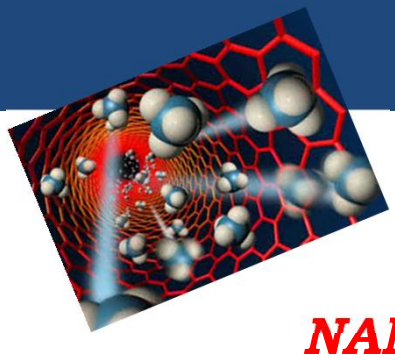
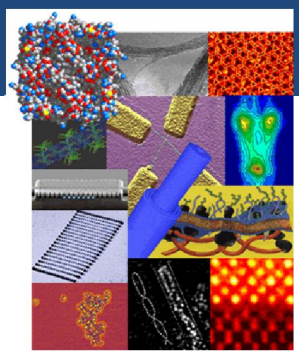




NAMISTE

(NAno / MIcro Strutturazione nei materiali per l' Edilizia)

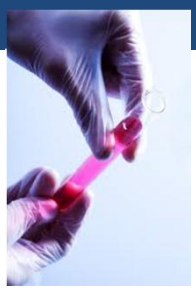
Ing. Francesca Conciauro

CNRNANO LECCE NNL

2HE CENTER FOR HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT

UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Il Progetto



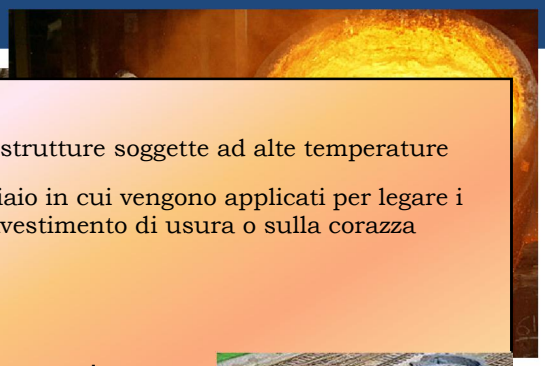
*Il progetto **NAMISTE** è finalizzato alla ricerca e allo sviluppo di cementi refrattari additivati con nano particelle, caratterizzati da elevata capacità termica e bassa conducibilità, idonei per rivestimenti edilizi, soprattutto industriali*

CNRNANO LECCE NNL

2HE CENTER FOR HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT

UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Impieghi ed applicazioni



Impieghi

- Protezione di strutture soggette ad alte temperature
- Siviere di acciaio in cui vengono applicati per legare i mattoni del rivestimento di usura o sulla corazza metallica.

Applicazioni

- Gettati in opera con l' ausilio di
- Applicati ad intonaco
- Spruzzati con opportune pompe

CNRNANO LECCE NNL

FOR HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT

UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Obiettivo

+

Migliorare le proprietà termo-isolanti, la resistenza meccanica (e di conseguenza la durabilità) di cementi refrattari additivando composti aventi dimensioni nanometriche.

CNRNANO LECCE NNL

2HE CENTER FOR HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT

UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Materiali impiegati

VIBREC 545 F

Refrattario di tipo commerciale con granulometria pari a 5 mm, allumina (55 %) e da silice (42 %)

Provino 4 x 4 x16 cm

Sospensioni di nano particelle disperse in alcol benzilico, concentrate rispettivamente allo 0,5 %, 1 % e 2 % in peso:

- **ossido di titanio (TiO_2)**
- **carburo di silicio (SiC)[1]**
- **allumina (Al_2O_3)**
- **carbonato di calcio (CaCO3)**

[1] Per gentile concessione del Centro ENEA di Frascati

CNRNANO LECCE NNL

2HE CENTER FOR HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT

UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Attività svolta

- **Provini *standard* senza alcun additivo**
- **Provini *contenenti gli additivi* ognuno a tre diverse concentrazioni: 0,5%, 1%, 2%.**

