

Coraz bardziej

SMART



prof. dr hab. inż. arch.
Elżbieta Ryńska

Samoloty typu smart, inteligentne budynki, materiały zapamiętujące swój pierwotny kształt, samoreplikujące się mikroroboty, które mogą bez żadnego nadzoru ustawiać konstrukcje, zmieniające barwę powłoki malarskie czy nanosystemy – otaczający nas świat uległ znacznej przemianie od 1922 roku, kiedy przy produkcji nart zastosowano materiał typu smart po raz pierwszy.

Związki pomiędzy rozwiązaniami architektonicznymi a materiałami budowlanymi były stosunkowo proste aż do czasu rewolucji przemysłowej. Pierwotnie wybór materiałów miał charakter pragmatyczny – musiały one być dostępne i spełniać określone oczekiwania pod względem funkcji, formy oraz społecznego wydzźwięku. Materiały budowlane nie miały jednolitego standardu, a wiedza o nich pochodziła z doświadczenia budowniczych i z obserwacji.

Zwiększenie zainteresowania „materiałami inteligentnymi” nastąpiło stosunkowo niedawno, bo pod koniec XX wieku. Było ono efektem podwyższonych oczekiwań projektantów względem materiałów stosowanych w budownictwie.

Inteligentny czy smart?

Do dziś nie powstała jednoznaczna, powszechnie uznana definicja omawianych materiałów. T. Takagi [2] wprowadził rozróżnienie na materiał inteligentny oraz na materiały typu smart. Materiał inteligentny reaguje na bodźce zewnętrzne, istotnie zmieniając swoje właściwości, a także pełni funkcję sensora i urządzenia przekazującego uzyskany efekt, jak również wykazuje cechy sprzężenia zwrotnego. Materiały typu smart reagują jedynie na bodźce zewnętrzne, istotnie zmieniając swoje właściwości. W obu przypadkach przemiana zachodzi w czasie zbliżonym do rzeczywistego [2].

Tak często stosowany termin nie ma jednolitego wydzźwięku. W licznych publikacjach termi-

nów „smart” oraz „inteligentny” używa się często zamiennie. Istnieją jednak instytucje, które rozgraniczają oba terminy. Na przykład NASA definiuje materiały typu smart jako takie, które „pamiętają” zadaną konfigurację i potrafią wrócić do niej pod wpływem odpowiedniego bodźca. Materiał jest uważany za jeden z wielu elementów skomplikowanej całości, możliwej do zidentyfikowania poprzez strukturę molekularną. Z kolei Encyklopedia Chemicznych Technologii stwierdza, że materiały i konstrukcje typu smart to te, które reagują na bodźce środowiskowe, przetwarzają uzyskane dane i następnie ulegają odpowiedniej transformacji. W tym przypadku materiał jest postrzegany bardziej jako zestaw działań.

Klasyfikacja materiałów

Bez względu na przyjętą definicję zauważyć można podstawową charakterystyczną własność – zmianę zachodzącą pod wpływem zewnętrznych bodźców. Materiały te wówczas można sklasyfikować w dwóch podstawowych grupach [1]:

1. W tej grupie w odpowiedzi na zewnętrzne bodźce zmiana zachodzi w więcej niż jednym charakteryzującym materiał parametrze – chemicznym, fizycznym, elektrycznym, magnetycznym lub termicznym. Transformacja jest bezpośrednia i możliwa do odwrócenia, brak tutaj systemu kontrolującego. Do tej grupy zaliczyć można materiały:

termochromowe – czyli takie, w których pod wpływem bodźca

ciepłego materiał zmienia strukturę molekularną oraz kolor;

magnetoologiczne – w których impuls pola magnetycznego powoduje zmianę z mikrostrukturalnej orientacji atomów, powodując zmianę lepkości płynu;

termotropiczne – w których impuls termicznej energii zmienia mikrostrukturę materiału, uzyskując inne parametry przewodzenia, poziomu rozpuszczalności, możliwości przekształcenia wielkości przestrzennej czy transmisyjności;

zapamiętujące swój pierwotny kształt – funkcjonujące pod wpływem bodźca termicznego lub promieniowania i zmieniające wewnętrzną strukturę na poziomie pojedynczych kryształów; np. grupa chemików i inżynierów z Uniwersytetu Kalifornia w Los Angeles wynalazła tworzywo sztuczne, które potrafi naprawić pęknięcie w elemencie wykonanym z tego tworzywa [6].

