

Facoltà di Ingegneria "Enzo Ferrari"
Modena 22 Febbraio 2012

**INGOBBI AD ELEVATA
RIFLETTANZA SOLARE
PER APPLICAZIONI
CERAMICHE**

C. Siligardi, L. Rivi, C. Ferrari, A. Libbra*



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI MODENA E REGGIO EMILIA

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA
DIPARTIMENTO INGEGNERIA DEI MATERIALI E DELL'AMBIENTE
Via Vignolese, 905 – 41100 MODENA (Italy)
Tel. +39 0592056200 - Fax +39 0592056243
P.IVA: 00427620364



Scopo del lavoro

**Preparazione e caratterizzazione di
ingobbi ad alta riflettanza solare
per supporti ceramici tradizionali**

Variabili studiate:

- ✓ Colore del gres
- ✓ Composizione chimica e mineralogica
 - ✓ Spessore dell'ingobbio
 - ✓ Effetto smalto
 - ✓ Effetto pigmenti



MISURE DI RIFLETTANZA

Caratterizzazioni chimico-mineralogiche,
fisiche e microstrutturali

✓ Scelta del supporto:

Supporto
ceramico



Grés

Scelto in due diverse tonalità:
Scuro (s) e chiaro (c)

Proprietà

Ridotta porosità (antigelivo)

Elevata emissività termica ($\varepsilon = 0,90$)

✓ Composizione chimica
e mineralogica

SERIE 1

A2 B2

Feldspato, Allumina,
Quarzo, Caolino, Argilla

C2 D2

Vetro di recupero,
come sopra

N2

Nefelina, Allumina,
Quarzo, Caolino, Argilla

Componente α

SERIE 2

A3 B3

Feldspato, Allumina,
Quarzo, Caolino, Argilla

C3 D3

Vetro di recupero,
come sopra

Componente β

✓ Composizione chimica
e mineralogica

SERIE 3

Ottimizzazione della C3

Aggiunta di due fritte
ceramiche
appositamente scelta e ~~wollastonite~~

Componente β

Fritte aggiunte	
C3B	Fritta bianca
C3Ca	Fritta al Ca

La distribuzione granulometrica dei componenti α e β è molto simile, bimodale e il 100% sotto ai 10mm

✓ Studio spessore applicato

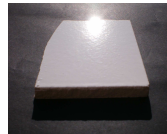
L'operazione di deposizione dell'ingobbio è manuale ed avviene attraverso un aerografo a pistola



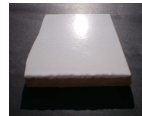
Scegliendo le formulazioni di ingobbio con riflettanza elevata B2 e C2

Si valuta l'effetto dell'applicazione di tre diversi **smalti**:

1) Smalto lucido trasparente (TR)



2) Smalto bianco lucido (B)



3) Smalto matt (M)

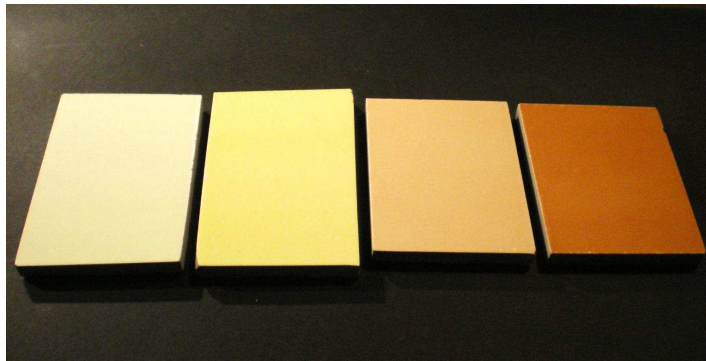


✓ Inserimento pigmenti

Giallo

Marrone

0,5% e 2% in smalto lucido trasparente



Caratterizzazione

Riflettanza %  *Spettrofotometro*
UV-Vis-NIR Jasco V-670
(EELab)

Ricerca di una correlazione tra le performance
raggiunte e le proprietà di superficie

