

mgr inż. Krzysztof Patoka¹⁾

Co warto wiedzieć o wodzie i jej działaniu na dachach

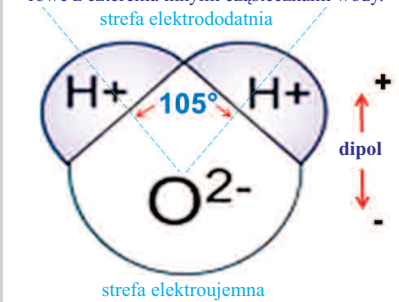
Dachy, z oczywistych powodów, kojarzone są z wodą i różnego rodzaju problemami, jakie ona wywołuje na tej ważnej części budynków. Zazwyczaj, gdy pojawia się zaciek na suficie, większość z nas od razu przypisuje ten efekt przeciekowi przez pokrycie. Nie zawsze jednak tak jest, ponieważ wyciek może być spowodowany zebraniem się dużej ilości skroplonej pary wodnej zawartej w powietrzu. Powietrze zaś jest mieszaniną gazów, w której woda stanowi niewielką część: przy powierzchni Ziemi wynosi od 0,1% (pustynie i strefy polarne) do 4% (w dżungli). Para wodna ma jednak duży wpływ na zachowanie się powietrza i odwrotnie, powietrze ma duży wpływ na działania wody [1]. Wynika to m.in. ze specyficznej budowy cząsteczki wody, która jako substancja chemiczna ma aż 74 osobliwe cechy, różniące ją od innych podobnych związków [2].

Woda ma specyficzną budowę i jest jednym z niewielu związków chemicznych, które mogą występować w przyrodzie jednocześnie w trzech stanach skupienia: lotnym (jako para wodna); ciekłym oraz stałym (jako lód lub śnieg). Ma to ogromne znaczenie w przypadku dachów. Woda zmienia swój stan skupienia pod wpływem zmiany temperatury i ciśnienia powietrza. Procesy przejścia pomiędzy nimi mają odrębne nazwy: ze stanu stałego w ciekły – topnienie, ze stanu ciekłego w stały – krzepnięcie, ze stanu ciekłego w gazowy – parowanie, ze stanu gazowego w ciekły – skraplanie, ze stanu stałego w gazowy – sublimacja, ze stanu gazowego w stały – resublimacja. Najciekawsza z punktu widzenia dachów jest na pewno **sublimacja**, ponieważ polega na tym, że para wodna powstaje również z lodu, co przyspiesza suszenie i ma wpływ na wentylowanie dachów i ich pokryć.

Woda jest substancją niezwykłą i jej zachowanie często sprawia wrażenie,

że jest sprzeczne z podstawowymi prawami fizyki. Anomalie te wynikają ze specyficznej budowy molekularnej. Woda jest związkiem dwóch gazów: wodoru i tlenu. Ze wzoru chemicznego H_2O nie wynikają specjalne właściwości fizyczne i chemiczne wody, lecz przede wszystkim z budowy cząsteczki, jej kształtu, rozmieszczenia atomów wodoru i tlenu, odległości między nimi i kąta między wiązaniami chemicznymi (rysunek). Ważne jest to, że wolne pary elektronów przy atomie tlenu są po jednej stronie cząsteczki a dodatni wodoró po drugiej. W ten sposób czą-

Atom tlenu jest większy i znacznie silniej elektropujemny. Ta różnica wielkości i ładunku pomiędzy atomami wodoru i tlenu powoduje, że cząsteczka wody jest polarna i ma budowę nieliniową. Jedna cząsteczka wody może utworzyć wiązania wodorowe z czterema innymi cząsteczkami wody.



Schemat budowy cząsteczki wody wyjaśniający jej dipolowy charakter

steczka wody tworzy dipol, czyli układ dwóch różnoimiennych ładunków elektrycznych. To jest przyczyną wielu specjalnych cech wody. Jedną z nich jest anomalia rozszerzalności cieplnej. Większość cieczy i gazów zwiększa liniowo swoją objętość pod wpływem ogrzewania. Woda w zakresie temperatury $0 \div 4^\circ C$ zmniejsza objętość (kurczy się), przy rosnącej gęstości i w temperaturze $4^\circ C$ (dokładnie $3,984^\circ C$) osiąga minimum objętości. Pod wpływem dalszego ogrzewania rozszerza się. W temperaturze ok. $8^\circ C$ ma objętość taką samą jak w $0^\circ C$. Podczas ochładzania, zamieniając się w lód, woda zwiększa swoją objętość o ok. 10%, co jest wynikiem powstawania krystalicznej struktury lodu.

