



COSTRUIRE CON LA CHIMICA

La chimica svolge un ruolo fondamentale nella moderna industria delle costruzioni. La sostenibilità nel settore delle costruzioni richiede lo sviluppo di prodotti chimici e tecnologie innovativi, volti a migliorare le caratteristiche dei materiali e a ridurre l'impatto ambientale.

L'industria delle costruzioni in Italia

Nonostante il perdurare di una fase economica difficile per il nostro Paese, il sistema complessivo delle costruzioni rimane una realtà produttiva fondamentale in ambito nazionale. Esso contribuisce, infatti, per oltre un decimo, alla produzione di beni e servizi, così come alla relativa occupazione [1]. Il valore della produzione del 2013 è stato di circa 400 miliardi di euro, diversamente ripartiti tra i differenti comparti che costituiscono la cosiddetta "filiera delle costruzioni":

- 1) il settore delle costruzioni in senso stretto - rappresentato dalle imprese di costruzione deputate alla realizzazione delle opere e degli interventi (197 miliardi);
- 2) l'aggregato delle tecnologie - composto da produttori di macchinari e impianti (49 miliardi);
- 3) la filiera dei materiali per le costruzioni - costituita dalle aziende che producono e commercializzano prodotti vetrari, ceramici, laterizi, chimici, prodotti in metalli ferrosi e non, cemento e calcestruzzo, bitumi e asfalti (53 miliardi);
- 4) la filiera della progettazione, consulenza tecnica e dei servizi (101 miliardi).

Il ruolo della chimica nelle costruzioni

I prodotti e gli ausiliari chimici per le costruzioni rappresentano l'1% del valore della produzione della filiera (circa 4 miliardi di euro), ma costituiscono uno dei comparti che contribuisce maggiormente allo sviluppo tecnologico di questo settore, che viene considerato tradizionalmente conservativo e poco incline all'innovazione [2].

Oggi esistono alcune migliaia di prodotti chimici diversi che vengono quotidianamente utilizzati nell'industria delle costruzioni in tutto il mondo. La chimica entra massicciamente nel settore delle pitture e dei pigmenti, degli adesivi per pietra naturale, ceramica e resilianti, dei sigillanti e degli impermeabilizzanti. Anche laddove le componenti principali sono il cemento e gli aggregati (sabbia e ghiaia), come nelle malte per l'edilizia e nel calcestruzzo, la chimica (organica e inorganica) gioca un ruolo fondamentale nell'impartire agli impasti cementizi caratteristiche specifiche, altrimenti non raggiungibili.

Un esempio illuminante a tal proposito, è rappresentato dagli additivi superfluidificanti, basati su polimeri idrosolubili di sintesi, che, aggiunti a

dosaggi sub-percentuali agli impasti di calcestruzzo fresco, ne modificano drammaticamente le proprietà reologiche, consentendo di pompare il calcestruzzo per lunghe distanze ed elevati dislivelli.

Inoltre, con questi additivi, è possibile ridurre l'acqua di impasto ed ottenere conglomerati che, una volta induriti, sono caratterizzati da proprietà meccaniche e di durabilità nel tempo decisamente superiori. Questi additivi hanno rivoluzionato il settore delle grandi opere, consentendo la realizzazione di strutture, come la torre Burj Khalifa a Dubai (EAU), che altrimenti non avrebbero mai potuto essere realizzate (Fig. 1).

Le tecnologie sostenibili nella chimica per le costruzioni

Lo sviluppo sostenibile necessita di materiali più performanti, di un migliore sfruttamento delle risorse e di elevata efficienza energetica; prevede la riduzione all'esposizione alle sostanze tossiche; esige opportunità di occupazione stabile e qualificata, con adeguato potere d'acquisto.

