Zeitschrift: Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

Herausgeber: Società Svizzera Ingegneri e Architetti

Band: - (2007)

Heft: 1

Artikel: Materiali nanostrutturati ibridi inorganici-organici per rivestimenti in edilizia

Autor: Gross, Silvia / Graziola, Francesco

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-133699

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Materiali nanostrutturati ibridi inorganici-organici per rivestimenti in edilizia

Silvia Gross*
Francesco Graziola*

Il mercato dei rivestimenti per il settore edilizio è stimato nell'ordine di grandezza di circa 10 miliardi di euro l'anno, e comprende diverse tipologie di prodotti, dai ricoprimenti protettivi per le facciate, ai rivestimenti per le vetrate, alle vernici per interno e per esterno. Esistono alcuni requisiti di base, derivanti sia da considerazioni di tipo applicativo sia dalle normative vigenti, che tali rivestimenti devono soddisfare per questa particolare tipologia di applicazioni, e che possono essere così schematicamente sintetizzati:

- produzione compatibile con l'ambiente e a basso costo, da formulazioni prive di solvente (*solvent-free*) e conformi a normativa EU (riduzione composti organici volatili, VOC);
- stabilità sul lungo periodo e resistenza agli agenti atmosferici (specie nelle applicazioni per esterni);
- stabilità chimica (no lisciviazione dell'additivo, se presente), stabilità fotochimica;
- trasparenza (per alcune tipologie di applicazioni);
- buona adesione al substrato;
- repellenti allo sporco.

A questi requisiti «essenziali» si aggiunge una serie di caratteristiche «funzionali», in grado di apportare valore aggiunto al rivestimento. In particolare può risultare importante che i rivestimenti siano caratterizzati dalle seguenti caratteristiche:

- autopulenti (*self-cleaning*);
- anti-graffio (*anti-scretch*);
- antistatici, anticondensa (*antifog*);
- anti-graffiti;
- resistenti alla corrosione;
- caratterizzati da permeabilità/barriera ai gas (in funzione dell'applicazione) ;
- ulteriori proprietà funzionali (fotocatalisi, riflessione selettiva IR, fotocromismo, ecc.);
- estetica (per esempio variazione della gamma cromatica).

Tra i materiali a base polimerica utilizzati per la realizzazione dei rivestimenti ci sono, oltre ai tradizionali polimeri (e loro mescole, *blends*), i materiali compositi, ottenuti mediante dispersione di opportune cariche inorganiche (*fillers, compounds*) in una matrice polimerica, ed i materiali ibridi inorganico-organici, ottenuti combinando, attraverso la formazione di legami chimici stabili, componenti inorganici ed organici, tipicamente incorporando una nanocarica inorganica opportunamente funzionalizzata in una matrice polimerica. Come illustrato nella figura 1, i materiali ibridi rappresentano un'evoluzione rispetto ai tradizionali compositi, in quanto l'ancoraggio chimico della parte inorganica al polimero è in grado di evitare fenomeni quali la separazione di fase nel materiale, l'aggregazione e/o la lisciviazione del riempitivo inorganico, fenomeni che possono in alcuni casi comportare un peggioramento delle proprietà meccaniche e termiche e delle prestazioni strutturali.