Woda zostawiona w zamkniętym naczyniu po zamianie w lód rozzerwie je w wyniku zwiększenia objętości. Podobne efekty wywołuje woda, która dostała się w szczeliny materiałów pokryciowych, uszczelniaczy i do różnych połączeń materiałowych występujących na i w dachach. Ma to ogromny wpływ na trwałość pokryć i ich połączeń z różnymi elementami przechodzącymi przez dach. Zjawisko to niszczy również materiały porowate, takie jak cegły i tynki stosowane w kominach, ścianach lukarn i innych murów. Warto wiedzieć, że wyjątkowość dachów polega na tym, że często występuje na nich niska temperatura, której nie ma w innych miejscach budynku przy tej samej aurze. To zjawisko szybciej niszczy mury i tynki stykające się z dachem niż te znajdujące się poniżej.

Ważną cechą wody jest jej **duże ciepło właściwe**. Przypomnę, że jest to ilość ciepła potrzebna do ogrzania 1 kg substancji o jeden stopień. W przypadku większości materiałów ciepło właściwe zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury. Woda zachowuje się inaczej i w zakresie temperatury $0 \div 27^\circ C$ jej ciepło właściwe maleje, osiągając minimum w $27^\circ C$. Przy dalszym ogrzewaniu ciepło właściwe rośnie. Takie zachowanie wynika również z istnienia wiązań wodorowych między cząsteczkami wody (skutek dipola). Duże wartości ciepła właściwego, ciepła parowania i topnienia oraz krzepnięcia powodują, że woda ogrzewa się bardzo wolno, ale utrzymuje ciepło. W efekcie proces topnienia lodu zachodzi bardzo wolno, co ma duże znaczenie w naturze, gdyż dzięki tej właściwości nie doznajemy kłęsk powodziowych na skutek gwałtownego topnienia śniegu i lodu. Lód, topiąc się, pochłania bardzo dużą ilość energii cieplnej i dlatego na dachach proces ten zachodzi powoli, a jeszcze wolniej pod pokryciami. Spowalnia to wszystkie procesy zachodzące pod pokryciami i na zewnętrznych stronach wewnętrznych warstw dachu.

¹⁾ Rzeczoznawca Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Materiałów Budowlanych; patoka.k54@gmail.com

Trzeba o tym wiedzieć, ponieważ czasami jest to zjawisko korzystne, a czasami nie. Śnieg, jaki dostaje się pod pokrycia, może tam długo topnieć, zamieniając się w zatory śniegowo-lodowe na skutek topienia się w ciągu dnia i zamarzania w nocy.

Inną właściwością wody, której nie można pominąć, jest **zamiana wody w parę**, która zachodzi w każdej temperaturze. Paruje nie tylko woda, lecz również śnieg i lód, nawet w temperaturze poniżej 0°C. Jest to sublimacja, czyli przejście bezpośrednio ze stanu stałego w gazowy, co ma szczególne znaczenie w przypadku osuszania dachów za pomocą techniki nazywanej „wentylacją dachów”.

Ciekawą cechą wody jest jej **duże napięcie powierzchniowe** skutkujące zjawiskiem określonym jako menisk wklęsły. Ta właściwość wynika również z tworzenia międzycząsteczkowych wiązań wodorowych w wodzie. W efekcie woda dąży do minimalizacji powierzchni swojego kontaktu z powietrzem i przybrania takiego kształtu, dla którego przy określonej objętości jej powierzchnia jest najmniejsza. Wiadomo, że taki kształt ma kula, dlatego też spadająca kropla wody ma kształt zbliżony do kuli. Tworzenie się menisków wklęsłych, dzięki napięciu powierzchniowemu, jest przyczyną zjawiska włoskowatości, które polega na wznoszeniu się wody w naczyniach o bardzo małym przekroju (kształt włosa, który jest cienki i długi). Z tego powodu woda wsiąka w glebę, mury i skały, a także wznosi się na wysokość kilku metrów w pniach drzew. Ma to znaczenie również na dachach. Woda często „podciąga się” w górę w materiałach porowatych i szczelinach powstałych w wyniku pęknięcia. W procesach obserwowanych na dachach, zjawisko to współdziała z inną ważną cechą wody, jaką jest **lepkość**, która bardziej zależy od temperatury niż napięcie powierzchniowe. Znacznym wzrost lepkości przy obniżeniu temperatury zmniejsza ruchliwość cząstek wody (gorzej spływają). Ważne w przy-