2. Druga generacja materiałów typu smart składa się z tych, które mogą transferować energię. Są to materiały:

fotowoltaiczne – zmieniające energię świetlną na prąd elektryczny;

termoelektryczne – w których pod wpływem prądu następuje zmiana cieplna;

piezoelektryczne – które pod wpływem nacisku produkują prąd elektryczny;

fotoluminescencyjne – gdzie bodziec z ultrafioletowego spektrum światła zostaje przekształcony w promieniowane z pasma widzialnego;

elektrostrykcyjne – w których pod wpływem fali (lub pola

magnetycznego) w efekcie polaryzacji następuje zmiana odległości pomiędzy poszczególnymi atomami, w tym zmiana energii cząsteczki i zjawisko deformacji materiału. Ponadto wiele takich materiałów może funkcjonować jako sensory lub część większych serwo mechanizmów.

Superfasada i supermaterial

Materiały typu smart są najczęściej postrzegane jako logiczna droga rozwoju dla materiałów budowlanych poprzez stworzenie takich, które charakteryzują

się wybranymi parametrami działania. W poprzednich epokach, stosując jednolite materiałowe elementy drewniane czy kamienne, nie można było przekroczyć ich własności technicznych. Wiek XX przyniósł zmianę w postaci możliwości tworzenia materiałów utworzonych przez współpracujące ze sobą komponenty. Omawiana grupa reprezentuje dalszy etap rozwoju – ich charakterystyczną cechą jest zmienność parametrów, a tym samym dostosowanie się do zmiennych potrzeb. Podstawowym ograniczeniem jest założenie, że zewnętrz-

ne przegrody budowlane funkcjonują na zasadzie ograniczającej bariery. Pomieszczenie jest kubaturą zawierającą powietrze i światło o oczekiwanych parametrach, a tym samym przegroda wyznacza granicę oddzielającą użytkownika od zewnętrznego środowiska. Taki sposób myślenia stał się motorem pomysłu na ścianę wielofunkcyjną (polyvalent wall – 1981, Mike Davies [1]), chroniącą przed słońcem, wiatrem i opadami, stanowiącą barierę izolacyjną, ale mającą także umiejętność wytworzenia odpowiednich parametrów wentylacyj-

Zwiększenie zainteresowania „materiałami inteligentnymi” nastąpiło stosunkowo niedawno, bo pod koniec XX wieku. Było ono efektem podwyższonych oczekiwań projektantów względem materiałów stosowanych w budownictwie.



PRIVA-LITE jest szkłem laminowanym, w którym umieszczono folię zawierającą ciekłe kryształy (LC). Pod wpływem pola elektrycznego (100 VAC) ciekłe kryształy ulegają uporządkowaniu, a szkło staje się przeźroczyste. Po odcięciu dopływu prądu szkło wraca do wyglądu matowego (producent: Saint-Gobain)



