elektrownianych, surowców odpadowych górnictwa podziemnego i innych mi-

neralnych surowców odpadowych, których nie poddaje się dodatkowej obróbce termicznej, a główne procesy produkcyjne podobne są do technologii stosowanych w kopalniach odkrywkowych surowców skalnych, szczególnie kruszyw żwirowych i łamanych. Niemniej jednak znaczna część surowców zaliczonych do tej grupy została już wcześniej poddana obróbce termicznej podczas procesów, w trakcie których powstały lub w trakcie ich składowania. Są to:

- żużle hutnicze, które trafiają na składowisko w postaci płynnej i tam przechodzą do stanu stałego,
- łupki powstające w trakcie eksploatacji i procesów wzbogacania węgla kamiennego, które podczas składowania na hałdach ulegają wpływowi wysokiej temperatury w związku z procesami samozagrzewania i spalania węgla, stanowiącego, szczególnie na starszych składowiskach, dużą część składowanych mas skalnych.

Materiał taki charakteryzuje się w większości bardzo dobrymi własnościami fizyko-mechanicznymi, zależnymi jednak od rodzaju surowca, przy którego wytopie powstały żużle, procesów technologicznych, a w przypadku łupków – stopnia przepalenia zależnego od wysokości temperatury na którą łupek został wystawiony oraz czasu ekspozycji.

Żużle pohnutnicze (stalownicze, konwektorowe i inne) eksploatowane są ze składowisk (hałd) przy praktycznie wszystkich hutach w Polsce. Liderem na rynku jest polsko-brytyjska firma Slag Recycling Sp. z o.o., która w szczytowym okresie produkowała ok. 2,5 mln t kruszyw z żużli pohnutniczych z hałdy przy Hucie im. T. Sendzimira w Krakowie. Obecnie szacunkowa produkcja tej firmy wynosi ok. 1,5–1,7 mln t. Wśród większych firm branży należy wymienić: Alexander Mill Service Sp. z o.o. (ok. 1,2–1,4 mln t), HK Eko Grys Sp. z o.o. (ok. 0,5 mln t) oraz EHAZET Sp. z o.o. (ok. 250 tys. t). Zagospodarowaniem hałd powstających przy produkcji miedzi zajmuje się firma KGHM Ecoren SA. Z tych surowców uzyskuje się rocznie od ok. 500 do 800 tys. t kruszyw. Podane wielkości produkcji dotyczą zarówno kruszyw poddanych, jak i niepoddanych dodatkowej obróbce termicznej (według podziału na ryc. 1). Szacuje się, że w ostatnich latach (od 2004) łączna produkcja kruszyw sztucznych z żużli pohnutniczych wzrosła do ok. 7 mln t. Ze względu jednak na wyczerpanie surowca ze starych składowisk produkcja ta może wkrótce ulec zmniejszeniu nawet o połowę.

Przy produkcji kruszyw z żużli pohnutniczych dodatkowo odzyskiwane są skrzepy metaliczne (złom), nieoddzielone wcześniej w procesie wytopu.

Likwidacja składowisk odpadów przemysłowych prowadzi do odzyskania i rewitalizacji terenów, które wydawały się być stracone dla środowiska i niemożliwe do innego użytkowania. Podobny cel przyświeca eksploatacji hałd odpadów z eksploatacji złóż węgla kamiennego. Na tych składowiskach latami gromadzono odpady przerobcze i wydobywcze, powstające przy eksploatacji i wzbogacaniu węgla kamiennego. Szczególnie w 1 połowie XX w. i wcześniej procesy wzbogacania węgla były stosunkowo mało efektywne i obok skały pónnej na hałdy trafiało stosunkowo dużo węgla, który w warunkach braku odpowiedniego zagęszczenia materiału ulegał i wciąż ulega samozapłonowi, co jest zjawiskiem niebezpiecznym i szkodliwym dla środowiska. W trakcie przebudowy hałd pewna część materiału, a szczególnie wspomniany już łupek przepalony, może być odzyskana i użyta jako surowiec do produkcji kruszyw. Kruszywa pozyskane z łupków powęglowych nadają się do budowy nasypów drogowych, podbudów, makroniewielacji, budowli ziemnych itp., z zastrzeżeniem konieczności wykonania dobrego odwodnienia. Do ważniejszych firm zajmujących się przebudową hałd powęglowych surowców odpadowych należą m.in.: Haldex SA (przerabia ok. 1,5 mln t surowców odpadowych, jednak są to głównie łupki nieprzebrane, a więc kruszywa naturalne z surowca odpadowego) oraz firma Barosz Gwimet Sp. z o.o. (ok. 500 tys. t kruszyw; ryc. 4), Renova sp. z o.o. (ok. 300 tys. t) i inni. Produkcja tych kruszyw (przebranych i nieprzebranych) w ostatnich latach znacznie wzrosła i może wynieść 2–3 mln t.



Ryc. 4. Przebudowa hałdy, źródło: Barosz Gwimet Sp. z o.o.

