



TORRECID

COTTURE CERAMICHE

COS' E' LA COTTURA?

Operazione fisica fondamentale che consiste nel trasferire ENERGIA al manufatto ad una fissata **TEMPERATURA** e per un certo **TEMPO**.

CONFERIMENTO DI PARAMETRI TECNICI, QUALI:

- **RESISTENZA AL TAGLIO O SCALFITURA (MOHS)**
- **RESISTENZA ALL'ABRASIONE (PEI)**
- **DIMINUZIONE DELLA POROSITA'**
- **ANTIGELIVITA'**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TALCO	GESSO	CALCITE	FLUORITE	APATITE	ORTOCLASIO	QUARZO	TOPAZIO	CORINDONE	DIAMANTE
									

TECNICHE DI COTTURA

MONOCOTTURA

- GRES (greificazione del supporto)
- MONOPOROSA (cottura rapida che non comporta la chiusura delle porosità, buona resistenza meccanica, ritiro nullo o limitato)

COTTURE IN PIU' PASSAGGI

- BICOTTURA
- TERZO FUOCO o quarto fuoco



LO SCAMBIO TERMICO TRA FORNO E SUPPORTO AVVIENE:

- CONDUZIONE

- RADIAZIONE

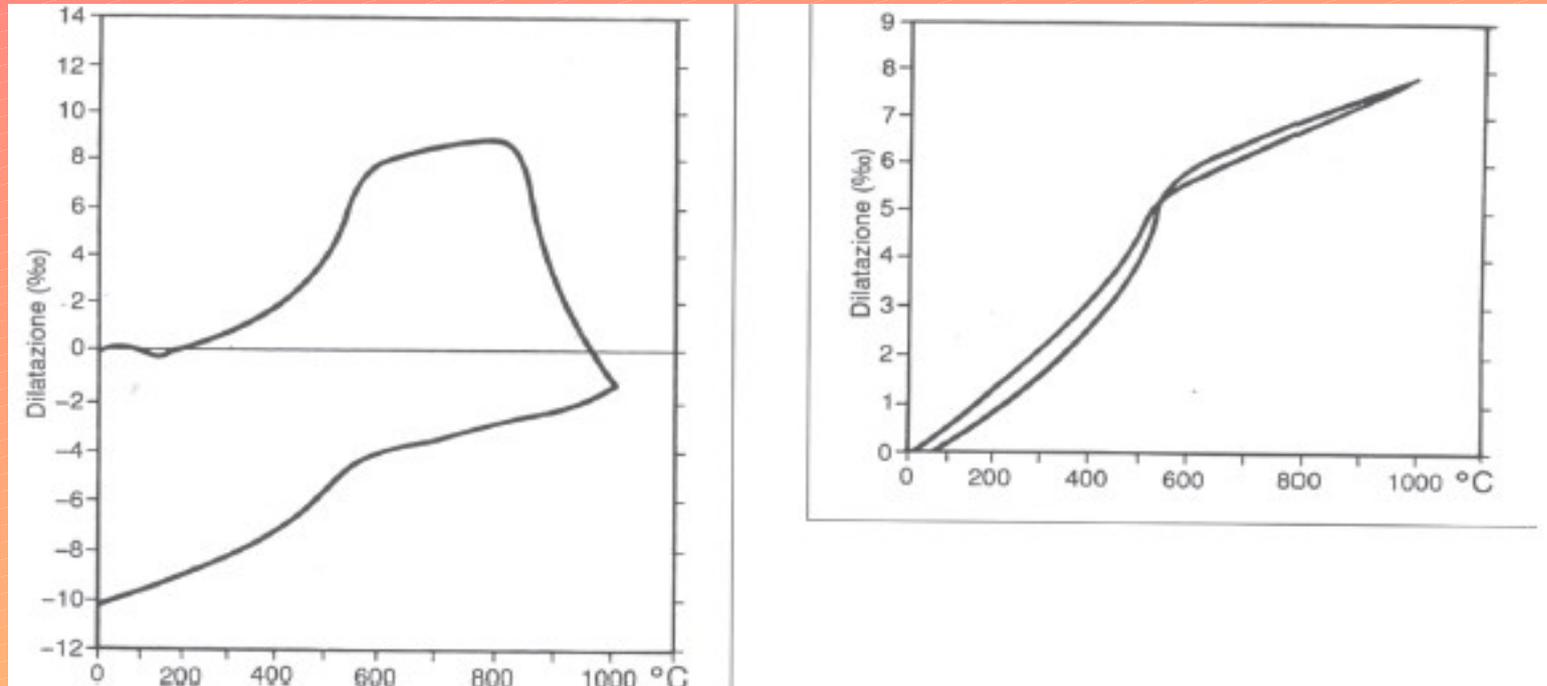
- CONVEZIONE $Q = \rho \cdot S \cdot \Delta T$

S = superficie esposta all'aria

ΔT = diff. di temperatura tra corpo ceramico ed
ambiente circostante

ρ = coeff. di convezione

COSA AVVIENE AL MATERIALE DURANTE LA COTTURA



La somministrazione di calore causa l'aumento delle vibrazioni degli atomi dei materiali con conseguente **ESPANSIONE** di questi.

I composti cristallini si espandono più delle strutture vetrose, i composti più compatti si espandono maggiormente rispetto a quelli porosi.

fusione dei fondenti che comporta: aumento della densità, diminuzione della porosità e reazioni solido-liquido, liquido-liquido.

Durante il raffreddamento si ha la solidificazione del fuso che fornisce coesione e solidità al composto, e conseguente **RITIRO** del materiale.

Si ha così la formazione di **strutture vetrose e cristalline**.

