

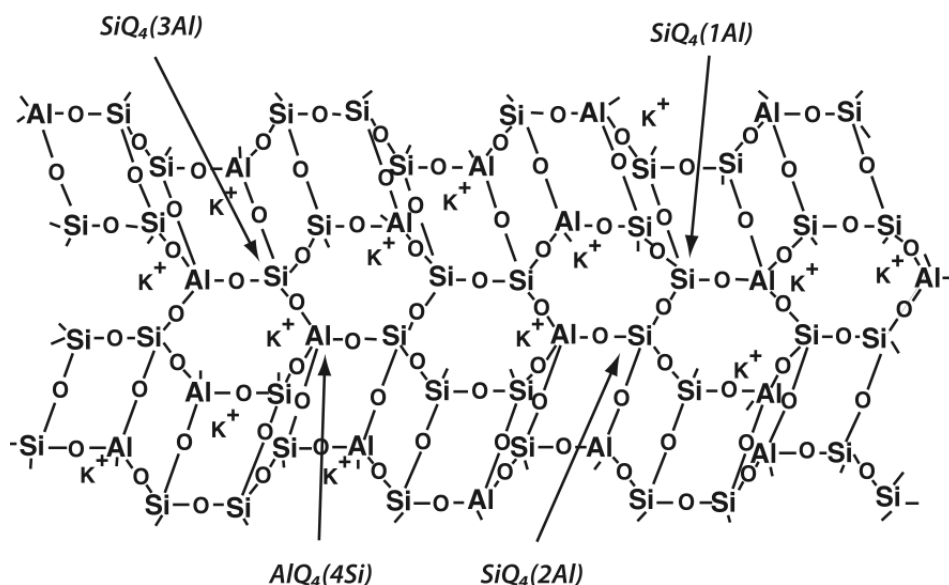
Geopolimery - amorficzne polimery nieorganiczne.

Ograniczona perspektywa dla nowej generacji materiałów?

W tytule zawarto pytanie, dlaczego mimo bardzo korzystnych właściwości wytrzymałościowych, termicznych i odporności na negatywne oddziaływania środowiskowe, praktyczne zastosowania geopolimerów w budownictwie inżynierskim są ograniczone. Intencją niniejszej informacji jest przybliżenie i próba wyjaśnienia problemu.

Geopolimer to polimer nieorganiczny, glinokrzemian o specyficznym składzie i właściwościach. Jest on złożony z długich łańcuchów kopolimerów tlenków glinu i krzemu, stabilizowanych przez kationy metali najczęściej sodu, potasu, litu lub wapnia oraz związanej wody. Charakterystyczna część konstrukcji geopolimeru - łańcuch polimerowy, składa się z czworościennych struktur SiO_4 i AlO_4 , połączonych między sobą przez wspólne atomy tlenu w dwu- lub trójwymiarową skomplikowaną sieć. Struktura fizykochemiczna geopolimerów jest bardzo zróżnicowana, zależy od proporcji pierwiastków, pochodzenia materiałów surowcowych oraz warunków syntezy.

Funkcjonują dwie główne klasyfikacje geopolimerów. W pierwszej podstawowym kryterium są podstawowe jednostki łańcuchów polimerycznych: PSD -Si-O-Al-Si-O-Si-O- poli(disilokso-sialan), PSS-Si-O-Al-O-Si-O- poli(silokso-sialan), PS -Si-O-Al-O- polisialan. W drugiej brane jest za podstawę pochodzenie geopolimerów a dokładniej ich puculanowego materiału glinokrzemianowego. Z uwagi na to kryterium wyróżnia się geopolimery powstałe z popiołu lotnego, metakaolinu, różnych skał i kopalni, spieków wulkanicznych, krzemionek i itp.