Innym surowcem do produkcji kruszyw jest już wspomniany popiół elektrowniany. Nadaje się on do użycia nawet bez obróbki cieplnej i może zastępować piasek naturalny. Tzw. piasek popiołowy produkowany jest przez liczne firmy, jednak na uwagę zasługuje Utex Terra Sp. z o.o., która produkuje rocznie 450 tys. t kruszyw (z popiołu i surowców odpadowych wzbogacania węgla łącznie).

Kruszywa mogą być produkowane również z innych surowców odpadowych, jednakże dużym ograniczeniem jest dostępność do surowca odpadowego. Taka sytuacja występuje chociażby przy produkcji granulatów z butelek PET czy innych tworzyw sztucznych.

Kruszywa z recyklingu

Kruszywa z recyklingu to, zgodnie z definicją podaną we wspomnianej normie, kruszywa uzyskane w trakcie prowadzenia robót wyburzeniowych i rozbiórkowych. Roboty wyburzeniowe polegają na niszczeniu niepotrzebnych obiektów budowlanych i infrastrukturalnych z zastosowaniem materiałów wybuchowych. W przypadku rozbiórek ten sam efekt uzyskuje się poprzez mechaniczne niszczenie poszczególnych elementów obiektów. W Polsce obecnie prowadzi się coraz więcej prac tego typu, związanych z przebudową i likwidacją przestarzałej infrastruktury drogowej i przemysłowej. W związku z rozwojem techniki służącej do prowadzenia tych robót coraz częściej mają one charakter rozbiórek aniżeli wyburzeń. Pozyskiwany w trakcie prowadzenia prac rozbiórkowych surowiec jest kruszony i sortowany. W tym procesie separuje się magnetycznie elementy zbrojeń i inne surowce metaliczne w celu pozyskania złomu i oczyszczenia powstającego kruszywa.

Dokładna ilość kruszyw z recyklingu produkowanych rocznie w Polsce nie jest znana. Polski Związek Pracodawców Producentów Kruszyw szacuje wielkość tej produkcji na ok. 4,5 mln t. Stanowi to jedynie ok. 2,5% ogółu kruszyw zużywanych obecnie w Polsce. Niemniej jednak można przewidywać, że znaczenie kruszyw z recyklingu będzie stale rosnąć. Wskazuje na to przykład innych krajów, a także:

- wyczerpujące się zasoby surowców do produkcji innych kruszyw alternatywnych,
- rosnąca ilość robót rozbiórkowych i wyburzeniowych związana z odnową infrastruktury,
- ochrona środowiska naturalnego.

W niektórych krajach (np. Niemcy) istnieją uregulowania prawne, określające jaką część surowca odpadowego z rozbiórki obiektów budowlanych musi być ponownie użyta. W innych, pomimo braku oficjalnych uregulowań, doceniana jest wartość tego materiału i jest on chętnie stosowany. Taką tendencję można zauważyć także w Polsce.

W tabeli 1 przedstawiono dane o produkcji kruszyw sztucznych i z recyklingu w niektórych krajach Europy.

Tab. 1. Produkcja kruszyw alternatywnych w wybranych krajach w 2000 r.

Kraj	Razem	Gruz	Popioły	Żużle	Inne
	[mln ton]	[mln ton]	[mln ton]	[mln ton]	[mln ton]
Niemcy	74,5	55,0	5,0	12,5	2,0
Wielka Brytania	57,0	45,6	0,3	6,8	4,2
Holandia	40,0	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Francja	17,0	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Belgia	8,5	6,0	0,5	2,0	-
Szwecja	7,3	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Dania	4,0	3,0	b.d.	b.d.	1,0
Norwegia	0,2	0,2	b.d.	b.d.	b.d.
Razem	215,6	109,8	5,8	26,9	8,7

W tabeli, oprócz łącznej wielkości produkcji kruszyw, przedstawiono strukturę tej produkcji dla krajów, gdzie dane takie są dostępne. Można wyraźnie zauważyć, że w większości tych krajów gruz z wyburzeń, a więc kruszywa z recyklingu stanowią znakomitą większość produkowanych kruszyw alternatywnych – ponad 70% ogółu podanej produkcji. W Polsce szacuje się, że kruszywa z recyklingu stanowią ok. 15–20% kruszyw alternatywnych, a więc można spodziewać się zmiany struktury produkcji tych surowców.

Kruszywa naturalne z surowca odpadowego

Jak już wspomniano, są to kruszywa produkowane z mineralnych surowców odpadowych, ale w świetle obowiązujących norm przedmiotowych nie kwalifikują się do żadnej innej grupy kruszyw alternatywnych. Na szczególną uwagę zasługują kruszywa dolomitowe, produkowane z surowca odpadowego powstającego przy eksploatacji i przeróbce rud miedzi w okolicach Olkusza (ZGH Bolesław) oraz Trzebini (ZG Trzebionka). Utylizacją tych surowców zajmują się dwie firmy: Boloil SA oraz NCC Industrial Polska, produkując kruszywa dolomitowe na bazie dolomitów kruszczonośnych – surowca odpadowego eksploatacji rud cynku i ołowiu. Łączna produkcja wymienionych zakładów wynosi ok. 1,4 mln t rocznie i ma tendencję raczej spadkową ze względu na wyczerpywanie się eksploatowanych zasobów rud cynkowo-ołowiowych.