Analisi microstrutturale  *Microscopio Elettronico*
a Scansione (SEM FEI XL30)

Analisi mineralogica  *Diffrazione a raggi X*
(XRD Panalytical X'Pert Pro)

Rugosità superficiale  *Rugosimetro (DIAVITE DH-5 V1.50)*

Angolo di contatto  *Dataphysics Contact angle System*
OCA

Parametri di cottura

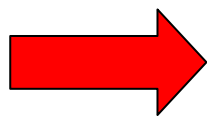
Max T	1195°C
Isotherma	6 min
Tempo cottura	47 min

Risultati Ingobbi: Riflettanza (R%) serie 1 e 2

	R(%)	Media (%)
A2s	80	81
A2c	82	
A3s	70	71
A3c	72	
B2s	90	90
B2c	90	
B3s	81	81
B3c	81	
C2s	81	81.5
C2c	82	
C3s	73	73,5
C3c	74	
D2s	65	67,5
D2c	70	
D3s	63	64,5
D3c	63	

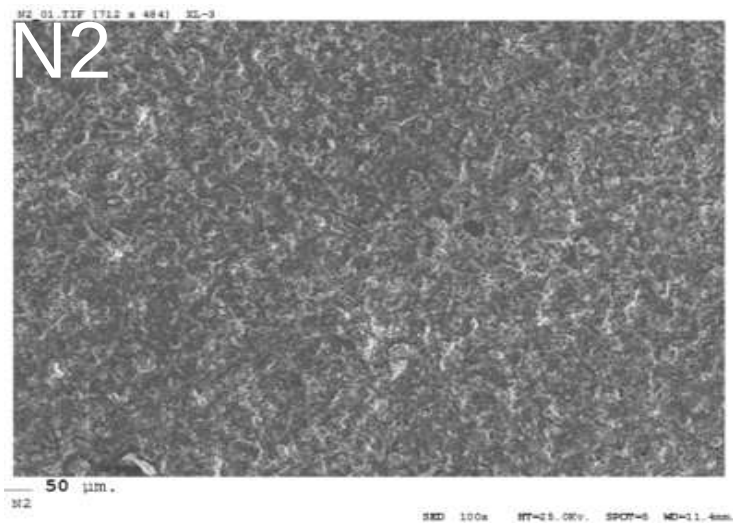
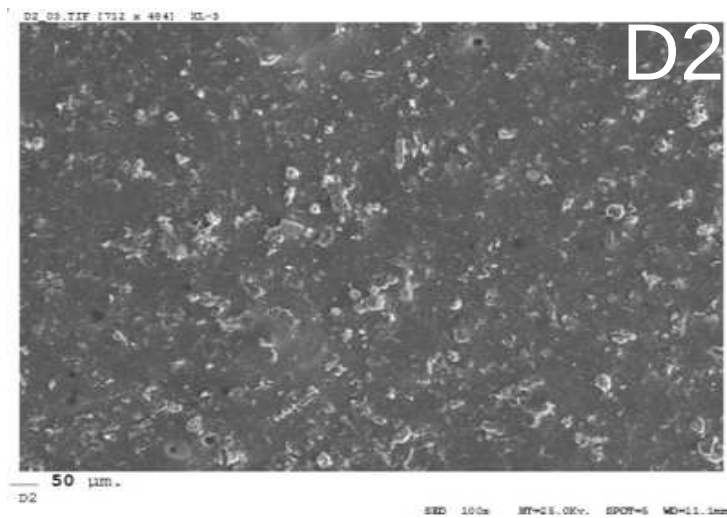
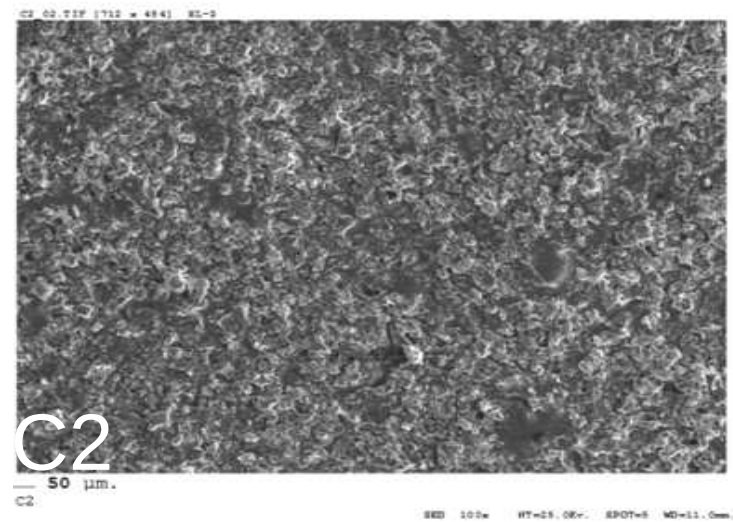
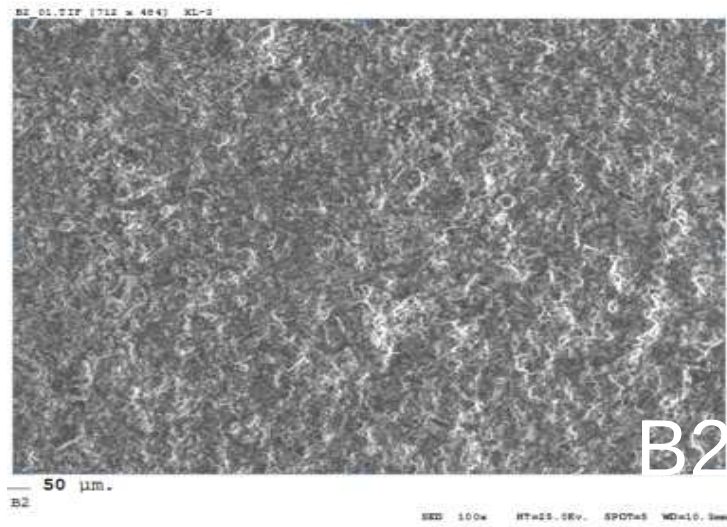
Risultati Ingobbi: Riflettanza (R%) serie 3