Anche nel settore della chimica per le costruzioni, l'innovazione tecnologica rappresenta uno degli strumenti per perseguire questi obiettivi. Infatti, tramite l'innovazione è possibile migliorare la qualità e la salubrità dei prodotti e ridurre il loro costo. Tecnologie innovative sono rivolte alla riduzione dell'inquinamento, alla minimizzazione dei rifiuti e del dispendio energetico nell'estrazione delle risorse e nei processi produttivi. Infine, è



Fig. 1 - La Torre Burj Khalifa a Dubai, inaugurata nel 2010 (altezza 828 metri, 163 piani, 330.000 m³ di calcestruzzo gettati in opera)



Fig. 2 - Il sistema di marcatura GEM EMICODE e la camera ambientale per la misura delle emissioni di VOC in ambiente "indoor" (Laboratorio R&D Mapei SpA)

possibile ridurre/eliminare il contenuto di sostanze pericolose nei prodotti e renderli perciò riciclabili o riutilizzabili.

L'innovazione tecnologica procede con dinamiche diverse. L'*innovazione incrementale* è rivolta al progressivo miglioramento e all'estensione delle tecnologie e dei prodotti esistenti. Per contro, l'*innovazione radicale* è definita come un processo discontinuo che, molto spesso, implica la sostituzione delle tecnologie mature da parte di altre emergenti, piuttosto che la loro trasformazione. Tuttavia, raramente l'innovazione radicale è il risultato di colpi di genio o di fortuna; più spesso, è un lungo e difficile processo, che implica l'assunzione di rischi tecnici ed economici (funzionerà? e a quale costo?). Inoltre, le innovazioni radicali, nella loro prima incarnazione, sono in genere piuttosto imperfette. Il loro successo definitivo dipende, quasi sempre, da miglioramenti, raffinamenti e modifiche, nonché dallo sviluppo di tecnologie complementari, da modifiche organizzative e, non da ultimo, dal consenso sociale sull'innovazione stessa. In tal senso, l'innovazione radicale deve essere vista come un processo piuttosto che un evento discreto [3]. Nell'innovazione radicale è insito il concetto di *discontinuità tecnologica*, definita come quel processo derivante da una tecnologia emergente, in grado di produrre un incremento di almeno un ordine di grandezza del valore prezzo/prestazione rispetto alla tecnologia esistente [4].

Da ciò deriva la necessità, da parte della ricerca industriale, di interfacciarsi strettamente con la comunità scientifica per individuare in anticipo, tra le scoperte scientifiche, quelle che potrebbero generare le tecnologie emergenti, in grado di sostituire quelle ormai mature e produrre innovazioni radicali in grado di far acquisire a chi le possiede un vantaggio competitivo sul mercato.

Esempi di innovazione incrementale

Un grande sforzo è stato fatto, ed è tuttora in corso, per rimuovere le sostanze nocive dai prodotti chimici per l'edilizia. Molti solventi sono stati eliminati dalle formulazioni e sostituiti dall'acqua, mantenendo inalterate e, in molti casi, migliorando le proprietà tecnologiche dei prodotti stessi. In molti casi, questa transizione è stata accelerata dall'emanazione di specifiche norme di tutela ambientale e sanitaria, a conferma del ruolo fondamentale che hanno la regolamentazione e un'appropriata politica ambientale per la sostenibilità dei prodotti. Un esempio è rappresentato dai prodotti per l'edilizia da utilizzare all'interno degli edifici, che possono fortemente influenzare la qualità dell'aria interna nelle nostre case.

Negli ultimi anni, sono nati numerosi label per certificare i prodotti basso emissivi che possono garantire una buona qualità dell'aria interna. In Europa è stato istituito un sistema di classificazione volontario dei prodotti (EMICODE) in base alle emissioni di VOC (Volatile Organic Compounds), con marchi specifici rilasciati dal GEV (Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe, Klebstoffe und Bauprodukte e.V.), associazione tedesca per il controllo delle emissioni dei prodotti per pavimentazioni, adesivi e materiali per edilizia.

L'emissione dei VOC viene valutata, per i diversi prodotti, utilizzando camere ambientali in grado di misurare la concentrazione di VOC liberatasi nell'ambiente (Fig. 2).