STRUTTURA DI UN FORNO

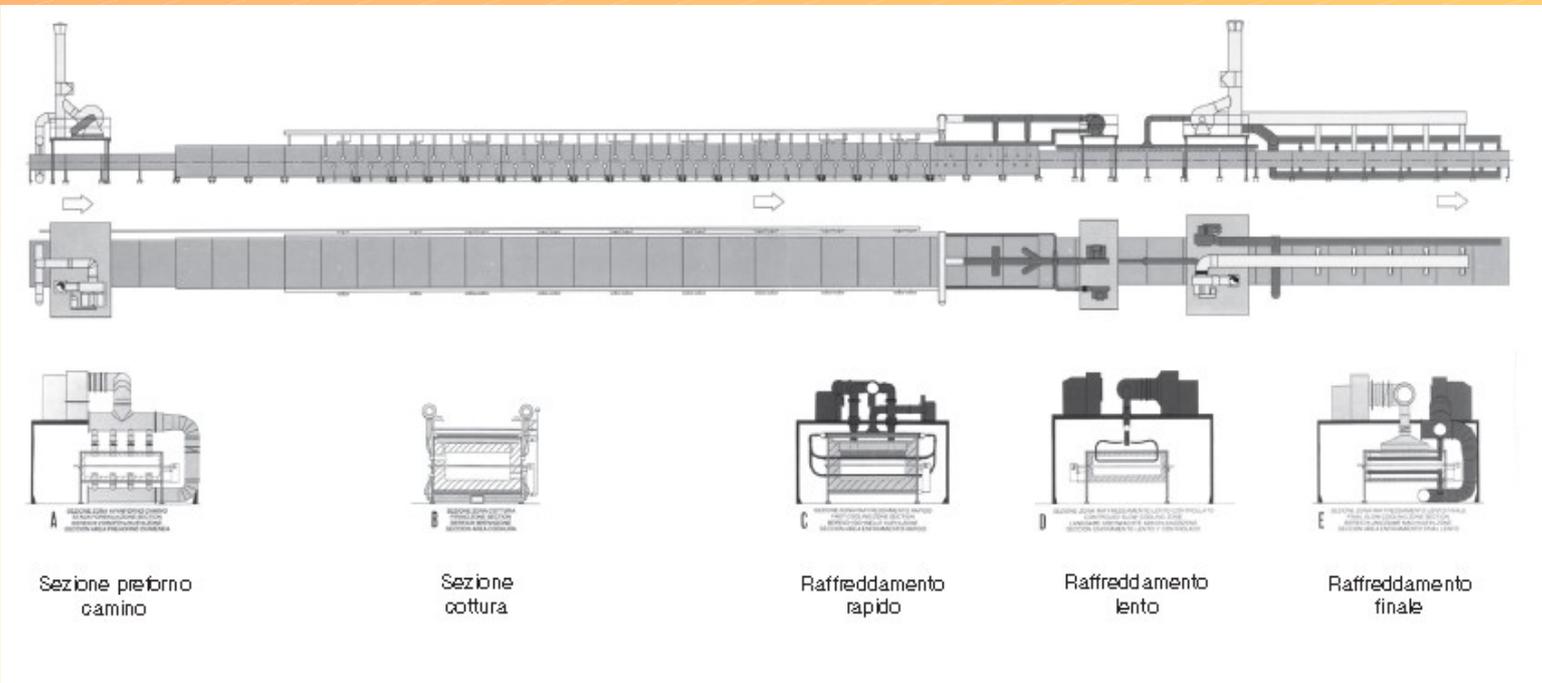
monostrato con avanzamento su rulli



moduli affiancati della lunghezza di 2.1 m ciascuno

La lunghezza totale di un forno è circa 60-120 m, con sezioni utili da 1.3 a 3.0 m

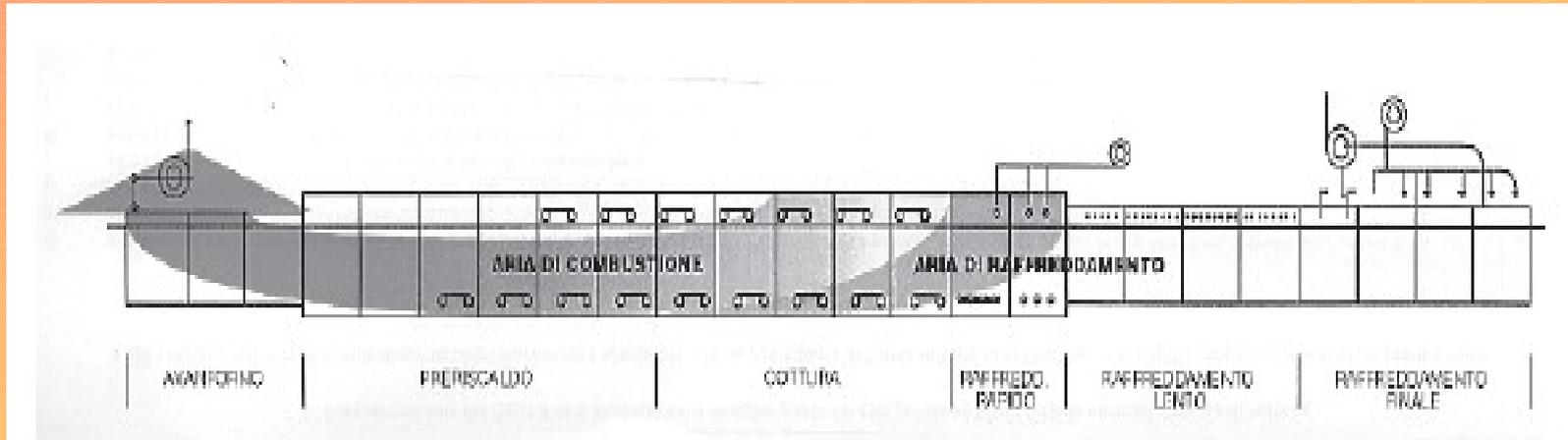
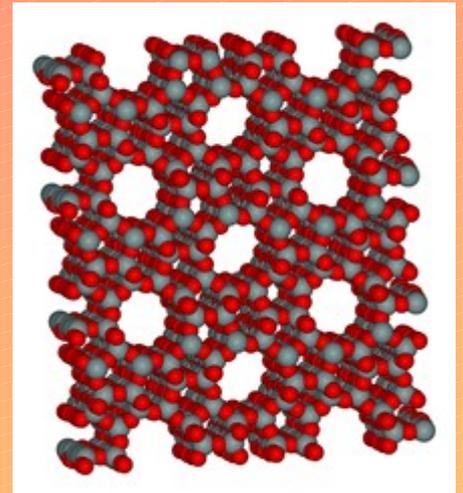
PREFORNO	10%
PRERISCALDO	31%
COTTURA	19%
RAFFREDDAMENTO RAPIDO	6%
RAFFREDDAMENTO LENTO	20%
RAFFREDDAMENTO FINALE	14%



