



Czy można modyfikować właściwości betonu?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Czy można modyfikować właściwości betonu?

Panteon to okrągła świątynia w Rzymie poświęcona wszystkim bogom. Jego kopuła jest odlana z niebrojonego, monolitycznego betonu.

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Czy wiesz, że jednym z najstarszych na świecie budynków, wciąż użytkowanych, jest znajdujący się w Rzymie Panteon? Jego betonowa kopuła ma aż 43 metry. Starożytny beton to głównie okruchy skalne ze spoiwem złożonym z zaprawy wapiennej lub pyłu wulkanicznego. Obecnie funkcjonalizacja betonu nowymi składnikami i jego zastosowanie nie znają granic. Beton podbija nawet niebo. Przypomnieć należy chociażby najwyższą na świecie konstrukcję Burj Khalifa, mierzącą aż 828 metrów! Kanał panamski, łączący dwa kontynenty, jest wykonany właśnie z tego materiału i zawiera on około 200 mln litrów wody.

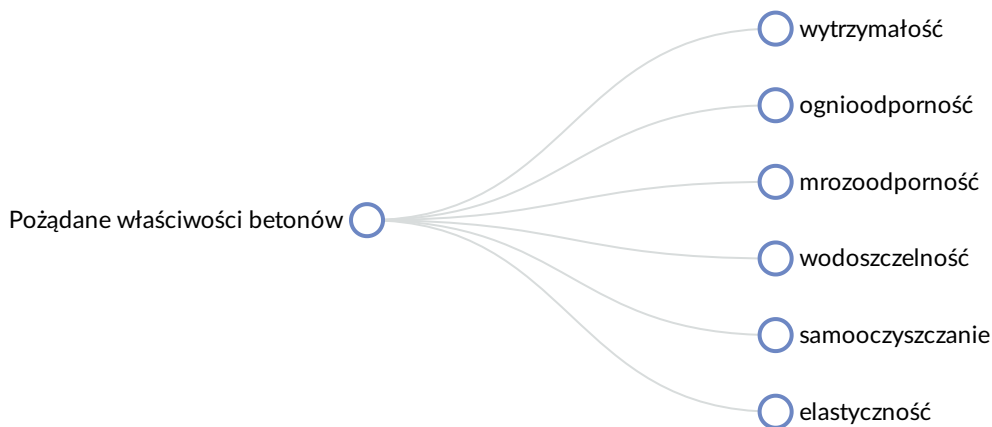
Twoje cele

- Opisziesz, jak zastosowania różnego typu dodatków wpływają na właściwości betonu.
- Wymienisz dodatki, jakimi modyfikuje się betony.
- Przedstawisz przykłady modyfikacji konstrukcyjnej, użytkowej i ekologicznej betonów.

Beton

Beton to produkt otrzymany ze zmieszania spoiwa (cementu) i drobnoziarnistego wypełniacza (kruszywa) oraz wody. Obecnie produkuje się go nie tylko z okruchów skalnych, jako spoiwa nie używa się jedynie cementu, ale wzbogaca się go jeszcze różnymi dodatkami.

Obecnie wykonywane są z niego drapacze chmur, a kiedyś budowane były z niego największe rzymskie monumenty. Nie osiągnięto by tego, gdyby nie ciągłe modyfikacje betonu. Polegają one na starannym doborze nowych, zastępczych i bezpiecznych dla środowiska spoiw, kruszyw, ale także na stosowaniu różnych dodatków i domieszek, takich jak [pyły krzemionkowe](#) oraz [superplastyfikatory](#). Celem modyfikacji jest uzyskanie produktów wytrzymałych, o nowych właściwościach. Dzięki odpowiedniej modyfikacji można otrzymać betony: samonaprawialne, szklane, przeźroczyste, elastyczne, a nawet oczyszczające środowisko (fotokatalityczne).

