

Nanotecnologie per la fabbricazione di materiali cementizi innovativi

Tesi teorica

Sessione di laurea di maggio

Laurea triennale

Arianna Marinelli

Relatore: Prof. Luca Di Palma

Matricola: 1482270

Ingegneria Chimica Materiali Ambiente

Riassunto

La nanotecnologia, ovvero quel ramo della scienza applicata e della tecnologia che si occupa del controllo della materia su scala dimensionale inferiore al nanometro, allo stato attuale, è unanimemente riconosciuta come una disciplina rivoluzionaria in termini del possibile impatto sulle applicazioni industriali e potrebbe offrire e già offre delle soluzioni in molti campi, coinvolgendo settori e ricercatori in ambiti di ricerca più svariati, proprio per la sua intrinseca natura interdisciplinare. Il significato e l'importanza di operare ad una scala così piccola, sta nel fatto che a questa scala, entrano in gioco differenti leggi della fisica e i materiali possono mostrare proprietà e prestazioni decisamente superiori a quelle tradizionalmente conosciute dello stesso materiale privo delle caratteristiche di nanoscala. Lo sviluppo di questa pratica nel settore edilizio, ha riguardato l'importazione di innovazioni volte al raggiungimento di standard prestazionali più elevati dei materiali cementizi. Tra tutti i materiali cementizi, certamente riveste un'importanza considerevole il calcestruzzo, che in virtù della sua natura composita, costituisce un candidato ideale per l'applicazione della nanotecnologia. Infatti, il legante cementizio, ottenuto attraverso una reazione chimica tra cemento e acqua, è caratterizzato da una struttura con una scala che spazia dai millimetri ai nanometri. Ne consegue che tale struttura può essere modificata con l'obiettivo di migliorare le prestazioni del calcestruzzo, soprattutto dal punto di vista delle sue proprietà meccaniche e della durabilità nel tempo. Ad esempio si possono introdurre nella matrice cementizia additivi chimici, ed è questo il caso della nanosilice, composto di natura colloidale, largamente utilizzato in tale ambito, che viene aggiunto alle miscele sotto forma di dispersione acquosa come additivo per migliorare le prestazioni meccaniche del calcestruzzo e la sua durabilità. Come la nanosilice, altri tipi di nanomateriali vengono utilizzati in tale ambito, come i nanometalli, termine usato per descrivere metalli con dimensioni che rientrano nella gamma di 1-100 nm. Tali materiali, come la nanosilice, sono in grado di stimolare la formazione di maggiori quantità di C-S-H gel (silicato di calcio idrato) che, essendo un importante responsabile delle proprietà meccaniche del materiale, causa un aumento della resistenza a compressione.

Ho analizzato nel lavoro di tesi tre esempi applicativi significativi, ed i conseguenti risultati da essi ottenuti. Nel primo lavoro sperimentale, si analizzano gli effetti dell'utilizzo di diversi tipi di nanomateriali sulle proprietà meccaniche del calcestruzzo ad alta resistenza. Lo studio valuta l'effetto di aggiunta di nanosilice, Cu-Zn ferrite e Ni-ferrite sulla resistenza a compressione, resistenza a trazione, a flessione e modulo di elasticità del calcestruzzo. Dall'analisi dei risultati, vengono individuate le dosi ottimali, le percentuali di miglioramento dei suddetti aspetti, ed emerge che la nanosilice, risulta il composto in grado di comportare maggiori miglioramenti. Le proprietà della nanosilice vengono riscontrate ed analizzate anche nel secondo lavoro sperimentale, in cui si rilevano risultati riguardanti l'influenza di incorporazione di tale composto sulla resistenza a compressione in miscele di calcestruzzo realizzate con aggregati grossi completamente naturali (Natural Aggregate Coarse, NAC), e riciclati (Recycled Aggregate Coarse, RAC), ovvero aggregati prodotti dalla frantumazione e vagliatura del calcestruzzo. I risultati di questo studio mostrano che la resistenza a compressione del calcestruzzo diminuisce con la sostituzione di aggregati naturali con quelli riciclati, e ciò è dovuto all'inferiore qualità di questi ultimi, e migliora in ogni caso in presenza di nanosilice, poiché l'incorporazione di questa provoca il riempimento dei pori, con conseguente formazione di un materiale cementizio più efficiente. Nel terzo lavoro, si analizza un altro aspetto fondamentale della nanosilice, ovvero la sua reattività pozzolanica, comportamento che indica la capacità di un materiale di reagire con l'idrossido di calcio per formare composti simili a quelli che si generano durante l'idratazione del clinker di cemento. Aspetto quindi questo, che influisce maggiormente sulla durabilità del materiale. Per la valutazione della reattività pozzolanica di miscele contenenti nanosilice, è stato determinato il loro tasso di consumo di idrossido di calcio. I risultati, anche per quanto riguarda tale aspetto, mostrano che l'aggiunta di nanosilice è causa di un miglioramento, poiché contribuisce a densificare la microstruttura del materiale comportando quindi una maggiore durabilità di questo. Da tutti gli studi analizzati emerge infine un aspetto fondamentale, ovvero l'importanza di rientrare nella dose ottimale, che consente di raggiungere notevoli miglioramenti e prestazioni, oltre la quale invece, si riscontrano effetti negativi.