Leganti cementizi low-carbon con l'impiego di calce esausta mineralizzata

La calce esausta derivante dai sistemi di filtraggio dei fumi di cottura del grès porcellanato rappresenta, ad oggi, uno dei pochi rifiuti generati in quantità significative da questa industria a non essere riciclato internamente, ma conferito in discarica come rifiuto pericoloso. Questo materiale presenta tuttavia interessanti potenzialità di recupero, grazie alla presenza di una percentuale ancora significativa di idrossido di calcio residuo. Nel progetto CCS4CER (Bando laboratori 2023 – Fondi PR-FESR 21-27 Emilia-Romagna) è stato sviluppato un processo di mineralizzazione della CO in grado di convertire tale idrossido in carbonato di calcio (calcite), ottenendo prodotti potenzialmente impiegabili in sostituzione parziale del clinker nella produzione di leganti e malte a ridotta impronta carbonica. Infatti, il processo trasforma il rifiuto, permettendone la riclassificazione come non pericoloso e il potenziale riutilizzo nel settore cementizio.

Laboratory	Centro Ceramico
Specialization Area	Edilizia e Costruzioni, Energia e Sostenibilità, Meccatronica e Materiali
Contacts	Elisa Franzoni, Riccardo Pascolo
Keyword	Economia circolare, Calce esausta da filtraggio fumi, Materiali cementizi, CCS

"La cattura della CO2 come risorsa per il settore edilizio"



Fig. 1: Esempi delle 35 calci esauste raccolte nella campagna di campionamento presso le aziende ceramiche.



Fig. 2: Travetti di malta realizzati secondo EN 196-1. Color grigio i cementi di miscela con 34% di prodotto mineralizzato; color rosa i cementi di tipologia LC3 (16% di prodotto mineralizzato).

Description

Gli studi condotti hanno permesso di individuare i parametri operativi necessari per adattare il processo di mineralizzazione in autoclave alle diverse composizioni delle calci esauste, garantendo la possibilità di trattare materiali di diversa provenienza e caratteristiche. I prodotti mineralizzati ottenuti sono stati sottoposti ad uno specifico percorso di caratterizzazione, che ha consentito di definirne le caratteristiche e di ottimizzarne l'impiego. In questo modo si è giunti alla formulazione di leganti low-carbon a base cementizia, che sono l'oggetto del presente Technology Report. I prodotti mineralizzati rappresentano una risorsa di interesse per i produttori di leganti e malte orientati alla riduzione dell'impatto ambientale dei propri materiali. Il loro impiego implica infatti una duplice vantaggio: ridurre il contenuto di clinker, componente a maggiore impatto ambientale del cemento, e offrire un'alternativa a ridotta impronta ambientale al calcare comunemente utilizzato come aggiunta minerale. Le formulazioni sviluppate hanno mostrato prestazioni meccaniche e chimico-fisiche comparabili a quelle dei sistemi di riferimento, confermando il potenziale di questi materiali come materia prima seconda per lo sviluppo di leganti e malte a ridotto contenuto di clinker e impatto ambientale.

Innovative aspects

L'innovazione della soluzione sviluppata risiede nell'applicazione dei principi della CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) a un materiale ancora poco studiato e caratterizzato, trasformando uno scarto della filiera ceramica in una potenziale risorsa per l'industria cementizia. Il processo consente di recuperare materia, ridurre il rilascio di specie potenzialmente inquinanti e i relativi costi di conferimento in discarica. La mineralizzazione è stata ottimizzata fino a ottenere la conversione completa dell'idrossido di calcio residuo in carbonato di calcio, rendendo i prodotti ottenuti potenziali sostituti del calcare in malte cementizie. Le sperimentazioni hanno dimostrato la possibilità di sostituire il clinker dal 34% in formulazioni convenzionali fino al 47% in quelle definite Limestone Calcined Clay Cement (LC3), nei quali il prodotto mineralizzato è stato impiegato al 16%, in combinazione con il 31% di argilla calcinata. Le resistenze meccaniche delle malte hanno mostrato valori comparabili a quelli dei rispettivi riferimenti, formulati utilizzando le medesime percentuali di carbonato di calcio.

Potential applications

Gli impatti derivanti dalla produzione di clinker di cemento hanno portato nel corso degli anni alla costante ricerca di *Supplementary Cementitious Materials* (SCM) ovvero materiali sostitutivi allo stesso che contribuiscono ugualmente alla generazione delle fasi idrate necessarie allo sviluppo delle resistenze del materiale. I prodotti mineralizzati possono essere utilizzati come SCM, come alternativa al calcare di origine naturale; essendo inoltre prodotti attraverso un processo di mineralizzazione con CO2, costituiscono dei materiali a ridotto impatto ambientale per il settore cementizio.

