



NANOTECNOLOGIE prodotti a prestazioni potenziate elaborando la materia su una scala dimensionale molto piccola: ceramiche, vernici, pitture e cemento

DOMENICO D'OLIMPIO

L'innovazione tecnologica nel settore dei materiali da costruzione, sospinta dall'obiettivo di dare risposta, oltre che a esigenze convenzionali (efficienza energetica, comfort acustico, benessere visivo) anche a quelle innovative che pongono specifiche richieste, quali ad esempio la riduzione dell'inquinamento ambientale, la protezione e l'autoprotezione dagli agenti inquinanti (soprattutto atmosferici) la indoor air quality, la sicurezza, il riuso ed il riciclo dei materiali nei processi di produzione, l'autoadattività in rapporto al variare delle sollecitazioni esterne (termiche, meccaniche, ottiche, elettriche, chimiche), ha condotto alla definizione e alla realizzazione di materiali innovativi avanzati, spesso importati da altri settori industriali (in genere dal settore aeronautico, automobilistico e biomedico) in seguito a processi di trasferimento tecnologico, ma oggi sempre più frequentemente creati e generati all'interno di attività di ricerca e sviluppo autonomamente svolte dai grandi gruppi industriali che negli ultimi decenni si sono formati nel settore delle costruzioni in relazione ad esigenze di produzione legate a specifiche categorie di materiali (ceramici, metallici, vetrosi, polimerici, ecc.).

un decisivo impulso alla generazione di materiali innovativi avanzati lo hanno dato le accresciute conoscenze nel campo della chimica, che hanno consentito e consentono, in misura sempre più ampia ed importante, la manipolazione delle strutture atomiche-molecolari dei materiali, rendendo possibile la creazione artificiosa di impurità, anisotropie, ibridazioni tra materiali differenti, specificamente progettate per ottenere nuovi materiali caratterizzati da particolari e specifiche risposte prestazionali.

MODULO PAROLE CHIAVE

NANOTECNOLOGIE – NANORIVESTIMENTI – AUTOPULIZIA – NANO RIVESTIMENTI FOTOCATALITICI – CEMENTO FOTOCATALITICO – MALTA FOTOCATALITICA – PITTURA FOTO CATALITICA – PIASTRELLE CERAMICHE FOTOCATALITICHE



Museo dell'Ara Pacis, Roma, 2006. Sulle superfici esterne del Museo dell'Ara Pacis (Richard Meier, 2006) a Roma è stato applicata una pittura per esterni (Sto), un prodotto composto da una emulsione polisilossanica, ossido di titanio, biossido di silicio, dispersione polimerica, additivi e conservanti (miscela di eterocicli senza alogeni) e caratterizzato da uno spessore dello strato applicato pari a circa 160-220 mm, una luminosità del 96%, un grado di bianco del 78%.