I prodotti valutati sono liquidi (primeri), polveri (autolivellanti, adesivi cementizi, malte, fughe cementizie), paste (adesivi per resilianti, parquet, fughe epossidiche...), sigillanti e vernici per parquet. Il campione viene posato su una lastra di vetro non assorbente, con una superficie nota, viene pesato e immediatamente trasferito nella camera ambientale. Il rapporto tra l'area del campione e il volume della camera ambientale è molto importante, in quanto simula la reale situazione in un appartamento (rapporto pavimento/volume della stanza).

La camera ambientale ha temperatura e umidità relativa controllate ($T=23^{\circ}\text{C}$ e $\text{RH}=50\%$), ed è flussata da aria purificata. Il flusso di aria permette un ricambio totale della camera ogni 2 ore.

Dopo 3 e 28 giorni, l'aria all'interno delle camere viene campionata attraverso apposite pompe su cartucce capaci di ritenere tutti i VOC ed analizzate con tecnica HRGC/MS, ottenendo un'analisi quali-quantitativa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dei VOC presenti nell'aria delle camere.

Esempi di innovazione radicale

Il calcestruzzo, con 10 miliardi di metri cubi prodotti ogni anno, è di gran lunga il materiale più utilizzato nel pianeta [5]. Per varie ragioni, circa il 2% del calcestruzzo fresco prodotto non viene utilizzato (200 milioni di metri cubi all'anno) e viene restituito all'impianto di betonaggio con l'autobetoniera, costituendo un grave problema. Infatti, non sempre è possibile riciclare il calcestruzzo reso per la produzione di manufatti provvisori all'interno dell'impianto; così, molto spesso questo esubero viene inviato a smaltimento in discarica, con conseguente impatto sull'ambiente e spreco di risorse. Un nuovo additivo [6], basato su polimeri superassorbenti e sali inorganici, consente di trasformare integralmente, in pochi minuti e senza produrre residui, il calcestruzzo fresco non utilizzato in aggregati (sabbia e ghiaia), che possono essere rapidamente riciclati nella produzione di nuo-



Fig. 3 - Esempio di produzione di un aggregato a partire dal calcestruzzo fresco non gettato (calcestruzzo reso)

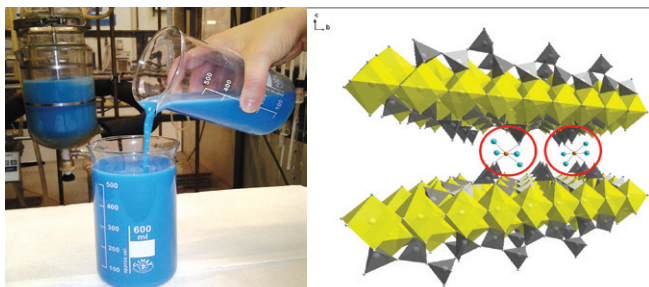


Fig. 4 - Nanodispersione di silicati idrati di metalli di transizione. Il metallo di transizione occupa le posizioni nell'interlayer del reticolo pseudobornite, distorcendone la struttura e aumentandone la superficie specifica e la reattività delle nanoparticelle

vo calcestruzzo (Fig. 3). Il "carbon footprinting" di questa nuova tecnologia di recupero del calcestruzzo è 100 volte inferiore a quello associato allo smaltimento in discarica. Inoltre, il calcestruzzo viene completamente riciclato nella stessa filiera di produzione, riducendo il consumo di aggregati naturali e abbattendo i costi di smaltimento, secondo i principi della "circular economy".

La discontinuità tecnologica

La nascita delle nanotecnologie viene fatta risalire al discorso di Richard Feynman del 29 dicembre 1959 al Californian Institute of Technology "There's a plenty of room at the bottom", in cui preconizzava la possibilità di manipolare la materia a scala atomica. Da allora, le nanotecnologie sono divenute un fattore di discontinuità in molti campi della tecnologia industriale, grazie alla disponibilità di nuovi prodotti e materiali ingegnerizzati a scala atomica, caratterizzati da nuove proprietà e accresciute prestazioni.

