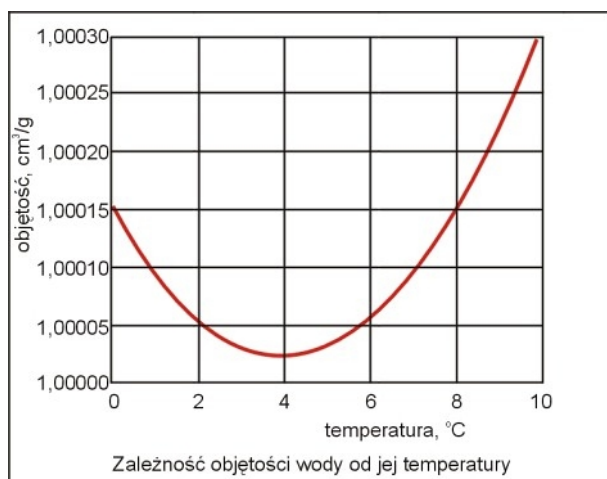
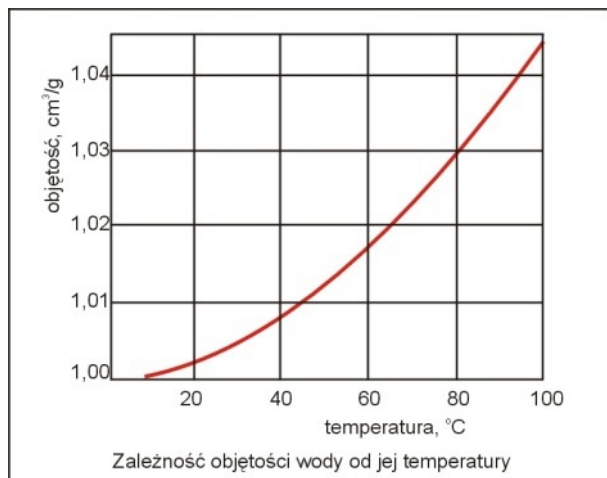


Destrukcja materiałów przez lód



Woda

Woda jest substancją o zadziwiających właściwościach, bowiem zachowuje się inaczej niż inne ciała fizyczne pod wpływem np. zmiany temperatury. Z wykresu obok widać, że wraz ze wzrostem temperatury wody, rośnie jej objętość właściwa, ale tylko w temperaturze wyższej niż +4 °C. Zależność ta nie jest liniowa.

W zakresie temperatur od 0 °C do +4 °C występuje odmienna zależność - objętość właściwa wody maleje, zaś w temperaturze ok. +4 °C osiąga swoje minimum przy ciśnieniu otoczenia normalnym 1013,25 hPa.

Dokładnie rzecz biorąc, to przy +3,9834 °C, objętość właściwa wody osiąga minimalną wartość 1,000028 cm³/g. Odpowiadająca jej gęstość w tej temperaturze wynosi 999,972 kg/m³. Tę niezwykłą własność obserwujemy w przyrodzie na co dzień: warstwy wody o temperaturze ok. +4 °C opadają na dno zbiorników naturalnych - niezależnie od temperatury otoczenia i pory roku. Właśnie dlatego, zimą w zbiornikach wodnych o głębokości większej niż strefa zamrażania wody, przy dnie zalegają najcięższe warstwy wody o temperaturze zbliżonej do +4 °C. Dzięki temu, w jeziorach, stawach i rzekach, ryby i inne wodne żyjątka doskonale przeżywają okres zimy. Wiedząc o tym, możemy odpowiednio skonstruować przydomową sadzawkę tak, aby przez cały rok żyły w niej ryby.

Lód

Jedna cząstka wody naturalnej (w stanie ciekłym) o wzorze H₂O składa się z jednego atomu tlenu (O) i dwóch atomów wodoru (H). Cząsteczki te poruszają się bezustannie i chaotycznie względem siebie, ale stale przyciągają się wzajemnie - dzięki czemu, woda zachowuje spójność. Podczas obniżania temperatury wody poniżej +4 °C pojawiają się w niej nowe wiązania wodorowe, powodujące powstawanie pierwszych mikro struktur lodu. W stanie stałym (w kryształkach lodu) siły przyciągania między cząsteczkami są tak duże, że cząsteczki mogą jedynie drgać wokół położenia równowagi w węzłach sieci krystalicznej. Sieć krystaliczna lodu tworzy się poprzez te właśnie wiązania wodorowe. Polegają one na tym, że dwa atomy wodoru każdej cząsteczki wody, tworzą wiązania z dwoma innymi atomami sąsiedniej cząsteczki wody - na skutek elektrostatycznego przyciągania. W rezultacie, każdy atom tlenu tworzy cztery wiązania z atomami wodoru, przy czym dwa atomy wodoru wchodzi w skład jednej cząsteczki wody, a dwa pozostałe pochodzą od sąsiednich cząsteczek. Te cztery wiązania są ułożone w przestrzeni tak, że atom tlenu znajduje się w środku czworościanu foremnego, a atomy wodoru są w jego narożach. W efekcie, powstaje krystaliczna sieć w układzie heksagonalnym wzajemnych powiązań cząsteczek o ażurowej strukturze - przypominającej specznie tunele z pustym wnętrzem.¹⁾ Właśnie te puste wnętrza są przyczyną spadku gęstości lodu w stosunku do wody. Dlatego właśnie lód pływa po wodzie, bowiem gęstość lodu wynosi 0,9168 kg/dm³, a wody więcej, bo 1,00015 kg/dm³ (w temperaturze 0 °C).