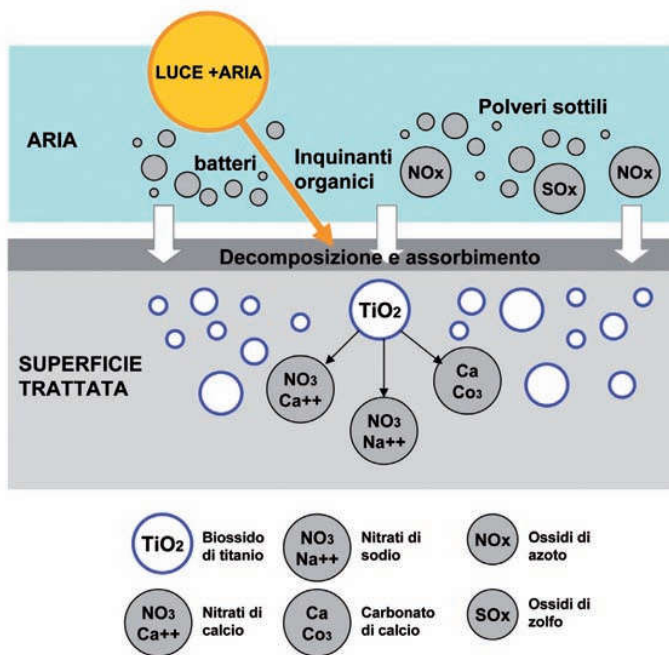
Un ruolo propulsivo fondamentale nello sviluppo di materiali innovativi è quello svolto dalla cosiddetta "nanoinnovazione", ovvero da quella innovazione tecnologica determinata dallo sviluppo della nanotecnologia. Quest'ultima, definita dal National Science and Technology Council come "la progettazione, caratterizzazione, produzione e applicazione di strutture, dispositivi e sistemi controllati alla scala nanometrica", è di fatto la scienza che studia la manipolazione della materia su una scala dimensionale inferiore al micrometro (un micrometro, mm, equivale ad un milionesimo di metro, ovvero ad un millesimo di millimetro). Attualmente, importanti risultati sono stati raggiunti attraverso l'applicazione della nanotecnologia nei materiali da costruzione e nell'edilizia, in funzione soprattutto dello sviluppo dei "nanorivestimenti", finalizzati in particolare al miglioramento prestazionale dei materiali tradizionali, quali il cemento, l'acciaio, il legno, il vetro; laddove, più specificamente, perseguono obiettivi di isolamento termico, di protezione dagli agenti atmosferici, dai raggi UV, dalla corrosione, di impermeabilizzazione, di autopulizia. In prospettiva, attraverso la nanotecnologia, potranno essere sviluppati nuovi materiali in grado di assolvere a funzioni differenti, da quelle connesse all'efficienza energetica a quelle strutturali, nell'ambito di un radicale ripensamento del concetto di involucro edilizio in funzione del raggiungimento di prestazioni anche adattative nei confronti dei cambiamenti delle condizioni ambientali e delle esigenze di fruizione degli utenti. I prodotti nanostrutturati che attualmente sono maggiormente diffusi, fanno riferimento soprattutto alla categoria dei "nanorivestimenti" applicati ai materiali tradizionali. L'obiettivo dei nanorivestimenti è quello di migliorare le caratteristiche prestazionali di alcuni materiali e componenti edilizi, anche nell'ottica di conferire a questi delle proprietà e delle caratteristiche che normalmente non gli appartengono. I nanorivestimenti applicati ai materiali tradizionali (cemento, legno, metallo, vetro, ceramica) consentono, attraverso un rivestimento invisibile, caratterizzato da uno spessore compreso tra i 5 ed i 10 nanometri, di conferire al materiale sul quale sono applicati caratteristiche prestazionali di tipo anticorrosione, antigraffio, antismog, antibatteriche, autopulenti, autoriparanti, idrorepellenti, isolanti, ecc., selezionate in funzione di specifici obiettivi tecnico-progettuali.

Suvarnabhumi International Airport, Bangkok, Thailandia, 2006, Progettato e realizzato da Murphy/Jahn Architects. Pannelli in alluminio rivestiti con nanovernice isolante, vista dall'interno verso la copertura, copertura dell'aeroporto.

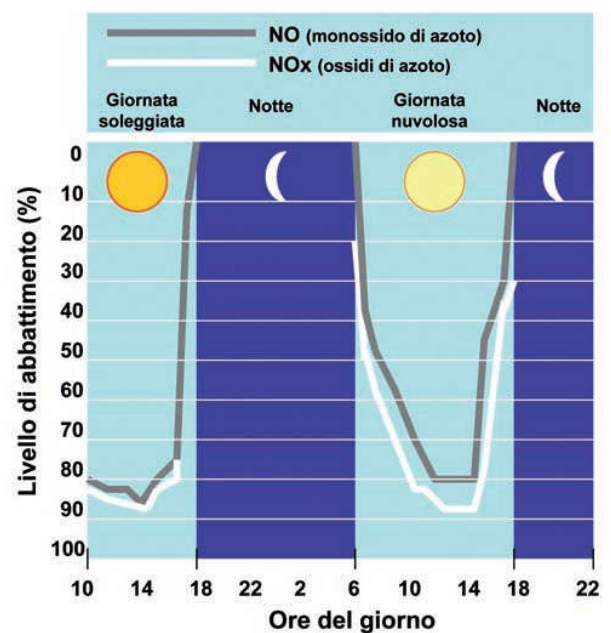


Scenari attuali dell'innovazione tecnologica per l'architettura. Nanorivestimenti applicati al calcestruzzo, prestazioni aggiunte: autopulenti e disinfettanti

