

Stampa 3D e nanomateriali per riparare i danni del tempo

La ricostruzione di parti mancanti di un edificio, che siano pareti o elementi decorativi, può contribuire a conservare il monumento e a restituire alla collettività il godimento del bene. Il progetto di ricerca ‘Soluzioni di stampa 3D per il recupero strutturale e architettonico di beni culturali’ si basa sull’idea innovativa di utilizzare questa tecnologia per integrare lacune architettoniche e/o strutturali del bene con elementi costruttivi o decorativi, nel rispetto della reversibilità, durabilità e riconoscibilità dei materiali.

DOI 10.12910/EAI2022-036

di Rosaria D’Amato, Laboratorio di Micro e Nanostrutture per la fotonica ENEA, Maura Imbimbo e Assunta Pelliccio, Università di Cassino e del Lazio meridionale, Sonia Marfia, Università degli studi di Roma TRE

Gli eventi naturali catastrofici e atmosferici e i fattori antropogenici possono deteriorare i manufatti e le costruzioni esposte in ambiente esterno e tale deterioramento può influire sia sull’estetica del monumento sia sulla sua stabilità, rendendo quindi difficile o addirittura impossibile la sua fruibilità al pubblico. La ricostruzione di parti mancanti di un edificio, siano essi pareti o elementi decorativi, può contribuire a conservare il monumento e a restituire alla collettività il godimento del bene sia in termini estetici che prestazionali.

Il progetto di ricerca 3DH-solutions (Soluzioni di stampa 3D per il recupero strutturale e architettonico di beni culturali) si basa sull’idea innovativa di utilizzare la stampa 3D per la realizzazione di elementi costruttivi e decorativi necessari ad integrare lacune architettoniche e/o strutturali del bene nel rispetto della reversibilità, durabilità e riconoscibilità dei materiali.

Nell’ultimo decennio l’utilizzo e la sperimentazione della tecnologia alla

base della stampa 3D si sono ampiamente diffusi, con applicazioni in vari settori ed hanno anche mostrato interessanti potenzialità in molti altri ambiti, come quello dei Beni Culturali. La tecnologia di stampa 3D è in grado di fornire riproduzioni fisiche di elementi scultorei e particolari architettonici con una elevatissima precisione dei dettagli. Tali riproduzioni possono essere usate in ambito museale per una fruizione “interattiva” del pubblico con l’opera d’arte, ma anche per ricostruzioni di opere incomplete, utilizzate per un restauro integrativo o come oggetto di studio e ricerca.

Il progetto di ricerca 3DH-solutions

E’ proprio nell’ambito del **restauro integrativo che si sviluppa il progetto di ricerca 3DH-solutions** ed in particolare in due tipologie di applicazioni. Da un lato, si considerano elementi per la ricostruzione parziale di pareti in muratura regolare. Dall’altro, la ricerca si concentra sulla ricostruzione di soli elementi decorativi, quali ad esempio i cornicioni, le decorazioni

dei palazzi storici o le merlature di opere architettoniche, che rappresentano una delle situazioni di degrado più diffuse e comuni del patrimonio costruttivo italiano.

Questi due tipi di applicazioni sono concepite esplicitamente per i due casi studio oggetto di questo progetto: la Rocca Janula di Cassino e il palazzo Orsini in Amatrice. La **Rocca Janula di Cassino** è una fortezza medievale del X secolo ed uno dei più significativi monumenti per la comunità locale e della Terra Sancti Benedicti. Il monumento, già oggetto di un importante restauro, presenta ancora una torre con significative lacune strutturali. L’obiettivo è di testare la possibilità di ricostruzione parziale di alcuni volumi con l’inserimento di elementi realizzati mediante stampa 3D. Il **palazzo Orsini** sito in Amatrice fu costruito nel XVII secolo ed è stato quasi completamente distrutto dal terremoto del 2016. Questo edificio ha un forte valore identitario per la comunità locale ed è attualmente oggetto di interesse per la sua ricostruzione. Il palazzo presentava interessanti elementi

decorativi in facciata ed era caratterizzato da una epigrafe posta su un architrave, recentemente recuperata dalla Soprintendenza insieme ad altri fregi. L'obiettivo è realizzare la stampa 3D di questi elementi decorativi per apporli all'edificio senza inficiare le sue nuove caratteristiche sismiche e strutturali.

I vantaggi della stampa 3D

L'utilizzo della stampa 3D offre particolari vantaggi rispetto alle tecniche tradizionali: la possibilità di riprodurre elementi di qualsiasi geometria anche complessa, un rapporto vantaggioso tra peso e prestazioni meccaniche, particolarmente importante negli edifici storici in zona sismica o con problemi strutturali, la possibilità di utilizzo di materiali ecosostenibili, la riduzione dei tempi e dei costi richiesti dall'intervento di ripristino e/o restauro.

Il punto di partenza del progetto è la fase di conoscenza del bene architettonico attraverso il suo rilievo e la sua rappresentazione digitale. La combinazione del rilievo tridimensionale e della stampa 3D costituiscono, infatti, un binomio indispensabile per garantire la conoscenza sia del bene in ogni dettaglio che delle sue lacune e, quindi, consentire la riproduzione delle parti mancanti, la possibilità di correggere eventuali errori ed apportarne le necessarie modifiche, di as-

sicurare una perfetta corrispondenza tra le parti dell'oggetto, diventando un'alternativa più precisa e più veloce di un eventuale processo manuale.