Campioni	R%
C3s	73
C3c	74

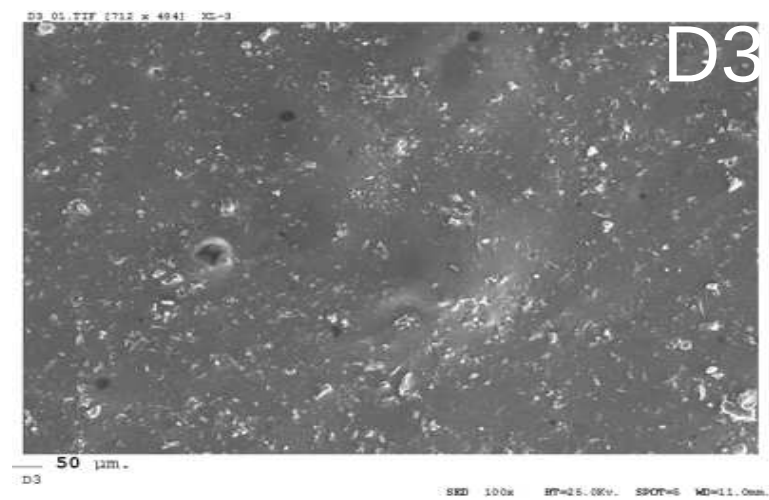
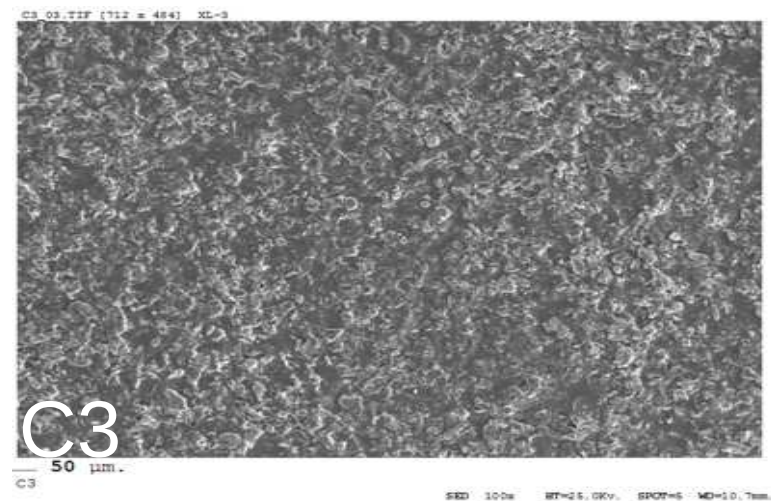
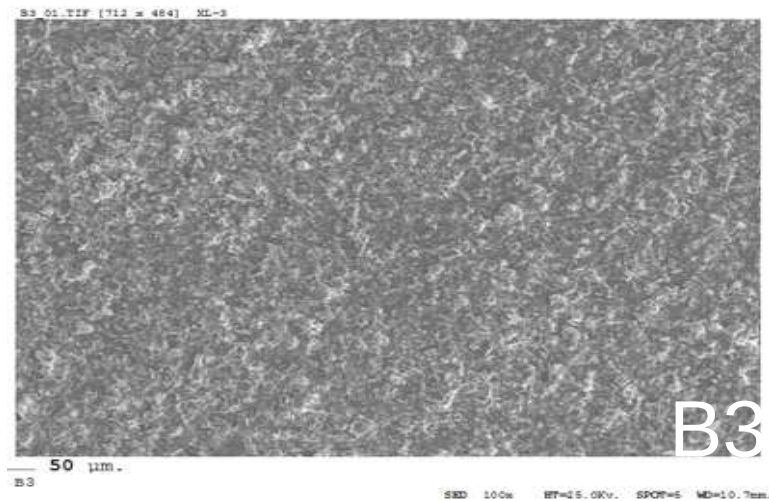


