

DOM

Wymyślne systemy grzewcze, klimatyzacja, izolacja, elektroniczne sterowanie – a może aby zapewnić mieszkańcom komfort ciepły, wystarczy, że wraz z porą roku zmieni się kolor budynków?

➤ JERZY KARPIUK

KAMELEON



CCIEMNE PRZEDMIOTY wystawione na słońce ogrzewają się silniej niż jasne. Wytłumaczenie jest proste – biała powierzchnia odbija promieniowanie świetlne, czarna je w całości pochłania. Energia zaabsorbowanego światła zamienia się w ciepło i prowadzi do wzrostu temperatury: im ciemniejsza powierzchnia, tym ten wzrost większy. Z tego prostego spostrzeżenia ludzie korzystają już od dawna, malując na biało ściany budynków w regionach, gdzie słońce silnie operuje. W chłodniejszych strefach klimatycznych można by sięgnąć po rozwiązanie odwrotne i na zimę zmieniać kolor ścian na ciemny. Teoretycznie łatwe, praktycznie niewykonalne. Chyba że zaprzęgniemy do pracy termochromizm, czyli zmianę barwy substancji pod wpływem temperatury.

Proces ten jest zazwyczaj odwracalny i zmiana temperatury w odwrotnym kierunku przywraca barwę pierwotną. Przyczyną termochromizmu są zależne od temperatury procesy fizyczne i chemiczne, takie jak zmiana struktury krystalicznej substancji, zmiana wartości pH prowadząca do reakcji barwnej, utrata wody z sieci krystalicznej wskutek ogrzewania, przesuwanie się równowagi

między różnymi formami molekularnymi danej substancji lub zmiana struktury cząsteczek. Sole nieorganiczne (np. związki kobaltu) wykorzystuje się w farbach termicznych stosowanych do barwienia produktów stosowanych na przykład do kontroli temperatury kąpeli dla dzieci czy skuteczności schłodzenia (np. piwa) lub podgrzania napojów.

W innej klasie termochromów, w ciekłych kryształach, za zmianę koloru odpowiadają przejścia fazowe między różnymi stanami, w których substancje te odbijają selektywnie określone barwy, natomiast w termochromowych substancjach organicznych (niebędących ciekłymi kryształami) zmienia się zazwyczaj stan cząsteczek, a wraz z nim charakterystyka pochłanianego i odbijanego światła.

Chiński fiolekt

Podstawowym elementem elewacyjnej farby termochromowej musi być pigment, który odwracalnie zmienia kolor w temperaturze 15–20 °C. Chińscy badacze, którzy w 2001 roku opracowali takie pigmenty, wykorzystali reakcję barwną znaną ze szkoły fenoloftaleiny: w roztworze lekko zasadowym, przy pH równym 8,2, substancja ta zmienia się z bezbarwnej

na intensywnie różową. Powstawanie barwy jest wynikiem reakcji chemicznej – w cząsteczce następuje dysocjacja wiązania, a w konsekwencji zmiana struktury i energii przejść elektronowych, które decydują o rodzaju absorbowanego światła. Chińczycy wykorzystali ten mechanizm, lecz zastosowali inne, choć podobne strukturalnie cząsteczki, lakton fioletu krystalicznego (CVL) i jego analogi.

CVL jest substancją bezbarwną, ale w roztworze o określonej wartości pH przekształca się w formę barwną o strukturze charakterystycznej dla fioletu krystalicznego, znanego barwnika stosowanego w biochemii i medycynie. Wiele barwników można przeprowadzić w formę bezbarwną, strukturalnie nieznacznie różniącą się od barwnej np. dodatkowym protonem, grupą funkcyjną lub wiązaniem, a potem przywracać je do postaci barwnej. Bezbarwne formy barwników nazywa się leukobarwnikami lub formami leuko (z gr. *leukós* – biały). Reakcja barwna CVL, substancji masowo produkowanej i stosowanej w papierach samokopiujących („WiZ” 5/2007, str. 54–56), polega na zerwaniu pierścienia w cząsteczce i przyłączeniu atomu wodoru zapobiegającego ponownej cyklizacji. Reakcja ta przebiega w kierunku formy barwnej w określonym zakresie wartości pH. Poza tym zakresem pH zachodzi reakcja odszczepienia protonu i recyklizacji, co sprawia, że roztwór CVL się odbarwia. Aby uzyskać barwę w określonej temperaturze (np. 18 °C), należy dobrać taki rozpuszczalnik, którego pH zmienia się z temperaturą i w wybranej temperaturze osiąga wartość, przy której zachodzi reakcja barwna. Nie jesteśmy skazani przy tym na monobarwność: wprowadzając niewielkie modyfikacje do struktury chemicznej leukobarwnika, można uzyskiwać inne barwy – czerwoną, zieloną lub niebieską, a przez ich mieszanie wytwarzać pigmenty pokrywające całą paletę kolorów.