Lód zachowuje niezmiennie własności fizyczne w zakresie temperatur od 0 do -80 °C. Odkryto wiele odmian lodu - w zależności od ciśnienia i temperatury jego powstawania.

Zmniejszenie się gęstości lodu, to jednocześnie zwiększenie się jego objętości właściwej - obserwowane jako pęcznienie - w stosunku do pierwotnej objętości wody o ok. 8 %.

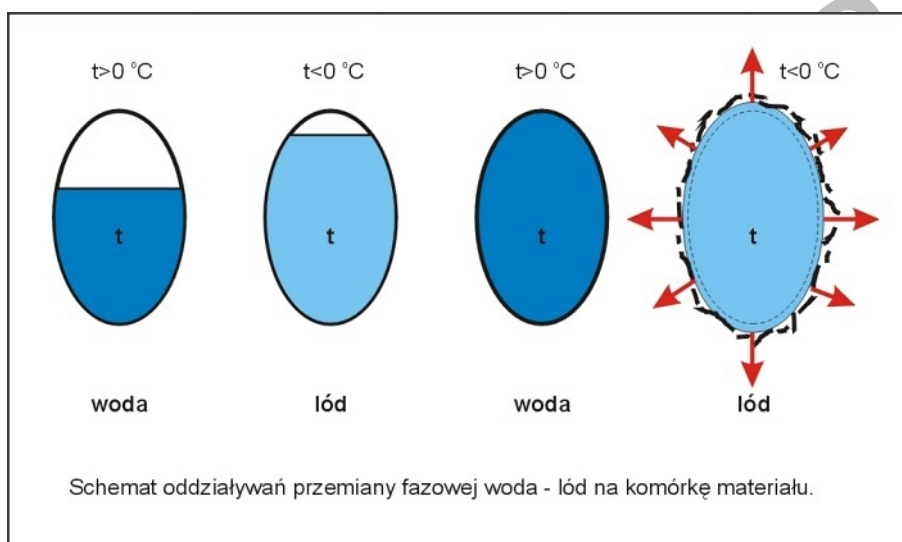
Jeśli w porach materiału budowlanego znajdzie się woda, a następnie wystąpi obniżenie temperatury materiału poniżej 0 °C, woda będzie zamieniać się w lód. Podczas tej zamiany, lód będzie zwiększać swoją objętość. Jeśli struktura materiału będzie zawierać także pewną ilość porów pustych (nie wypełnionych wodą) lub porów tylko częściowo wypełnionych wodą (z wolną przestrzenią minimum 8%), to lód będzie zwiększał swoją objętość, ale nie powstaną szkody w materiale, gdyż wypełni on wolne przestrzenie w porach. Jeśli jednak, objętość wolnych porów będzie niewystarczająca w stosunku do objętości powstającego lodu, dojdzie do fizycznego oddziaływania lodu na ścianki porów w materiale z ciśnieniem parcia wynoszącym nawet 25 MPa.

Rozszerzalność termiczna lodu

Ważną z punktu widzenia techniki informacją jest zależność zmian współczynnika rozszerzalności cieplnej lodu w zależności od jego temperatury: ²⁾

temperatura lodu, °C	wsp. rozszerzalności liniowej x 10 ⁶ m/mK
-20	678,48
-16	495,74
-10	294,73
-4	147,34
-2	106,20
0	68,14

W zamkniętej objętości, całkowicie wypełnionej wodą, lód naciska z ciśnieniem 25 MPa tj. 250 kG na 1 cm².



Destrukcja materiałów przez lód

Nasiąkliwe materiały budowlane zwykle nie wytrzymują zmian temperatur od dodatnich do ujemnych, bowiem zamarzająca w nich woda, przekształcając się w lód rozsada ich strukturę. Tylko materiały nienasiąkliwe są odporne na działanie lodu. Największe spustoszenia w nasiąkliwych materiałach budowlanych powstają w okresie wiosennym i jesiennym, bowiem w tym czasie występuje częste „przechodzenie” temperatury przez 0 °C. W nocy występuje temperatura ujemna i cząstki lodu rozsada-

dzają pory materiału (powstają pęknięcia i rysy), zaś w dzień podczas działania temperatury dodatniej, lód topi się, a woda wnika w rysy coraz głębiej. Podczas kolejnej nocy woda zamarza a lód rozsadza kolejne strefy w materiale. Działające siły odpychają słabsze fragmenty materiału od podłoża i w rezultacie, skrajne warstwy materiału są odrywane: tynk od ściany, farba od podłoża, skrajne warstwy betonu od masywu, górne warstwy asfaltu od podłoża itd.



Jeżeli w tym czasie spadnie deszcz, a w nocy pojawi się mróz, zjawisko destrukcji wywołane lodem spotęguje się, bowiem woda wnika głębiej w świeżo powstałe szczeliny i pojawiają się nowe pęknięcia. Proces będzie powtarzać się tak długo, aż materiał ulegnie całkowitej destrukcji i się rozsypie na drobne cząstki.³⁾

Jerzy Bogdan Zembrowski
aktualizacja: 28 listopada 2017 r.

¹⁾ A. Januszajtis, J. Kalinowski „Molekularna budowa ciał”. WSiP. Warszawa 1988 r.

²⁾ E. Szymański „Materiały budowlane”. OW WSEiZ Warszawa 2004 r.

³⁾ J.B. Zembrowski „Sekrety tworzenia murowanych domów bez błędów”. BDB. Białystok 2017 r.

BDB