Campioni	R%
C3Bc	73
C3Bs	72
C3Cac	82
C3Cas	81

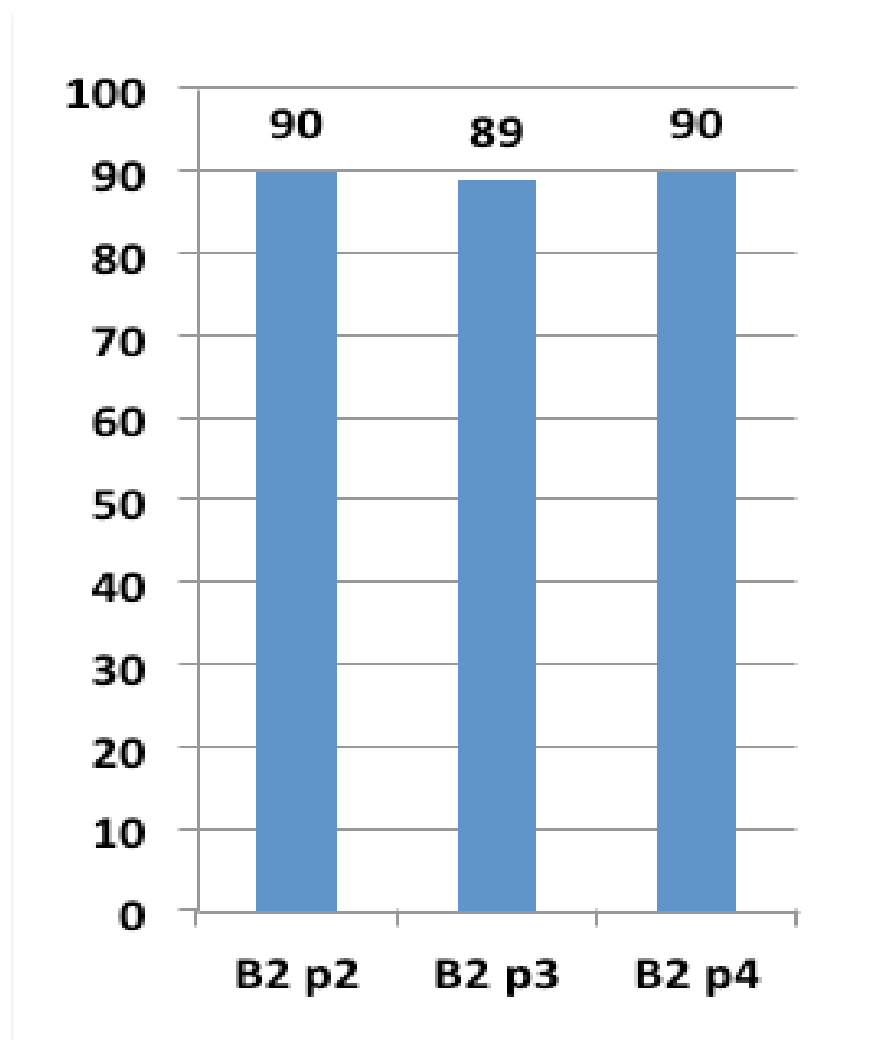
Risultati ingobbi: Analisi SEM



Risultati ingobbi: Analisi SEM



Risultati Ingobbi: Riflettanza solare vs spessore