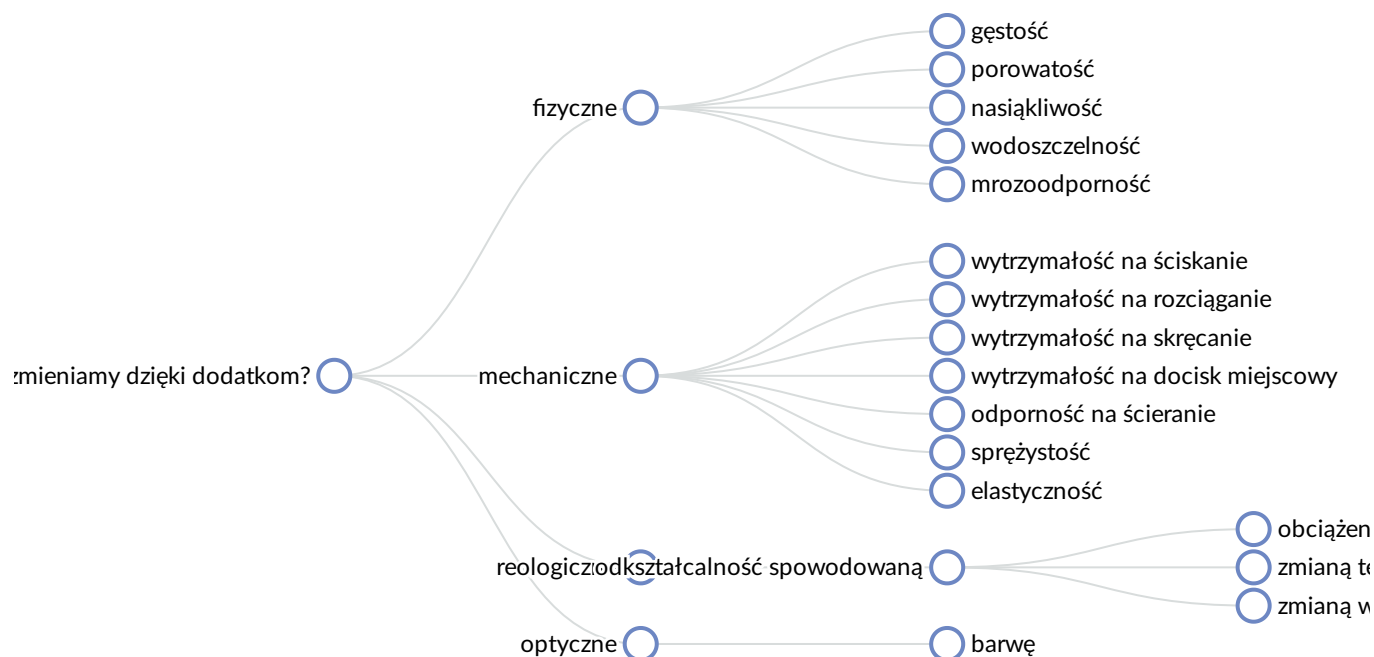


Ciekawostka

W tej chwili dąży się w produkcji betonów do wykorzystania materiałów z recyklingu, aby odciążyć środowisko.

Modyfikacje betonu

Modyfikacja właściwości betonów najczęściej polega na wprowadzeniu nowych dodatków do mieszanki betonowej, ale także na zmianie proporcji składników mieszanki.



Ważne!

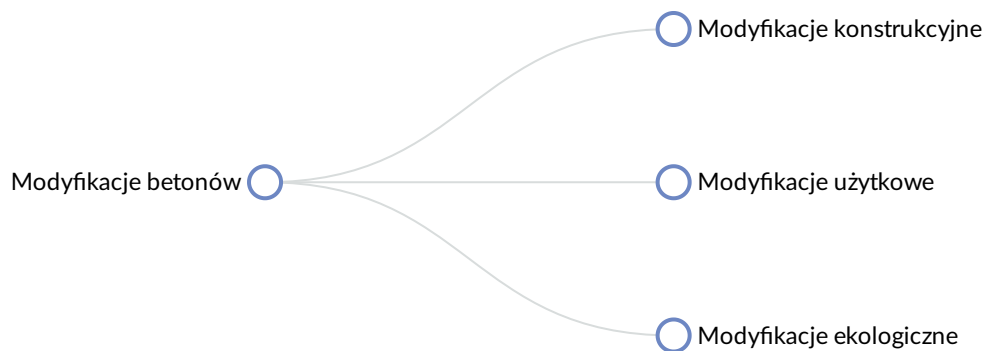
Beton może posiadać także **właściwości katalityczne**, dzięki którym utlenia (degraduje) toksyczne związki zaadsorbowane na jego powierzchni. Beton o tych właściwościach oczyszcza powietrze z trujących zanieczyszczeń, dlatego jest to pożądana właściwość.

