

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

Relazione per la prova finale

***Messa a punto di protocolli sperimentali per valutare
l'effetto dei trattamenti superficiali sullo sporcamento delle
superfici metalliche di forni combinati professionali***

Tutor universitario: Prof. Fabrizio Bezzo

Laureando: *Diego Rossin*

Padova, 14/09/2023

Fra le sfide più importanti per i costruttori di forni professionali:

- garantire elevati livelli di pulizia
- non compromettere l'estetica delle superfici metalliche



Questo progetto ha come scopo l'analisi del grado di sporcamento delle superfici metalliche presenti all'interno di un forno combinato professionale.

Questo studio ha quindi come obiettivo:

- la definizione di un protocollo di sporcamento e di un protocollo di lavaggio standard;
- la quantificazione del grado di sporcamento sulle superfici metalliche e il grado di adesione dello sporco su di esse;
- il confronto di trattamenti superficiali diversi.



FORNO COMBINATO



Combinazione di flusso di aria calda
e di vapore

Per la produzione di aria calda:

- forni elettrici;
- forni a gas.

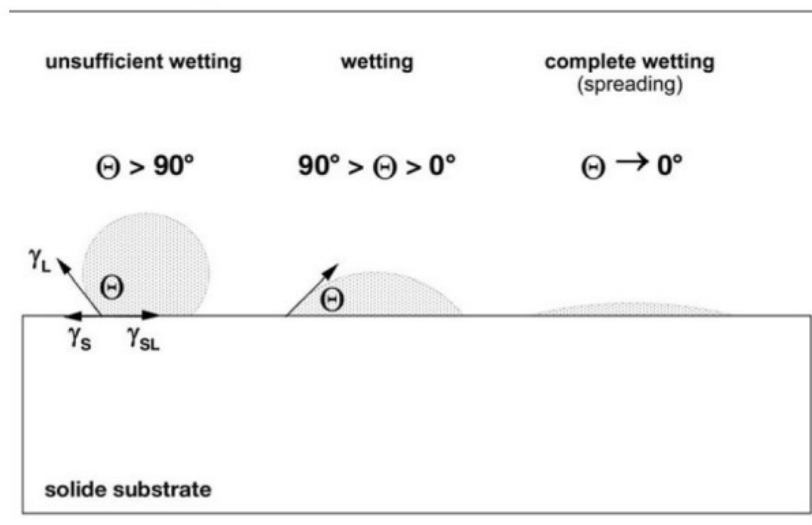


Tipologie di acciaio utilizzati:

- acciaio 316L-BA
- acciaio 304-2B

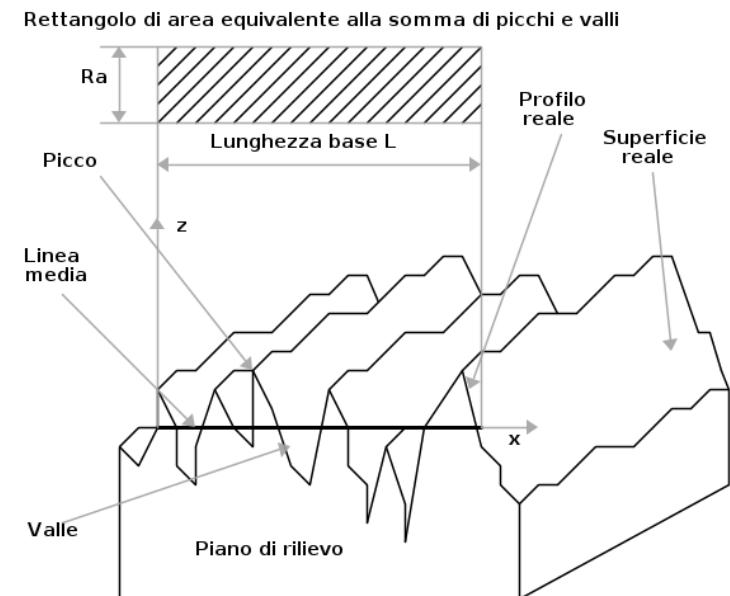
Bagnabilità

- Angolo di contatto statico θ_s
- Angolo di contatto dinamico di avanzamento θ_a
- Angolo di contatto dinamico di recessione θ_r