Także surowce odpadowe z eksploatacji węgla kamiennego znajdują zastosowanie do produkcji kruszyw. Te surowce można podzielić na odpady eksploatacyjne z prac udostępniających (dolomity, piaskowce i inne) oraz surowce odpadowe ze wzbogacania węgla (głównie łupki). Zagospodarowaniem tych surowców zajmują się liczne firmy działające na Górnym Śląsku, a przede wszystkim wspomniana już polsko-węgierska firma Haldex.

Inną grupę stanowią masy skalne pozyskiwane przy eksploatacji węgla brunatnego. Są to głównie wapień i margle kredowe, jurajskie i inne. W kopalni BOT KWB Bełchatów SA rocznie produkuje się ok. 500 tys. t kruszyw z tego surowca. W dużej mierze są one wykorzystywane na potrzeby własne kopalni (przede wszystkim do nawierzchni drogowych, betonu w pracach budowlanych na terenie kopalni itp.), ale również sprzedawane odbiorcą zewnętrznym.

Podsumowanie

Kruszywa alternatywne (sztuczne i z recyklingu) stanowią znaczące uzupełnienie rynku kruszyw w poszczególnych krajach UE. Wielkość ich produkcji można szacować na ok. 400 mln t rocznie. W Polsce obecnie produkuje się ok. 10 mln t kruszyw sztucznych z uwzględnieniem kruszyw naturalnych produkowanych ze skalnych surowców odpadowych i towarzyszących.

Produkcja kruszyw alternatywnych z surowców odpadowych i towarzyszących stanowi właściwą realizację podstawowych celów i zasad gospodarki odpadami, którymi są: minimalizacja wielkości odpadów oraz niekorzystnego ich wpływu na środowisko, odzysk zgodny z zasadami ochrony środowiska, unieszkodliwianie pozostałych odpadów (w tym produkcja kruszyw sztucznych).

Szacunki dotyczące kruszyw z recyklingu podają wielkość produkcji rzędu 4,5 mln t rocznie. Na podstawie analizy rozwoju produkcji oraz analogii do innych krajów UE, przede wszystkim Wielkiej Brytanii, w przyszłości można oczekiwać zmniejszenia się produkcji kruszyw sztucznych przy jednoczesnym zwiększeniu produkcji i zastosowania kruszyw z recyklingu oraz kruszyw z naturalnych surowców odpadowych i towarzyszących.

Stosowanie określenia „kruszywa alternatywne” w stosunku do kruszyw innych niż naturalne wydaje się być w pełni

uzasadnione ze względu na adekwatność tego określenia dla pochodzenia i roli tych surowców.

Literatura

1. Koziol W., Kawalec P.: *Produkcja kruszyw z surowców odpadowych i ich zastosowanie w budownictwie komunalnym i inżynierskim*. Materiały Szkoły Gospodarki Odpadami. Kraków-Rytm, 10-13 września 2002.
2. Wiaderny K.: *Zakład produkcji kruszyw w KWB „Bełchatów”*. „Węgiel Brunatny” 1993, nr 3 (6).
3. Kabziński A.: *Polski przemysł kruszyw*. „Górnictwo Odkrywkowe” 2006, nr 3-4.
4. Barritt J.: *WRAP Aggregates Program: Achieving the potential of recycled aggregates*. WRAP, May 2004.
5. Berg A.: *Grus, sand och krossberg, produktion och tillgångar 2004*. Sveriges Geologiska Undersökning. Uppsala 2005.
6. Meulen M.J.: *Aggregates in the Netherlands*. “Geological Survey of the Netherlands” (praca przygotowywana do druku).
7. Le Marche des Granulats. Union Nationale des Producteurs de Granulats 3. Paris 1998, 1999, 2000, 2001, 2002.
8. Ney R.: *Surowce Mineralne Polski. Surowce Skalne. Kruszywa Mineralne*. Wydawnictwo IGSMiE PAN. Kraków 2007.
9. Sobczyński P.: *Czym są kruszywa alternatywne?*. „Infrastruktura” 2007, nr 5.
10. Galos K.: *Zródła, produkcja i znaczenie gospodarcze kruszyw sztucznych w Polsce*. „Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej” 2008, nr 121 (Konferencje nr 50).
11. Koziol W., Kawalec P.: *Kruszywa budowlane i drogowe w Polsce i Unii Europejskiej*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie” 2008, nr 3 (18), s. 62-65.

WIERTNICE NIE MUSZĄ BYĆ DROGIE



MUSZĄ BYĆ NIEZAWODNE



DCS Poland

Drilling Chemicals Service

ul. Zakopiańska 9, 30-418 Kraków

tel.: 012 269 80 90, fax: 012 269 80 91

e-mail: sprzedaz@dcspoland.com, www.dcspoland.com

Przedstawiciel



**DRILLTO
TRENCHLESS
CO., LTD.**



DRICONEQ AB

MASZYNY I OSPRZĘT DO WIERCEŃ HORYZONTALNYCH I MIKROTUNELOWANIA