



Temat specjalny

Wpływ domieszek i dodatków na poprawę cech betonu

tekst: **MARIAN KOWACKI**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne



Synergia pomiędzy betonem a chemią budowlaną jest oczywista – oba te obszary są ze sobą nierozdzielnie połączone, co znajduje odbicie w ich dynamicznym rozwoju. Ulepszanie właściwości betonu dla sprostania nowym potrzebom rynku i coraz trudniejszym wyzwaniom nie byłoby możliwe bez wprowadzenia modyfikatorów, wśród których najbardziej spektakularne efekty osiągnięto dzięki domieszkom. W rozwoju technologii betonu nie można pominąć także dodatków.



fot. antic, fotolia.com





Rzów i klasyfikacja domieszek

Dążeniu do uzyskania tworzyw cementowych o podwyższonych parametrach użytkowych towarzyszy zainteresowanie surowcami odpadowymi (w postaci dodatków mineralnych) i domieszkami chemicznymi, których stosowanie prowadzi do modyfikacji składu i poprawy właściwości użytkowych zapraw, mieszanek betonowych i stwardniałych betonów.

W normie PN-EN 934-2 *Domieszki do betonu, zaprawy i zacinu domieszki* definiuje się jako substancje chemiczne, które muszą spełniać wymagania w zakresie jednorodności, barwy, udziału substancji aktywnej, gęstości, zawartości substancji suchej, pH, wpływu na wiązanie cementu, zawartości chloru i alkaliów oraz oddziaływania korozyjnego na tworzywa cementowe [1].

Najczęściej stosowane w budownictwie domieszki chemiczne mają postać plastyfikatorów (domieszki uplastyczniające), superplastyfikatorów (domieszki upłynniające), domieszek napowietrzających, a także przyspieszających i opóźniających wiązanie (m.in. umożliwiających transport przez zapewnienie optymalnej urabialności w zwiększonym przedziale czasowym).

Domieszki uplastyczniające są substancjami pochodzenia organicznego. Ich działanie polega na dyspersji ziaren cementu w zaczynie, prowadząc do zwiększenia upłynnienia zaczynu cementowego. Po raz pierwszy plastyfikatory w postaci lignosulfonianów zastosowano w latach 30. XX w. jako odpady przemysłu celulozowego. Dodanie ich do wody zarobowej w ilości nieprzekraczającej 0,2–0,5% w stosunku do masy cementu powoduje redukcję ilości wody na poziomie ok. 5%. W latach 70. XX w. wprowadzono domieszki upłynniające o bardziej intensywnym działaniu w porównaniu z domieszkami uplastyczniającymi. Do zapraw i betonu stosuje się domieszki chemiczne w postaci rozpuszczalnych w wodzie polimerów, zawierających grupy funkcyjne oraz rozgałęzione łańcuchy boczne. Mając na uwadze niższe koszty produkcji, do najczęściej stosowanych należą plastyfikatory (lignosulfoniany) oraz superplastyfikatory na bazie sulfonowanej melaminy z formaldehydem (SMF) oraz sulfonowanego naftalenu z formaldehydem (SNF). Plastyfikatory są domieszkami obniżającymi napięcie powierzchniowe wody zarobowej w stopniu umożliwiającym ograniczenie jej zużycia o ok. 10% przy

zachowaniu tej samej konsystencji. Natomiast superplastyfikatory tradycyjne, na bazie melaminy i naftalenu, pozwalają na redukcję ilości wody na poziomie 10–15%. Nowej generacji superplastyfikatorów pojawiły się w latach 90. XX w. Oparte są na polimerach akrylowych (CLAP – z grupą eterową i AP – z grupą estrową), które nie zawierają grup sulfonowych i są bardziej efektywne od superplastyfikatorów typu SMF i SNF, pozwalając na redukcję ilości wody nawet do 40%.

Superplastyfikatory modyfikują właściwości świeżych zaczynów, zapraw i mieszanek betonowych przez wywieranie wpływu na ich właściwości. W przypadku stwardniałych zapraw i betonów występowanie superplastyfikatorów w ich składzie wpływa na mikrostrukturę tworzywa cementowego zależną od stopnia napowietrzenia czy rodzaju i ilości tworzących się produktów hydratacji cementu. Aby zwiększyć mrozoodporność oraz trwałość zapraw betonowych, stosuje się domieszki napowietrzające, które w czasie mieszania wytwarzają liczne bardzo drobne pęcherzyki powietrza o średnicy 20–250 μm , równomiernie rozmieszczone w odległości 150–200 μm . Pęcherzyki w stwardniałym betonie przerywają ciągłość kapilar, zmniejszając podciąganie kapilarne wody. Woda, zamarzając w kapilarach, przy zwiększaniu swej objętości może wciskać się do pustych pęcherzyków, co zapobiega rozsądaniu betonu.

