

Wpływ krystalizacji na żywotność betonu

Trwałość betonu (jego żywotność) zależy od kilku zmiennych. Te zmienne to nie tylko konstrukcja mieszanki, wytrzymałość na ścislenie oraz zastosowana technika izolacji betonu, ale również zmienne na wszystkich etapach powstawania betonu od prawidłowego zaprojektowania jego składu poprzez wylanie betonu do jego wykończenia. Oczywiście wszyscy uczestnicy procesu od pomysłu do wykończenia konstrukcji powinni podejmować wysiłki by beton wytrzymał cykl życiowy danej konstrukcji. Należy pamiętać, że konstrukcja przewidziana na 20 lat wiąże się z innymi wymaganiami niż konstrukcja przewidziana na 100 lat. Pomimo, że technologia krystalizacji **Krystaline** zasadniczo zwiększa trwałość betonu nie zwalnia to z konieczności zapewnienia prawidłowego postępowania na wszystkich etapach od początku do zakończenia procesu.

Dla pełnego zrozumienia skuteczności działania technologii krystalizacji **Krystaline** należy wyjaśnić następujące pojęcia:

Katalizator – substancja stosowana w małych dawkach w stosunku do substratu reakcji, która modyfikuje i przyspiesza reakcje sama nie zanikając w procesie.

Kataliza – to proces w którym następuje reakcja chemiczna, która przyspiesza lub spowalnia działanie substancji zwanej katalizatorem.

Adsorpcja – to przyczepność cząsteczek gazu, cieczy lub rozpuszczonej substancji stałej do powierzchni.

Podstawowe informacje o procesie krystalizacji

Głównym zadaniem technologii **Krystaline** jest wzmożenie procesu hydratacji betonu poprzez proces katalizy i adsorpcji do uzyskania wodoszczelności betonu.

Aby wyjaśnić katalityczny charakter prawdziwej technologii **Krystaline** musimy zrozumieć pewne podstawowe informacje o betonie. Poniżej przedstawiamy uproszczone informacje związane z procesem krystalizacji. Jak ogólnie wiadomo, podstawowe substancje wiążące beton to:

Krzemian fosforanu wapnia	50 %
Krzemian wodorofosforanu wapnia	25 %
Glinian triwapnia	10 %
Gliniożelazian wapnia	10 %
Gips	5 %

W wyniku dodania wody do cementu poszczególne składniki podlegają hydratacji i przyczyniają się do powstania końcowego produktu. Krzemian fosforanu wapnia (który przyczynia się do początkowej wytrzymałości betonu) oraz krzemian wodorofosforanu wapnia (który wolniej wchodzi w reakcję niż krzemian fosforanu wapnia i przyczynia się jedynie do wytrzymałości betonu w późniejszej fazie) wchodzi w reakcję po dodaniu wody do betonu i prowadzi do powstania kryształów wodzianu krzemianu wapnia w betonie.

Krystalizacja wspomaga uowodniony krzemian fosforanu wapnia w tworzeniu milionów grubszych i dłuższych kryształów wodzianu krzemianu wapnia, które zamykają pory i kapilary. Technologia ta wykorzystuje proces adsorpcji (nie mylić z absorpcją) i szepiania z uwodnionymi związkami krzemianu wapnia, które występują w reakcji wody z krzemianem fosforanu wapnia i krzemianu wodorofosforanu wapnia. Wraz z rozwojem uwodnionych związków krzemianu wapnia i coraz głębszym ich wnikaniem w beton, krystalizacja związana z uwodnionymi związkami krzemianu wapnia postępuje w głąb betonu. Ponieważ produkt ma charakter katalityczny nie zużywa się i pozostaje zawsze obecny.

Jak to wpływa na beton?

Zastosowanie technologii krystalizacji przyczynia się do zwiększenia wodoszczelności betonu w całym okresie jego żywotności. Stosowanie technologii krystalizacji przynosi zarówno krótko jak i długoterminowe korzyści.

Krótko terminowe korzyści:

- Technologia krystalizacji obniża temperaturę hydratacji, zwalnia proces wysychania oraz pęknięcia, związane z wysychaniem i kurczeniem się betonu, oraz dylatacji termicznej pęknięć.
- Technologia krystalizacji zwiększa wytrzymałość betonu na ściskanie zwiększając jego trwałość.
- Technologia krystalizacji zwiększa ilość pęcherzyków powietrza w betonie zwiększając odporność na cykl zamrażania i rozmrażania i wynikłe z tego szkody oraz łuszczenie się powierzchni.
- Technologia krystalizacji zwiększa opad mokrego betonu i zapewnia lepsze jego zagęszczenie i zwartość.
- Technologie krystalizacji można stosować wraz z innymi technikami ochrony betonu.

Największym atutem stosowania technologii krystalizacji **Krystaline** to korzyści długoterminowe. Oprócz korzyści krótkoterminowych, które rozwiązują problemy zatrzymywania się wody w konstrukcji, technologia krystalizacji rozwiązuje długoterminowe problemy, z którymi większość technologii sobie nie radzi, takie jak penetracja jonów i karbonizacja.

Jak powszechnie wiadomo wzmocnione metale takie jak stal zbrojeniowa są podatne na korozję. Czynniki sprzyjające korozji stali zbrojeniowej to: jego skład, ziarno struktury, naprężenia powstałe w procesie wytwarzania oraz w środowisku w którym są umieszczone, w tym obecność wody, tlenu, jonów; oraz czynnik pH i temperatura.