nych, jak i umożliwiającą dostęp do światła dziennego. Właśnie takie wyobrażenie – ściany utworzonej z licznych współpracujących ze sobą warstw – miało znaczny wpływ na projektantów chcących stworzyć „superfasadę” czy „supermaterial”, które mogłyby integrować jak największą liczbę różnorodnych funkcji. Jednym z owych supermateriałów jest aerożel (często wskazywany w Polsce przez konserwatorów zabytków jako materiał właściwy do termoizolacji takich zabytkowych budynków, w których brak ornamentyki, a konieczne jest zachowanie proporcji bryły). To materiał marzeń, o dobrych parametrach izolacyjnych, lekki (zaledwie trzykrotnie gęstszy od powietrza), przezroczysty, a jednocześnie odporny na zniszczenie. Tym niemniej nadmienić należy, że wysokie parametry termiczne mają swoje zalety tylko w chłodnych okresach roku, a przeciwnie w pozostałych. Materiał został co prawda wynaleziony w 1931 roku, ale przebadano go dopiero w latach siedemdziesiątych w laboratoriach NASA.

Projektanci korzystają z odkryć

W przypadku obszaru architektonicznego można wyróżnić następujące parametry odróżniające omawiane materiały od tradycyjnych: tymczasowość, selektywność, natychmiastowość, reagowanie na bodźce oraz bezpośredniość. Dobrym przykładem jest smart window, czyli interaktywna zmienna powierzchnia, która zwykle ma jed-



StoColor Photosan – aktywna farba elewacyjna, która dzięki fotokatalizie przekształca szkodliwe związki osadzające się na powierzchni elewacji w bezpieczne, które następnie splukiwane są przez zwykłe opady atmosferyczne



StoColor Lotusan – farba z efektem łożu powodującym zdolność powierzchni elewacji do samooczyszczania się (producent: STO)



Fot. Sto

ną lub kilka funkcji, takich jak np. kontrola przenikania obrazu, termicznych zysków, termicznej absorpcji oraz postrzeganego widoku. Materiały fotochromatyczne mają zatem szerokie zastosowanie. To nie tylko okulary przeciwsłoneczne, ale całe fasady budynków – chociaż w ostatnim przypadku trudność sprawia kontrolowanie efektu olśnienia. Rozwiązania te nie są bynajmniej postrzegane za rynkowy sukces, gdyż mają wolny czas reakcji w przypadku procesu ograniczania powstawania nadmiernych zysków ciepłych. Tym niemniej w następstwie przemiany izomerycznej oprócz widocznej zmiany barw następuje także

zmiana wartości współczynnika załamania światła, stałych dielektrycznych, a w przypadku cząsteczek biologicznych – uaktywnienie enzymów.

Interesującym obszarem do dalszego rozwoju wydają się barwniki leuco stosowane w wielu farbach, jak również w meblarstwie. Ciekawe rozwiązanie stanowią na przykład dzieła Jurgena Mayera, który projektuje meble odczuwające temperaturę ciała użytkownika i zmieniające pod jego wpływem barwę.

Możliwość zastosowania termochromatycznych materiałów na fasadach budynku zawsze była przedmiotem zainteresowania projektantów. Niestety głów-

nym technologicznym problemem tych farb jest to, że wystawienie ich na działanie ultrafioletowego pasma światła dziennego może spowodować degradację, w tym utratę możliwości zmiany barwy.

W budownictwie materiały elektrochromiczne są stosowane m.in. w oknach, dając efekt zmienności barwy pod wpływem prądu przepływającego pod niskim napięciem. Efekt uzyskuje się poprzez zintegrowanie mikrowarstw chemicznych umożliwiających absorpcję fal świetlnych o różnej długości. Proces przemiany jest stosunkowo powolny i w przypadku konieczności utrzymania osłony przed nad-

miernym promieniowaniem świetlnym wymaga stałego poddania wpływowi fal prądowych.

Wiele z materiałów, które są najlepiej znane projektantom, działa jak proste przewodniki, ze szczególnym uwzględnieniem różnych odmian metali i ich stopów. Tym samym wykorzystanie połączonych ze sobą mikrowarstw powoduje różną reakcję w przypadku poddawania działaniu prądu. Na przykład jedna strona kompozytowego materiału zwiększa swoją objętość, a druga zmniejsza. Pomimo oczekiwań niektórych projektantów, by cały budynek został pokryty przewodzącymi polimerami tworzącymi wzory generowane przez programy komputerowe, należy przede wszystkim pamiętać, że materiały te to głównie przewodniki. Co za tym idzie, stworzenie stabilnego wzoru jest niezmiernie trudne, a w ramach obecnie istniejących technologii nadal praktycznie nieosiągalne.