W celu skrócenia czasu przejścia mieszanki betonowej ze stanu plastycznego w stwardniały stosuje się domieszki przyspieszające wiązanie jako sole w postaci azotanów, azotynów, glinianów oraz soli związków organicznych. Ich działanie polega na zwiększeniu szybkości reakcji zachodzących w zaczynie cementowym. Oprócz domieszek, których zastosowanie wpływa na modyfikację pojedynczych cech zapraw i betonów, na rynku dostępne są również domieszki działające kompleksowo, wpływając na zmianę dwóch lub większej liczby parametrów tych materiałów [2].

Typy dodatków do betonu, zasady i obszary stosowania

Zgodnie z definicją zawartą w normie PN-EN 206-1:2003 *Beton. Cz. 1. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność* [3], dodatek do betonu to materiał mocno rozdrobniony, stosowany w celu poprawy właściwości betonu lub osiągnięcia właściwości

Tab. 1. Zastosowanie podstawowych rodzajów domieszek do poszczególnych rodzajów betonów [6]

Rodzaj domieszki	Efekty oddziaływania	Przykłady zastosowań
Uplastyczniające i upłynniające (superplastyfikatory)	– zwiększenie ciekłości mieszanki betonowej przy stałym wskaźniku wodno-cementowym (w/c); – zmniejszenie ilości wody przy zachowaniu stałej konsystencji; – zmniejszenie zużycia cementu przy zachowaniu niezmięnionej wytrzymałości	Mieszanki betonowe o dużej ciekłości, beton natryskowy, betony do wyrobu elementów i konstrukcji żelbetowych i sprężonych, w szczególności gęstozbrojonych i cienkościennych
Przyspieszające wiązanie i (lub) twardnienie betonu	Szybki przyrost wytrzymałości bez obróbki cieplnej	Wyroby betonowe przeznaczone do szybkiego rozformowania, elementy prefabrykowane, betony natryskowe, betony i zaprawy szybkowiązające (np. w naprawach)
Opóźniające wiązanie	Utrzymywanie mieszanki w stanie ciekłym	Betonowanie w czasie upałów, transport świeżego betonu (beton towarowy), układanie betonu w sposób ciągły na dużych powierzchniach, beton pompowany, beton architektoniczny
Napowietrzające	Wzrost mrozoodporności betonu	Betony odporne na działanie mrozu, narażone na stały dostęp wody, betony hydrotechniczne, betony i zaprawy wykonywane w warunkach zimowych, betony na nawierzchnie drogowe i lotniskowe (w wielu krajach obligatoryjnie), zaprawy tynkarskie i okładziny zewnętrzne, beton natryskowy
Przeciwrozowe	Umożliwienie wykonywania betonu w niskich temperaturach i zwiększenie odporności świeżo wykonanego betonu na działanie mrozu	Betony wykonywane w warunkach obniżonych temperatur, w warunkach zimowych
Uszczelniające	Zmniejszenie przesiąkliwości betonu, poprawa odporności na działanie wody, w tym pod ciśnieniem	Betony wodoszczelne o małej nasiąkliwości

specjalnych (dodawany zazwyczaj w ilości powyżej 5% masy cementu). W normie wyróżniono dwa typy dodatków:

- typ I – dodatki prawie obojętne: wypełniacze oraz pigmenty,
- typ II – dodatki puculanowe lub o słabym działaniu hydraulicznym (pył krzemionkowy, popiół lotny, granulowany żużel wielkopieczowy).

Ogólną przydatność dodatków do betonu ustala się w zależności od typu i rodzaju dodatku, zgodnie z odpowiednią normą. W [3] dopuszczono do stosowania trzy możliwe koncepcje uwzględnienia dodatków typu II w składzie betonu:

- koncepcja współczynnika k,
- koncepcja równoważnych właściwości użytkowych (ECPC),
- koncepcja kombinacji równoważnych właściwości (EPCC).

Najczęściej stosowana przez krajowych producentów betonu jest koncepcja współczynnika k. Wartość współczynnika jest zależna od specyfiki dodatku.

W celu uzyskania oszczędności cementu, poprawy właściwości mieszanek betonowych, obniżenia temperatury hydratacji cementu i zmniejszenia naprężeń termicznych w dużych masach betonowych oraz dla zwiększenia odporności betonu na agresję chemiczną stosuje się jako dodatek do betonów popiół lotny w ilości do 30% w stosunku do ilości cementu. Podobne działanie wykazuje żużel granulowany, słabo zasadowy, zmie-

lony do miążkości, jaka cechuje popioły. Efekty stosowania żużla mogą być nawet korzystniejsze niż w przypadku popiołu, ponieważ żużel jest aktywniejszy i skuteczniej uszczelnia beton.

