



Temat specjalny

DOMIESZKI CHEMICZNE I DODATKI MODYFIKUJĄCE WŁAŚCIWOŚCI BETONU

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

Ile korzyści daje stosowanie domieszek do betonu? Nie sposób ich wszystkich wymienić z racji wielkiej różnorodności chemicznej domieszek oraz zróżnicowanego i skomplikowanego charakteru ich oddziaływania na poszczególne składniki mieszanki betonowej. Pewne jest to, że dzięki domieszkom właściwości betonu są stale modyfikowane i ulepszone, co stwarza coraz większe możliwości w zakresie projektowania architektonicznego i konstrukcyjnego.

fot. M. Szczygiel, fotolia



Zgodnie z normą PN-EN 934-2 *Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu*. Cz. 2. *Domieszki do betonu. Definicje, wymagania, zgodność, oznakowanie i etykietowanie*, domieszką nazywana jest substancja dodawana podczas wykonywania mieszanki betonowej, w ilości nieprzekraczającej 5% masy cementu, w celu zmodyfikowania właściwości mieszanki betonowej i (lub) stwardniałego betonu. Jednak chociaż domieszki mają w betonie najmniejszy udział pod względem masowym czy objętościowym, to ich rola w kształtowaniu właściwości świeżej mieszanki czy stwardniałego betonu jest największa. Równie ważną funkcję pełnią dodatki, których zawartość, w odróżnieniu od mieszanek, przekracza 5% masy cementu poza składnikami tradycyjnymi, podstawowymi.

Rys historyczny

Historia domieszek rozpoczęła się wraz z rozwojem spoiw mineralnych. Już w III i II w. p.n.e. zaczęto wykorzystywać naturalne polimery jako domieszki w celu modyfikowania właściwości stosowanych ówczesnie materiałów budowlanych. Do przyspieszania wiązania i twardnienia używano białka z jaj, soku figowego, skrobi z krwi czy skwaszone mleko. Produkty mleczne, naturalny lateks i gotowane pnie bananowca to niedzisiejsze uszczelniacze. Do upłynniania służyły cukier, oliwa, gliceryna, żywica sosnowa i oleje. Substancjami napowietrzającymi były sód, piwo i skóry zwierzęce. Z kolei wosk pszczeli, sierść zwierzęca, włókna roślinne wykorzystywano jako dodatki przeciwskurczowe. O rozwoju domieszek na skalę przemysłową można mówić od lat 30. XX w., co miało związek z rosnącymi wymaganiami w stosunku do mieszanki betonowej i stwardniałego betonu, projektowaniem nowych odmian betonu (BWW, SCC), zagospodarowaniem odpadów innych gałęzi przemysłu (np. papierniczego), obniżaniem kosztów produkcji materiałów budowlanych czy wreszcie oszczędnością wody i energii [1].

Domieszki – podział i ocena skuteczności według normy

W skład domieszek do betonu mogą wchodzić substancje organiczne lub nieorganiczne. Listę kilkudziesięciu substancji (aprobowanych i deklarowanych), z których mogą być komponowane, zestawiono w normie dotyczącej wymagań podstawowych dla domieszek PN-EN 934-1 *Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu*. Cz. 1. *Wymagania podstawowe*. Wymagania ogólne, które je charakteryzują, to przede wszystkim brak oddziaływania korozyjnego. Chociaż w myśl polskiego prawa beton towarowy nie jest wyrobem budowlanym z uwagi na brak harmonizacji normy EN 206, to wszystkie składniki potrzebne do jego wytworzenia są objęte normami zharmonizowanymi. Tym samym są one wyrobami budowlanymi i podlegają obowiązkowemu oznakowaniu znakiem CE lub znakiem budowlanym. Tylko takie można stosować do wytwarzania betonu, jeśli producent chce deklorować jego zgodność z normą PN-EN 206-1. Odnosi się to także do domieszek, których klasyfikację i wymogi określa aktualna norma PN-EN 934-2. Zawarte w niej zestawienia wymagań muszą być spełnione zarówno na etapie badań wstępnych, jak i później, w trakcie bieżącej kontroli produkcji [2]. Z kolei skuteczność stosowanych domieszek chemicznych ocenia się według wytycznych zawartych w grupie norm PN-EN 480 [3].