Większość metod syntezy geopolimerów sprowadza się do jednego procesu, w którym rozdrobniony i wysuszony materiał puculanowy (metakaolin lub popiół lotny) mieszany jest z wodnym roztworem odpowiedniego krzemianu (np. krzemianu sodu i potasu) z dodatkiem silnej zasady (najczęściej stężonego wodorotlenku sodu lub potasu). Powstała w efekcie pasta przypomina masę tradycyjną, powstającą z cementu portlandzkiego. Wiązanie masy geopolimerowej odbywa się jednakże znacznie szybciej, a wypełnienie formy jest dokładniejsze i pozwala uzyskać jednolitą powierzchnię.



www.geopolymer.org



<https://urbaneden.uncc.edu/house/architecture/materials/geopolymer>

Inna metoda otrzymywania geopolimerów polega na wypalaniu materiału puculanowego z wodorotlenkiem metalu aż do uzyskania jednorodnego proszku. Tak przygotowany materiał, podobnie do cementu portlandzkiego, dobrze wiąże wodę i umożliwia wytworzenie stwardniałego kompozytu po zakończeniu reakcji. Funkcjonuje również metoda syntezy zbliżona do tradycyjnej z wykorzystaniem metakaolinu, roztworu krzemianu i wodorotlenku sodu, w której dodatkowo używana jest krzemionka koloidalna - która redukuje ona puculany oraz zwiększa zawartość krzemu w geopolimerze.

Interesujące jest porównanie mechanizmów zachowania spoiw cementowych i geopolimerowych. W klasycznym cemencie portlandzkim wiązanie następuje w złożonym procesie hydratacji, podczas którego poszczególne fazy klinkierowe reagujące z wodą nakładają się i wpływają na siebie wzajemnie tworząc matrycę cementową w betonie. Powstawanie betonu geopolimerowego przebiega zgoła odmiennie - proces polimeryzacji składa się z następujących po sobie reakcji ale nie przenikających się w czasie. W każdej fazie dochodzi do stopniowego wydzielania się początkowo dodanej wody, substancja, która pierwotnie była proszkiem wchodzi w fazę żelu, aby po rozpoczęciu polimeryzacji właściwej stać się ciałem stałym.

Opisany wyżej odmienny mechanizm wiązania spoiw, skutkuje zróżnicowaniem ich właściwości w tym szczególnie dotyczy to parametrów wytrzymałościowych. W efekcie relatywnie gwałtowniejszego przebiegu procesu polimeryzacji następuje szybsze uzyskanie przez beton geopolimerowy nominalnych wielkości wytrzymałościowych niż jest to możliwe w przypadku tradycyjnego betonu powstałego na bazie cementu portlandzkiego. Beton wytworzony ze spoiwa geopolimerowego w znacznie mniejszym stopniu poddaje się zjawisku rys skurczowych, co oznacza też, że podczas wysychania i dojrzewania powstaje mniej zarysowań niż w przypadku betonów cementowych.

Podkreślenia wymaga fakt, że w betonie geopolimerowym stosunek wytrzymałości na ściskanie do wartości na rozciąganie wynosi ok. 10:5,5 - w betonach na spoiwie klasycznym, w szczególności wysokowartościowych i ultra wysokowartościowych, stosunek ten wynosi najwyżej 10:1 ÷ 10:1,5. Te cechy min. wyjaśniają specyficzne cechy betonu geopolimerowego - rozwiązania materiałowe stosowane w syntezie tego spoiwa pozwalają uzyskiwać wytrzymałości na ściskanie rzędu od 100 do 160 MPa, bez radykalnego zwiększenia kruchości materiału.





<https://www.concretedecor.net/decorativeconcretearticles/online-exclusives/geopolymer-concrete-shows-extreme-fire-proof-qualities/>

W ujęciu syntetycznym główne właściwości betonów uzyskanych ze spoiwa geopolimerowego przedstawiają się następująco: wysoka wytrzymałość wczesna (zależności od składu wiązanie nawet poniżej jednej godziny), odporność na ściskanie porównywalna z najlepszymi betonami na bazie cementu portlandzkiego, a odporność na zginanie wielokrotnie lepsza, doskonała odporność chemiczna na kwasy, siarczany i chlorki, doskonała wodoodporność znacznie przewyższająca tradycyjny beton.