Rugosità

- Rugosità media (Ra)
- Rugosità quadratica media (RMS)



Trattamenti superficiali:

- ❖ acciaio 316L-BA senza alcun tipo di trattamento;
- ❖ acciaio 316L-BA sgrassato e passivato;
- ❖ acciaio 304-2B elettrolucidato;
- ❖ acciaio 316L-BA sol-gel teflonato.



Trattamenti
applicati su carter
e supporti laterali

Prima di procedere con la quantificazione dello sporcamiento, è necessario definire un protocollo di sporcamiento standard efficace, in modo da ottenere un grado di sporcamiento apprezzabile visivamente e strumentalmente per ogni singolo test.

Condizione di lavoro del forno:

- temperatura di preriscaldamento= 260 °C;
- temperatura di lavoro= 300 °C;
- 0% di umidità;
- velocità delle ventole= 2800 rpm.



Duplicata cottura di 50 minuti.
Carico di 4 orate per teglia (2 teglie totali).

Prima di procedere con la quantificazione dello sporco, è necessario definire un protocollo di lavaggio manuale standard efficace, in modo da valutare il grado di pulizia e il grado di adesione delle particelle organiche sulle diverse superfici metalliche.

Condizioni di lavoro lavaggio manuale:

- riempimento vasca con 18 lt di acqua trattata e 2,5 kg di detergente;
- lavaggio manuale di 40 minuti ad una temperatura di 50°C;
- risciacquo di 5 minuti in una seconda vasca (solo acqua trattata) ad una temperatura di 23°C.



La procedura per la quantificazione del grado di sporcamento e del grado di pulizia delle superfici metalliche analizzate prevede 3 fasi di misurazioni: prima dello sporcamento, dopo lo sporcamento e dopo il lavaggio manuale.

PESO

- Sporco depositato (%);
- Sporco rimosso (%)

ANALISI RGB

- Riduzione di rgb dopo lo sporcamento RS (%)
- Riduzione di rgb dopo il lavaggio RL (%)



BRILLANTEZZA

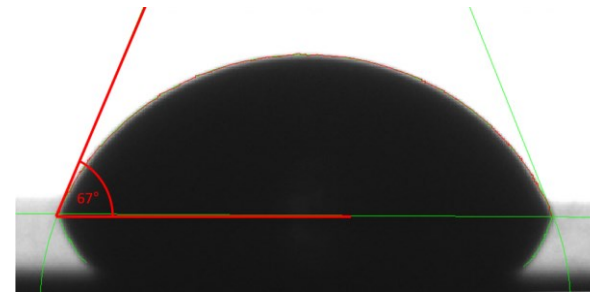
- Riduzione di lucentezza dopo lo sporcamento RLS (%)
- Riduzione di lucentezza dopo il lavaggio RLL (%)



Le misure di bagnabilità e di rugosità superficiali sono state affidate al Laboratorio di Ricerca di Ingegneria dei Materiali dell'Università di Padova.