PREFORNO (200-500°C)

Eliminazione acqua igroscopica residua dopo l'essiccazione (umidità massima 2% in peso)

Eliminazione acqua zeolitica delle argille



DIREZIONE DEI FUMI **CONTRARIA AL MOVIMENTO DELLE PIASTRELLE**. I FUMI SONO CONVOGLIATI VERSO IL CAMINO DI ASPIRAZIONE, POSTO ALL'INGRESSO DEL FORNO, PER SFRUTTARE, NELLA ZONA DI PRERISCALDAMENTO, LA TEMPERATURA DEI FUMI GENERATI NELLA ZONA DI COTTURA

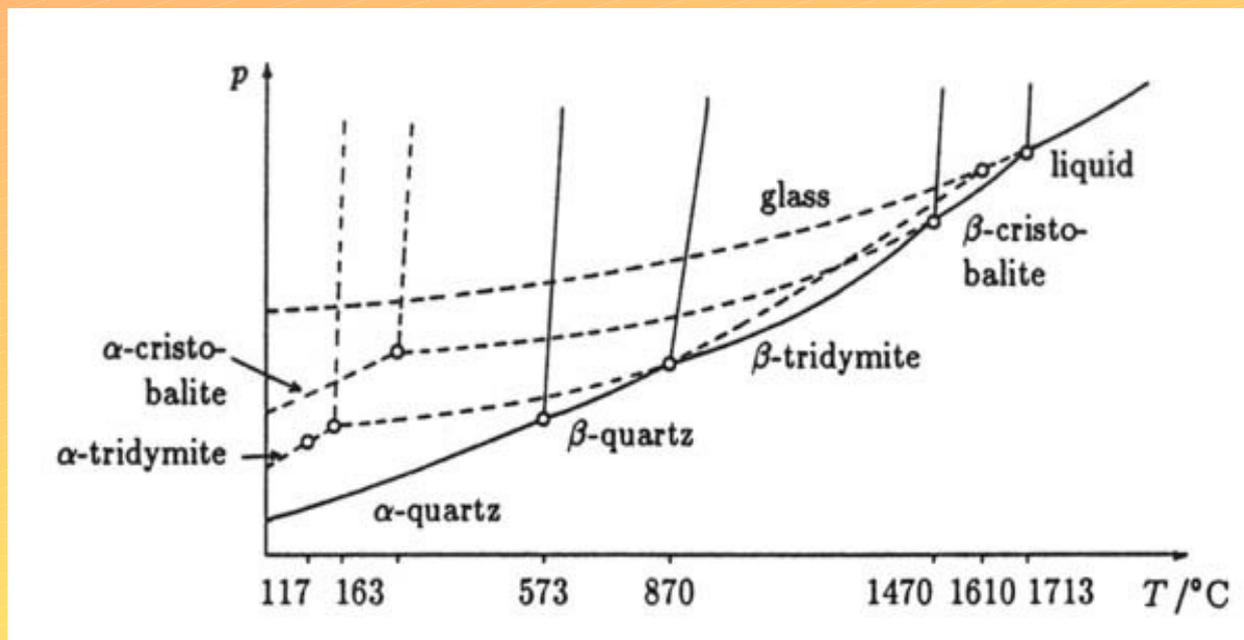
PRERISCALDO

Temperatura variabile dai 500 ai 1000°C fino ai 1100°C in alcuni casi eccezionali (con bruciatori posti sia al di sopra che al di sotto del piano dei rulli)

Dedicato alla degasazione del corpo ceramico per evitare in cottura difetti quali: bollicine, buchi, rigonfiamenti e stonalizzazioni dello smalto.

La zona di preriscaldamento finisce laddove si innesca la fusione

Avviene anche la trasformazione del quarzo α (simmetria trigonale) in quarzo β (simmetria esagonale)



COTTURA

La zona di massima temperatura del forno, con un differente grado di isolamento a seconda delle temperature massime raggiunte.

La zona è dotata di buciatori sia sopra che sotto il piano dei rulli.

La zona in cui si decidono le caratteristiche finali di greificazione, planarità, dimensioni e sviluppo degli smalti nel prodotto finale.

Per gestire l'influenza con la contigua zona di raffreddamento si ha tra le due zone uno sbarramento fisico costituito da un muro di materiale isolante e diversi tagliafiamme.

RAFFREDDAMENTO RAPIDO

Zona in cui si raggiungono i **600°C**.

Raffreddamento dato da tubi perforati (tubi soffiatori) posti sulle pareti del forno sopra e sotto il piano dei rulli. Dai fori viene immessa nel forno aria fredda.

RAFFREDDAMENTO LENTO

Temperature tra i 600 e i 450°C.