Un altro aspetto importante e innovativo del progetto è la sperimentazione di nuovi nanomateriali con cui realizzare gli elementi integrativi sempre mediante stampa 3D. Nanoparticelle di materiali ceramici opportunamente scelte, possono incrementare le proprietà meccaniche della matrice in cui sono disperse e possono conferire al materiale proprietà funzionali interessanti e ad alto valore aggiunto, quali l'idrofobicità, capacità autopulenti e biocide e anche la capacità di abbattere inquinanti atmosferici.

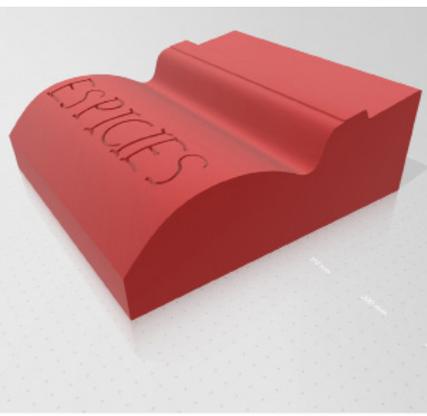
La realizzazione degli elementi da installare viene fatta a valle di una progettazione che è svolta su due piani, quello della **modellazione numerica** e quello della **validazione sperimentale** e privilegiando aspetti di sostenibilità ambientale. L'intero processo produttivo tiene sempre in considerazione i requisiti necessari agli interventi sul patrimonio architettonico e quindi tende ad ottenere una maggiore reversibilità, durabilità e distinguibilità dei materiali e degli interventi. Il progetto 3DH-solutions è stato finanziato dalla Regione Lazio ed è svolto da un gruppo di organismi di ricerca composto dall'Università degli Studi Roma Tre, dall'Università di Cassino e del Lazio Meridionale

e dall'ENEA, ma coinvolge anche imprese specializzate nel restauro e nella stampa 3D. Le competenze interdisciplinari dei ricercatori, ingegneri, chimici ed architetti coinvolti nel progetto e la sinergia tra le competenze tecnico-scientifiche e industriali coinvolte nel progetto, possono contribuire a "industrializzare" dei processi, attualmente "artigianali" e realizzati con materiali e tecniche tradizionali, ampliando quindi anche il loro campo di applicazione. **Inoltre si può favorire lo sviluppo del settore industriale della stampa 3D nell'ambito del patrimonio architettonico e della sua conservazione e fruibilità, oltre che migliorare la conoscenza nel campo della progettazione strutturale di elementi in stampa 3D.** Le stesse istituzioni lavorano insieme anche nel progetto H-S3D, finanziato sempre dalla Regione Lazio nell'ambito del Centro di Eccellenza DTC - Lazio (Distretto Tecnologico Beni e Attività Culturali), con il quale si condivide uno dei casi studio e l'utilizzo della stampa 3D.

I primi risultati

Il progetto è tuttora in corso e le attività previste sono iniziate in maniera parallela per poi convergere, nella seconda parte del progetto, verso il prodotto finale, cioè la realizzazione degli elementi da installare nelle lacune del bene architettonico, nonché delle connessioni di tali elementi con la struttura esistente.

Nel caso di studio, Palazzo Orsini di Amatrice, con la fotogrammetria digitale è stato rilevato un elemento decorativo con incisione di una finestra, presso l'hangar nel quale la Soprintendenza di competenza ha raccolto e collezionato i resti degli edifici dopo il sisma del 2016. La nuvola di punti acquisita è stata importata secondo la procedura Scan to BIM all'interno di un software parametrico informatico per ottenere un modello digitale di elevata precisione utilizzato per la mo-



dellazione digitale di stampa 3D.

Nanoparticelle di silice (SiO₂), carburo di silicio (SiC) e biossido di titanio (TiO₂) sono state sintetizzate per pirolisi laser, una tecnica di sintesi che ci ha permesso di produrre nanoparticelle di circa 20 nm in grandi quantità e prive di contaminazioni. Tali nanomateriali sono stati scelti per le loro proprietà consolidanti, idrofobiche ed anche biocide per essere usati come additivi nel polimero utilizzato per la stampa 3D, la produzione del quale come nanocomposito è in corso.

È stato sviluppato un modello numerico per descrivere il comportamento meccanico di elementi ottenuti mediante la stampa 3D. Tale modello tiene conto della struttura del materiale alle differenti scale di osservazione. È stato validato riproducendo i risultati ottenuti dalle prove sperimentali.

Sono stati realizzati diversi provini in materiale termoplastico mediante la tecnologia di stampa 3D a deposizione fusa del filamento (fused deposition modelling FDM) e sono state realizzate delle prove sperimentali a trazione ed a flessione per studiare il comportamento meccanico del materiale in funzione di alcuni parametri di stampa. Segue poi la fase di progettazione delle prove su provini additivati con nanoparticelle. Sono state poi effettuate alcune stampe di prova di parti di elementi decorativi della facciata di palazzo Orsini.

Queste prime attività inquadrano il progetto ad una maturità tecnologica (TRL) di tecnologie validate in laboratorio, ma già pronte per essere applicate in sistemi reali. L'interazione fra mondo della ricerca, mondo industriale e mondo professionale

nel campo dei beni culturali, che avviene nell'ambito di questo progetto, favorisce il trasferimento delle competenze e delle tecnologie nell'ambito delle pratiche di recupero integrativo sia di elementi architettonici che strutturali, al fine di consentire il ripristino di beni in disuso con un beneficio fondamentale per la fruizione del patrimonio architettonico.

Ringraziamenti

Il progetto 3DH-solutions è stato finanziato dalla Regione Lazio nell'ambito del Bando Pubblico "Progetti di Gruppi di Ricerca 2020", POR FESR Lazio 2014-2020.

Per info: rosaria.damato@enea.it