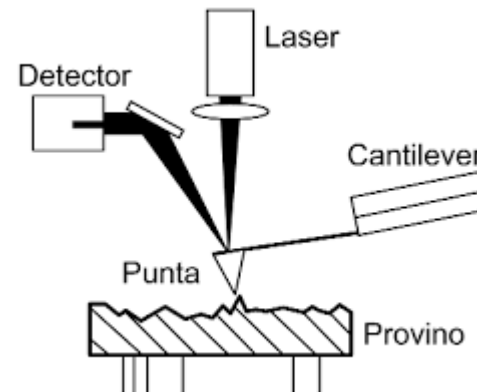
Bagnabilità

Fotocamera con sensore
CMOS DCC1545M e
software di analisi



Rugosità

Microscopio a forza
atomica AFM NT-MDT



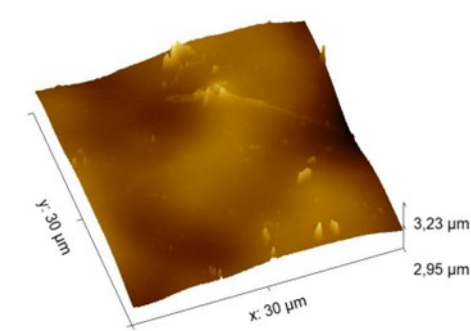
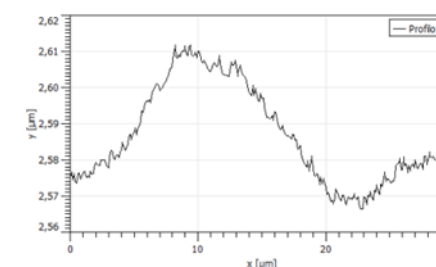
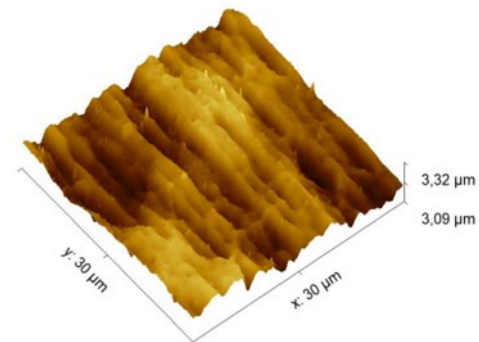
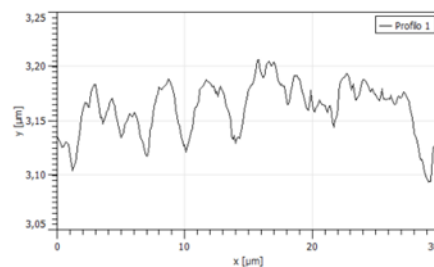
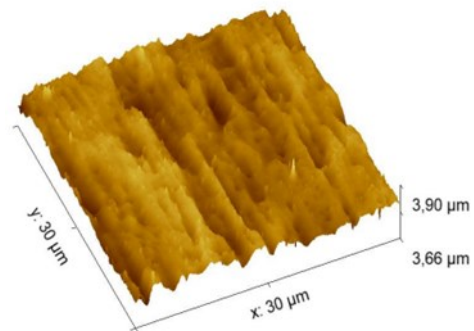
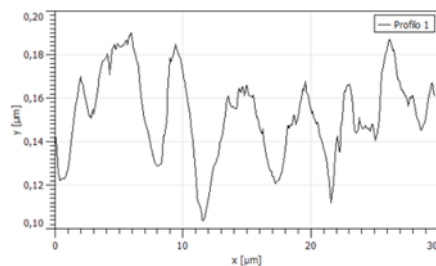
Angolo di contatto

Acciaio	Statico [°]	Avanzamento[°]	Recessione [°]
Nessun trattamento	76 ± 4	77 ± 7	< 5
Sgrassato e passivato	70 ± 4	73 ± 7	< 5
Elettrolucidato	93 ± 2	93 ± 2	58 ± 8

Rugosità

Acciaio	Ra [nm]	RMS[nm]
Nessun trattamento	18.1 ± 2.0	22.7 ± 2.6
Sgrassato e passivato	23.6 ± 3.5	29.3 ± 4.1
Elettrolucidato	20.5 ± 6.0	25.6 ± 7.8

Profilo di rugosità e morfologia superficiale (modello 3D)



Mentre le misure del peso non hanno dato risultati significativi, l'analisi rgb e della lucentezza sono risultate molto utili.