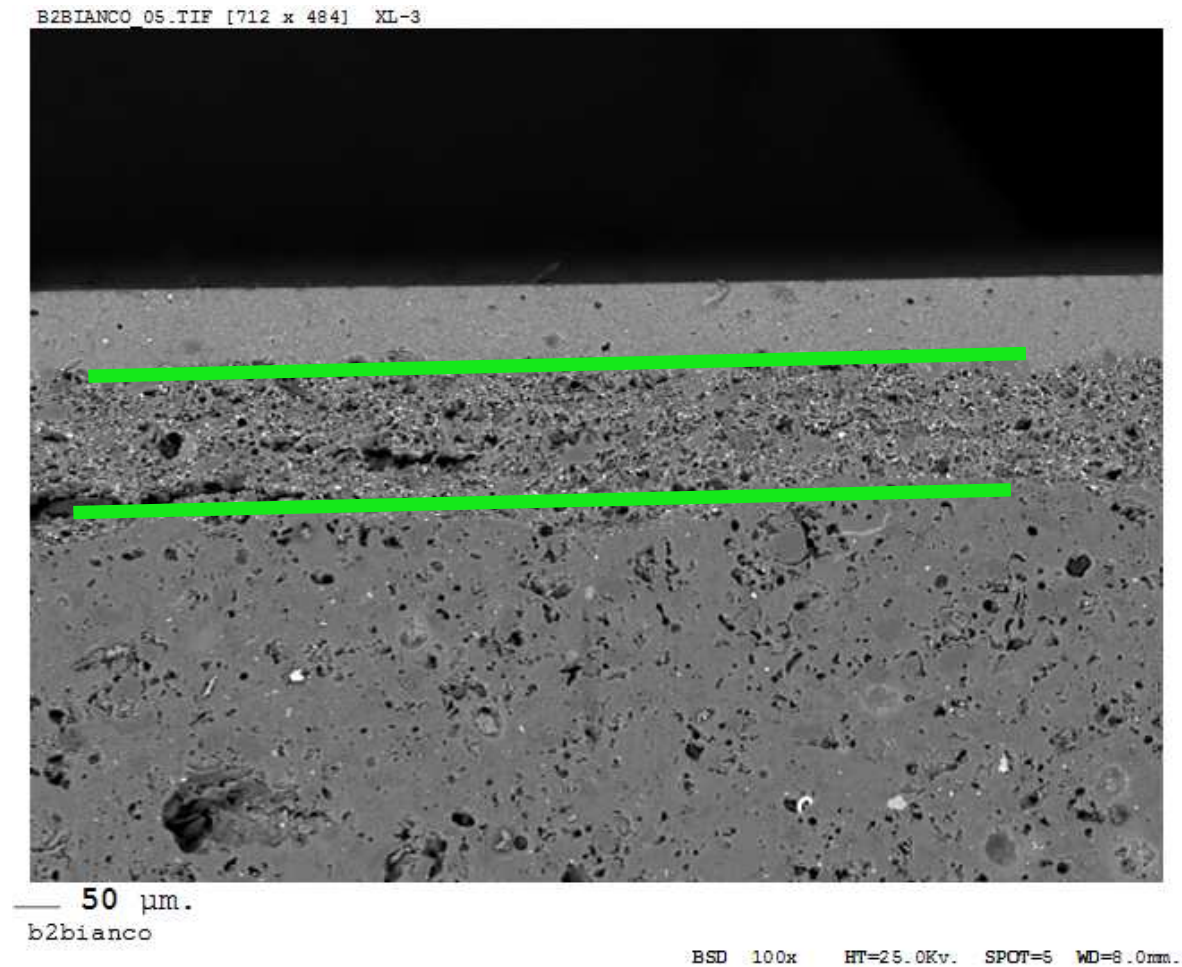


P2 = 2 passate

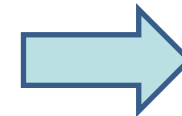
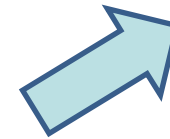
P3 = 3 passate

P4 = 4 passate

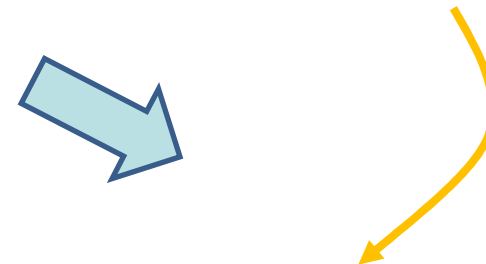