Zona di ritrasformazione del quarzo con conseguente diminuzione di volume.

Raffreddamento dato da tubi scambiatori di calore posti al di sotto della volta del forno in cui viene fatta circolare aria fredda aspirata in ambiente.

E' divisa dalla zona seguente da un doppio muro isolante per evitare la corsa in controcorrente al carico dei grossi volumi di aria in gioco nel raffreddamento finale.

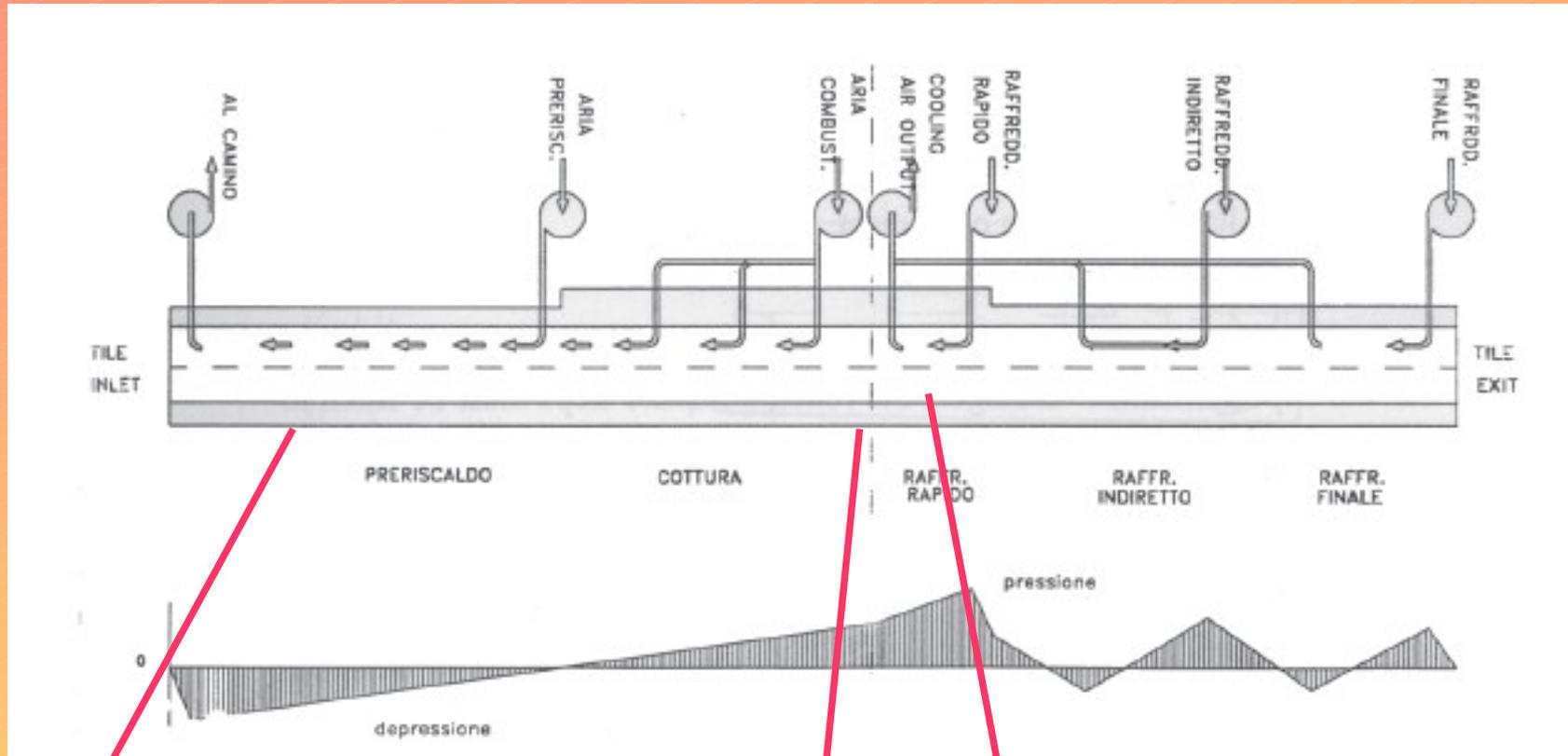
RAFFREDDAMENTO FINALE

Zona di **massimo abbattimento delle temperature.**

Raffreddamento dato da aria che soffia direttamente sui pezzi sia al di sopra che al di sotto del piano dei rulli. L'aria che si scalda al contatto con le piastrelle viene aspirata da prese poste vicino alla zona di raffreddamento lento.

SITUAZIONE PRESSORIA DEL FORNO

Il bilancio dei volumi di aria in circolo nel forno è fondamentale per la planarità dei pezzi.