Filharmonia im. Mieczysława Karłowicza w Szczecinie, fot. M. Mareen, fotolia

Rodzaje domieszek i ich właściwości

Ze względu na zdolność do wywołania zamierzonego celu, w rozumieniu jednego, głównego działania, wyróżnia się domieszki:

- redukujące ilość wody (uplastyczniające, plastyfikatory), dzięki którym przy zachowaniu niezmienionej konsystencji mieszanki betonowej ilość wody w mieszance zostaje zredukowana od 2 do 5%. W efekcie osiąga się uplastycznienie mieszanki. Najczęściej stosowanymi plastyfikatorami są sole kwasów lignosulfonowych, rzadziej hydroksykarboksylowych;
- znacznie redukujące ilość wody (upłynniające, superplastyfikatory), co najmniej o 12%, a najnowsze superplastyfikatory nawet o 40%. Ich podstawowym celem jest upłynnienie mieszanki, najczęściej przez zastosowanie żywic syntetycznych: melaminowej, naftalenowej, formaldehydowej i akrylowej. Budownictwo zawdzięcza superplastyfikatorom wdrożenie do praktycznego stosowania nowej generacji betonów – o wysokiej wytrzymałości, wysokowartościowych i samozagęszczalnych;
- napowietrzające, które umożliwiają wprowadzenie podczas mieszania drobnych pęcherzyków powietrza. Napowietrzony beton cechuje się zwiększoną mrozoodpornością, dlatego znajduje zastosowanie zwłaszcza do budowli hydrotechnicznych oraz do wykonywania nawierzchni drogowych i lotniskowych, a także przy wykonywaniu betonu w okresie zimowym. Jako domieszki napowietrzające stosowane są zwykle sole kwasów organicznych. Warto dodać, że dozowanie domieszki napowietrzającej wymaga wiele uwagi, bowiem każda zmiana ilości wprowadzonego powietrza bardzo istotnie wpływa na właściwości betonu;
- przyspieszające wiązanie i twardnienie, wśród których wyróżnia się preparaty wywołujące prawie natychmiastowe wiązanie cementu, przy jednoczesnym znacznym obniżeniu właściwości betonu, oraz preparaty, które nie wywołują gwałtownych reakcji wiązania, a jedynie skracają go i przyspieszają okres twardnienia. Wśród domieszek przyspieszających znajdują się substancje nieorganiczne (chlorki, sole sodu i potasu, azotki, azotany, azotyny, fluorki i gliniany) i organiczne (mrówczany wapnia i sodu, trietanolamina, trisizopropanolamina). Tego typu domieszki stosuje się przy



Most drogowy w Dubrowniku, fot. nbi media

betonowaniu w obniżonych temperaturach, do produkcji elementów prefabrykowanych, przy betonowaniu natryskowym. Domieszki przyspieszające wiązanie stosowane są do małych ilości zapraw i betonów przy tamponowaniu rys i otworów w wypadku przeciekania wody;

- opóźniające wiązanie, których działanie polega na fizycznym utrudnieniu wiązania cementu lub spowolnieniu tego procesu, dzięki czemu mieszanka betonowa dłużej zachowuje ciekłość (niektóre wytwórnie dysponują własnymi mieszankami zdolnymi opóźnić wiązanie nawet o kilkanaście godzin). Domieszki opóźniające wiązanie stosowane są m.in. w przypadku betonowania w wysokich temperaturach, kiedy zachodzi potrzeba właściwego powiązania ze sobą układanego warstwami betonu lub by umożliwić przeprowadzenie rewibracji;
- uszczelniające, które znajdują zastosowanie wszędzie tam, gdzie projektowane są betony wodoszczelne i narażone na agresję chemiczną. Dodatek mieszanki uszczelniającej pozwala na zmniejszenie absorpcji kapilarnej stwardniałego betonu, wpływa na poprawę wodoszczelności i zmniejszenie nasiąkliwości, a w szczególności zwiększenie trwałości betonu. Istota działania mieszanek uszczelniających polega na blokowaniu porów kapilarnych;
- modyfikujące lepkość mieszanki betonowej, które stosuje się zwykle w celu wyeliminowania segregacji, zwłaszcza w przypadku mieszanek samozagęszczalnych. Ich zastosowanie zwiększa lepkość mieszanki, nie powodując przy tym istotnych zmian konsystencji.