Dzięki zastosowaniu jako dodatku do betonu pyłów krzemionkowych osiąga się – z uwagi na ich wysoki stopień rozdrobnienia i bardzo dobre właściwości puculanowe – znaczny wzrost wytrzymałości i szczelności betonu, zwiększenie jego odporności na działanie środowisk agresywnych oraz zmniejszenie negatywnych skutków reaktywności alkalicznej kruszywa [4].

Dodatki okruczowe, używane tylko do zewnętrznych warstw wyrobów betonowych, powodują podwyższenie ich odporności na ścieranie, chropowatość, odpowiednie zabarwienie i czasami szczelność. Żywyce syntetyczne wykazują znaczną adhezję z kruszywem i ze stwardniałym zaczynem, a odpowiednio dobrane jako dodatek polepszają urabialność mieszanki betonowej, wytrzymałość i właściwości fizykochemiczne betonu. Dodatek opiłków stalowych, rozdrobnionego węgliku krzemu, korundu, żużli ołowianych lub miedziowych czy stłuczki porcelanowej uodparnia beton na ścieranie. 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. Do betonów, które mają się cechować podwyższoną



Kompleksowe wsparcie w Twoich realizacjach i 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

Tab. 2. Najczęściej stosowane domieszki, ich skład oraz efekty podstawowe i drugorzędne [7]

Domieszka	Substancja (rodzaj)	Efekt podstawowy	Efekty drugorzędne
Plastyfikatory	– kwasy lignosulfonowe i ich sole (Ca, Na, Mg, NH ₄); – kwasy hydroksykarboksylowe i ich sole [zawierające grupy (OH), (COOH)]	– uplastycznienie mieszanki; – zmiana właściwości reologicznych mieszanki	– czas początku wiązania cementu; – zawartość powietrza w mieszance
Superplastyfikatory	– sole sulfonowanych naftalenowo-formaldehydowych polimerów (SNF); – sole sulfonowanych melaminowo-formaldehydowych polimerów (SMF); – polimery karboksylowe (polimery i kopolimery karboksylowych kwasów akrylowych (PC) oraz polimery usieciowane (CLPC); – etery karboksylowe (PE); – inne substancje o bliżej nieokreślonych właściwościach i charakterystykach	– upłynnienie mieszanki; – znacząca zmiana właściwości reologicznych mieszanki	– czas początku wiązania cementu; – zawartość powietrza w mieszance
Domieszki zwiększające lepkość	– syntetyczne i naturalne polimery organiczne, – etery celulozy, politlenek etylenu, polikryloamidy, polialkohol winylowy; – organiczne rozpuszczalne w wodzie flokulanty – kopolimery styrenowe z grupami karboksylowymi, syntetyczne polielektrolity, naturalne gумы	– zwiększenie lepkości, – zmiana właściwości reologicznych mieszanki; – zmniejszenie segregacji i bleedingu mieszanki	– właściwości reologiczne mieszanki; – czas początku wiązania cementu; – zawartość powietrza w mieszance
Domieszki opóźniające wiązanie i twardnienie	– kwasy fosforowe i ich sole; – heptaoksotetraborany; – fluorki; – tlenki metali Pb, Zn; – lignosulfoniany; – cukry proste i złożone – glukoza, sacharoza; – kwasy i sole kwasów hydroksykarboksylowych	– czas wiązania, – ciepło hydratacji; – wczesna i długoterminowa wytrzymałość na ściskanie	– właściwości reologiczne mieszanki; – zawartość powietrza
Domieszki przyspieszające wiązanie i twardnienie	– chlorki, – nieorganiczne – sole sodu i potasu, szczególnie siarczany, w mniejszym stopniu węglany; – azotki i azotany; – organiczne – trietanolamina, mrówczan sodu lub wapnia	– czas wiązania; – ciepło hydratacji; – wczesna i długoterminowa wytrzymałość na ściskanie	– właściwości reologiczne mieszanki; – zawartość powietrza
Domieszki napowietrzające	– tłuszcze i oleje pochodzenia zwierzęcego lub roślinnego oraz kwasy tłuszczowe; – naturalne żywice dające z CaO sole kwasów żywicznych lub z dodatkiem NaOH, mydła kwasu żywicznego; – sole sodowe lub potasowe kwasów sulfonowych bądź alkilosiarkowych	– zawartość powietrza w mieszance; – rozkład porów w mieszance i stwardniałym betonie	– właściwości reologiczne mieszanki; – wytrzymałość na ściskanie

odpornością na zmęczenie, przewiduje się dodatki włókniste z włókna szklanego, z tworzyw sztucznych i włókna mineralne, a nawet roślinne.