Jakie dodatki stosowane są w celu modyfikacji betonu?

W celu modyfikacji betonu wprowadzane są m.in. dodatki, takie jak:

- plastyfikatory;
- dodatki upłynniające;
- dodatki mineralne (tj. pył krzemionkowy, mikrokrzemionka, nanokrzemionka);
- włókna (stalowe, polipropylenowe, nylonowe, węglowe lub pochodzenia organicznego, polimerowe);
- barwniki;
- nanocząsteczki fotokatalityczne.

Można wyróżnić trzy grupy modyfikacji.



Modyfikacje konstrukcyjne

Polegają na wprowadzaniu do betonów coraz mniejszych wielkości ziaren kruszywa i dodatków, celem otrzymania betonów wysokiej wytrzymałości, co umożliwia częściowe wyeliminowanie zbrojeń stalowych w czasie budowania obiektów.

Betony wysokowartościowe (BWW)

Modyfikacja betonów zwykłych, poprzez stosowanie nowoczesnych cementów, domieszek plastyfikujących lub upłynniających oraz dodatków mineralnych (zwłaszcza pyłu krzemionkowego), prowadzi do otrzymania betonów o niskiej zawartości wody i najwyższej wytrzymałości. Betony te to tzw. betony wysokowartościowe (BWW). Są klasy wyższej niż C50/60. Im wyższa klasa betonu, tym większa jest jego wytrzymałość na ściskanie.

Fibrobetony

Fibrobetony powstają w wyniku modyfikowania betonów w różnego rodzaju włókna. Stosuje się włókna: stalowe, z polipropylenu, nylonu, węglowe oraz pochodzenia organicznego. Dodaje się też często różne domieszki czy dodatki. Chropowatość włókien powoduje ich silne związanie z betonem.

Betony reaktywne (RPC) i ultrawysokowartościowe (UHPC)

Betony reaktywne (Reactive Powder Concrete - RPC) i ultrawysokowartościowe (Ultra High Performance Concrete - UHSC) to betony o bardzo małej zawartości wody,

betony o wytrzymałości > 150 MPa, zawierające bardzo dużą zawartość cementu, mikrokrzemionki oraz odpowiedni superplastyfikator. Najważniejszym składnikiem odpowiedzialnym za dobre właściwości tych betonów jest mikrokrzemionka, która dzięki dużej powierzchni właściwej ma dobry kontakt z cementem. Powoduje efektywne twardnienie betonu. Takie betony, dzięki zamianie kruszywa grubego na mikrokrzemionkę i dzięki niskiej zawartości wody w stosunku do cementu, cechują się wysoką trwałością, ognioodpornością, odpornością na czynniki korozyjne oraz dużą wytrzymałością na rozciąganie i zginanie.

Nano-betony

Betony, w których zastosowano cząstki kruszywa o wielkości nanometrów. Najczęściej używa się do tego celu nanokrzemionki albo nanorurek. Nanomodyfikacja prowadzi do otrzymania bardziej jednolitej struktury betonu, co polepsza wytrzymałość betonu na ściskanie i przyczynia się do poprawy właściwości fizyko-mechanicznych.

Modyfikacje użytkowe

Beton elastyczny (ECC – Engineered Cement Composites)

Taki, w którym kruszywo gruboziarniste zastąpiono siecią specjalnych mikrowłókien polimerowych, dzięki czemu jest dużo lżejszy od zwykłego oraz można go zginać. Włókna są mieszane z piaskiem i pozostałymi składnikami mieszanki betonowej. Zależnie od tego, jaka ma być zdolność betonu do zginania i odkształcania, dobiera się włókna o odpowiedniej wytrzymałości. Stosuje się włókna z polialkoholu winylowego (PVA), powlekane polietylenem i polipropylenem. Powłoka włókien odpowiada za plastyczność betonu, umożliwiając jego ruch pod obciążeniem. Betony elastyczne są odporne na huragany, trzęsienia ziemi i inne klęski żywiołowe.