Variazione di lucentezza a 20° dopo lo sporcamento (%)

	Nessun trattamento	Sgrassato e passivato	Elettrolucidato
Carter	-90.08 ± 1.08	-87.32 ± 5.05	-82.82 ± 2.17
Supporto laterale dx	-79.13 ± 1.22	-74.59 ± 7.26	-69.06 ± 1.94
Supporto laterale sx	-78.07 ± 1.18	-73.64 ± 10.03	-65.50 ± 4.03

Variazione di lucentezza a 20° dopo il lavaggio manuale (%)

	Nessun trattamento	Sgrassato e passivato	Elettrolucidato
Carter	-9.31 ± 6.20	-16.53 ± 16.63	-4.15 ± 4.62
Supporto laterale dx	-23.92 ± 17.90	-32.72 ± 39.00	0
Supporto laterale sx	-14.58 ± 7.69	-33.66 ± 39.23	-9.30 ± 8.12

Variazione di lucentezza a 85° trattamento sol-gel teflonato dopo lo sporcamento (%)

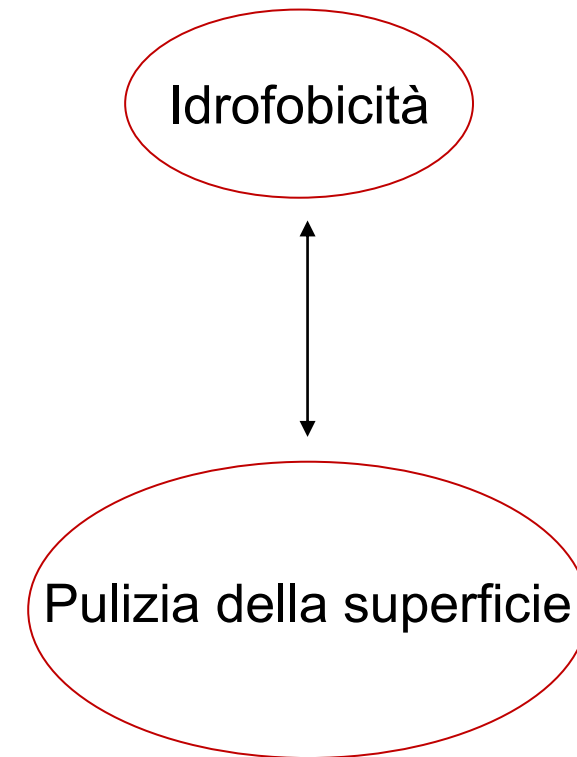
	Carter	Supporto laterale dx	Supporto laterale sx
RLS [%]	-52.74	-64.42	-56.00

Variazione di rgb dopo lo sporcamento (%)

	Nessun trattamento	Sgrassato e passivato	Elettrolucidato
Carter	-15.75 ± 3.14	-14.44 ± 6.10	-24.77 ± 2.95
Supporto laterale dx	-14.86 ± 5.82	-11.58 ± 6.52	-23.58 ± 8.18
Supporto laterale sx	-13.98 ± 3.80	-8.23 ± 2.23	-19.76 ± 5.77

