



Temat specjalny

# DOMIESZKI DO MODYFIKACJI BETONU

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



Stosowanie domieszek i dodatków do betonu to obecnie powszechna praktyka w wysoko uprzemysłowionych krajach świata. To dzięki nim możliwa jest poprawa wielu istotnych właściwości tego podstawowego tworzywa konstrukcyjnego, a także jego funkcji dekoracyjnych. Rynek chemii i domieszek do betonu stale się rozwija, podążając w ślad za coraz wyższymi wymaganiami stawianymi konstrukcjom pod względem nośności, użytkowości i związanym z tym poszukiwaniem doskonalszych sposobów polepszania właściwości betonu.



Fot. kwanchaift, fotolia.com

## Rodzaje domieszek i korzyści z ich stosowania

Od kiedy w XX w. pojawiły się pierwsze komercyjne produkty przeznaczone do modyfikacji mieszanek cementowych, wprowadzanie domieszek chemicznych i dodatków stało się powszechne. Domieszki chemiczne stosuje się zasadniczo w celu zmiany właściwości świeżej mieszanki lub zmodyfikowania parametrów stwardniałego zaczynu cementowego, zaprawy czy betonu.

Biorąc pod uwagę kryterium głównego efektu działania, wyróżnia się domieszki redukujące ilość wody, znacznie redukujące ilość wody, napowietrzające, przyspieszające wiązanie i twardnienie, opóźniające wiązanie, uszczelniające, modyfikujące lepkość mieszanki betonowej i wielofunkcyjne.

Dzięki domieszkom redukującym ilość wody (uplastyczniającym, plastyfikatorom) w mieszance betonowej przy zachowaniu niezmięnionej konsystencji ilość wody zostaje zredukowana od 2 do 5%. Do uplastycznienia mieszanki w roli plastyfikatorów najczęściej występują kwasy lignosulfonowe, rzadziej hydroksykarboksylowe. Do znacznego zredukowania ilości wody – o co najmniej 12%, a w przypadku najnowszych superplastyfikatorów nawet o 40% – stosuje się mieszanki upłynniające. Upłynnienie mieszanki najczęściej osiąga się przez zastosowanie żywic syntetycznych: melaminowej, naftalenowej, formaldehydowej i akrylowej.

Wprowadzenie podczas mieszania drobnych pęcherzyków powietrza umożliwiają mieszanki napowietrzające. Zmodyfikowany w ten sposób beton jest bardziej mrozoodporny, dlatego stosuje się go zwłaszcza do budowy obiektów hydrotechnicznych oraz wykonywania nawierzchni drogowych i lotniskowych. Jako domieszki napowietrzającej używa się zwykle soli kwasów organicznych.

Wśród domieszek przyspieszających wiązanie i twardnienie wyróżnia się dwa rodzaje preparatów. Część wywołuje prawie natychmiastowe wiązanie cementu przy jednoczesnym znacznym obniżeniu właściwości betonu. Inne preparaty nie wywołują gwałtownych reakcji wiązania, lecz jedynie je skracają i przyspieszają okres twardnienia. W tym celu wykorzystuje się zarówno substancje nieorganiczne (chlorki, sole sodu i potasu, azotki, azotany, azotyny, fluorki i gliniany), jak i organiczne (mrówczany wapnia i sodu, trietanoloamina, trisizopropanoloamina).

Działanie mieszanek opóźniających wiązanie polega na fizycznym utrudnieniu wiązania cementu lub spowolnieniu tego procesu, przez co mieszanka betonowa dłużej zachowuje ciekość (niektóre wytwórnie dysponują własnymi mieszankami zdolnymi opóźnić wiązanie nawet o kilkanaście godzin). Tego rodzaju domieszki stosuje się m.in. w przypadku betonowania w wysokich temperaturach, kiedy zachodzi potrzeba właściwego powiązania ze sobą układanego warstwami betonu, lub aby umożliwić przeprowadzenie rewibracji.

Wszędzie tam, gdzie projektowane są betony wodoszczelne i narażone na agresję chemiczną, znajdują zastosowanie domieszki uszczelniające. Dodatek w ich postaci pozwala na zmniejszenie absorpcji kapilarnej stwardniałego betonu, wpływa na poprawę wodoszczelności i zmniejszenie nasiąkliwości, a w szczególności zwiększenie trwałości betonu. Istota działania mieszanek uszczelniających opiera się na blokowaniu porów kapilarnych.