Betony samogzęszczalne (SCC – Self Compacting Concrete)

Typ materiału, dzięki któremu można szczelnie wypełnić konstrukcję, nawet przy złożonych kształtach i gęstym zbrojeniu. Pod wpływem własnego ciężaru, docierają do trudno dostępnych zakamarków obiektów, bez konieczności wibrowania.

Otrzymuje się je poprzez zastosowanie małej ilości kruszywa, dużej ilości cementu, superplastyfikatorów, domieszek polepszających lepkość oraz popiołów.

Betony architektoniczne

Beton dekoracyjny, dzięki któremu można uzyskać różną gładkość powierzchni, nadać dowolne barwy i wzory powierzchni, można także wyeksponować kruszywo oraz wydobyć z niego efekty przestrzenne. W skład takich betonów wchodzi barwniki, kolorowe cementy i kruszywa.

Betony przezroczyste

Betony modyfikowane włóknami optycznymi. Włókna są rozmieszczone w murze poprzecznie, dzięki czemu beton przepuszcza światło i widać, co jest po drugiej stronie.

Beton szklany

To mieszanka stłuczki szklanej ze specjalnym cementem. Szkło pełni funkcję bardzo twardego kruszywa, przez co otrzymujemy beton wysokowartościowy. Użycie szkła przyczynia się do jego recyklingu.

Betony samonaprawialne

Są to betony, do których dodawany jest specjalny materiał naprawczy. Aktywacja tego materiału następuje, kiedy naprężenia wewnętrzne w betonie osiągną określony poziom. Mogą być różne źródła samonaprawy, czyli tak zwanego self-healingu:

- Reakcja chemiczna. Na przykład reakcja wapnia z wodą i utworzenie włókien, których krystalizacja i wzrost powoduje wypełnienie porów i mikrorys czy mikrouszkodzeń w betonie.
- Obecność żywicy epoksydowej. Na przykład umieszczone w betonie mikrokapsułki z żywicą, pod wpływem uszkodzenia betonu, uwalniają żywicę, która z kolei pod wpływem alkalicznego środowiska utwardza się i wypełnia uszkodzenie.
- Specyficzne bakterie. Wprowadzenie do betonu niektórych bakterii powoduje, że bakterie te w momencie uszkodzenia betonu i kontaktu z otoczeniem wytwarzają węglan wapnia, aż do czasu wypełnienia uszkodzenia.

Modyfikacje ekologiczne

Beton fotokatalityczny

To taki, który modyfikuje się nanocząstkami posiadającymi właściwości fotokatalityczne. Na przykład, dzięki modyfikacji cząstkami TiO_2 , pod wpływem światła tworzą się rodniki $\text{HO}^\bullet$, które utleniają i rozkładają różne zanieczyszczenia zaadsorbowane na powierzchni betonu. Trujące zanieczyszczenia z otaczającego nas powietrza (spaliny, tłuszcze) są przekształcone w nieszkodliwe azotany(V), węglany i wodę.

Beton geopolimerowy

W nim zamieniono cement na geopolimer (polimer glinokrzemianu), który można uzyskać z minerałów. Nadaje on betonom wysoką wytrzymałość na ściskanie, małe pękanie, odporność na ogień, promieniowanie UV oraz korozję ogniową.

Słownik

mieszanka betonowa

dokładnie wymieszany cement z wodą, kruszywem oraz dodatkami. Na skutek twardnienia mieszanki betonowej powstaje beton

superplastyfikator

rodzaj domieszki (zazwyczaj żywice syntetyczne) do mieszanki betonowej, polepszający właściwości betonu, jego wytrzymałość, odporność na mróz, wodę oraz sól.