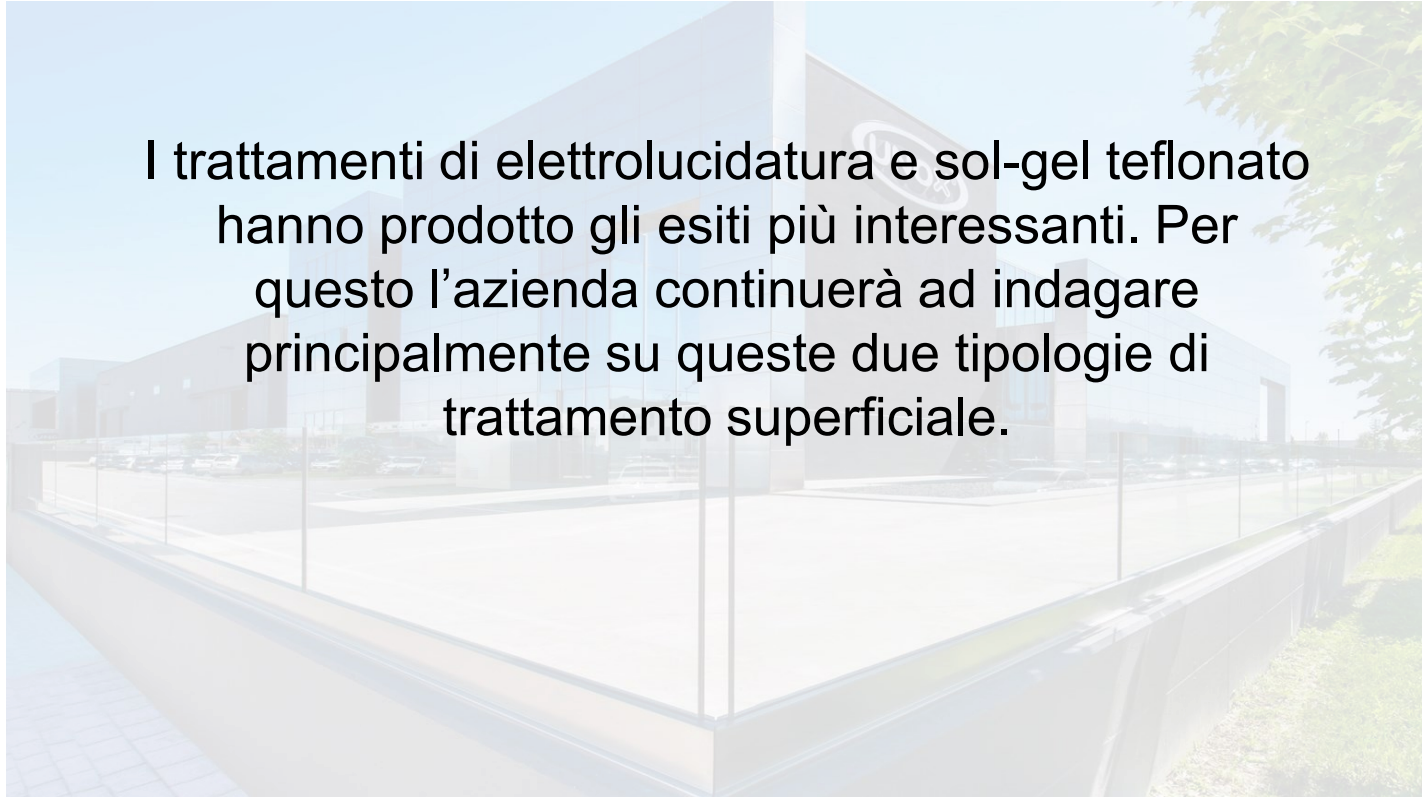
Variazione di rgb dopo il lavaggio manuale (%)

	Nessun trattamento	Sgrassato e passivato	Elettrolucidato
Carter	-1.50 ± 2.84	-3.28 ± 1.84	-1.34 ± 2.13
Supporto laterale dx	-3.04 ± 0.58	-5.79 ± 6.45	-2.18 ± 1.46
Supporto laterale sx	-3.89 ± 1.66	-4.90 ± 4.74	-1.70 ± 4.16



In questo progetto:

- è stato definito un protocollo di sporcamento efficace;
- è stato definito un protocollo di lavaggio efficace;
- non è stato individuato un trattamento con risultati significativamente migliori degli altri.



I trattamenti di elettrolucidatura e sol-gel teflonato hanno prodotto gli esiti più interessanti. Per questo l'azienda continuerà ad indagare principalmente su queste due tipologie di trattamento superficiale.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Si ringrazia per la collaborazione:

