

mgr inż. Jarosław Gajewski*
 mgr inż. Marek Doering**
 dr inż. Łukasz Mroziak*
 mgr inż. Wioletta Sakiewicz*

Proekologiczna kostka brukowa

Proekologiczna kostka brukowa jest produktem przyjaznym środowisku dzięki możliwości utleniania i redukcji szkodliwych związków (tlenków azotu NO_x) zawartych w powietrzu. Innowacyjność tego produktu tkwi w niestandardowym składzie chemicznym betonu, który jest wzbogacony nanokrystalicznym dwutlenkiem tytanu (TiO_2). Zachodząca na powierzchni gotowego produktu fotokataliza, podczas której czynny TiO_2 , w obecności promieni UV pochodzących z promieniowania słonecznego, powoduje utlenianie szkodliwych tlenków azotu do postaci nieszkodliwych dla człowieka jonów azotanowych (NO_3^-). Ponadto kostka ma właściwości samoczyszczące, wynikające z tzw. superhydrofilowości TiO_2 , która sprawia, że na powierzchni betonu pojawia się bardzo cienka warstwa filmu wodnego. Zapobiega to narastaniu zanieczyszczeń i umożliwia ich łatwe usuwanie przy kontakcie z wodą [2, 4]. Wynika z tego, że jest to produkt reprezentujący najnowsze osiągnięcia nauki. Nie jest to jednak gwarantem skutecznego wprowadzenia produktu na rynek, gdyż tego typu innowacje wiążą się z reguły (przynajmniej początkowo) ze zwiększonymi kosztami produkcji. Nie da się racjonalnie wdrożyć nowej technologii bez pogłębionej analizy technicznej procesu wytwarzania, oceny ekonomicznej zarówno samego procesu produkcji, jak i aktualnego stanu rynku, na który dostarczamy dany produkt.

Badania

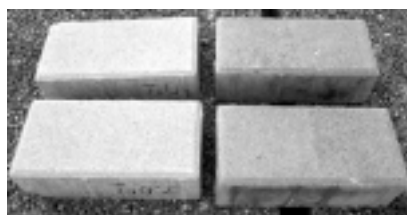
Obecnie dwutlenek tytanu wykorzystywany jest w budownictwie przede wszystkim jako dodatkowy składnik mieszanki betonowej, który zwiększa wytrzymałość betonu konstrukcyjnego [1], natomiast w kostce brukowej pełni głównie rolę czynnika redukującego szkodliwe związki chemiczne [2].

* Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
 ** Ceg-Tor Toruń

Nasze badania prowadzone były na kostce brukowej, wykonywanej w technologii dwuwarstwowej. Dwutlenek tytanu wprowadzony został do warstwy licowej produktu, zgodnie z reżimem technologicznym określonym przez producenta cementu. Badaniu podlegały:

- cechy makroskopowe kostki;
- właściwości mechaniczne spoiwa;
- wytrzymałość mechaniczna kostki brukowej;
- aktywność TiO_2 na tlenki azotu (badanie to zostało wykonane przez niemieckie laboratorium dysponujące zapleczem badawczym).

Zastosowanie nanokrystalicznego spoiwa miało wyraźny wpływ na barwę gotowego wyrobu (fotografia). Elementy produkowane na bazie cementu z dodatkiem TiO_2 wyróżniają się jaśniejszą i bardziej równomierną barwą w stosunku do produktu tradycyjnego.



Wibroprasowana kostka brukowa: z prawej strony w technologii standardowej; z lewej z użyciem cementu Tiocem®

[Fot. arch. Autorów]

Wyniki normowych pomiarów wodoodporności zastosowanego cementu potwierdzają informacje deklarowane przez producenta cementu i są zgodne z wymaganiami normy PN-EN 197-1. Natomiast normowe badanie (wg PN-EN 1338) wytrzymałości kostki brukowej wykazało bardzo dobre właściwości mechaniczne analizowanej partii wyrobu (tabela 1). Pomiary redukcji szkodli-

wych związków, przeprowadzone przez niemieckie laboratorium badawcze, wykazały aktywność badanej partii kostki brukowej na poziomie 31,7%.

Przedstawione wyniki świadczą o tym, że zastosowane spoiwo zapewnia użytkownikowi wytrzymałości na poziomie wymaganych przez aktualne przepisy normatywne, natomiast badanie efektywności procesu utleniania szkodliwych związków dało bardzo dobre wyniki, ponieważ obecne przepisy (norma UNI 11247) definiują aktywność elementu przekraczającą 25% jako bardzo dobrą.

Produkcja

Wytwarzanie proekologicznej kostki brukowej na skalę przemysłową nie wiąże się z wymaganiami większymi, niż mamy do czynienia w przypadku produkcji tradycyjnej kostki. Konieczna jest podstawowa linia technologiczna do produkcji elementów z betonu wibroprasowanego. Zadaniem dużo trudniejszym jest opracowanie racjonalnej receptury mieszanki betonowej. W technologii dwuwarstwowej cement z dodatkiem TiO_2 dodawany jest do warstwy licowej, ponieważ to na granicy warstwy wierzchniej dochodzi do kontaktu z powietrzem zawierającym szkodliwe związki NO_x . Obecnie, w produkcji na skalę przemysłową, praktycznie nie stosuje się optymalizacji ilości dodawanego spoiwa, gdyż producent kostki zobowiązany jest do przestrzegania reżimu technologicznego narzuconego przez producenta cementu. Niemniej jednak należy spodziewać się zmiany takiego stanu rzeczy, gdyż w ostatniej dekadzie nastąpił gwałtowny rozwój chemii cementu i na tym polu pracuje wiele ośrodków naukowych [3].

Tabela 1. Wyniki wytrzymałości przy rozłupywaniu wg PN-EN 1338 wg badań własnych

Nr próbki	1	2	3	4	5	6	7	8	Wytrzymałość średnia [MPa]	Średnie obciążenie niszczące [N/mm]
Kostka brukowa na bazie cementu z TiO_2	4,29	3,95	3,81	5,13	4,45	4,14	3,57	4,34	4,21	447
Kostka brukowa w technologii tradycyjnej	4,13	3,79	3,40	4,33	3,39	5,14	3,65	3,98	3,98	422,3

Sprzedaż

Proekologiczna kostka brukowa produkowana jest w Polsce przez niewielu producentów, w odróżnieniu do krajów zachodnich (Włochy, Niemcy, Francja), w których za priorytet stawia się tzw. zielone technologie przyjazne środowisku [2]. Kostka ekologiczna podobnie do kostki tradycyjnej wytwarzana jest w bardzo bogatej gamie kształtów i kolorów. Ciekawym przykładem wykorzystania ekologicznych walorów kostki brukowej jest jej zastosowanie w dużych aglomeracjach w otoczeniu przedszkoli, placów zabaw, wszędzie tam, gdzie priorytetem jest zdrowie i troska o najmłodszych.

Zielone technologie wyznaczają kierunek rozwoju dużych gospodarek narodowych, z tego względu Unia Europejska przeznaczona znaczne środki finansowe na propagowanie idee zrównoważonego budownictwa. W tym kontekście ważnym źródłem finansowania wdrożenia zielonej technologii mogą być projekty unijne. W zależności od tzw. mapy pomocy regionalnej, wizji rozwoju krajowego i regionalnego projekty dofinansowujące omawiane rozwiązania proekologiczne, zarówno w różnych regionach UE, jak i Polski są traktowane mniej lub bardziej priorytetowo i przeznaczone dla konsumentów prywatnych, firm oraz instytucji publicznych. W tabeli 2 przedstawiono różne programy, które do chwili obecnej były otwarte lub już są w fazie rozliczenia końcowego, gdzie w przypadku jeszcze istniejących środków zostają ogłoszone ostatnie konkursy.

Warto nadmienić, że w latach 2002 – 2005 prowadzone były badania nad materiałami z wykorzystaniem aktywnego cementu z dodatkiem TiO_2 w ramach programu PICADA [8], na który przeznaczono 3,4 mln euro. Program ten zrzeszał osiem instytucji reprezentujących środowisko inżynierskie i naukowe. Obecnie trwają prace związane z przygotowaniem programów wpierających ochronę środowiska na lata 2013 – 2020 i zakończą się prawdopodobnie w IV kwartale 2013 r. po zatwierdzeniu przez Unię Europejską. Pewne projekty programów przedstawia dokument „Europa 2020”, który zawiera główne filary wsparcia. Strategia Europa 2020 koncentruje się na pięciu dalekosiężnych celach w dzie-

Tabela 2. Źródła finansowania technologii innowacyjnych [5 ÷ 7]

Nazwa programu	Opis	Wartość programu
Life+	skierowany do MSP, program ten składa się z trzech komponentów: – przyroda i różnorodność biologiczna; – polityka i zarządzanie w zakresie ochrony środowiska; – informacja i komunikacja	2,1 mld euro
Program Ramowy na rzecz konkurencyjności i innowacji (CIP)	skierowany do MSP. CIP obejmuje m.in. program na rzecz przedsiębiorczości i innowacji (EIP) z częścią ekoinnowacyjną, na który przeznaczono ok. 430 mln euro. Jego celem jest wykorzystanie pełnego potencjału technologii środowiskowych w celu ochrony środowiska, przy jednoczesnym zwiększaniu konkurencyjności i wzrostu gospodarczego	3,6 mld euro
Marco Polo II (2007 – 2013)	celem programu jest zmniejszenie natężenia ruchu na drogach, rozwój transportu intermodalnego oraz zmniejszenie negatywnego wpływu transportu towarowego na środowisko, co ma pozytywnie wpływać na wydajny i zrównoważony system transportu. Program wspiera akcje z dziedziny transportu towarowego, logistyki i innych istotnych rynków, w tym dróg morskich oraz środków zmniejszających natężenie ruchu	450 mln euro
Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego (EFRR)	największy wspólnotowy instrument finansowania, z którego korzystają MSP. Jego celem jest zmniejszanie różnic w rozwoju regionów i umacnianie społecznej i gospodarczej spójności Unii Europejskiej. EFRR współfinansuje działania w dziedzinach takich, jak m.in. przedsiębiorczość, innowacyjność i konkurencyjność MSP (np. system mentorski w przedsiębiorstwach, innowacyjne technologie i systemy zarządzania w MSP, innowacje ekologiczne, optymalne wykorzystanie technologii teleinformatycznych). W odróżnieniu od wielu innych źródeł finansowania z funduszy UE, programami EFRR nie zarządza bezpośrednio Komisja Europejska, ale władze krajowe i regionalne (województwa, instytucje, np. Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej). Władze te pełnią również rolę punktów kontaktowych dla składających wnioski o dofinansowanie i dokonują selekcji zgłaszanych projektów.	347,41 mld euro (środki na 3 programy: EFRR, Europejski Fundusz Społeczny (ESF) oraz Fundusz Spójności)
Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko	POLIŚ to najważniejsze źródło finansowania przedsięwzięć związanych z ochroną środowiska w Polsce. Celem programu jest poprawa atrakcyjności inwestycyjnej Polski i jej regionów przez rozwój infrastruktury technicznej przy równoczesnej ochronie i poprawie stanu środowiska, zdrowia, zachowaniu tożsamości kulturowej i rozwijaniu spójności terytorialnej.	37,7 mld euro

dzinie zatrudnienia, badań naukowych, edukacji, ograniczenia ubóstwa oraz klimatu i energii. Ponadto w dziedzinie nauki i innowacji powstał Program Ramowy „Horyzont 2020” [9], który dofinansuje prace naukowe, badania oraz inwestycje na rzecz m.in. mocno zurbanizowanego środowiska. Na ten program jest przewidywany budżet o wartości ponad 77 mld euro.

Podsumowanie

Czynniki determinujące rozwój proekologicznych technologii, to przede wszystkim edukacja i świadomość konsumencka. Niestety, w związku z dość wysokimi kosztami wdrożeń i samej inwestycji społeczeństwo wybiera standardowe rozwiązania, niekoniecznie uwzględniające pozytywne oddziaływanie na środowisko. Szansą na pokonanie tych barier jest skuteczne pozyskiwanie środków finansowych ze źródeł unijnych bądź krajowych. Pomysł wykorzystania środków unijnych w procesie wdrażania innowacyjnej technologii udało się zrealizować dzięki na-

wiązaniu współpracy między firmą Ceg-Tor (producentem wyrobu), firmą Górażdże (dostawcą cementu) oraz naukowcami z Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego z Bydgoszczy.

Literatura

- [1] Nazari A., Riahi S.: Effect of TiO_2 nanoparticles on the properties of self compacting concrete. Cement-Lime-Concrete 03/2011
- [2] Sokołowski M., Dziuk D.: TioCem – cement z przyszłością. Referat prezentowany na Sympozjum „Reologia w technologii betonu” 2008 r.
- [3] Kurdowski W.: Chemia cementu i betonu. Wydawnictwo PWN, SPC 2010.
- [4] Gawlicki M.: Inteligentny SCC. Budownictwo, Technologie, Architektura, nr 4/2005.
- [5] Witryna World Wide Web: <http://ec.europa.eu/>
- [6] Witryna World Wide Web: <http://www.wfo-sigw.pl/>
- [7] Witryna World Wide Web: <http://www.pois.gov.pl/>
- [8] Witryna World Wide Web: <http://www.pica-da-project.com/>
- [9] Witryna World Wide Web: <http://www.nauka.gov.pl/ministerstwo/wspolpraca-polska-ue/>