Superplastyfikator zwiększa ciekłość mieszanki betonowej, bez konieczności dodawania wody

pył krzemionkowy, mikrokrzemionka

dodatek do betonu znacznie zwiększający jego szczelność. Mikrokrzemionka otrzymywana jest podczas produkcji krzemu oraz jego stopów

żywice epoksydowe

związki złożone zazwyczaj z polifenoli, które pod wpływem sieciowania grup epoksydowych stają się nierozpuszczalne, nietopliwe oraz przyczepne do większości materiałów

fotokataliza

zmiana szybkości reakcji chemicznej pod wpływem promieniowania, dzięki obecności fotokatalizatora czułego na światło. Przykładami fotokatalizatorów są: TiO_2 , ZnS , CdS

geopolimer

długie łańcuchy glinokrzemianów, stabilizujących je kationów metali oraz wody. Powstają po zmieszaniu krzemianu, silnej zasady oraz popiołu lotnego. Cechują się wysoką ogniotrwałością, zachowują się podobnie do cementu i są otrzymywane w celu jego zastąpienia

beton

materiał powstały ze zmieszania cementu, kruszywa, wody oraz ewentualnych domieszek i dodatków, który uzyskuje swoje właściwości w wyniku hydratacji kruszywa, najczęściej cementu

beton zwykły

beton o gęstości większej niż $2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, ale nie przekraczającej $2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

reologia

nauka zajmująca się plastycznymi deformacjami (odkształceniami) materiałów. Reologia zajmuje się głównie relacjami między naprężeniem i odkształceniem w funkcji czasu

Bibliografia

Ajdukiewicz A., Staosolski W., Sulimowski Z., *Konstrukcje betonowe. Laboratorium*, Gliwice 1998.

Jamróży Z., *Beton i jego technologie*, Warszawa 2005.

Jasiczak J., Mikołajczak P., *Technologia betonu modyfikowanego domieszkami i dodatkami*, Poznań 1997.

Kaszuba S., *Nowoczesne kierunki w technologii betonu. Prezentacja*, Berlin 2007.

Neville A. M., *Właściwości betonu*, Kraków 2000.

Radomski W., *Światowe tendencje rozwojowe technologii betonu*, „Przegląd Budowlany” 1995, nr 8–9.

Film samouczek

Polecenie 1

Z czego produkuje się beton? W jaki sposób możemy modyfikować jego właściwości i jaki jest tego sens? Zapoznaj się z samouczkiem i rozwiąż zadania pod filmem.



Czy można modyfikować właściwości betonu?

Film dostępny pod adresem </preview/resource/RozWt6vy0buJO>

Film samouczek pt.: „Czy można modyfikować właściwości betonu?”

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Film nawiązujący do treści materiału dotyczącej modyfikowania właściwości betonu. Omawiane są właściwości betonu, domieszki, jakie można stosować, a następnie różne rodzaje betonu.

Ćwiczenie 1

Rozstrzygnij, które ze zdań są prawdziwe, a które fałszywe.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Stosowanie plastyfikatorów i superplastyfikatorów wiąże się z większym zapotrzebowaniem na wodę zarobową w mieszance betonowej.	☐	☐
Sole kwasów nieorganicznych, mające opóźniać procesy wiązania i twardnienia betonu, powinny być rozpuszczalne w wodzie i zawierać aniony reszty kwasowej, które w połączeniu z kationami wapnia utworzą sól trudno rozpuszczalną w wodzie.	☐	☐
Napowietrzanie betonu zwiększa jego odporność na niskie temperatury.	☐	☐
Domieszka kompleksowa to jedna substancja chemiczna, która modyfikuje kilka właściwości betonu jednocześnie.	☐	☐
W produkcji betonu rolę kruszywa może spełniać stłuczka szklana.	☐	☐

Ćwiczenie 2

Stosowanie nieorganicznych substancji opóźniających proces wiązania mieszanki betonowej wiąże się najczęściej z wytworzeniem na powierzchni ziaren cementu, warstwy trudno rozpuszczalnych w wodzie soli wapnia.

Stosując tzw. zapis jonowy skrócony, napisz równania reakcji chemicznych zachodzących podczas tworzenia się ochronnej warstwy cementu po zastosowaniu jako modyfikatora:

1. fluorku sodu;
2. fosforanu(V) potasu;
3. węglanu sodu.

Równania reakcji zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz, co to jest superplastyfikator?

☐ żywica syntetyczna

☐ kruszywo

☐ rodzaj krzemionki

☐ rodzaj domieszki

Ćwiczenie 2



Przyporządkuj pojęcie do definicji.