By wyeliminować segregację, zwłaszcza w przypadku mieszanek samozagęszczalnych, stosuje się zwykle domieszki

modyfikujące lepkość mieszanki betonowej, które zwiększają lepkość mieszanki, nie powodując przy tym istotnych zmian konsystencji.

Użycie wielu wymienionych typów domieszek działa kompleksowo, wpływając na kilka właściwości mieszanki i (lub) betonu stwardniałego [1].

## Dozowanie domieszek

Zgodnie z definicją zawartą w [2], domieszki stosuje się w ilości nie większej niż 5% masy cementu w betonie. Domieszki chemiczne dodaje się w czasie produkcji mieszanki betonowej, czyli w trakcie procesu mieszania. Niewłaściwe dozowanie obniża skuteczność domieszek, uniemożliwiając tym samym osiągnięcie zakładanych celów modyfikacji. Utrata deklarowanych właściwości produktów może wynikać również ze zmieszania różnych rodzajów domieszek.

Obecnie właściwe dozowanie domieszek ułatwiają systemy dozujące, powszechnie dostępne na rynku. Przy wyborze właściwego zestawu do dozowania należy zwrócić uwagę na pewne szczegóły dotyczące budowy, aby mieć pewność, że dany system jest dostosowany do jej potrzeb. Najważniejsze informacje dotyczące budowy zestawu do dozowania, pozwalające na zminimalizowanie prawdopodobieństwa wystąpienia nieprawidłowości lub awarii przy składowaniu i dozowaniu domieszek, zostały opracowane przez Stowarzyszenie Producentów Chemii Budowlanej i wydane w formie biuletynu [3] na potrzeby wydarzenia *Dni Betonu 2016*. Informacje te przedstawiono w tabeli 1.

## Betony specjalne

Beton to niezwykle materiał, który dzięki odpowiednim modyfikacjom można stosować niemal bez żadnych ograniczeń. Rozwija się tak dynamicznie jak trendy w budownictwie, dzięki czemu stale jest obecny w nowo wznoszonych obiektach.

W zakresie modyfikacji konstrukcyjnych, zwłaszcza w krajach rozwiniętych, obserwuje się rozwój budownictwa wysokiego i wysokościowego, co znajduje odzwierciedlenie także w dziedzinie technologii betonowych. Jeszcze na początku lat 80. XX w. wysoką wytrzymałość betonu uzyskiwano przez staranny dobór tradycyjnie stosowanych składników – cementu, kruszywa, dodatków czy domieszek. W kolejnym etapie rozwoju betonu pojawiły się pyły krzemionkowe oraz superplastyfikatory, co pozwoliło uzyskać produkt o znacznie większej wytrzymałości czy mrozoodporności przy jednoczesnym zmniejszeniu nasiąkliwości i wodoprzepuszczalności. Taki układ zmian cech betonu przyczynił się do znacznego zwiększenia jego trwałości.

Betonami wywodzącymi się wprost z betonu zwykłego i stanowiącymi efekt prowadzonych modyfikacji są betony wysokowartościowe (BWW). Tym, co je wyróżnia, jest wykorzystanie do ich produkcji nowoczesnych cementów o wysokiej jakości oraz małej wartości stosunku wodno-spoiwowego i nierozłącznie z tym związana konieczność stosowania nowoczesnych domieszek plastyfikujących lub upłynniających. Dla betonów o najwyższej wytrzymałości niezbędne jest także stosowanie dodatków mineralnych, zwłaszcza pyłu krzemionkowego.

Dodatek odpowiedniego superplastyfikatora oraz ekstremalnie niski stosunek w/c to wyróżniki betonów reaktywnych (RPC) i ultrawysokowartościowych (UHPC), charakteryzujących się ponadto wysoką zawartością cementu (ok. 1000 kg/m<sup>3</sup>) i pyłu

Tab. 1. Najważniejsze informacje dotyczące budowy zestawu do dozowania [3]