Technical Advisory 10005

W betonie obfitość wodorotlenku wapnia oraz małe ilości sodu i potasu powodują wysoki odczyn pH – zazwyczaj 12 do 13. W pierwszym etapie wysoki odczyn zasadowy betonu wchodzi w reakcję z powierzchnią stali zbrojeniowej tworząc wokół niej powłokę. Powłoka chroni stal przed korozją.

Jony chloru (z soli przeciwwymarzaniu, wody morskiej, zanieczyszczeń wód gruntowych, etc.) wnikają w beton wraz z wodą przez pory i kapilary i docierają do stali zbrojeniowej.

Zniszczenie powłoki ochronnej oraz obecność wody powodują korodowanie stali zbrojeniowej.

Karbonizacja oznacza niszczenie betonu w wyniku dostępu powietrza rozpuszczonego w wodzie, które wchodzi w reakcję z wodorotlenkami tworząc węglany. W efekcie poziom pH w betonie spada. Niższa wartość pH (poniżej 9,5. lub 10 według innych ekspertów) powoduje niszczenie powłoki ochronnej wokół stali zbrojeniowej, obniżając odporność metalu na korozję i z czasem powoduje niszczenie stali zbrojeniowej.

Skutki karbonizacji postępują gdy beton zostanie poddany działaniu zanieczyszczeń przenikających wraz z wodą oraz wnikaniu jonów chloru. Stowarzyszenie „Portland Cement Association” stwierdza, że *„Karbonizacja betonu skutkuje większą podatnością na korozję przy mniejszej ilości jonów chloru. W nowym betonie z pH 12 lub 13 około 7 000 do 8 000 ppm chloru uwalnia proces korozji stali. Jeżeli jednak obniżymy poziom pH do 10 – 11 to próg zawartości chloru powodujący korozję znacznie spada do 100 ppm lub mniej.”*

Powstrzymanie procesu wnikania wody w beton jest rozwiązaniem oczywistym dla spowolnienia procesu karbonizacji i korozji stali zbrojeniowej jonami chloru. Gdy zatrzymamy wnikanie wody, proces karbonizacji i oddziaływania jonów chloru w betonie zostają zahamowane. Powłoka ochronna stali zbrojeniowej zostaje zachowana wraz z odczynem pH betonu, a reakcje katalityczne i przewodność elektryczna betonu spadają. Technologia krystalizacji ma również tę zaletę, że nigdy się nie zużywa. Zdolność do zatrzymania wody oraz problemy związane z karbonizacją i wnikaniem jonów chloru (jak również innych zanieczyszczeń z wody) nie zanika i uaktywnia się w obecności wody.

„Samonaprawa” to termin stosowany do opisanego naturalnego procesu, który zachodzi w betonie w obecności wody i jest zdolny do samoistnej naprawy pęknięć.

Wiele zmiennych wpływa na samonaprawę pęknięć w zależności od ich szerokości i upływu czasu. Warunki w jakich przeprowadza się próby różnią się i wpływają na ich wyniki. Według publikacji The Concrete Society, zarówno według normy BS 8007 i specyfikacji Water Services Association, projekt konstrukcji betonowej do zatrzymania wody, wskazuje że pęknięcia do 0,2 mm ulegają samonaprawie w ciągu 28 dni, a pęknięcia do 0,1 mm w ciągu 14 dni.

Należy pamiętać, że czas (oraz zdolność do samonaprawy pęknięć) może różnić się w zależności od przyczyny pęknięcia, naprężeń powstałych przy wylewaniu betonu, stojącej lub płynącej wody, różnego ciśnienia hydrostatycznego, słodkiej lub słonej wody, grubości konstrukcji, kształtu czy też stanu i głębokości oraz krawędzi zewnętrznych wokół pęknięcia. Należy uwzględnić każdy czynnik towarzyszący pękaniu betonu, który wpływa korzystnie lub niekorzystnie na samonaprawę betonu.

W technologii krystalizacji zarówno preparaty powierzchniowe jak i domieszki do betonu stanowią katalizator, który uaktywnia niewodnione cząsteczki cementu i występującą wodę (lub wodę pojawiającą się później) wywołując dalszy proces uwadniania. Proces uwadniania wspierany przez reakcję katalityczną wspomaga narastanie kryształów wodzianu krzemianu wapnia w betonie, wypełnia pory, kapilary i micro pęknięcia w betonie. Katalityczny charakter tej technologii oznacza stałą zdolność betonu do samonaprawy nawet po kilku dekadach.

Technical Advisory 10005

Wzmoczony proces hydratacji wynika ze zdolności do samonaprawy betonu. Technologia krystalizacji hydrofilowej wzmacnia proces hydratacji wzmacniając procesy samonaprawy.

Czynniki które należy uwzględnić:

- Nieuwodniony krzemian fosforanu wapnia, cząsteczki krzemianu wodorofosforanu wapnia oraz wodzianu krzemianu wapnia zawsze występują w betonie w dużej ilości nawet przez dziesiątki lat po jego wylaniu.
- Raz zastosowana technologia krystalizacji pozostaje w betonie na zawsze.
- Katalityczny charakter produktu (w przeciwieństwie do produktów o charakterze reaktywnym) zapewnia niewyczerpane źródło działania.
- Jedynym składnikiem niezbędnym do kontynuacji procesu krystalizacji, nawet po kilkudziesięciu latach, jest woda.
- Reakcja będzie zachodzić zawsze w obecności wody.
- Ponieważ technologia krystalizacji wzmacnia proces hydratacji, zwiększa ona również naturalną zdolność betonu do samonaprawy i podnosi wytrzymałość na ściskanie.
- Właściwości zapewniające wodoszczelność betonu pozostają w betonie przez cały okres jego żywotności.