In rapporto al calcestruzzo ad esempio, l'applicazione di specifici nanorivestimenti può consentire di aumentare la durabilità del materiale ed ostacolare il processo di carbonatazione superficiale responsabile del degrado del calcestruzzo. Le nanoparticelle possono consentire la saturazione dei pori, realizzando una superficie maggiormente resistente ai processi di degrado indotti dagli agenti atmosferici. Interessanti risultati, caratterizzati da notevole efficacia ed affidabilità prestazionale, sono stati raggiunti dallo sviluppo dei nanorivestimenti finalizzati ad ottenere superfici cementizie o ceramiche, disinfettanti ed autopulenti. In particolare attraverso i rivestimenti fotocatalitici, basati sull'utilizzazione di sostanze in grado di attivare una reazione fotocatalitica (basata sull'azione della luce e dell'aria), come il biossido di titanio (TiO_2), è ormai possibile accelerare i processi di ossidazione che consentono di trasformare, decomporre, le sostanze organiche ed inorganiche inquinanti in composti innocui. Le superfici con nanorivestimenti fotocatalitici sono caratterizzate da un grado di aderenza delle sostanze inquinanti (smog, polveri, ecc.) alle superfici stesse, assolutamente minimo, in grado di distanziare in maniera importante gli intervalli tra i cicli di pulizia, attuando un risparmio consistente in termini di gestione e manutenzione degli edifici. Inoltre vi sono anche importanti effetti di disinquinamento e purificazione dell'aria, in relazione alla decomposizione delle sostanze inquinanti attivata dal processo ossidativo fotocatalitico. Infatti la luce (naturale o artificiale) e l'aria, a contatto con la superficie fotocatalitica, favoriscono la decomposizione delle sostanze organiche e inorganiche assimilabili alle polveri sottili (PM10), degli agenti microbici, degli ossidi di azoto, del benzene, dell'etilbenzene, dell'anidride solforosa, del monossido di carbonio, della formaldeide, dell'acetaldeide, del biossido di zolfo, degli aromatici policondensati, ecc., in sostanze innocue e misurabili in ppb (parti per miliardo), come nitrati di sodio, carbonati di sodio, solfati di calcio, calcare (sostanzialmente sali minerali), che vengono poi dilavati con la pioggia. Il Consiglio Nazionale delle Ricer-



Schematizzazione del funzionamento delle superfici fotocatalitiche e dei processi di decomposizione e assorbimento delle sostanze inquinanti indotti.



Livelli di abbattimento di NO e NOx determinati dalle superfici fotocatalitiche durante l'arco delle 24 ore ed in diverse condizioni di soleggiamento.



Pavimentazione in masselli autobloccanti fotocatalitici; via Ciamarra, Roma (Italcementi, 2008). Nel quartiere di Cinecittà a Roma, nel quadro di un programma di riqualificazione urbana, Italcementi ha realizzato circa 8000 m² di pavimentazione fotocatalitica in masselli.

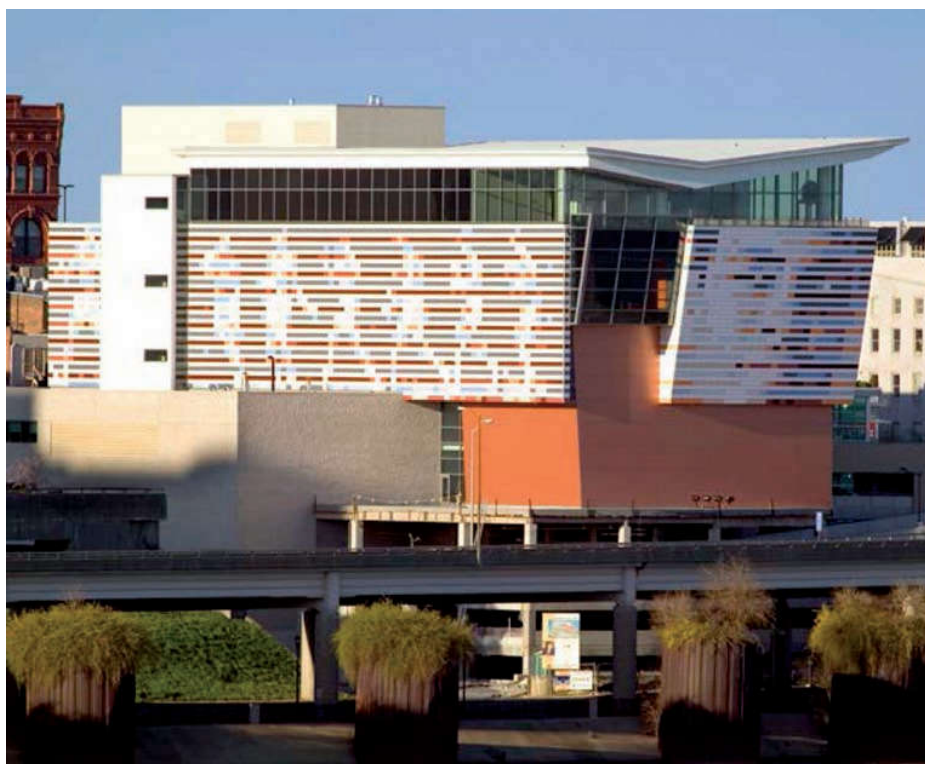
che (CNR) in uno studio dal titolo “Malte cementizie fotocatalizzate per la riduzione dell’inquinamento atmosferico” stima che una superficie fotocatalitica di un metro quadrato (pavimentazione stradale o superficie edilizia) può riuscire a depurare al 90% un metro cubo d’aria in 45 secondi, ovvero in un’ora è in grado di rimuovere il 90% degli inquinanti contenuti in 80 m³ di aria. Con tali parametri, si può stimare che 1 km² di superficie attiva è in grado di rimuovere dall’atmosfera circa 32 tonnellate di inquinante per anno. Diversi sono i brevetti attualmente esistenti in rapporto ai prodotti cementizi fotocatalitici. La Italcementi, dopo il primo brevetto relativo al cemento fotocatalitico TX Active, utilizzato per la prima volta per la realizzazione della Chiesa del Giubileo (Dives in Misericordia; Roma, 2003) progettata da Richard Meier, ha sviluppato nuovi brevetti perfezionando il prodotto originario ed introducendo nel mercato ulteriori prodotti a base cementizia, classificabili in prodotti per applicazioni in strutture orizzontali e prodotti per applicazioni in strutture verticali. Più specificamente, le applicazioni del cemento fotocatalitico in strutture orizzontali si riferiscono a pavimentazioni in calcestruzzo, pavimentazioni in masselli autobloccanti, pavimentazioni a base di cemento e rivestimenti stradali, tegole in materiale cementizio ed in calcestruzzo, vernici per la segnaletica stradale; le applicazioni in strutture verticali prevedono rasanti ed intonaci, pitture cementizie, pannelli prefabbricati e lastre per facciate, barriere fonoassorbenti in calcestruzzo per strade autostrade e gallerie. Le malte e le vernici fotocatalitiche consentono di rendere autopulenti e disinquinanti, con trattamenti in opera, le superfici dei manufatti (pareti di edifici, pavimentazioni) e si prestano in particolare ad applicazioni sul costruito esistente; tutti gli altri prodotti consentono invece la realizzazione di specifici manufatti già fotocatalitici al momento della loro posa in opera (masselli per pavimentazioni, prefabbricati in calcestruzzo, lastre per facciate, ecc).

I costi in più, rispetto i materiali tradizionali, risultano contenuti in un aumento dell’ordine del 10-20%, con una incidenza al m² significativamente bassa, soprattutto se commisurata ai benefici ambientali, di salubrità dell’aria e di conservazione delle qualità estetica dei manufatti architettonici che tali prodotti producono.

Nanorivestimenti e ceramiche, prestazioni aggiunte: disinquinanti per l'uso in esterno, purificanti e migliorative della *indoor air quality* per l'uso in interni

I rivestimenti fotocatalitici sono realizzati oggi anche sui materiali ceramici (sia per interni che per esterni), applicando del biossido di titanio prima della cottura. Sono stati definiti sistemi di cottura per ceramica che consentono di raggiungere temperature di 1130°C (raggiungendo quindi elevate resistenze meccaniche delle piastrelle) impedendo il decadimento delle proprietà antinquinanti del rivestimento fotocatalitico. Attraverso specifici protocolli di prova è stato verificato che 1 m² di piastrelle fotocatalitiche esposte alla luce del giorno può abbattere in otto ore la quantità di NO e NOx (ossidi di azoto, derivanti dai processi di combustione dei motori, delle caldaie, ecc.) contenuta in circa 45-72 m³ di aria, determinando una produzione molto limitata di sali minerali che in ambiente esterno sono asportati completamente dalla pioggia mentre in ambiente interno possono essere facilmente puliti e lavati. Tali prestazioni sono state certificate da specifici istituti e centri di certificazione e fanno riferimento a condizioni di prova caratterizzate da un irraggiamento sulle superficie di 800 W/m² e da una concentrazione di inquinante (ossido di azoto in particolare) pari a 10 ppm. Una superficie di 1000 m² di ceramica fotocatalitica svolge la stessa funzione, in termini di riduzione di NOx, di 20 alberi di alto fusto, ovvero 50 m² di superficie ceramica attiva determinano un abbattimento di NOx paragonabile a quello determinato da un albero di alto fusto.

Le piastrelle ceramiche fotocatalitiche consentono, in ambiente indoor, attraverso l'utilizzazione della



Mhammad Ali Center, Luosville, USA, 2005. Il Centro culturale MAC, progettato da Beyer Blinder Belle Architects & Planners, presenta una facciata in elementi di ceramica fotocatalitica di dimensioni 30x60 centimetri. Le proprietà autopulenti ed antibatteriche conferite dal trattamento superficiale, a base di biossido di titanio, degli elementi ceramici, consentono di mantenere la valenza estetica delle facciate dell'edificio inalterata nel tempo.

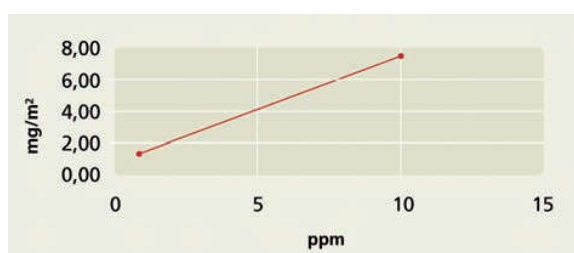


Ceramiche fotocatalitiche (Iris Ceramica). Le ceramiche della linea Active Clean Air & Antibacterial Ceramic hanno certificazioni ufficiali (TCNA e CCB) che attestano che le lastre utilizzate per pavimenti e rivestimenti arrivano ad abbattere dal 99,99% fino al 100% dei batteri, nonché la maggior parte degli agenti inquinanti organici ed inorganici generati dall'intensa industrializzazione, da riscaldamento, fumo di sigaretta, traffico urbano, ecc.

Ceramiche fotocatalitiche (Gruppo Ceramiche Gambarelli) le ceramiche della linea Oxygena sono certificate, in rapporto alle loro capacità di assorbimento degli inquinanti contenuti nell'aria, dall'Istituto Giordano – Centro Politecnico di Ricerche e Certificazioni.

luce proveniente dall'esterno e dalle lampade tradizionali, di purificare l'aria non solo dagli inquinanti provenienti dall'esterno, ma anche da tutti gli agenti inquinanti prodotti all'interno degli ambienti, quali emissioni ed esalazioni nocive di alcuni materiali relativi a rivestimenti ed arredi (es. formaldeide), emissioni degli impianti di riscaldamento, condizionamento, cottura dei cibi, fumo di sigarette, ecc., determinando elevati livelli della indoor air quality. Considerando le capacità di disinquinamento e depurazione sopra indicate si può valutare che una stanza di circa 18 m² rivestita interamente nelle 4 pareti con ceramiche fotocatalitiche, considerando uno sviluppo della superficie delle pareti effettivamente rivestite pari a circa 40 m² ed un volume d'aria contenuto in ambiente pari a circa 50 m³, avrebbe in 8 ore (periodo considerato nei citati protocolli di prova) aria depurata e disinquinata anche con tassi di ricambio dell'aria variabili dai 4 ai 7 volumi ambiente ora, particolarmente elevati per gli ambienti domestici, risultando pertanto caratterizzata da uno standard della indoor air quality particolarmente elevato. Anche in assenza di illuminazione naturale ed irraggiamento solare (l'effetto attivante è determinato in particolare dai raggi UV con lunghezze d'onda nell'ordine dei 380 nm), l'effetto fotocatalitico può essere attivato da lampade ad induzione e quindi in qualsiasi momento, anche di notte e quindi a prescindere dalle condizioni ambientali esterne. L'abbattimento degli NO_x risulta direttamente proporzionale alla concentrazione di TiO₂ (biossido di titanio) nella superficie del materiale, come visibile nel grafico riportato.

L'effetto fotocatalitico non decade nel tempo e la sua durabilità è funzione delle condizioni di integrità e conservazione della superficie dell'elemento ceramico.

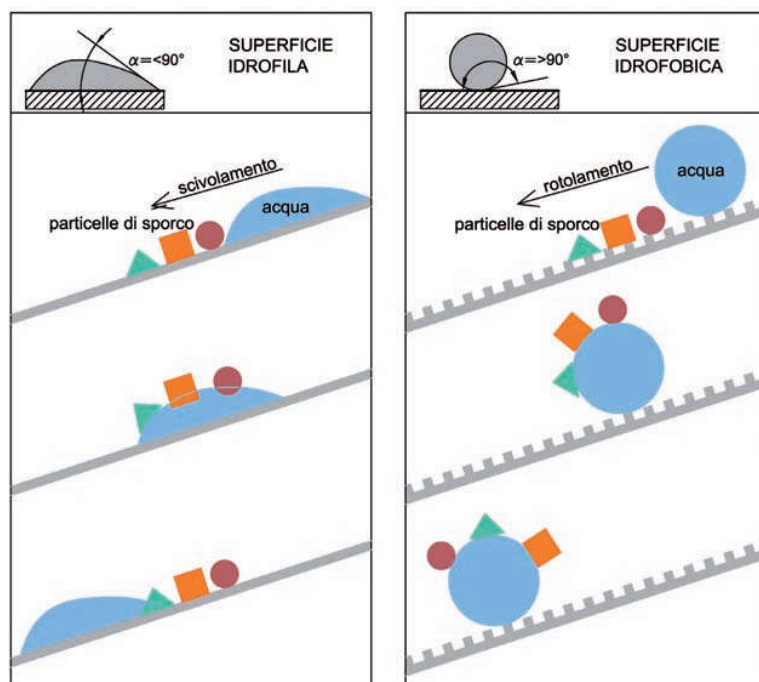


Andamento della quantità di inquinante abbattuta, misurata in ppm (parti per milione) in rapporto alla concentrazione di TiO₂ espressa in mg/m² (Dati rilasciati dal C.N.R. di Ferrara a seguito di prove effettuate in laboratorio sulle piastrelle ceramiche fotocatalitiche del Gruppo Ceramiche Gambarelli).

Nanorivestimenti e vetro, prestazioni aggiunte: autopulenti e idrorepellenti, con funzioni antiappannamento

I rivestimenti fotocatalitici possono essere applicati anche al vetro, utilizzando sostanzialmente due diverse tecnologie, quella cosiddetta a "umido", in cui ad esempio nanoparticelle di TiO_2 vengono sinterizzate o attaccate utilizzando leganti silossanici; oppure a "secco", come i processi chimici di deposizione a vapore. I vetri con rivestimento fotocatalitico abbinano, alle già illustrate proprietà autopulenti ed antinquinanti, anche proprietà anti-appannamento. Nei vetri, mediamente, la durata di tali rivestimenti è stimabile in un arco temporale superiore ai 10 anni.

Notevoli sono anche i risultati attualmente raggiunti con le cosiddette "nanovernici", vernici autopulenti e idrorepellenti. Si tratta di prodotti che possono essere applicati su differenti supporti, realizzando un film protettivo estremamente liscio e compatto, in grado di impedire allo smog di aderire alla superficie e di consentire, in caso di pioggia, una facile ed efficace autopulizia. Le caratteristiche principali che queste vernici posseggono sono l'idrorepellenza, l'effetto autopulente, l'elevato potere anticarbonatazione (importante per le superfici in cl), l'alta permeabilità al vapore acqueo, l'eccellente stabilità dei colori, l'elevata resistenza allo sfarinamento, l'elevata protezione da muffe ed alghe, la capacità di disinquinare e migliorare la qualità dell'aria attraverso processi fotocatalitici. Le vernici idrorepellenti consentono di mantenere la facciata con aspetto asciutto anche dopo la pioggia, offrendo tra l'altro una eccellente protezione contro alghe e funghi laddove, per ragioni ambientali e di esposizione delle facciate, le condizioni di umidità e le sostanze organiche disperse nell'aria, determinano condizioni di predisposizione alla proliferazione di microrganismi sulle superfici edilizie. Le vernici idrorepellenti attuano, sulla superficie di applicazione, il cosiddetto "Lotus effect" (effetto loto), depositando sul supporto una microstruttura paragonabile a quella che caratterizza la foglia di loto, in grado di rendere minima la superficie di contatto per l'acqua e quindi di farla scivolare via e di non trattenerla. Più specificamente, l'effetto idrorepellente, denominato di super-idrofobicità viene attuato quando la superficie risulta caratterizzata da un angolo di contatto con l'acqua superiore a 90° : tanto più elevato è l'angolo di contatto quanto più bassa risulta l'adesione dell'acqua che, invece di distendersi a formare un "velo" che va a bagnare la superficie, forma delle goccioline che rotolano via rapidamente dalla superficie stessa lasciandola asciutta. Tra l'altro la sfericità delle particelle (gocce) agevola la captazione dello sporco e in generale delle sostanze depositatesi superficialmente, che vengono quindi trasportate via dal "rotolamento" delle gocce d'acqua.



Comportamento delle superfici idrofile e delle superfici idrofobiche (idrorepellenti).

Scenari futuri e futuribili: nanovernici isolanti per ridurre la trasmittanza e celle solari nanometriche ... da spruzzare sulle superfici edilizie

Attualmente la nanotecnologia e, in particolare quella dei “nanocoating superficiali”, è in una fase di forte ed intenso sviluppo e si stanno prospettando tecnologie rivoluzionarie in grado di cambiare radicalmente tecniche e modalità costruttive.

Un esempio della grande portata innovativa che è insita nell'uso e nello sviluppo delle nanotecnologie applicate ai materiali ed ai componenti per l'edilizia, è quello costituito dalle nanovernici isolanti, con le quali si può diminuire sensibilmente la trasmittanza degli elementi e dei componenti architettonici (murature, ecc.) e che potenzialmente, in uno scenario futuribile, potrebbero sostituire i tradizionali materiali e pannelli isolanti, annullando del tutto gli attuali parametri dimensionali che caratterizzano gli strati di coibentazione.

L'azienda americana Industrial Nanotech Inc ha sviluppato e prodotto vernici isolanti (Nansulate Translucent) attraverso le quali con un triplice strato di applicazione, contenuto in uno spessore di circa 0,18 millimetri, si riesce a ridurre il flusso di calore attraverso le murature di circa il 34,8%. Questo risultato è ottenibile grazie alla bassissima conduttività del nanomateriale che la vernice incorpora, l'“Hydro-NM Oxyde”, contenuto in una percentuale fino al 70%.

Non è utopistico pensare che in futuro attraverso il perfezionamento di questi tipi di nanovernici, si possano effettivamente sostituire i tradizionali materiali e le attuali tecniche di coibentazione delle strutture edilizie.

Al momento, la sperimentazione è già iniziata, prodotti come il Nansulate Translucent, hanno visto applicazioni anche in importanti realizzazioni architettoniche, come nel nuovo Suvarnabhumi International Airport di Bangkok, dove è stato applicato ai pannelli di alluminio che costituiscono la copertura.

In futuro l'utilizzazione dei nanocoating sarà implementata agli usi più differenti: sono ad esempio già in fase di studio e sviluppo vernici solari fotovoltaiche, a base di celle solari nanometriche, che possono anche essere applicate sotto forma di spray e spruzzate direttamente sulle superfici edilizie e, più in generale, la ricerca e lo sviluppo dei nanorivestimenti, sarà finalizzato al soddisfacimento di un ampio quadro di richieste prestazionali, di livello energetico, ambientale, strutturale, di comfort, di salubrità dell'ambiente, di sicurezza, durabilità, protezione, resistenza al fuoco, ecc.

Domenico D'Olimpio, Ricercatore presso il Dipartimento di “Pianificazione Design Tecnologia dell'Architettura” dell'Università Sapienza di Roma, è professore di Tecnologia dell'Architettura nel Corso di Laurea in Architettura quinquennale UE e di Materiali e Sistemi Costruttivi nel Corso di Laurea in Gestione del Processo Edilizio - Project Management.