Risultati ingobbi: spessore



Smalto $\approx 100\mu\text{m}$



Ingobbio
 $\approx 200\mu\text{m}$

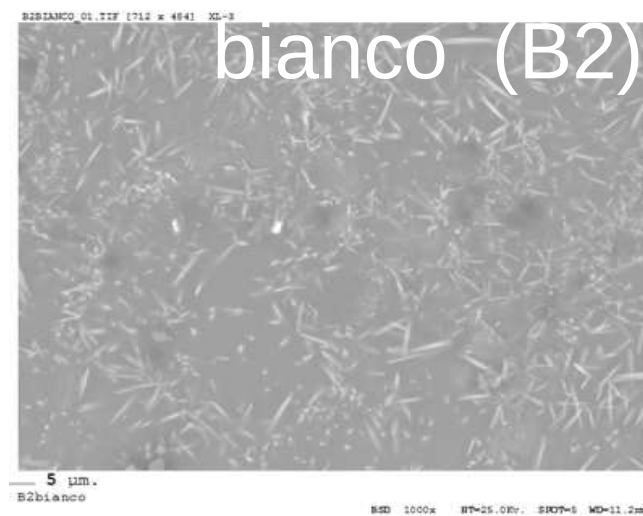
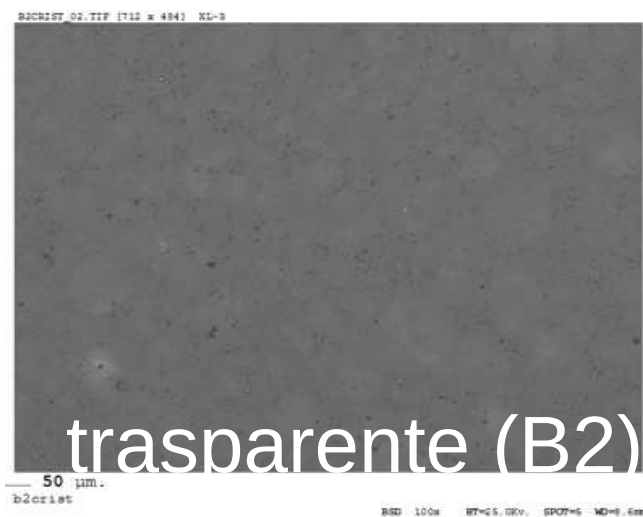