**PRESSIONE
MINIMA**

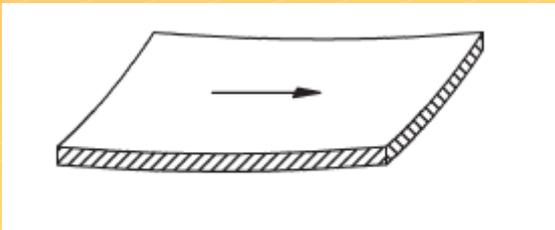
PUNTO 0

PRESSIONE MASSIMA

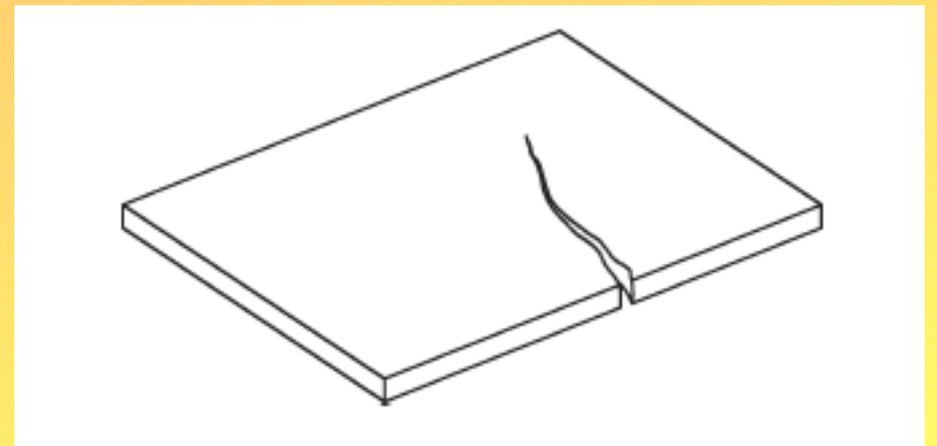
DIFETTOLOGIE LEGATE ALLA COTTURA



PLANARITA'



ROTTURE



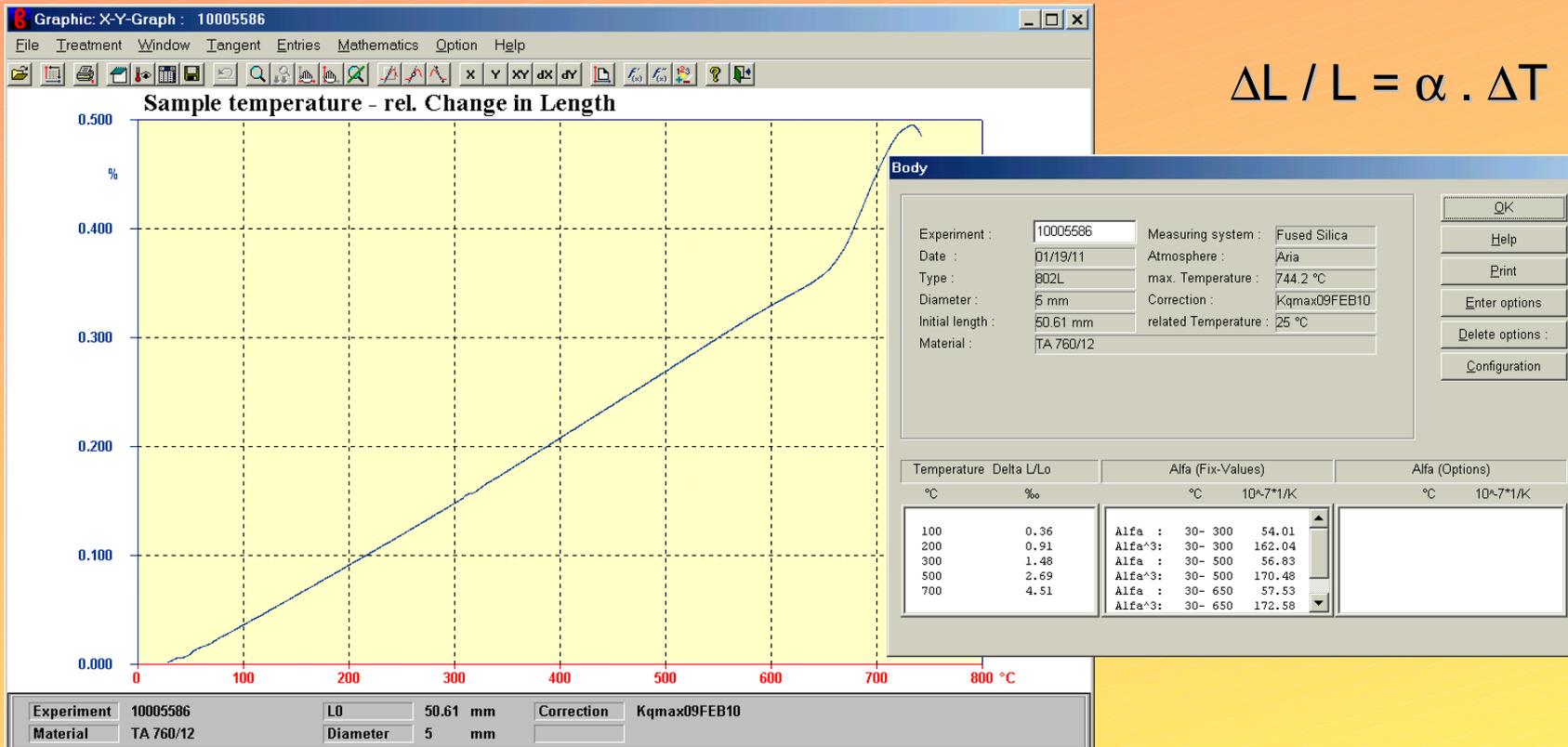
PLANARITA'

Il **coefficiente di dilatazione termica** misura la variazione lineare, subita da un provino cilindrico costituito da smalto, al variare della temperatura e viene definito come l'aumento di lunghezza subito dall'unità di lunghezza del materiale per un incremento di temperatura di un grado.