Dodatkowo wyróżnia się domieszki działające kompleksowo, czyli wpływające na kilka właściwości mieszanki i (lub) betonu stwardniałego, przez powodowanie więcej niż jednego z głównych wymienionych działań, a więc opóźniające wiązanie (redukujące ilość wody) – uplastyczniające, opóźniające wiązanie (znacznie redukujące ilość wody) – upłynniające, przyspieszające wiązanie (redukujące ilość wody) – uplastyczniające [2, 4, 5].

Efektywność działania domieszek

Skuteczność działania domieszek chemicznych zdefiniowano jako kryterium i charakterystykę jakości ich działania z racji spełnianej funkcji i związanego z nią podstawowego efektu

działania, który jest z kolei rozumiany jako efekt działania domieszki odpowiadający jej funkcji i wynikający bezpośrednio z fizycznego mechanizmu jej działania. Oceniając efektywność działania domieszki i przy jej stosowaniu, trzeba uwzględnić także efekty drugorzędne, ponieważ istnieje możliwość niekorzystnego wpływu domieszki na ważne cechy mieszanki betonowej i (lub) stwardniałego betonu.

Efektywność działania domieszek chemicznych należy rozpatrywać w trzech aspektach:

- technicznym – jako iloraz wymaganego efektu podstawowego, czyli zmiany właściwości mieszanki betonowej i (lub) stwardniałego betonu oraz minimalnej ilości domieszki koniecznej do jego wywołania;
- technologicznym, oceniając łatwość i bezpieczeństwo stosowania domieszki oraz wrażliwość efektów jej stosowania na zmiany warunków technologicznych;
- ekonomicznym – jako koszt jednostki efektu podstawowego modyfikacji domieszką.

W praktyce na wybór domieszki wpływają głównie aspekty ekonomiczne i technologiczne, których spełnienie oznacza uzyskanie możliwie najmniejszym kosztem zamierzonego efektu stosowania domieszki.

Do osiągnięcia oczekiwanego rezultatu modyfikacji właściwości mieszanki betonowej i (lub) betonu domieszkami konieczne są prawidłowe zaprojektowanie składu modyfikowanego betonu oraz prawidłowa technologia jego wykonania. Niespełnienie tych warunków gwarantuje nieskuteczność działania mieszanek – żadna domieszka nie ma mocy zmiany złego betonu w dobry. Wśród czynników technologicznych, od których zależy skuteczność działania domieszek, do najistotniejszych należą jej właściwości, skład chemiczny i mineralny, wielkość aplikacji, obecność innych domieszek chemicznych, rodzaj i właściwości dodatków mineralnych, moment dodania domieszki w stosunku do mieszania cementu z wodą, czas mieszania i temperatura mieszanki. Każdy z tych czynników wpływa na skuteczność działania domieszek, przy czym szczególnie ważna jest zależność efektów działania domieszek od właściwości cementu, a więc tzw. kompatybilność domieszki z cementem [6].

Dodatki do betonów

Zadaniem dodatków, które mają postać pyłów, okruszków lub włókien, jest polepszenie wybranych właściwości betonu, zaoszczędzenie cementu i uzupełnienie pylastych frakcji kruszywa. Dodatki wymagają dozowania wagowego, bardzo starannego rozprowadzenia w mieszance betonowej i często zaostrzonych warunków pielęgnacji.

Jako dodatki pylaste stosuje się przede wszystkim mielony granulowany żużel wielkopiecowy, popiół lotny i pył krzemionkowy. W wyjątkowych przypadkach są to mączki skalne, traktowane jako składnik chemicznie bierny.

Dodatek popiołu lotnego do mieszanki poprawia jej urabialność i w istotny sposób wpływa na cechy betonu przez m.in. podwyższenie odporności na agresywne środowisko siarczanowe, poważne spowolnienie twardnienia betonu czy podwyższenie jego odporności na temperaturę z 400 do 600 °C. Podobnie do popiołu oddziałuje żużel granulowany, słabo zasadowy, zmielony do mączki, jaka cechuje popioły. Efekty stosowania żużlu mogą być nawet korzystniejsze niż



Wykorzystaj w swoich realizacjach 100 lat doświadczeń BASF

Domieszki do betonu
Posadzki przemysłowe
Systemy hydroizolacji
Systemy naprawcze

Master Builders Solutions - kompleksowe rozwiązania w zakresie domieszek do betonu, posadzek przemysłowych, systemów hydroizolacji oraz systemów naprawczych betonu.

Nowoczesne produkty, wieloletnie doświadczenie, konkretne rozwiązania. Znalezienie wiarygodnego wsparcia dla Twoich projektów, nigdy nie było łatwiejsze.