**Sufficiente
a garantire R Max**

Risultati smalti: Riflettanza solare vs tipo smalto

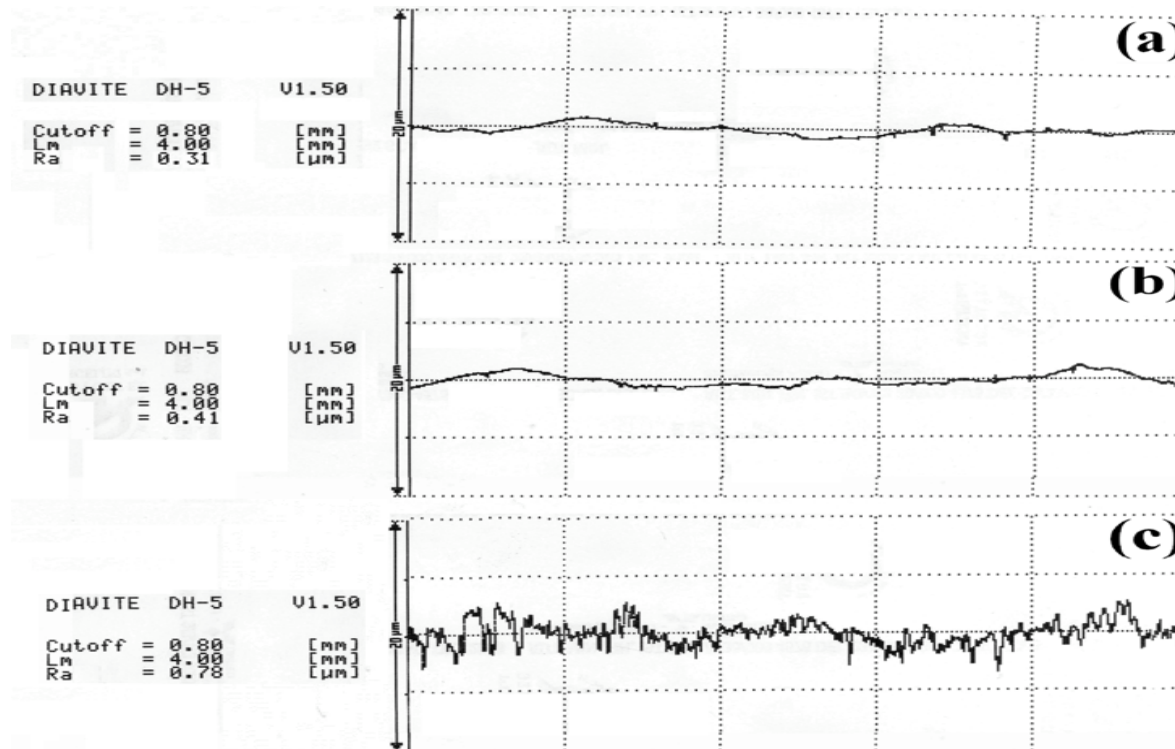
Ingobbio	R(%)	Smalto	R(%)
B2	90	B2+Cr s	84
		B2+Cr c	86
		B2+B s	85
		B2+B c	86
		B2+M s	84
		B2+M c	86
C2	81	C2+Cr s	78
		C2+Cr c	81
		C2+B s	82
		C2+B c	83
		C2+M s	80
		C2+M c	80