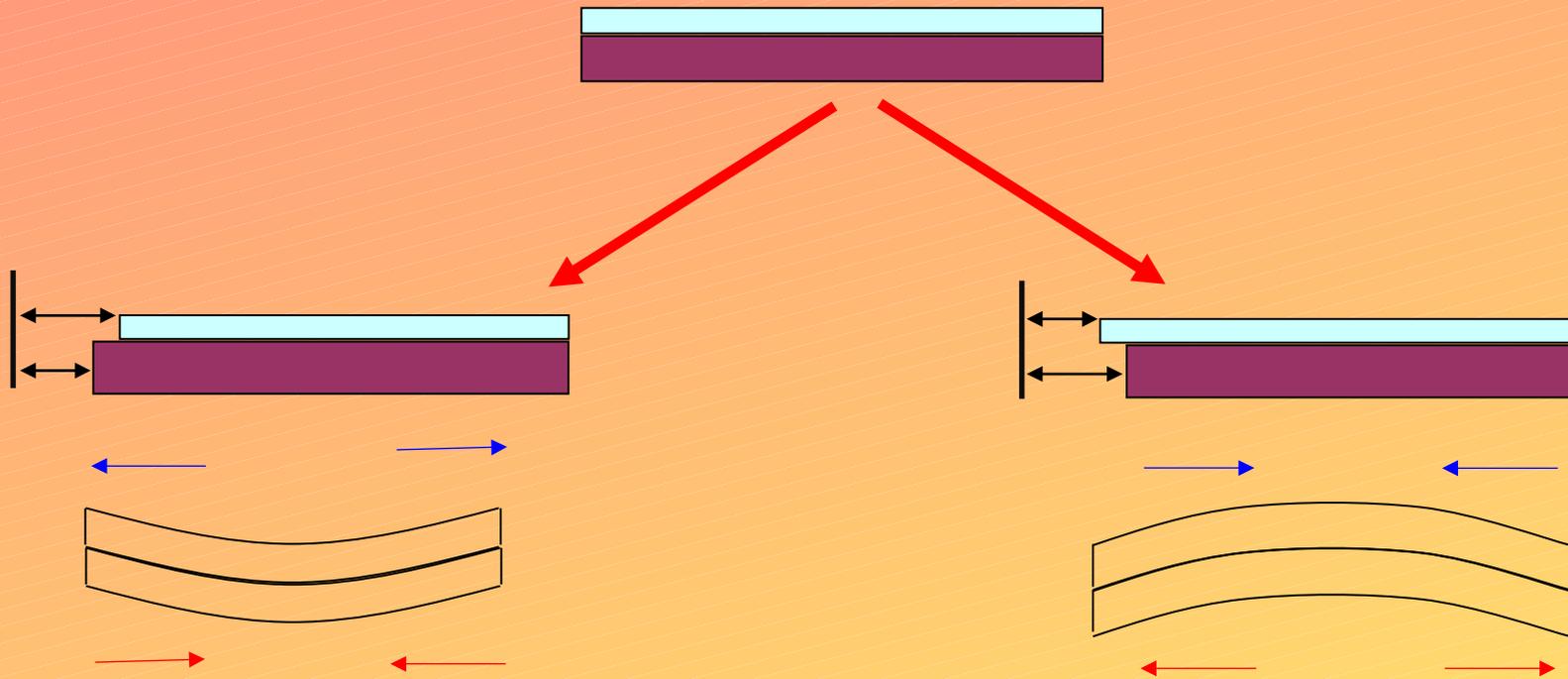
PLANARITA'

Ogni smalto presenta un proprio coefficiente di dilatazione in funzione della propria composizione, la cui conoscenza è indispensabile per ottenere un prodotto finito privo di difetti.



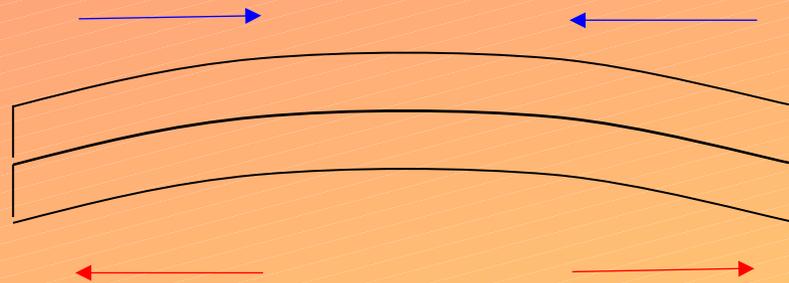
$$\Delta L / L = \alpha \cdot \Delta T$$

La compatibilità dilatometrica tra il supporto e lo smalto è un fattore imprescindibile al fine di poter controllare la planarità delle piastrelle.

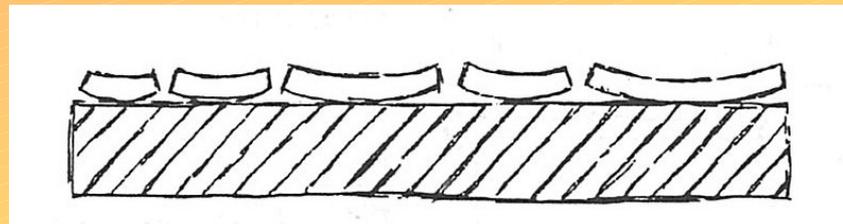


Per ovviare a questi problemi una soluzione può essere rappresentata dall'impiego di un'interfase tra smalto e supporto che viene definita ingobbio.

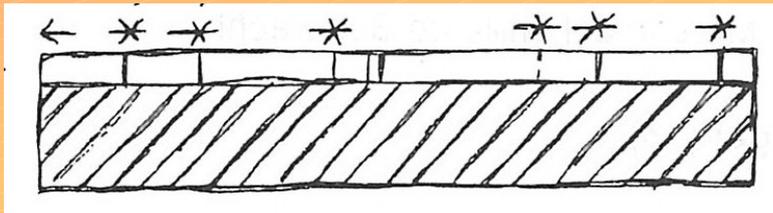
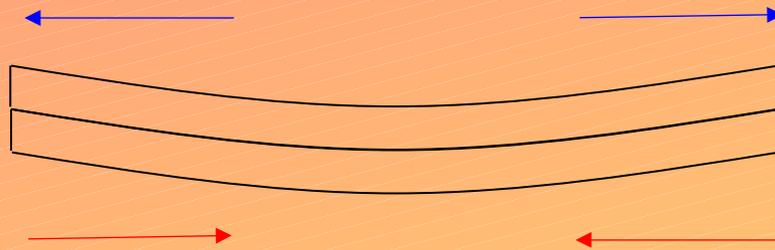
Quando la curvatura è convessa, il vetro si trova in COMPRESSIONE.
Il vetro può sopportare 10.000 Kg/cm² prima di scagliare.