Mikrokrzemionka -

to kruszywo nadające betonowi dużej wytrzymałości.

Betony elastyczne -

to betony fotokatalityczne oraz geopolimerowe.

Geopolimer -

to betony modyfikowane włóknami polimerowymi, odporne na ekstremalne warunki pogodowe.

Betony ekologiczne -

to zamiennik cementu.

Ćwiczenie 3



Wybierz, jaka cecha należy do właściwości reologicznych betonu?

☐ gęstość

☐ korozja siarczanowa

☐ odkształcalność

☐ sprężystość

Ćwiczenie 4



Uzupełnij poniższe zdanie, wybierając właściwe określenia.

Modyfikacje konstrukcyjne prowadzą do otrzymania betonów o bardzo dużej ,
głównie dzięki zmniejszeniu ilości względem cementu. Modyfikacje konstrukcyjne
polegają głównie na wielkości ziaren kruszywa. Często stosowanym tu kruszywem
jest o mikrometrowych rozmiarach. Modyfikacje konstrukcyjne betonu pozwalają
na częściowe wyeliminowanie .

zbrojeń stalowych

pył krzemionkowy

wytrzymałości

zmniejszeniu

wody

Ćwiczenie 5



Zaznacz, czego głównym składnikiem jest polialkohol winylowy?

☐ geopolimerów

☐ nowych cementów

☐ fibrobetonów

☐ betonów elastycznych

Ćwiczenie 6



Pogrupuj właściwości betonu, które można modyfikować.

Właściwości fizyczne

porowatość

odkształcalność

sprężystość

degradacja toksycznych
związków zaadsorbowanych na
powierzchni betonu

przeźroczystość

temperaturę

elastyczność

gęstość

Właściwości mechaniczne

Właściwości reologiczne

Właściwości optyczne

Właściwości katalityczne

Ćwiczenie 7



Połącz w pary modyfikacje betonów z odpowiednimi nowymi właściwościami.

Zastosowanie barwników bądź kolorowego cementu albo kruszywa

prowadzi do otrzymania lekkiego oraz plastycznego betonu, który może się zginać.

Zastosowanie włókien optycznych

pozwała otrzymać beton przepuszczający światło.

Zastosowanie włókien polimerowych

pozwała otrzymać przeróżne betony dekoracyjne.

Zastosowanie TiO_2

sprawia, że beton zyskuje właściwości samonaprawcze.

Zastosowanie mikrokapsułek z żywicą epoksydową

sprawia, że beton jest w stanie oczyścić się z zaadsorbowanych zanieczyszczeń, takich jak tłuszcze czy spaliny.



Jednym z rozwiązań, które mogą przyczynić się do redukcji stężenia szkodliwych dla zdrowia tlenków azotu (NO i NO_2), jest wykorzystanie jako materiału budowlanego tzw. betonu fotokatalitycznego.

W strukturze takiego betonu (w jego zewnętrznej warstwie), znajduje się tzw. fotokatalizator, a więc związek chemiczny, który w wyniku absorpcji promieniowania słonecznego inicjuje odpowiednią reakcję chemiczną lub wpływa na szybkość reakcji już zachodzącej.

Fotokatalizatorem często stosowanym w betonach jest tlenek tytanu(IV) (TiO_2). Jego działanie polega w uproszczeniu na absorpcji promieniowania słonecznego, która prowadzi do wytworzenia się z tlenu i wody zawartych w powietrzu, odpowiednich rodników (m.in. rodników hydroksylowych). Rodniki te powodują następnie utlenianie wspomnianych szkodliwych tlenków azotu do anionów azotanowych(V) (NO_3^-), które reagują ze związkami wapnia zawartymi w betonie, z wytworzeniem rozpuszczalnego w wodzie azotanu(V) wapnia ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$). Związek ten jest spłukiwany z betonu w czasie opadów atmosferycznych.

Na podstawie: Chilmon K., Jackiewicz-Rek W., *Beton fotokatalityczny a możliwość oczyszczania powietrza*, [w:] *Budownictwo, Technologie, Architektura*, Wydanie 2(86)/2019, s. 66 - 69.