Po więcej informacji odwiedź naszą stronę www.master-builders-solutions.basf.pl

 **BASF**

We create chemistry



Centrum Kulturalno-Kongresowe Jordanki w Toruniu, fot. Mostostal Warszawa SA

w przypadku popiołu, ponieważ żużel jest aktywniejszy i skuteczniej uszczelnia beton. Z kolei pył krzemionkowy dodany w ilości 2–3% masy cementu (więc raczej jako domieszka) do betonu bardzo korzystnie wpływa na polepszenie urabialności mieszanki przy zachowaniu dobrej lepkości. Kolejnym dodatkiem jest bentonit, skała ilasta, który polepsza właściwości tiksotropowe mieszanek betonowych. Natomiast dzięki dodatkom okrucowym, stosowanym tylko do zewnętrznych warstw wyrobów betonowych, uzyskuje się podwyższenie odporności na ścieranie, chropowatość, odpowiednie zabarwienie i czasami szczelność. Żywice syntetyczne jako dodatki wykazują znaczną adhezję z kruszywem i ze stwardniałym zaczynem. Odpowiednio dobrany kompozyt żywiczny polepsza urabialność mieszanki betonowej, a także wytrzymałość i właściwości fizyczne oraz chemiczne. Aby uodpornić beton na ścieralność, stosuje się dodatki w postaci opiłków stalowych, rozdrobnionego węgliku krzemu, korundu, żużli ołowianych lub miedziowych, stłuczki porcelanowej. Wykazano, że jeśli beton ma się cechować wysoką odpornością na uderzenia i drgania, korzystne są dodatki o wydłużonym kształcie, np. wióry żeliwne, krótkie odcinki drutu stalowego (beton z takim dodatkiem jest szczególnie odporny na zmęczenie i jedno-

cznie na ścieranie). Do betonów, które mają się cechować tylko podwyższoną odpornością na zmęczenie, przewiduje się dodatki włókniste z włókna szklanego, z tworzyw sztucznych i włókna mineralne, a nawet roślinne [4].

Chemia budowlana w kształtowaniu współczesnego betonu

Chemia budowlana to obszar, który stanowi jeden z fundamentów współczesnej technologii betonu, a domieszki do betonu to jedna z najszybciej rozwijających się grup materiałów budowlanych. Jednak szeroko pojmowana chemia budowlana nie ogranicza się oczywiście do domieszek. W kręgu jej zainteresowania znajdują się także dodatki polimerowe, dzięki którym uzyskuje się betony polimerowo-cementowe i żywiczne, oraz innowacje w zakresie materiałów wykończeniowych, izolacyjnych, naprawczych i do ochrony powierzchniowej. Ciągły rozwój w dziedzinie chemii budowlanej pozwala mieć nadzieję na stałe ulepszanie materiałów budowlanych, w tym zwłaszcza betonów, których coraz lepsze właściwości umożliwią realizację coraz śmielszych projektów konstrukcji budowlanych [7, 8].

Literatura

- [1] Ignerowicz A.: *Historia rozwoju domieszek do betonu*. „Buk-biznes” 2012, nr 1, s. 30–33.
- [2] Bajorek G.: *Sterowanie właściwościami betonu przy użyciu domieszek*. „Inżynier Budownictwa”, dodatek specjalny „Chemii Budowlanej” 2013, styczeń, s. 62–68.
- [3] PN-EN 480 *Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu. Metody badań*. Cz. 1–15.
- [4] Jamroży Z.: *Beton i jego technologie*. PWN. Warszawa 2015.
- [5] Gołaszewski J.: *Domieszki do betonu. Rodzaje, efekty, zakres stosowania*. „Magazyn Autostrady” 2015, nr 8–9, s. 20–24.
- [6] Gołaszewski J.: *Współpraca domieszek z cementami*. „Materiały Budowlane” 2013, nr 11, s. 89–92.
- [7] Łukowski P.: *Rola chemii budowlanej w kształtowaniu współczesnego betonu*. „Materiały Budowlane” 2013, nr 11, s. 96–97.
- [8] Łukowski P.: *Nowe osiągnięcia w dziedzinie domieszek do betonu*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2015, nr 2, s. 32–36.



Tunel drogowy, fot. nbi media

Nie sposób mówić o współczesnym betonie bez nawiązania do wyrobów chemii budowlanej. Jakie grupy domieszek rozwijają się obecnie najszybciej i dlaczego?