Sam roztwór substancji termochromowej nie jest jeszcze gotowym pigmentem i nie można go nanosić bezpośrednio na elewację czy dachy budynków, ponieważ substancja aktywna oddziałuje z typowymi materiałami budowlanymi. Roztwór

staje się pigmentem termochromowym dopiero po odizolowaniu go od otoczenia i zamknięciu w mikrokapsułkach, i w takiej postaci jest dodawany do białej farby. Można go też dodawać do farb o innym kolorze, do którego barwa pigmentu będzie dodawać się w obniżonej temperaturze. Okazuje się, że obecność w składzie farby 20% mikrokapsułek z pigmentem zapewnia dobre zmiany barwy z temperaturą otoczenia i w niewielkim stopniu wpływa na właściwości mechaniczne czy optyczne farby. Już w pierwszych eksperymentach zastosowanie domieszek różnych leukobarwników

Zmiana barwy ścian budynków wraz z temperaturą pozwoliłaby w skali roku na znaczne oszczędności energii.

umożliwiło odwracalne zmiany barwy powłok elewacyjnych z białej na różową, zieloną i niebieską, a właściwości termochromowe farb nie zmieniały się po ponad 1000 powtórzeniach procesu zmiany barwy. Dodając zwykłe pigmenty do tak przygotowanych farb termochromowych, można zmieniać kolor powłok z ciepłych odcieni w niższych temperaturach na chłodniejsze w wyższych.

Zmienne barwy miasta

Po domieszczeniu pigmentu termochromowego do farby białej, kolorowa powłoka elewacyjna absorbuje

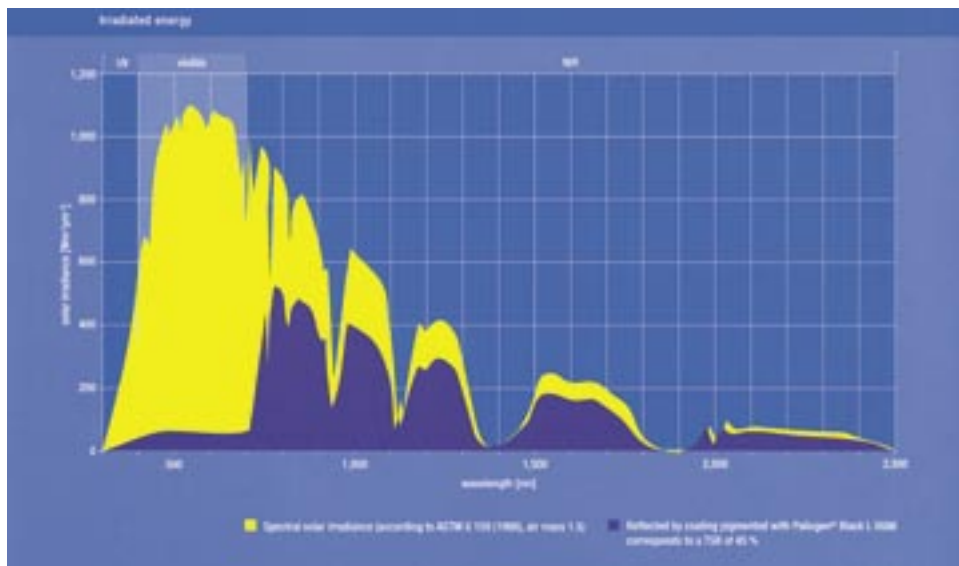


✦ w niższych temperaturach podobną ilość energii, co zwykła powłoka o tej samej barwie, dzięki czemu ściana budynku ma temperaturę wyższą o 3–4 °C niż w przypadku białej elewacji. Powyżej temperatury zmiany koloru, dzięki mniejszej absorpcji promieniowania, temperatura ściany pokrytej farbą termochromową jest o około 4 °C niższa niż ściany pomalowanej zwykłą farbą o barwie odpowiadającej farbie fotochromowej w niższej temperaturze. W cyklu rocznym takie różnice temperatury ścian mogą przekładać się na znaczne oszczędności energii i paliw używanych do ogrzewania lub chłodzenia budynków. Należy jednak pamiętać, że takich efektów cieplnych i związanej z nimi poprawy komfortu cieplnego można się spodziewać w budynkach bez izolacji termicznej ścian i dachów.

Efektywne zastosowanie farb termochromowych na elewacjach domów z izolacją termiczną ścian, a więc takich, jakie buduje się w naszej strefie klimatycznej, wiąże się z koniecznością rozwiązania jeszcze jednego problemu. W celu zapewnienia efektywnego transferu ciepła z farby do ściany i przejmowania go przez budynek, farby takie należy umieszczać bezpośrednio na ścianie, pod warstwą izolacji cieplnej, która musi przepuszczać światło, jakie ma być następnie pochłonięte przez pigment. Opracowanie takich izolacji wydaje się warunkiem sensowności stosowania farb termochromowych w umiarkowanych i zimnych strefach klimatycznych.