Zastanów się i odpowiedz na pytanie, czy warunki atmosferyczne mogą wpływać na efektywność (wydajność) oczyszczania powietrza przez beton fotokatalityczny. Odpowiedź krótko uzasadnij. Skorzystaj z powyższego tekstu oraz dostępnych źródeł informacji (np. czasopism naukowych lub Internetu).

Odpowiedź:

Ćwiczenie 9



Jedną z grup domieszek do betonów stanowią tzw. domieszki napowietrzające, wśród których najczęściej wykorzystywane są odpowiednie surfaktanty.

Korzystając ze swojej wiedzy oraz dostępnych źródeł informacji (np. czasopism naukowych lub Internetu) wyjaśnij krótko, w jaki sposób napowietrzanie betonu poprawia jego mrozoodporność.

Odpowiedź:

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Krzysztof Błaszczak, Marcin Maćkiewicz

Przedmiot: chemia

Temat: Czy można modyfikować właściwości betonu?

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Poziom podstawowy i rozszerzony

Wymagania ogólne

I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:

1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł z wykorzystaniem technologii informacyjno-komunikacyjnych.

II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:

1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych;

2) wskazuje na związek właściwości różnorodnych substancji z ich zastosowaniami i ich wpływem na środowisko naturalne.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji.

Cele operacyjne:

Uczeń:

- określa, jakie właściwości betonu zwykłego można modyfikować;
- wymienia dodatki, jakimi modyfikuje się betony;
- przedstawia przykłady modyfikacji konstrukcyjnej, użytkowej i ekologicznej betonów.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- dyskusja dydaktyczna;
- film samouczek;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika gadająca ściana;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w grupach;
- praca zbiorowa.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu/smartfony, tablety;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica;
- rzutnik multimedialny;
- aplikacja Mentimeter.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje pytania: Jakie właściwości ma beton? Czy i w jaki sposób właściwości te można modyfikować? Swoje rozważania uczniowie zapisują np. wykorzystując mapę myśli.
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół terminu – beton. Nauczyciel może wykorzystać aplikację Mentimeter z wykorzystaniem tabletów/smartfonów.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej film na temat modyfikacji właściwości betonu. Uczniowie wykonują notatki w zeszytach, zapisując najważniejsze treści.

2. Nauczyciel dzieli klasę na cztery grupy, rozdaje arkusze papieru A2, mazaki. Każdy zespół zapoznaje się z treściami w e-materiale.
3. Zadaniem grup będzie wyobrażenie siebie w roli architekta/budowniczego, a następnym krokiem będzie zbudowanie ściany z odpowiednich betonów. Uczniowie opisują swój rodzaj ściany, wykorzystując do tego celu również notatki z filmu. Dobierają odpowiednie składniki. Mogą też narysować schemat domku i poszczególne ściany opisać.
 - Grupa 1 – ściana przepuszczająca światło.
 - Grupa 2 – ściana bardzo wytrzymała, odporna na ogień oraz wodę.
 - Grupa 3 – ściana samonaprawiająca się.
 - Grupa 4 – ściana fotokatalityczna.
4. Po zakończonej pracy, liderzy prezentują efekty pracy grupowej z wykorzystaniem techniki gadająca ściana. Nauczyciel weryfikuje poprawność zaprezentowanych propozycji i ewentualnie uzupełnia luki.
5. Uczniowie sprawdzają samodzielnie wiedzę, wykonując ćwiczenia w e-materiale – „Sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów, zadając przykładowe pytania: Jakie właściwości betonu można modyfikować? Jakie to są betony ekologiczne? Jaka cecha należy do właściwości reologicznych betonu? Gdzie i dlaczego stosuje się betony elastyczne?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/łam sobie, że...
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Czego się nauczyłem/łam...
 - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

Uczniowie wykonują niedokończone ćwiczenia zawarte w sekcji „Sprawdź się”.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Multimedium może być wykorzystane przez ucznia w fazie przygotowania do lekcji.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
 - Jakimi właściwościami betonu można modyfikować?
 - Jakimi to są betony ekologiczne?

- Jaka cecha należy do właściwości reologicznych betonu?
- Gdzie i dlaczego stosuje się betony elastyczne?

2. Arkusze papieru A2, mazaki, glutaki.