Prof. dr hab. inż. Jan Deja, dyrektor Biura, Stowarzyszenie Producentów Cementu.

To prawda, współcześnie produkowany beton stał się materiałem nowoczesnym, o różnorodnych właściwościach, które kształtowane są w znaczącym stopniu przez tzw. chemię budowlaną, czyli przez domieszki chemiczne.

Zgodnie z wymaganiami normowymi, stanowią one zaledwie do 5% masy cementu, jednak ich znaczenie w kształtowaniu właściwości świeżej mieszanki i stwardniałego betonu jest ogromne. Obecnie dostępna jest szeroka oferta domieszek, umożliwiająca modyfikację wielu właściwości mieszanek i betonu. Należy wspomnieć o podstawowych domieszkach, takich jak domieszki zwiększające ciekłość mieszanek: plastyfikatory i superplastyfikatory, domieszki napowietrzające, które poprawiają mrozoodporność, domieszki uszczelniające, opóźniające i wielofunkcyjne, czyli spełniające równocześnie funkcje np. upłynnienia i napowietrzenia, upłynnienia i opóźnienia czasu wiązania. Stosując domieszki, należy zawsze pamiętać o sprawdzeniu kompatybilności domieszki z cementem. Domieszka, która dobrze sprawdza się z określonym cementem, może nie być skuteczna we współdziałaniu z innym cementem. Warto pamiętać, że chociaż domieszki chemiczne umożliwiają modyfikację różnych właściwości betonu, nie są lekarstwem na wszelkie błędy technologiczne. Przechodząc do drugiej części pytania, należy stwierdzić, że najszybciej rozwijającą się grupą domieszek są domieszki polimerowe, których zadaniem jest zwiększenie płynności mieszanek betonowych. Nowoczesne superplastyfikatory polimerowe umożliwiają ograniczenie ilości wody zarobowej nawet o 40%, co wpływa korzystnie na praktycznie wszystkie właściwości mieszanki i betonu.



Dr hab. inż. Paweł Łukowski, prof. PW, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska

Domieszki stanowią obecnie bardzo ważny i nieodłączny składnik betonu, o czym zaświadcza przekonująco choćby dokument tej rangi, co Norma Europejska PN-EN 206 *Beton*. Domieszki rozwijają

się dynamicznie jako cała grupa modyfikatorów i niełatwo jest wskazać, w którym przypadku ta dynamika jest największa. W kategoriach ilościowych dominującą pozycję zajmują superplastyfikatory (domieszki upłynniające), których udział w rynku wynosi między 70 a 80%. Szczególnie intensywny rozwój obserwuje się wśród superplastyfikatorów nowej generacji – polikarboksylianowych. Pozycję tę zapewnia im wielka skuteczność w upłynnianiu mieszanki betonowej oraz specyfika ich budowy chemicznej, która umożliwia „konstruowanie” (nanotechnologia!) różnych modyfikatorów z podstawowej, wyjściowej struktury polikarboksylianu, a tym samym daje możliwość projektowania zróżnicowanych, dostosowanych do różnych potrzeb domieszek upłynniających. Spośród innych grup domieszek do betonu za szczególnie predestynowane do intensywnego rozwoju uważam domieszki modyfikujące lepkość mieszanki betonowej (*viscosity modifying admixtures*, VMA), których funkcją jest zapobieganie segregacji bardzo ciekłych mieszanek betonowych, co osiąga się przez poprawę spoiwości mieszanki. Domieszki tego rodzaju są wykorzystywane w najnowocześniejszych obszarach technologii betonu, tj. przy wykonywaniu betonów samozagęszczalnych oraz przy betonowaniu pod wodą.

W inżynierii materiałów budowlanych obserwuje się obecnie przejście od koncepcji materiałowej (*material concept*), do koncepcji użyteczności (*performance concept*). Użytkownik materiału nie kłopotczy się już jego składem (beton recepturowy), ale wymaga konkretnych właściwości (beton projektowany), za które odpowiedzialny jest wytwórca, a które mogą być uzyskane przez odpowiedni dobór modyfikatorów. Oznacza to, że pozycja domieszek do betonu, a wśród nich zwłaszcza polikarboksylianowych superplastyfikatorów, będzie nadal rosła i nic nie wskazuje, aby ten trend miał się zmienić.



Zespół maszyn do układania nawierzchni betonowej SP1500, fot. PORR Polska Infrastructure SA