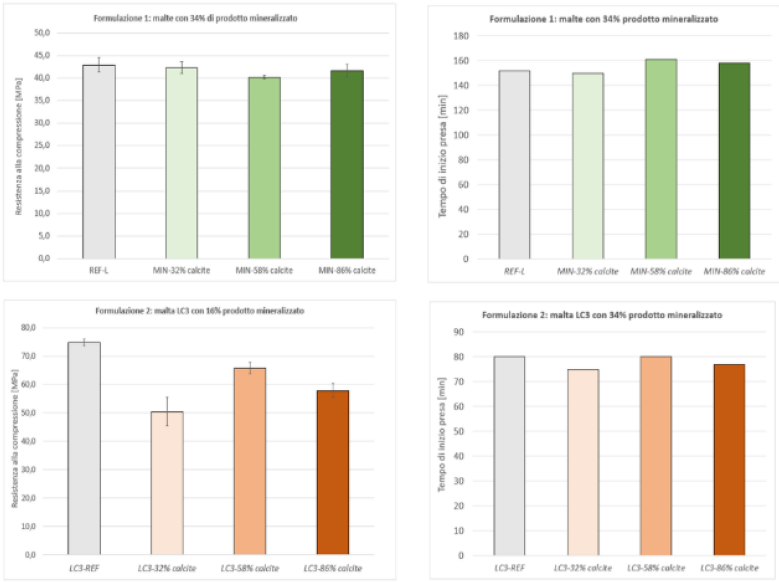


Fig. 3: Risultati della resistenza a compressione e tempo di inizio presa di due formulazioni di malte realizzate con mineralizzati a diversa % di calcite.

Application example

Le calci esauste provenienti dalla filiera ceramica sono state caratterizzate e selezionate in base al contenuto residuo di idrossido di calcio, quindi sottoposte a mineralizzazione controllata in autoclave. Sono stati ottenuti tre prodotti con contenuti di calcite (CaCO□) pari al 32%, 58% e 86% sul totale, con la presenza di fluorite come fase mineralogica complementare. I prodotti ottenuti sono stati impiegati nella formulazione di malte cementizie in sostituzione del calcare.

I prodotti mineralizzati sono stati impiegati nello sviluppo di due formulazioni di malte cementizie: una contenente il 34% di prodotto mineralizzato e una di tipo LC3, con il 31% di argilla calcinata e il 16% di prodotto mineralizzato. In entrambi i casi, la sostituzione del calcare ha consentito di ottenere prestazioni meccaniche in termini di resistenza a compressione ai ventotto giorni di stagionatura comparabili a quelle dei rispettivi riferimenti, senza variazioni significative dei tempi di inizio presa (Fig. 2) e dell'espansione, determinate rispettivamente EN 196-3. Le prove di lisciviazione condotte sulle malte secondo EN 12457-2 hanno inoltre confermato l'assenza di rilasci significativi dei principali contaminanti. I risultati dimostrano come il recupero della calce esausta possa generare materiali funzionali alla produzione di leganti e malte a ridotto impatto ambientale, senza comprometterne sensibilmente le prestazioni. Si apre così una concreta prospettiva di simbiosi industriale tra il comparto ceramico e quello cementizio, in cui uno scarto di processo diventa una risorsa per un'altra filiera produttiva, in un'ottica di economia circolare.

Involved partners

- Centro Ceramico
- LEAP s.c.a.r.l. – Laboratorio Energia Ambiente Piacenza
- CIRI FRAME - Alma Mater Studiorum – Università di Bologna
- Romagna Tech S.C.P.A.

Implementation Time

8-10 mesi/persona

Technology Readiness Level

TRL 4 - tecnologia validata in laboratorio

Exploitation

La tecnologia sviluppata offre opportunità di valorizzazione industriale attraverso il recupero di uno scarto della filiera ceramica e la trasformazione in materia prima seconda per leganti e malte low-carbon. Le prospettive applicative riguardano lo scale-up del processo di mineralizzazione e la ricerca di partner industriali nel settore cementizio, interessati a testare i prodotti mineralizzati.

Centro Ceramico

Consorzio Universitario per la Gestione del Centro di Ricerca e Sperimentazione per l'Industria Ceramica



Website	http://www.centroceramico.it
Director	Elisa Franzoni
Published on	19/11/2026

Il Centro Ceramico è un centro di ricerca e sperimentazione fondato nel 1976 e gestito da un Consorzio di cui fanno parte: i) Alma Mater Studiorum Università di Bologna; ii) Confindustria Ceramica iii) Legacoop Produzione e Servizi.

Svolge la sua attività su due sedi: la sede storica di Bologna e la sede di Sassuolo.

L'attività del Centro Ceramico si articola in:
• Assistenza alle aziende della filiera ceramica per il rafforzamento della competitività, attraverso attività di ricerca e sviluppo riguardanti il prodotto e il processo.
• Assistenza tecnica alle aziende per problematiche riguardanti l'intero ciclo di vita del prodotto ceramico.
• Analisi e prove su materie prime, semilavorati e prodotti finiti secondo le normative nazionali ed internazionali.
• Supporto allo sviluppo di normative nazionali e internazionali in Comitati e Gruppi di Lavoro (ISO, CEN, UNI).
• Formazione specialistica per il personale delle aziende della filiera ceramica.
• Consulenze tecnico-scientifiche e progetti di ricerca per la partecipazione a bandi Europei, Nazionali, Regionali.
I Laboratori del Centro Ceramico di Bologna sono accreditati Accredia (n. 0058) in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

Il Centro Ceramico è Laboratorio di Ricerca della Rete Alta Tecnologia dell'Emilia-Romagna e fa parte di Clust-ER Build. Ha ottenuto l'accreditamento con delibera DGR 768/2011 del 09/06/2011 e successivi rinnovi per il mantenimento. È membro della Piattaforma Tecnologica Europea ECTP.