Risultati ingobbi: Analisi SEM



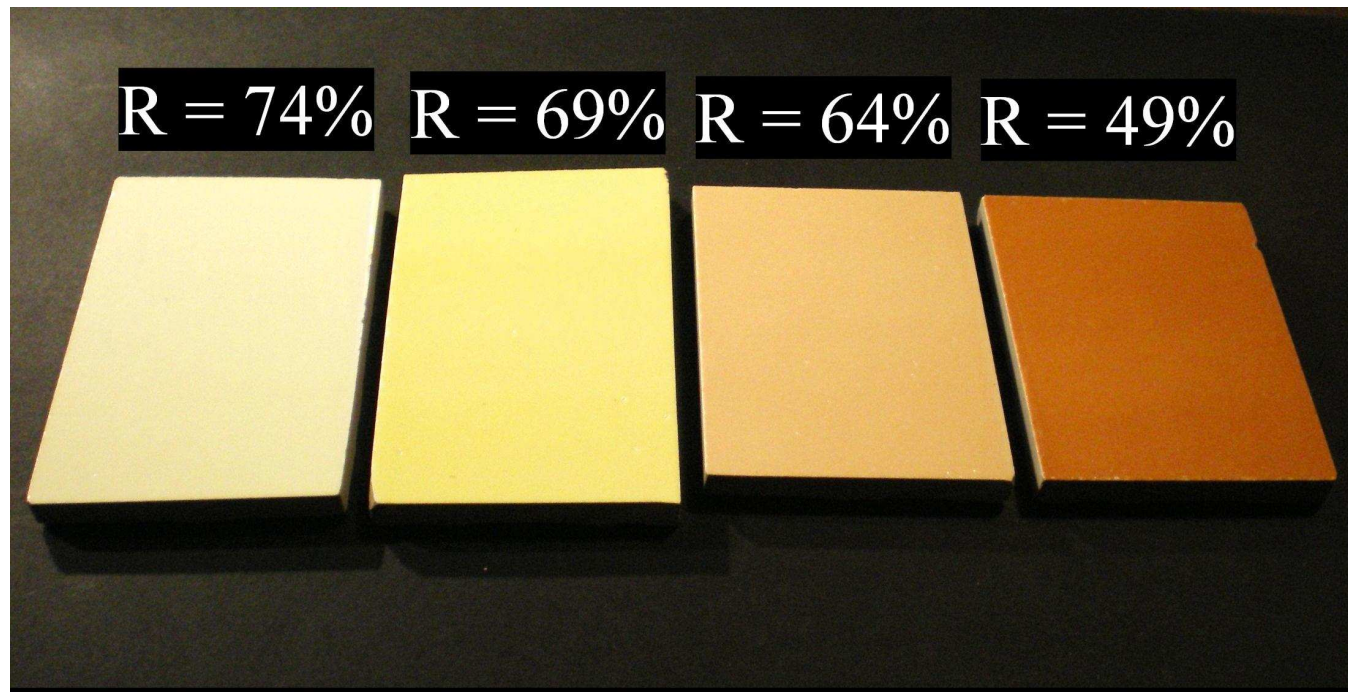
Risultati smalti: rugosità superficiale

C2



Smalto	Finale Ra(mm)
Trasparente	0,40 ± 0,17
Bianco lucido	0,42 ± 0,11
Matt	0,80 ± 0,14

Risultati smalti colorati



Risultati smalti: angolo di contatto

Smalto	Provino	Media misure (°)	Dev Std. (°)
Bianco	<i>B2</i>	34,2	2,2
	<i>C2</i>	32,4	
Matt	<i>B2</i>	31,1	4,4
	<i>C2</i>	38,8	
Trasparente	<i>B2</i>	39,6	4,9
	<i>C2</i>	31,9	

CONCLUSIONI

- ✓ Il supporto chiaro presenta valori di riflettanza migliori del supporto scuro
- ✓ Il componente α , caratteristico della serie 2, porta a valori di riflettanza più elevati rispetto al componente β e le percentuali di materie prime e il tipo di materia prima ne influenzano moltissimo il valore finale
- ✓ Anche il tipo di smalto a parità di ingobbio modifica la riflettanza
- ✓ Lo spessore di 200 micron di ingobbio (2 passate) nei campioni studiati garantisce una buona coprenza
- ✓ La rugosità superficiale non influenza la riflettanza superficiale ma è correlata ai valori di angolo di contatto
- ✓ I pigmenti inorganici studiati risultano migliori dei rispettivi organici

Grazie per l'attenzione

Facoltà di Ingegneria "Enzo Ferrari"
Modena 22 Febbraio 2012