Szczególnie interesującą z technicznego punktu widzenia cechą jest praktycznie brak odkształceń podczas wiązania jak również znaczne ich ograniczenie podczas zmian temperatury i wilgotności otoczenia. Wysoka ogniotrwałość (nawet do temperatur rzędu 600 0 C) jest kolejną interesującą cechą użytkową materiału.

Wymienione cechy wskazują na realną możliwość stosowania spoiw geopolimerowych w zaprawach naprawczych w szerokim spektrum zastosowań. Ich wytrzymałość uzyskiwana w bardzo krótkim czasie i niecodzienny jak dla materiałów niejednorodnych stosunek wytrzymałości na ściskanie do wytrzymałości na rozciąganie, w połączeniu z korzystnymi cechami reologicznymi mieszanki powodują, że materiały geopolimerowe doskonale nadają się do wypełniania rys i ubytków w konstrukcjach betonowych. Wymienione wcześniej właściwości stwarzają potencjał szerokiego stosowania zapraw naprawczych w środowiskowych bardzo nawet zróżnicowanych pod względem oddziaływań środowiskowych.

Mogło by się zatem wydawać, że zaprawy na spoiwie geopolimerowym winny stanowić oczywistą alternatywę dla powszechnie stosowanych kompozytów polimerowo-cementowych z grupy PCC. Niestety tak nie jest. Materiały te nie zdobyły jak dotąd znaczącej pozycji na rynku. Jak wiadomo jedną z istotnych funkcji zapraw naprawczych jest zachowanie wysokiej adhezji w złączu materiału naprawczego i podłoża. Praktycznie oznacza to, że wytrzymałość materiału naprawczego powinna być nie mniejsza niż wytrzymałość podłoża betonowego, a potencjalne zerwanie materiału naprawczego winno nastąpić w podłożu. Rozwój technologii betonu, uzyskiwanie coraz wyższych parametrów betonu min. wytrzymałości na ściskanie- w bliskiej perspektywie ograniczy skuteczność stosowania zapraw naprawczych typu PCC, dziś ta granicą jest maksymalnie 80 MPa i ma tendencję wzrostową. Nie ulega wątpliwości, że konieczne stanie się wprowadzenie na rynek zapraw naprawczych nowej generacji umożliwiające naprawy betony o bardzo wysokich

wytrzymałościach - tu właśnie należy dopatrywać się szansy dla potencjału materiałów ze spoiwem geopolimerowym zastępującym cement portlandzki. Aktualnie trwają intensywne prace badawcze i wdrożeniowe w tym kierunku. Pierwsze materiały tego typu, które pojawiły się na rynku, być może z racji ceny jak również i przyzwyczajenia do tradycyjnego używania materiałów PCC nie znalazły jak dotąd szerszego zastosowania.

Według różnych źródeł, synteza geopolimerów pochłania 2-3 razy mniej energii niż klasycznego cementu portlandzkiego a także powoduje wydzielanie 4-8 razy mniejszej ilości dwutlenku węgla. Jest to istotny argument przemawiający za celowością ich produkcji i stosowania min. z tytułu zmniejszenia obciążenia środowiska. Na drodze masowego zastosowania materiału o tak cennych właściwościach stoi głównie koszt wodorotlenku sodu, którego podczas syntezy geopolimerów zużywa się relatywnie dużo zarówno w postaci czystej jak i w postaci krzemianu sodu. Powyższe okoliczności sprawiają, że mimo znacznie mniej energochłonnego i prostszego procesu produkcji, cement geopolimerowy jak dotychczas nie jest znaczącą konkurencją dla cementów klasycznych z racji ceny. Wydaje się jednak, że być może powszechna tendencja do eksponowania zagrożenia środowiska i systematycznie wprowadzane prawodawstwo zmierzające do radykalnego ograniczenia emisji dwutlenku węgla w skali światowej, dadzą zielone światło technologiom geopolimerowym.

Opracowano z wykorzystaniem dostępnych publikacji

Krzysztof Saramowicz