Elewacyjne farby termochromowe zostały dopiero niedawno zaproponowane i nie są jeszcze produktem w pełni dojrzałym technicznie. Wymagają z pewnością nie tylko wielu testów i udoskonaleń, ale także naszej wewnętrznej zgody na zmienność kolorystyki domów i miast w różnych porach roku. Przyszłość pokaże, czy farby te pozostaną ekscentrycznym, acz realizowalnym pomysłem naukowców, czy też znajdą szersze zastosowanie w budownictwie. ❏

✦ **DR INŻ. JERZY KARPIUK** jest pracownikiem naukowym Instytutu Chemii Fizycznej PAN w Warszawie.



OD DEMONA DO ZARODZCA

Zimnica nękała ludzkość od najdawniejszych czasów. Opisy gorączek podobnych do malarycznej znajdujemy na glinianych tabliczkach Sumeru, w egipskich papirusach, staroindyjskich Wedach i traktatach medycznych starożytnej Grecji i Rzymu. Pierwszy szczegółowy opis kliniczny malarii, przypisywany Hipokratesowi, pochodzi z V wieku p.n.e. W najstarszych wyobrażeniach przyczyny chorób zakaźnych były mistyczno-religijne: bogowie mieli zsyłać na ludzi choroby pod postacią złych duchów jako karę za grzechy. Nic dziwnego, że na przykład w tradycji sumeryjskiej demonem malarii i innych gorączek był lwiołowy demon – Nergal.

Sama nazwa „malaria” została ukuta w XVIII wieku przez Francesca Tortiego (po włosku *mala aria* = złe powietrze), zarówno pod wpływem panującej od Hipokratesa miazmatycznej teorii szerzenia się chorób (miazmatami nazywano wyziewy pochodzące z rozkładu organizmów zwierzęcych i roślinnych, zepsute powietrze, które miały wywoływać choroby), jak również przez skojarzenie występowania choroby z zamieszkaniem na podmokłych, bagiennych terenach. Co ciekawe, już w I wieku p.n.e. Marek Terencjusz Varro ostrzegał przed budowaniem osiedli ludzkich w pobliżu bagien, dowodząc, że *rodzą one maleńkie, niewidzialne stworzenia, które unosząc się w powietrzu wnikają do organizmu przez usta i nos, wywołując różne groźne choroby*. Jest niemal pewne, że Varro miał na myśli przede wszystkim malarię. Do poglądu Varro nawiązał współczesny Tortiemu, Giovanni Maria Lancisi, który pierwszy przypisał przenoszenie malarii komarom (!), choć także wydzielanym przez bagna cząstkom nieorganicznym.

Dopiero na początku XIX wieku Giovanni Rasori przedstawił hipotezę, że przyczyną malarii są mikroorganizmy. Jakkolwiek miała ona charakter wyłącznie spekulatywny, znalazła poparcie w teorii zarazków sformułowanej w 1840 roku przez niemieckiego fizjologa Jakoba Henlego. Henle uważał, że choroby wywołują niewidoczne zarazki (łac. *contagia animata*), będące żywymi organizmami pasożytnymi w ciele człowieka. Okres intensywnych badań nad mikroorganizmami zaczął się jednak dopiero od prac Pasteura i Kocha.

W końcu, 6 listopada 1880 roku, lekarz armii francuskiej w Algierii, Laveran, dostrzegł pod mikroskopem ruchliwe ciała we krwi chorego na *fièvre palustre* (to francuskie określenie malarii jako *gorączki błotnej*) i stwierdził, że mają one naturę pasożytniczą. Wyniki swoich obserwacji wraz ze szczegółowymi rysunkami różnych stadiów rozwojowych *Oscillaria malariae* – jak nazwał odkryty przez siebie organizm – Laveran zawarł w dwóch listach do paryskiej Akademii Medycznej. Jego odkrycie napotkało jednak opór ze strony zwolenników bakteryjnej etiologii malarii (takich jak Edwin Klebs i Corrado Tommasi-Crudeli), według których przyczyną malarii miały być występujące rzekomo w powietrzu i glebie bagiennej bakterie *Bacillus malariae*.

Na szczęście dla nauki, już sześć lat później, w 1886 roku, włoski histolog Camillo Golgi opisał cykl rozwojowy pasożyta w komórkach krwi, wskazując, że poszczególne stadia jego rozwoju odpowiadają poszczególnym stadiom klinicznym malarii. W tym samym czasie dwaj inni włoscy uczeni, Ettore Marchiafava i Angelo Celli,