Efektywność działania

Skuteczność działania domieszek chemicznych i dodatków jest uwarunkowana wpływem wielu czynników. Zależy m.in. od ilości, rodzaju, budowy, czasu dozowania oraz

mechanizmu działania samych domieszek, rodzaju, stopnia rozdrobnienia i składu fazowego cementu, kompatybilności z cementem czy stosunku w/c. Podkreśla się, że dowolna mieszanka może działać skutecznie jedynie pod warunkiem zastosowania jej do betonu właściwie zaprojektowanego i wykonanego. Jeśli te warunki nie będą spełnione, właściwości betonu nie ulegną poprawie nawet przy użyciu najbardziej nowoczesnych domieszek.

Polskie normy budowlane zakazują stosowania domieszek i dodatków bez wcześniejszego laboratoryjnego zweryfikowania ich działania w konkretnym przypadku, tj. rzeczywiście użytych składników betonu i rzeczywistych warunków wykonywania.

Warto także przypomnieć, że wszystkie składniki betonu muszą być kompatybilne względem siebie. Często domieszki i dodatki produkowane są wprost pod kątem dostosowania do danego cementu. Szczegółowe właściwości cementów tej samej klasy i rodzaju zależą oczywiście od surowców wyjściowych i techniki produkcji [5]. Przeprowadzenie prób pozwala na dokonanie optymalnego wyboru odmiany domieszki i jej dozowania dla konkretnego cementu. Obecnie producenci domieszek i dodatków do betonu zapewniają swoim kontrahentom doradztwo i wsparcie techniczno-technologiczne w zakresie stosowania oferowanych wyrobów. Komunikacja i bliska współpraca z klientami owocują wprowadzaniem przez producentów mieszanek nowych produktów i opracowywaniem specjalnych rozwiązań, umożliwiających najbardziej efektywną i opłacalną produkcję betonu.

Podsumowanie

W ślad za ewolucją betonu, który już od dawna wykorzystywany jest nie tylko do tradycyjnych budowli bazujących na sprawdzonych pomysłach, szuka się możliwości modyfikowania i stałego ulepszania właściwości tego uniwersalnego budulca. Coraz wymyślniejsze kształty obiektów, nieraz o specjalistycznym charakterze, wymagają odpowiedniego materiału do ich

tworzenia. Ponieważ modyfikacja betonu jest zdecydowanie bardziej opłacalna niż poszukiwanie nowej, równie wyjątkowej substancji, to dodawanie nowoczesnych domieszek i dodatków umożliwia tworzenie betonu adekwatnego do potrzeb. Przemysł budowlany nieustannie się rozwija, a wraz nim rozwija się beton. Producenci z pewnością nie ustaną w staraniach, aby ten materiał nadal stanowił synonim gwarancji realizacji każdego projektu.

Literatura

- [1] PN-EN 934-2 *Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu*. Cz. 2. *Domieszki do betonu. Definicje, wymagania, zgodność, oznakowanie i etykietowanie*.
- [2] Janowska-Renkas E., Matyjaszczyk D.: *Wpływ domieszek chemicznych o różnym działaniu na właściwości zaczynów zapraw cementowych*. „Roczniki Inżynierii Budowlanej” 2017, t. 17, s. 99–112.
- [3] PN-EN 206-1:2003 *Beton*. Cz. 1. *Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*.
- [4] Wolska-Kotańska C.: *Dodatki do betonu według normy europejskiej EN 206 Beton*. „Prace Instytutu Techniki Budowlanej” 2000, nr 4, s. 31–39.
- [5] Jamróży Z.: *Beton i jego technologie*. PWN. Warszawa 2015.
- [6] Łukowski P.: *Domieszki chemiczne do zapraw i betonów*. Kraków 1998.
- [7] Gołaszewski J.: *Współpraca domieszek z cementami*. „Materiały Budowlane” 2013, nr 11, s. 89–92.

V Forum Ochrony Środowiska

15-16 kwietnia 2019 r.

Warszawa



Izba Gospodarcza

WODOCIĄGI POLSKIE

Gospodarka obiegu zamkniętego

- wyzwanie czy dzisiejsza konieczność

Nowoczesne przedsiębiorstwo

WOD-KAN 5.0

czy stać nas na mapę drogową

branża
wod-kan a

GOZ

z perspektywy
UE

doświadczenia
polskie i europejskie

WOD-KAN 5.0

www.fos.igwp.org.pl





Inteligentne budowanie łączy ludzi.

Budowanie z serca i umysłu. Każdy projekt jest inny - musi być zaplanowany i wykonany indywidualnie. Od wiedzy i zaangażowania każdego człowieka zależy sukces projektu. Od dziesięcioleci za PORR stoją najwyższe kompetencje we wszystkich dziedzinach budownictwa - ponieważ wiedza, zaangażowanie i dobra współpraca zawsze się opłaca. [porr-group.com](https://www.porr-group.com)

powered by

PORR