Data l'alta resistenza del vetro alla compressione il difetto si manifesta per grandi differenze tra il coefficiente di dilatazione del vetro e del supporto.



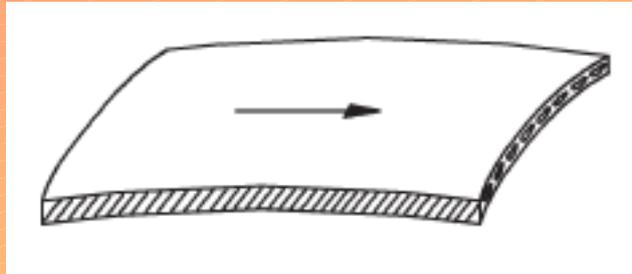
Quando la curvatura è concava, il vetro si trova in TRAZIONE.
In queste condizioni il vetro può sopportare solo 500 Kg/cm² prima di rompersi.



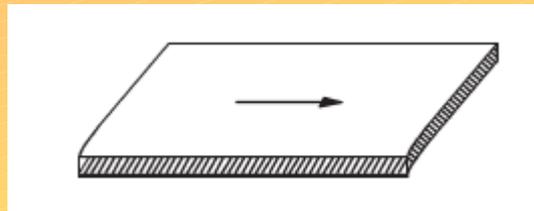
PLANARITA'

Regolazioni del forno possono aiutare a diminuire un difetto dovuto ad incompatibilità di coefficiente tra smalto ed impasto

CONVESSITA'



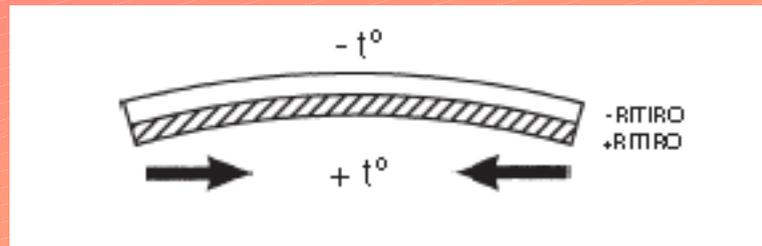
a) soffiare aria fredda **SOTTO IL PIANO DEI RULLI** in raffreddamento rapido escludendo i soffiatori sopra il piano dei rulli (**deformazione rulli** - rulli ad alto coefficiente di trasmissione).



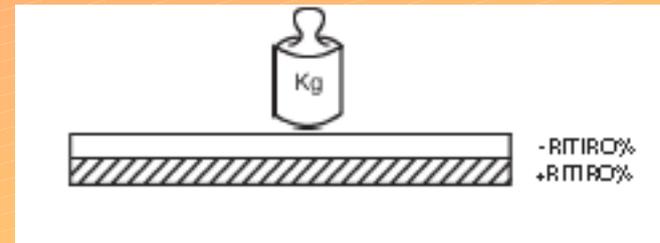
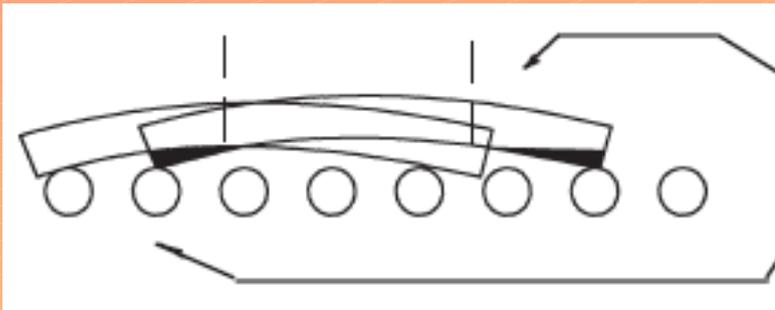
CORREZIONE PIU DECISA SUI LATI PARALLELI AL PIANO DEI RULLI

b) nella prima parte della zona di cottura aumentare la temperatura **AL DI SOTTO DEL PIANO DEI RULLI** (di 20-30°C).

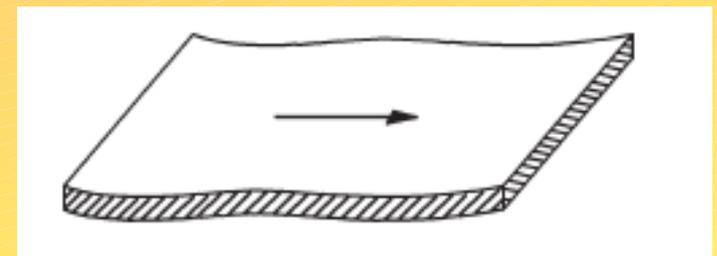
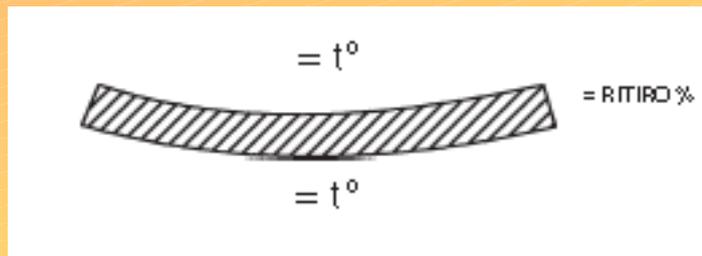
1° MOMENTO:
inizia il momento di ritiro
in cottura