Projektanci korzystają również z odkryć pochodzących z obszaru przemysłu chemicznego. Na przykład refleksyjne powłoki w pomieszczeniach mogą optycznie powiększyć przestrzeń oraz poprawić parametry oświetlenia (do 20%) przy jednoczesnym utrzymaniu wewnętrznych zysków ciepłych w porze chłodnej. Najczęściej są stosowane w obszarach klimatów chłodnych i zimnych o niskim dostępie do światła dziennego w porze jesienno-zimowej. Ponadto zewnętrzne powłoki o wysokim stopniu trwałości i sporych parametrach refleksyjności mogą być stosowane na dachach i zewnętrznych ścianach, chroniąc przed nadmiernymi zyskami ciepłymi. W strefie klimatycznej gorącej umożliwiają też ok. piętnastoprocentową oszczędność użytkową, niezbędną do prawidłowego działania systemu klimatyzacji i wentylacji. Czas ich życia to 12–15 lat w zależności od zastosowanej technologii i wybranego producenta.

Materiały zmienno fazowe są obecnie dostępne na rynku jako aktywny składnik szerokiej gamy półproduktów: tynków, cementu, ścian gipsowo-kartonowych, modułów ściennych i dachowych. Stosowane we wnętrzach

umożliwiają zatrzymywanie zysków termicznych, regulując nadmierną fluktuację temperatur. Czas życia to około 30 lat, a badania wykazały możliwość uzyskania efektu energooszczędności użytkowej do 10%.

Z uwagi na koszty nowe pianki izolacyjne mają na razie ograniczone zastosowanie. Charakteryzują się wysokimi parametrami efektywności użytkowej, które pozwalają na ograniczenie kosztów energii grzewczej o 30–80% w zależności od konfiguracji i lokalizacji budynku. Wyróżnić należy izolacyjne panele próżniowe (vacuum insulation panels – VIP), których funkcja termiczna jest trzykrotnie bardziej efektywna od tradycyjnych materiałów izolacyjnych. Z uwagi na łatwość uszkodzenia jeszcze do niedawna były stosowane w budownictwie niezmiernie rzadko i dopiero technologia pozwalająca na stworzenie osłony z podwójnie szklanego modułu pozwoliła na ich szersze zastosowanie. Czas życia – 30 lat,

z możliwością utraty właściwości nie większą niż 20%.

Smart facade

Coraz częściej pojawiają się takie rozwiązania jak smart facade. Z technicznego punktu widzenia to zewnętrzne przegrody budynku adaptujące się do zmiennych parametrów klimatycznych. Przykładem takich jest uruchomiona na wiosnę 2016 roku w Niemczech

W przypadku obszaru architektonicznego można wyróżnić następujące parametry odróżniające smart materiały od tradycyjnych: tymczasowość, selektywność, natychmiastowość, reagowanie na bodźce oraz bezpośredniość.

testowa ściana produkująca energię z alg (Splitterwerk Architects przy współpracy z Arup). Jaskrawozielony kolor to nie tylko element estetyczny, ale również efekt wykorzystania odpowiednio odżywianych mikroskopijnych alg w celu zainicjowania produkcji biomasy. Odżywiane przez światło słoneczne organizmy pod-

grzewają system wodny, a zyski ciepłe pozyskuje się i magazynuje w budynku jako ciepło użytkowe. Jest to swoisty test w skali 1:1, ale z punktu widzenia Jana Wurma (Research Leader na Europę, firma Arup) – „ogromny krok naprzód”. I rzeczywiście, jeżeli rozwiązanie okaże się sukcesem, taki sposób pozyskiwania energii może wprowadzić rewolucję na zurbanizowanych obszarach.