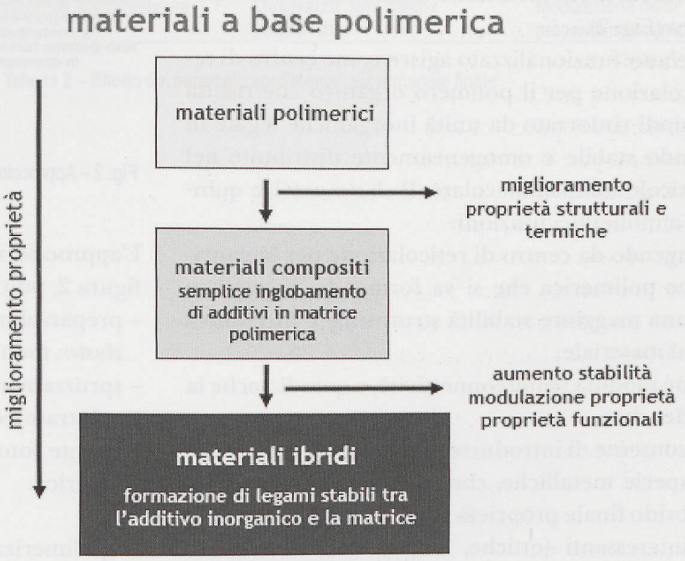

Fig. 1 – Tipologia di materiali a base polimerica

Questo elemento fondamentale, che assicura compatibilizzazione e stabilità, conferisce al materiale una serie di caratteristiche che la semplice incorporazione meccanica della carica inorganica, tipica dei materiali compositi, non consentirebbe di ottenere. L'idea fondamentale che ha determinato lo sviluppo di questo tipo di materiali è quella di associare, su scala molecolare, unità organiche ed inorganiche, in modo tale da ottenere una combinazione sinergica delle proprietà tipiche delle due classi di costituenti. La modifica della natura chimica e delle proporzioni dei due (o più) costituenti e l'attenta ingegnerizzazione della superficie di questi materiali consentono poi, in linea di principio, di modulare le proprietà chimico-fisiche, meccaniche, morfologiche e funzionali del materiale ibrido finale.

Un vantaggioso approccio alla preparazione di materiali ibridi si basa sulla funzionalizzazione di aggregati polinucleari (*oxocluster*) di metalli di transizione (tipicamente Zr, Hf, Ti, Ta) con gruppi polimerizzabili, che poi vengono fatti reagire con un opportuno monomero (ad esempio metilmetacrilato) a dare una matrice polimerica in cui le componenti inorganiche, ovvero i *cluster* funzionalizzati, sono omogeneamente distribuite ed ancorate chimicamente. I *cluster*, funzionalizzati con gruppi organici recanti doppi legami, vengono usati quindi come «mattoni molecolari» (*molecular building blocks*) per la sintesi di materiali ibridi, in cui i gruppi organici che circondano il *cluster* possono essere usati come leganti per ancorare il *cluster* all'interno di una matrice polimerica (Fig. 2).

Il *cluster* funzionalizzato agisce come centro di reticolazione per il polimero organico che risulta quindi rinforzato da unità inorganiche legate in modo stabile e omogeneamente distribuite nel reticolo macromolecolare. Il *cluster* assolve quindi a molteplici funzioni:

- agendo da centro di reticolazione per la matrice polimerica che si va formando, impartisce una maggiore stabilità strutturale e meccanica al materiale;
- ne modula l'interconnettività, e quindi anche la densità;
- consente di introdurre all'interno del materiale specie metalliche, che possono impartire all'ibrido finale proprietà funzionali estremamente interessanti (ottiche, magnetiche, di luminescenza ecc.) e che possono essere sfruttate per molteplici applicazioni.

L'omogeneità a livello molecolare conferisce inoltre al materiale finale una serie di proprietà chimico-fisiche, termiche, meccaniche, dielettriche e funzionali diverse e, in molti casi, migliori del polimero puro, ovvero senza componenti inorganiche. L'incorporazione di componenti di natura inorganica in una matrice organica mediata dalla formazione di un legame chimico forte può apportare un importante «valore aggiunto» al materiale finale, in particolare:

- migliorata stabilità meccanica, strutturale e, in alcuni casi, termica;
- assenza di fenomeni di partizione e separazione di fase;
- limitati fenomeni di lisciviazione del materiale;
- assenza di disomogeneità composizionali associate a separazioni di fase/demiscelazione delle due componenti.

Recentemente, nei nostri laboratori all'Università di Padova, è stata ottimizzata una procedura per sviluppare rivestimenti ibridi in cui la componente organica è polimetilmetacrilato (e suoi derivati) e la componente inorganica sono dei *cluster* a base di zirconio funzionalizzati con gruppi metacrilati.

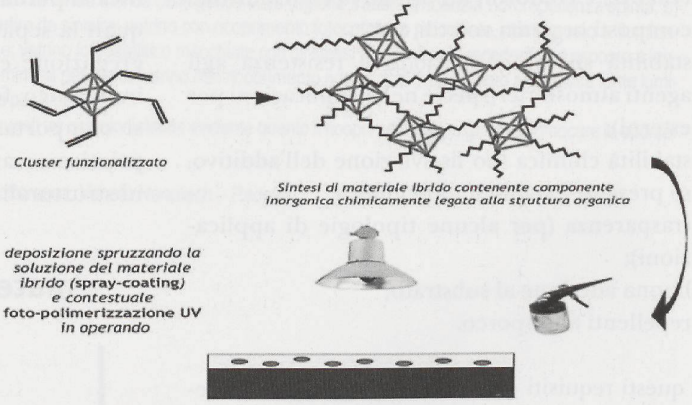

Fig. 2 – Approccio sintetico ai rivestimenti ibridi

L'approccio sintetico adottato, schematizzato in figura 2, può essere suddiviso in due fasi:

- preparazione della formulazione costituita da *cluster*, monomero e iniziatore fotochimico;
- spruzzamento (*spray-coating*) della soluzione sul substrato ed esposizione a luce UV, con conseguente fotopolimerizzazione della matrice polimerica.

La polimerizzazione avviene in operando, ovvero contestualmente alla fase di deposizione, e questo ha dimostrato essere un fattore importante nella qualità dei rivestimenti ottenuti. Con tale modus operandi sono ottenuti e caratterizzati rivestimenti su varie tipologie di substrati: allumi-

nio anodizzato, leghe di alluminio (AA1050, AA6060, AA2024), acciaio, ceramica, legno, polimetilmetacrilato, polietilene, materiali lapidei. I rivestimenti ottenuti, alcuni dei quali sono mostrati nella figura 3, sono trasparenti, ben adesi al substrato, composizionalmente e morfologicamente omogenei (nella figura 3 a destra è mostrata una micrografia al microscopio elettronico, SEM).

La caratterizzazione termica e meccanica dei materiali ha evidenziato come essi abbiano proprietà sostanzialmente migliorate, in termini di modulo elastico e di stabilità termica, rispetto agli analoghi materiali preparati in assenza di *cluster*. Vanno inoltre sottolineati alcuni aspetti legati all'intrinseca versatilità dell'approccio sintetico adottato, sia in termini applicativi (tabella 1) che di modulazione delle proprietà dei materiali (tabella 2).

È in corso lo studio della fotostabilità di questi materiali, la valutazione delle loro caratteristiche di adesione e delle loro potenziali proprietà come ritardanti di fiamma e come rivestimenti anticorrosione.

Nella prospettiva di un utilizzo su scala industriale di questi rivestimenti, si menzionano i principali vantaggi rispetto ad altri approcci attualmente utilizzati;

- tecnologia basata su polimerizzazione UV e *spray coating* → praticità nella deposizione dei rivestimenti;
- tecnologia applicabile/estendibile a vari ambiti produttivi;
- procedura riproducibile, a basso impatto ecologico senza utilizzo di solventi (riduzione VOC, conforme a norme EU), basso consumo energetico;
- versatilità del metodo → modularità → facile implementazione;
- flessibilità per diversi substrati;
- sintesi basata su soluzioni e reagenti a basso costo e facilmente reperibili, e su attrezzatura convenzionale, facilmente scalabile e con limitata necessità di manutenzione.

* Dott.ssa CNR-ISTM, Dipartimento di Scienze Chimiche
Università degli Studi di Padova

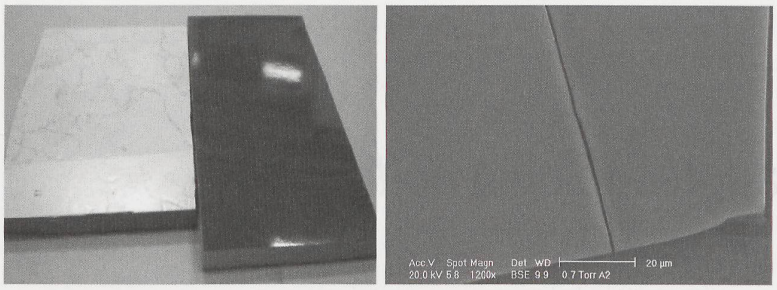

Fig. 3 – Esempi di campioni realizzati e micrografia al microscopio elettronico a scansione (SEM) di un rivestimento realizzato su alluminio decappato

Substrato	Proprietà
Legno	Durezza, resistenza al graffio, resistenza agli agenti atmosferici, ritardante di fiamma
Metalli	Durezza, resistenza all'ambiente atmosferico, resistenza alla corrosione
Materiali	Resistenza agli acidi, lapidei resistenza all'ambiente atmosferico
Plastiche	Durezza, resistenza al graffio, resistenza all'ambiente atmosferico, ritardante di fiamma

Tabella 1 – Proprietà dei rivestimenti

Parametro sperimentali	Effetto sul materiale	Peculiarità
Tipo di monomero	Proprietà meccaniche e stabilità termica del materiale ibrido inorganico-organico	Modulazione delle proprietà meccaniche termiche del materiale finale
Rapporto molare cluster: monomero	Variazione del grado di reticolazione	Modulazione dell'interconnettività e della microstruttura del materiale finale
Quantità di fotoiniziatore	Lunghezza delle catene polimeriche	Modulazione delle proprietà meccaniche

Tabella 2 – Effetto dei parametri sperimentali sul materiale finale