PREPARAZIONE DEI PROVINI

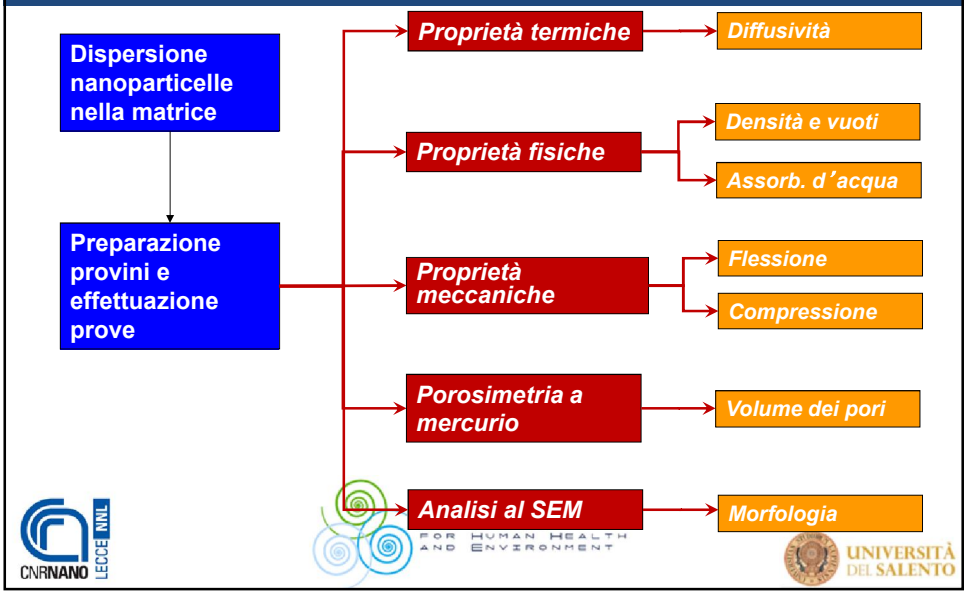
Trascorso il periodo di stagionatura tutti i provini sono stati cotti a 1300 ° C per 24 ore

CNRNANO LECCE NNL

2HE CENTER FOR HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT

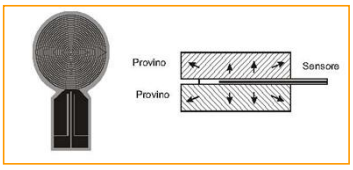
UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Attività svolta

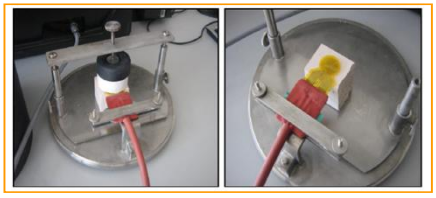


Attività svolta: diffusività

Strumentazione Hot Disk



Sensore Hot Disk e suo posizionamento tra i due provini



Posizionamento del provino e sensore Hot Disk

La diffusività termica è definita come il rapporto fra conducibilità termica e il prodotto di densità e calore specifico del materiale

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p}$$

Risultati ottenuti: diffusività

Provini con additivo concentrato allo 0,5%

Sigla campione	*Diffusività termica (mm^2/s)*
Standard	1,063
TiO_2	1,045
Al_2O_3	1,000
SiC	0,894
$CaCO_3$	1,083

Provini con additivo concentrato al 1%

Sigla campione	*Diffusività termica (mm^2/s)*
Standard	1,063
TiO_2	1,019
Al_2O_3	0,814
SiC	0,923
$CaCO_3$	1,068

Provini con additivo concentrato al 2%

Sigla campione	*Diffusività termica (mm^2/s)*
Standard	1,063
TiO_2	0,926
Al_2O_3	0,585
SiC	1,099
$CaCO_3$	0,916

E' evidente una riduzione della diffusività termica in presenza di tutte le nanoparticelle, tranne nel caso del SiC in cui si denota un comportamento inverso

CNRNANO LECCE NNL

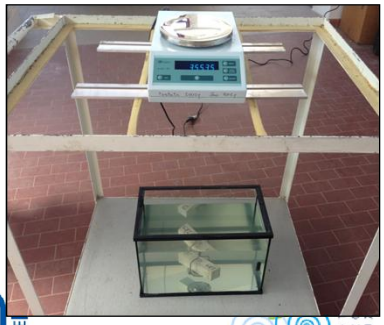
HHE CENTER FOR HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT

UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Attività svolta: proprietà fisiche

- Densità (apparente e di bulk)
- Assorbimento d'acqua
- Porosità apparente

Determinate con il metodo di Archimede (pesata idrostatica), utilizzando come liquido acqua distillata a 20 ° C



CNRNANO LECCE

AND ENVIRONMENT

UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Risultati ottenuti: proprietà fisiche

TiO_2

Concentrazione sospensione con additivo (% w/w)	Densità apparente (g/cm^3)	Densità di bulk (g/cm^3)	Porosità Apparente (%)	Assorbimento (%)
Standard	2,70	2,28	19,0	8,3
0,5	2,80	2,27	18,8	8,1
1	2,81	2,29	18,5	8,1
2	2,80	2,31	17,6	7,6