Element	Sugestie	Uwagi / wyjaśnienia
Liczba cylindrów i wag dozujących	Na każdą domieszkę powinien być przewidziany jeden cylinder. W sytuacjach, gdy jest to niemożliwe, należy przestrzegać zaleceń producentów domieszek dotyczących mieszania domieszek w urządzeniach dozujących	Niektóre domieszki nie mogą być ze sobą bezpośrednio mieszane!
Pojemność cylindrów dozujących i pojemników wagowych	Cylindry i pojemniki wagowe powinny mieć wystarczającą pojemność	Betony specjalne, np. UHPC, wymagają dużych ilości domieszek, nawet do ok. 30 l/m <sup>3</sup>
Przewody dozujące	Należy stosować wyłącznie przewody, które są odporne na działanie transportowanych nimi substancji (np. przewody z EPDM oraz rury ze stali szlachetnej lub PE-HD)	W szczególności plastyfikatory i superplastyfikatory zawierają zwykle środek przeciwpieniący, który może zmiękczać tworzywo sztuczne i części gumowe
Uszczelnienia	Należy stosować wyłącznie uszczelnienia odporne na działanie składników domieszek, jak fluoroplastik (FPM) lub politetrafluoroetylen (PTFE)	
Układ połączeń	W szczególności w przypadku przewodów sztywnych (rury) należy uważać, aby nie powstawały „ślepe zaułki”, tj. miejsca, w których domieszka przestaje płynąć. W przypadku węży elastycznych należy unikać tworzenia się wycieków. Na początku przewodu pompującego należy zamontować zawór zwrotny, zabezpieczający instalację przed działaniem „na pusto”	Powstawanie „ślepych zaułków” i wycieków zwiększa ryzyko biologicznego zanieczyszczenia
Pompa dozująca i pompa spustowa	Najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie pompy zębatej o odpowiednim punkcie pracy	Niska temperatura może powodować zwiększenie lepkości niektórych domieszek (do ok. 30 mPa*s) i obniżenie zdolności domieszki do płynięcia
Opróżnianie cylindrów wagowych i pojemników wagowych	Jeżeli jest to możliwe, należy stosować pompy spustowe; w przypadku opróżniania grawitacyjnego należy stosować przewody o minimalnej średnicy 3”, optymalnie 1”	
Czyszczenie i konserwacja	Instalację dozującą, włącznie z przewodami i uszczelnieniami, należy poddawać regularnej konserwacji, tj. czyścić, dokonywać przeglądów i w razie potrzeby naprawiać. Kontrola pomp oraz przewodów dozujących obejmuje sprawdzenie: – prawidłowego działania pomp, – właściwego przyporządkowania linii zgodnie z układem sterowniczym instalacji, – szczelności przewodów. Kontrola wag do odmierzania domieszek i cylindrów powinna obejmować sprawdzenie: – prawidłowego działania urządzeń wagowych, – kompatybilności produktów, przyporządkowanych do konkretnych cylindrów dozujących (zob. powyżej), – stanu czystości cylindrów dozujących (np. osad), – kontroli właściwego momentu dozowania domieszek zgodnie z układem sterowniczym	Cylindry i instalacje dozujące należy regularnie płucać, szczególnie gdy służą do dozowania różnych rodzajów domieszek
Układ sterowania instalacji dozującej	Kolejność i odpowiedni czas dozowania poszczególnych domieszek można dowolnie zaprogramować. Cylindry dozujące powinny być spłukane wodą po zakończeniu procesu dozowania / odważenia odpowiedniej ilości domieszki	W przypadku dodawania kilku domieszek do jednej mieszanki betonowej zaleca się ustalenie kolejności dodawania poszczególnych składników. Z reguły domieszki wykazują najlepsze działanie, gdy dodaje się je po wstępnym wymieszaniu suchych składników z wodą





# 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](http://www.master-builders-solutions.basf.pl)

 **BASF**

We create chemistry



Fot. nbimedia



krzemionkowego (200–300 kg/m<sup>3</sup>). Dzięki wprowadzeniu domieszek upłynniających, które umożliwiły zmniejszenie stosunku wodno-cementowego, nastąpił gwałtowny wzrost uzyskiwanych wytrzymałości. Domieszki, a także dodatki do betonu doprowadziły do transformacji od betonu zwykłego do betonu UHPC. Domieszki i różnego rodzaju dodatki są także niekiedy wprowadzane do fibrobetonów, materiałów kompozytowych powstających w wyniku dodania krótkich włókien do matrycy z zapraw cementowych lub betonów, zwykle drobnoziarnistych.

Domieszki mają także znaczny udział w modyfikacjach użytkowych betonu. Na układanie bez wibrowania nawet przy złożonych kształtach i gęstym zbrojeniu pozwalają betony samozagęszczalne (SCC). To betony upłynnione, o normowym rozplywie od 500 do 700 mm, w przypadku których przy stosunkowo małej ilości kruszywa i dużej ilości cementu (> 600 kg/m<sup>3</sup>) zasadnicze znaczenie mają efektywne superplastyfikatory, specjalne domieszki korygujące lepkość i zapobiegające segregacji oraz dodatki popiołów obniżające ciepło hydratacji.