Innym rozwiązaniem jest współpracująca ze światłem dziennym oddychająca fasada zastosowana dla wysokościowców w Abu Dhabi, których fasady zostały zaprojektowane jako całkowicie przeszklone. Rozwiązanie takie jest nadal modne wśród projektantów, jednak w przypadku pustynnych para-

metrów klimatycznych – niezbyt trafne. Tym samym architekci z pracowni Aedas zaprojektowali drugorzędą przeciwsloneczną powłokę odbijającą część pasma promieniowania słonecznego, ale pozwalającą na czasowe zachowanie widoku na zewnątrz. Składająca się z połączonych fasetowych rozet wykonanych z włókna szklanego osłona wykorzystuje charakterystyczną dla islamskiej tradycji mashrabiya, która otwiera się i zamyka w efekcie działania bodźców temperaturowych. Jest to przykład wykorzystania tradycyjnych technik w nowej konfiguracji technologicznej.

W 2011 roku firma Alcoa reprezentująca przemysł chemiczny opatentowała technologię pozwalającą na poprawę jakości powietrza. Nowy materiał zawierał dwutlenek tytanu, który poprzez uwolnienie wolnych gąbczastych rodników chemicznie wiązał się z zanieczyszczeniami zawartymi w powietrzu. Został wykorzystany zarówno w przy-

REKLAMA



XXVI MISTRZOSTWA POLSKI ARCHITEKTÓW W NARCIARSTWIE ALPEJSKIM I SNOWBOARDZIE

03-05.03.2017 KASPROWY WIERCH

WWW.SKIARCHICUP.PL

Sponsorzy Główni:



realizacja imprezy: **M-ACTIVE**

www.m-active.pl





StoVentec ArtLine – elewacja fotowoltaiczna. Z jednej strony rozwiązanie to pozwala zaoszczędzić około 40% energii poprzez ocieplenie elewacji, z drugiej – elewacja sama wytwarza energię: do 700 kWh z 1 kWp rocznie

Foto: Sto

padku materiałów ubraniowych, jak i detalu architektonicznego, a niedawno także w osłonach przeciwsłonecznych nowego budynku szpitala Torre de Especialidades w mieście Nowy Meksyk. Fasada została pokryta „skórą”, nazwaną przez producenta Prosolve370e, i wykorzystuje proces analogiczny do opisanego powyżej. W tym przypadku ważna jest także forma przestrzenna słonecznych osłon, które spowalniają ruch powietrza wzdłuż fasady, uwalniając jednocześnie ultrafioletowe pasmo światła działające jako aktywator reakcji.

Do efektywnych energetycznie rozwiązań można także zaliczyć pomysł na metalową siatkę osłony przeciwsłonecznej wykonaną z termobimetalu – materiału powstalego przez połączenie techniki ciepłą dwóch warstw metali lub ich stopów charakteryzujących się różnymi współczynnikami rozszerzalności cieplnej. Autorem pomysłu jest profesor architektury i biolog Doris Kim Sung, a prace są inspirowane rozwiązaniami odnajdywanymi w obszarze życia biologicznego. W przypadku poddania powierzchni bodźcom temperaturowym materiał przesłony ulega miejscowemu zwinięciu, pozwalając na lepszy dostęp do pomieszczenia. Przy zmianie temperatury na niższą – wraca do pierwotnej postaci. Rozwiązanie to przeznaczone

jest do wykorzystania w klimacie gorącym i suchym, ale trwają prace nad przystosowaniem go także do obszarów chłodniejszych. Przeprowadzane są też próby stworzenia samomontujących się lekkich elementów konstrukcyjnych, co umożliwiłoby ograniczenie pracy ludzkiej. Zdaniem zespołu badawczego największa zmiana w rozwiązaniach budowlanych zostanie wywołana przez zastosowanie właśnie materiałów typu smart oraz nanotechnologii. Może ona sprawić, że inaczej będziemy postrzegać