Al_2O_3

Concentrazione sospensione con additivo (% w/w)	Densità apparente (g/cm^3)	Densità di bulk (g/cm^3)	Porosità Apparente (%)	Assorbimento (%)
Standard	2,70	2,28	19,0	8,3
0,5	2,81	2,23	16,6	7,6
1	2,81	2,30	18,3	8,0
2	2,76	2,30	20,6	9,2

SiC

Concentrazione sospensione con additivo (% w/w)	Densità apparente (g/cm^3)	Densità di bulk (g/cm^3)	Porosità Apparente (%)	Assorbimento (%)
Standard	2,70	2,28	19,0	8,3
0,5	2,78	2,29	18,2	7,7
1	2,80	2,29	18,4	8,1
2	2,79	2,29	18,3	7,8

$CaCO_3$

Concentrazione sospensione con additivo (% w/w)	Densità apparente (g/cm^3)	Densità di bulk (g/cm^3)	Porosità Apparente (%)	Assorbimento (%)
Standard	2,70	2,28	19,0	8,3
0,5	2,79	2,31	17,4	7,4
1	2,79	2,32	17,1	7,3
2	2,79	2,29	18,2	7,8

CNRNANO LECCE NNL — 2HE CENTER FOR HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT — UNIVERSITÀ DEL SALENTO

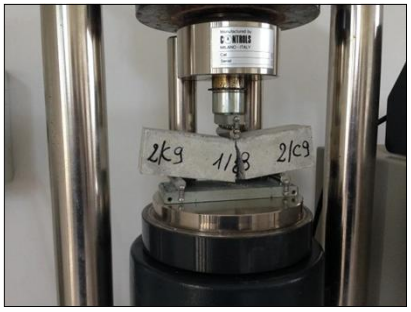
Risultati ottenuti: proprietà fisiche

I risultati evidenziano come l'aggiunta di ogni nanocarica abbia indotto un incremento delle densità con conseguente riduzione della porosità e dell'assorbimento

CNRNANO LECCE NNL — 2HE CENTER FOR HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT — UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Attività svolta

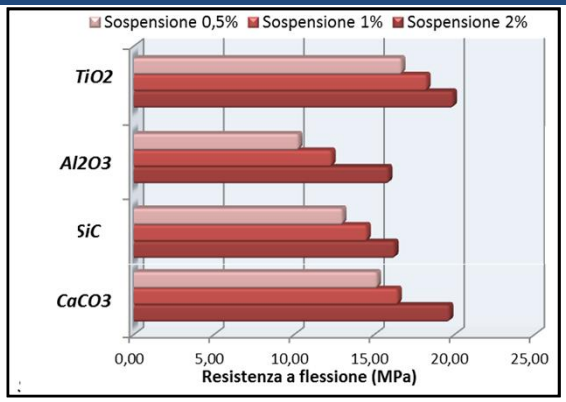
Flessione → ***Provini prismatici aventi dim 40x40x160 mm precedentemente utilizzati per la valutazione delle proprietà fisiche***



Alcune serie di provini testati

Risultati ottenuti: flessione

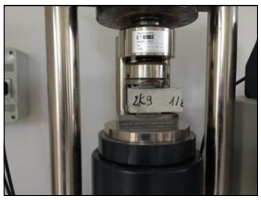
	Concentrazione sospensione con additivo (% w/w)	*Resistenza a flessione (MPa)*
Standard	***	*9,79*
TiO_2	0,5	16,71
	1	18,28
	2	19,92
Al_2O_3	0,5	10,29
	1	12,35
	2	15,89
SiC	0,5	13,03
	1	14,55
	2	16,28
$CaCO_3$	0,5	15,19
	1	16,48
	2	19,70



La presenza dell'additivo migliora la resistenza a flessione del materiale rendendolo più performante rispetto allo standard

Attività svolta

Compressione ⇨ ***Prove effettuate sui semiprismi ottenuti dalle prove di flessione (UNI EN 196)***



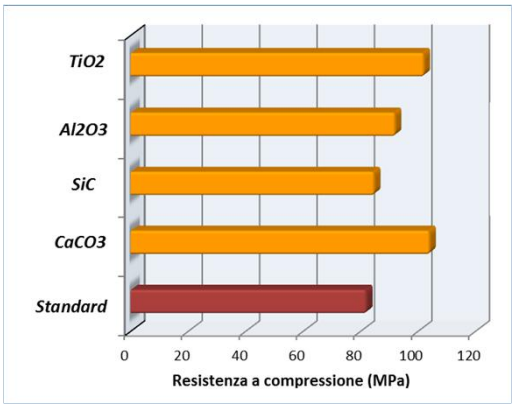
Alcune serie di provini testati

CNRNANO LECCE NNL — RHE CENTER FOR HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT — UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Risultati ottenuti: compressione