Ciekawym produktem są także betony samonaprawialne, w których idea samonaprawialności polega na tym, że materiał naprawczy w postaci odpowiedniej domieszki zostaje umieszczony wewnątrz betonu, jeszcze zanim nastąpi uszkodzenie, czyli podczas wytwarzania mieszanki betonowej. Kiedy naprężenia wewnętrzne w betonie przekraczają założony poziom, aktywuje się materiał naprawczy [4].

### Osiągnięcia i wyzwania

Domieszki umożliwiają poprawę wielu istotnych właściwości podstawowego tworzywa konstrukcyjnego, jakim jest beton. Stały postęp w obszarze domieszek przynosi wciąż nowe osiągnięcia oraz wyznacza nowe trendy rozwojowe. Zdarza się także, że nowe tendencje oznaczają w istocie powrót do źródeł, wywołując na nowo zainteresowanie modyfikatorami, których okres świetności mógłby wydawać się miniony.

W ostatnim czasie za takie na nowo odkryte domieszki uważa się plastyfikatory i superplastyfikatory lignosulfonianowe, które po długim czasie lekceważenia obecnie powracają w zmodyfikowanej i ulepszonej wersji. Renesansu zainteresowania lignosulfonianami można upatrywać w potrzebach zrównoważonego rozwoju i korzyściach ekonomicznych, jednak trudno po prostu nie doceniać bardzo dobrej skuteczności tego rodzaju współczesnych plastyfikatorów i superplastyfikatorów.

Postęp w dziedzinie domieszek do betonu nie oznacza rozwiązania wszystkich istotnych problemów w tym obszarze. Niezmiennie pierwsze miejsce na ich liście zajmuje kwestia kompatybilności domieszek. Produkty do modyfikacji betonu stają się coraz bardziej

skomplikowane pod względem budowy chemicznej i mechanizmów działania, jednocześnie coraz częściej występują w układach z innymi modyfikatorami. Tym samym oprócz tradycyjnego problemu zgodności z cementem dochodzi kwestia kompatybilności różnych rodzajów domieszek między sobą. Wydaje się, że najbardziej obiecujące rozwiązanie problemu kompatybilności polega na poszukiwaniu optymalnej struktury cząsteczkowej polimerów wykorzystywanych jako składniki domieszek.

Wzrastający stopień skomplikowania układów zaczyn cementowy – domieszki, polegający przede wszystkim na coraz częstszym stosowaniu różnych modyfikatorów jednocześnie, czyni szczególnie istotnymi zagadnienia związane ze współpracą różnych domieszek. Domieszki do betonu, stanowiąc istotny składnik współczesnego betonu, pozwalają na poprawę wielu ważnych cech tego tworzywa. Osiągnięcia naukowe w tej dziedzinie są zwykle szybko wdrażane do praktyki, a dzięki zaawansowanym technikom badawczym możliwe jest coraz lepsze zrozumienie mechanizmów działania i wpływu różnych czynników na skuteczność działania modyfikatorów. Ważny wkład w rozwój domieszek ma także nanotechnologia, która umożliwia praktyczne kształtowanie struktury wykorzystywanych związków chemicznych, w tym także na poziomie molekularnym. Pomimo to w zakresie stosowania domieszek nadal istnieją problemy, które wymagają rozwiązania. Do najważniejszych należą kwestie zapewnienia kompatybilności domieszek z różnymi rodzajami cementu, a także różnych domieszek jednocześnie stosowanych pomiędzy sobą [5].

### Literatura

- [1] Szruba M.: *Domieszki chemiczne i dodatki modyfikujące właściwości betonu*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2016, nr 2, s. 22–26.
- [2] PN-EN 934-2+A1:2012 *Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu*. Cz. 2. *Domieszki do betonu. Definicje, wymagania, zgodność, oznakowanie i etykietowanie*.
- [3] *ABC prawidłowego składowania i dozowania domieszek do betonu*. Biuletyn SPCHB, październik 2016. Dostępny w Internecie: <http://www.spchb.pl/?s=32&p=0&cid=326&t=-Biuletyn+SPChB+-+ABC+prawid%C5%82owego+sk%C5%82adowania+i+dozowania+domieszek+do+betonu#.Wt7xvIhubIW> (dostęp 2 maja 2018).
- [4] Błaszczynski T.Z.: *Cudowny świat betonu*. Targi Budma. Poznań, 24 stycznia 2012.
- [5] Łukowski P.: *Domieszki do betonu – osiągnięcia i problemy do rozwiązania*. „Budownictwo, Technologie, Architektura” 2017, nr 1, s. 70–72.