Naukowcy z Uniwersytetu w Harvardzie (3) mają nadzieję na stworzenie jeszcze nowszej klasy materiałów, które podlegałyby samoregulacji pomimo wpływu na nie wielu różnorodnych impulsów, w tym temperatury, światła, nacisku siłowego oraz równowagi kwasowo-zasadowej.

również same budynki: jako nieograniczone statycznymi przegradami, funkcjonujące na zasa-

dzie organizmów współpracujących z zewnętrznymi parametrami środowiska [3].

Coraz nowsze i bardziej różnorodne

Materiały inteligentne są stosowane w wielu obszarach, czego przykładem może być zastosowanie energii odpadowej, która w postaci energii elektrycznej potrafi zasilać urządzenia codziennego użytku – telefony, komputery czy oświetlenie. Często są to materiały o podwyższonych parametrach nośności konstrukcyjnej, parametrach izolacyjności o podwyższonej odporności na procesy starzenia, paroprzepuszczalnych, o niskiej energii wbudowanej i wysokiej odporności ogniowej oraz zmiennych parametrach absorpcyjnych. Można wyróżnić materiały o zmiennych parametrach fizycznych, regulowanych parametrami środowiska zewnętrznego, a także nowe przezroczyste materiały o znacznej odporności na zniszczenie.

Naukowcom udało się stworzyć między innymi smart concrete, którego składowe zawierają zarodniki bakterii oraz mleczan wapnia zamknięty w mikrołupinie. Po kontakcie z wodą powstaje wapień, który wypełnia zarysowania i wzmacnia beton. Badania wykazały, że długość życia betonu może ulec wydłużeniu o 50% bez konieczności

dodatkowej konserwacji i napraw. Obecnie trwają badania nad długością życia zarodników bakterii niezbędnych do otwarcia mikrołupin [4].

Jak więc widać, charakterystyka materiałów typu smart uległa zasadniczej zmianie w ciągu ostatnich kilku lat. Są mniej toksyczne, bardziej odporne na zniszczenie i efektywne energetycznie. Nadal jednak nie powstała technologia, która pozwoliłaby na utrzymanie stabilnych parametrów w pomieszczeniach na miarę zmian zachodzących w środowisku zewnętrznym. Naukowcy z Uniwersytetu w Harvardzie [3] mają nadzieję na stworzenie jeszcze nowszej klasy materiałów, które podlegałyby samoregulacji pomimo wpływu na nie wielu różnorodnych impulsów, w tym temperatury, światła, nacisku siłowego oraz równowagi kwasowo-zasadowej. W lipcu 2016 stworzyli prototyp hydrożelu, który samoistnie podwyższa swoją temperaturę w momencie działania bodźca chłodu, stabilizując się po usunięciu impulsu. Jeżeli w przyszłości zaistnieje możliwość stworzenia takich materiałów dla budynków, będzie to oznaczało brak konieczności montowania instalacji grzewczych i chłodzeniowych. Wtedy podstawową barierą do przelamania będzie ich dostępność cenowa.

Przypisy:

- [1] Addington D. M., Schodek D.L.: Smart Materials and New Technologies for the architecture and design professions. Harvard University. Architectural Press An imprint of Elsevier 2005.
- [2] Takagi T., A Concept of Intelligent Materials. Proceedings of US-Japan Workshop on Smart/Intelligent Materials and Systems. Technomic Publishing, Honolulu 1990, s. 3-10.
- [3] <http://www.archdaily.com>.
- [4] <http://www.fieldlens.com.blog/building-better/construction-smart-materials>.
- [5] <http://www.greenbiz.com/blog>.
- [6] <http://www.matint.pl>.
- [7] <http://www.mi.pan.wroc.pl>.
- [8] <http://www.smart.gov.pl>. ■