	Concentrazione sospensione con additivo (% w/w)	*Resistenza a compressione (MPa)*
TiO_2	0,5	95,11
	1	98,52
	2	101,70
Al_2O_3	0,5	65,45
	1	75,28
	2	89,75
SiC	0,5	83,03
	1	83,90
	2	84,71
$CaCO_3$	0,5	92,27
	1	95,64
	2	102,97
Standard	***	*80,01*

provini additivati al 2%



Miglioramento della resistenza a compressione con un andamento crescente della resistenza all' aumentare della concentrazione degli additivi

CNRNANO LECCE NNL — UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Attività svolta

Porosimetria a mercurio

*Consente la misura del **volume** e della **dimensione** dei **pori** attraverso la penetrazione del mercurio nella porosità aperta del campione*

$$R = \frac{-2\gamma \cos\theta}{P_c}$$

R il raggio del poro

γ la tensione superficiale del mercurio

θ l'angolo di contatto tra il mercurio e il solido (valore medio 140°).

P_c pressione di penetrazione del mercurio

Risultati ottenuti: porosimetria

0.5 % w/w

Sigla campione	Area superficiale (m^2/g)	Pori (Micron)	Porosità totale (%)
Standard	1.45	0.35	20.84
TiO_2	1.47	0.36	17.97
SiC	1.45	0.60	18.61
Al_2O_3	2.34	0.85	21.50
$CaCO_3$	1.46	0,56	19.25

1 % w/w

Sigla campione	Area superficiale (m^2/g)	Pori (Micron)	Porosità totale (%)
Standard	1.45	0.35	20.84
TiO_2	1.48	0.43	18.70
SiC	1.45	0.64	17.87
Al_2O_3	3.64	0.98	22.30
$CaCO_3$	1.48	0.61	19.46

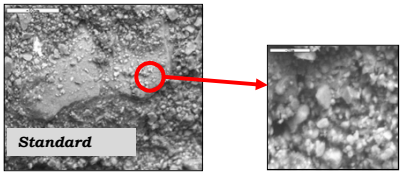
2 % w/w

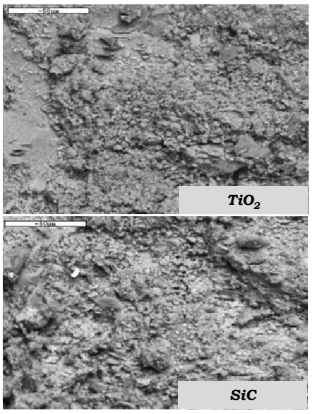
Sigla campione	Area superficiale (m^2/g)	Pori (Micron)	Porosità totale (%)
Standard	1.45	0.35	20.84
TiO_2	1.71	0.50	19.33
SiC	1.48	0.68	18.89
Al_2O_3	4,03	1,02	22,70
$CaCO_3$	1,50	0,61	19,54

Leggero calo della porosità totale e deciso aumento della dimensione dei pori che implica una riduzione della diffusività termica e perciò una maggiore efficienza del refrattario

Risultati ottenuti: SEM

SEM ⇨ Morfologia della superficie del materiale





- *microstruttura eterogenea con grani di diametro considerevole affiancati da particelle di dimensioni nettamente più fini*
- *presenza sulla superficie di ogni campione di zone lisce e zone particolarmente rugose probabilmente prodotte dalla tecnica di preparazione del campione analizzato*
- *una maggiore densità ed omogeneità dovuta al "filler effect" dei nano additivi; essi, infatti, riescono ad ottimizzare la struttura attraverso la creazione di "centri di cristallizzazione" dei componenti di idratazione*

CNRNANO LECCE NNL — 2HE CENTER FOR HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT — UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Conclusioni

Dai risultati ottenuti emerge in maniera evidente come il cemento refrattario oggetto di studio, quando additivato con le nano particelle, presenti proprietà decisamente migliori rispetto al materiale standard non additivato, manifestando in particolare:

✓Migliori proprietà termoisolanti grazie ad una riduzione della diffusività termica.

✓Migliori valori di resistenza meccanica sia a compressione che a flessione che garantiscono una maggiore durabilità.

Sarebbe utile proseguire tali sperimentazioni, anche con l ' utilizzo di nuove nano particelle, per cercare di migliorare ulteriormente i risultati del presente lavoro.

CNRNANO LECCE NNL — 2HE CENTER FOR HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT — UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Grazie per l'attenzione.

CNRNANO LECCE NNL

CHE CENTER FOR HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT

UNIVERSITÀ DEL SALENTO