Un esempio di nanotecnologie applicate all'industria delle costruzioni è rappresentato da nuovi polimeri inorganici silicatici, che, aggiunti agli impasti cementizi, permettono di controllare la velocità di reazione del cemento con l'acqua, orientando la crescita dei prodotti di idratazione verso la formazione di una nanostruttura della pasta cementizia molto più compatta e durevole [7] (Fig. 4). Utilizzando questi prodotti, è possibile accelerare fortemente lo sviluppo delle resistenze meccaniche dei conglomerati cementizi ed eliminare la maturazione a vapore negli impianti di produzione dei manufatti prefabbricati, con conseguenti vantaggi economici e ambientali. Applicando i criteri di calcolo del LCA (Life Cycle Assessment), è stato possibile determinare che l'utilizzo del nuovo additivo riduce del 12% l'emissione di CO₂, rispetto ad un equivalente manufatto realizzato con la tradizionale tecnologia della maturazione assistita dal vapore.



Fig. 5 - Sistema a "cappotto" per l'isolamento termico degli edifici. Il risultato finale viene raggiunto mediante l'interfacciamento di 9 diversi componenti

Inoltre, il processo di nucleazione omogenea dei prodotti di idratazione del cemento indotto dal nuovo additivo avviene nei pori capillari della pasta cementizia e non sulla superficie dei grani di cemento, come avviene negli impasti normali, rendendo il calcestruzzo indurito più impermeabile alla penetrazione dell'acqua in pressione e aumentando la durabilità del manufatto.

Da prodotto a sistema

Non sempre un singolo prodotto è in grado di raggiungere la prestazione richiesta, anche se opportunamente formulato. Ad esempio, non esistono prodotti o materiali che, da soli, possono risolvere efficacemente il problema dell'isolamento termico degli edifici. A tale scopo, sono stati sviluppati "sistemi di prodotti", costituiti da strati di materiali diversi, di varia natura e spessore, interfacciati tra loro in modo da garantire un risultato ottimale e durevole (Fig. 5). Oltre all'esempio citato, l'industria dei materiali per edilizia ha sviluppato sistemi per l'isolamento acustico, per il rinforzo strutturale e l'adeguamento antisismico di edifici, per il risanamento di murature, per impermeabilizzazione, per finiture murali. Ciò consente di offrire al mercato la soluzione di un problema con conseguenti garanzie per il sistema cliente.

Conclusioni

Il progresso dell'industria delle costruzioni verso un futuro sostenibile è strettamente legato all'innovazione generata dal settore della chimica. Lo sviluppo di tecnologie sostenibili in questo settore deve procedere non solo in modo incrementale, migliorando e rendendo sempre più salubri i prodotti esistenti, ma anche puntando all'innovazione radicale, basata sulla ricerca scientifica e la conoscenza delle tecnologie emergenti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Federcostruzioni, Il Sistema delle Costruzioni in Italia, Rapporto 2014, 2014.
- [2] Fillea, Legambiente, Innovazione e sostenibilità nel Settore Edilizio, "Costruire il Futuro", 2012, http://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/innovazione_sostenibilita_inedilizia_2012.pdf
- [3] A. Slocum, E.S. Rubin, Understanding radical technology innovation and its application to CO₂ capture R&D: interim report, Vol. 1 - Literature Review, report 5-30-2008, Carnegie Mellon University.
- [4] M.L. Tushman, P. Anderson, *Administrative Science Quarterly*, 1986, **31**(3), 439.
- [5] World Building Council for Sustainable Development, Cement Industry Energy and CO₂ Performance: Getting the Numbers Right, 2010, 43 pp. <http://www.wbcds.org/>
- [6] WO2012/084716, Method for producing aggregates from cement composition.
- [7] WO2015/086453, Accelerating admixture for cementitious compositions.

Building with Chemistry

Chemistry is paramount in modern construction technologies. Sustainability in construction necessarily deals with the development of innovative chemicals and technologies to improve the materials performance and their environmental impact.