padku dachów jest również to, że **woda jest dobrym rozpuszczalnikiem**. Rozpuszcza doskonale wiele związków chemicznych stałych, ciekłych i gazowych, prawie wszystkie substancje nieorganiczne i wiele organicznych. Z tego względu uznawana jest za rozpuszczalnik uniwersalny, dlatego też w swojej wędrówce po dachach i ścianach przenosi wiele substancji, co tworzy pewne problemy. Gromadzi na trasie swojej wędrówki substancje porowate, a potem idzie ich śladem. W czasie dużych opadów sącząca się przez szczeliny woda transportuje rozpuszczone lub wchłonięte substancje, a następnie nawet w czasie małych opadów tak wyznaczonymi trasami „podciąga się” w ilości i kierunkach, o jakie nikt jej nie posadza. Doskonałym tego przykładem są balkony, na spodzie których, gdy są wadliwie wykonane „kapinosy”, woda sączy się stale, płynąc pod balkonami po poziomych ich spodnich powierzchniach (fotografia). Podobnie jest w różnych (również niewidocznych) fragmentach dachów.



Woda spływająca po zbyt krótkich kapinosach nanosi w miejscach ich przegięć lub połączeń różne sole i zanieczyszczenia, po których ciągle spływa, tworząc wyraźne ślady

Wszystkie opisane cechy wody nie byłyby tak ważne, gdyby nie fakt, że przemiany fazowe wody oraz jej przemieszczanie są ściśle związane z zjawiskami fizycznymi towarzyszącymi wymianie energii cieplnej stale zachodzącej w dachach. Trzeba pamiętać, że oprócz zmian temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza związanych ze zmianami pogody i z porami roku są jeszcze zmiany dobowe zachodzące

na pograniczu dnia i nocy. Do najbardziej ciekawych zjawisk dotyczących wody i dachów należą specyficzne „sople przewiewowe” powstające u wylotu szczelin będących ujściem dla ciepłego i wilgotnego powietrza wewnętrznego. Powstają one na przegrodach zewnętrznych, gdy przez dłuższy czas utrzymuje się niska temperatura powietrza atmosferycznego. Do ich powstania potrzeba kilku dni o zdecydowanie mroźnych dniach i nocach. Specyfika „sopli przewiewowych” polega na tym, że są przyklejone do murów w postaci długich i cienkich lodowych narośli przypominających sople o przekroju zbliżonym do połowy koła, ale proporcja długości do przekroju jest zastanawiająca. W zimie 2009/2010 oglądałem takie sople o długości 15 m i średnicy 0,5 – 5 cm. Wyjaśnienie procesu prowadzącego do powstania takich długich narośli lodowych nie jest łatwe. Zapewne wynika to właśnie ze wspomnianych anomalii wody, których przyczyną są wiązania wodorowe między jej cząsteczkami. Takie wnioski można przedstawiać, sugerując się długotrwałą analizą efektu Mpembe. Dopiero w 2013 r. po wieloletniej analizie tego zjawiska zostało ono wytłumaczone przez uczonych z Singapuru, jako skutek wiązań wodorowych. Natomiast sam **efekt Mpembe** został po raz pierwszy zaobserwowany (w czasach nowożytnych) w Tanzanii przez ucznia szkoły średniej Erasto B. Mpembe w 1963 r. Zjawisko to polega na szybszym zamarzaniu wody gorącej od zimnej w określonych warunkach (najczęściej w bardzo zimnym powietrzu). E. B. Mpembe zauważył, że podgrzana mieszanina do robienia lodów zamarza szybciej niż ochłodzona. Wcześniej efekt ten opisywali m.in. Arystoteles, Kartezjusz i Francis Bacon [2].

Rys. i fot.: Autor

Literatura

- [1] Patoka Krzysztof 2020. „Skropliny w dachach”. Materiały Budowlane 574 (6): 32 ÷ 34.
[2] Martin Chaplin, http://www1.lsbu.ac.uk/water/martin_chaplin.html.

Partner działu: **Röben Polska Sp. z o.o. i Wspólnicy Sp.K.**
www.roben.pl

Röben