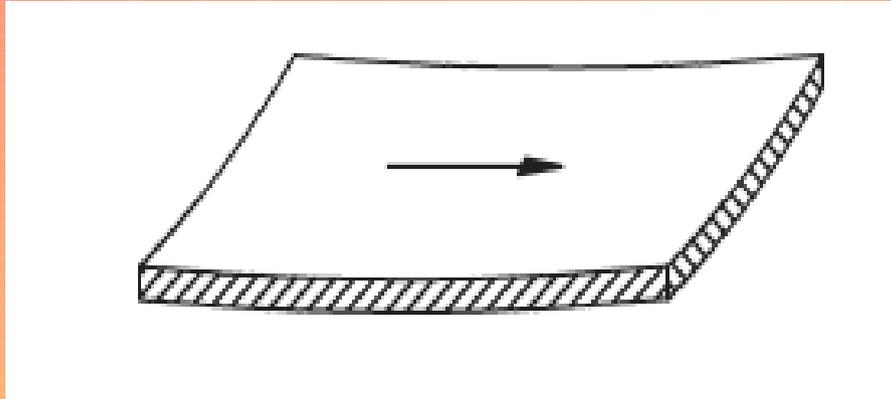
2° MOMENTO:



3° MOMENTO:



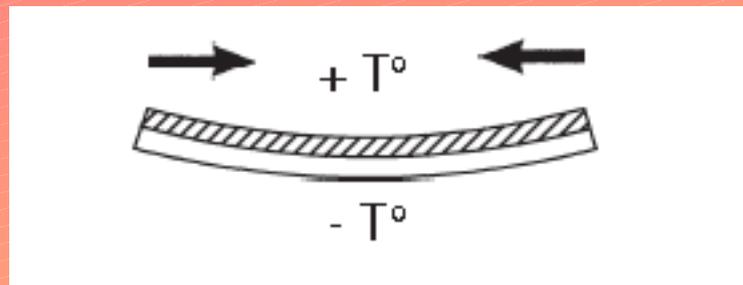
CONCAVITA'



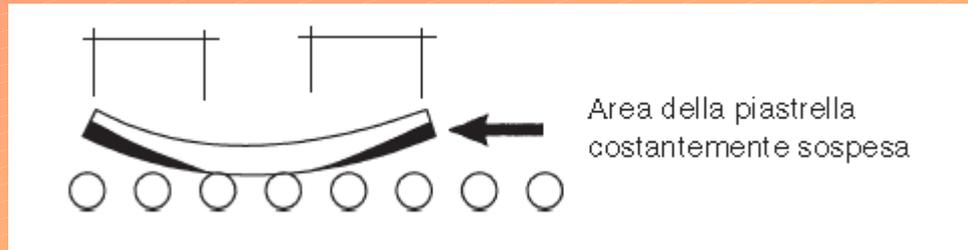
a) aumentare in zona di raffreddamento rapido la soffiatura di **aria fredda AL DI SOPRA DEL PIANO DEI RULLI** direzionando l'aria non sul supporto, ma sulla volta del forno

b) aumentare la temperatura di **20-30°C al di sopra del piano dei rulli** nella zona di cottura precedente alla massima temperatura.

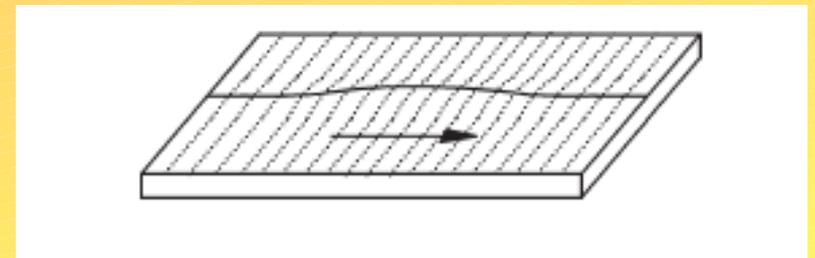
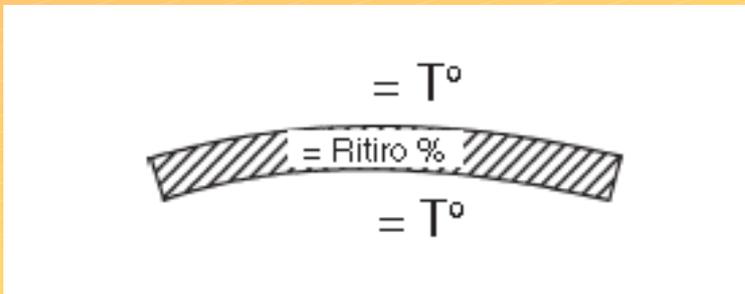
1° MOMENTO:
inizia il momento di ritiro
in cottura



2° MOMENTO:



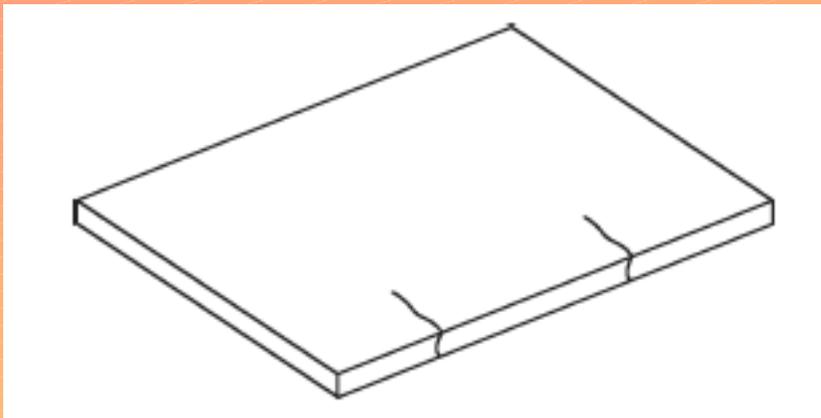
3° MOMENTO:



ROTTURE

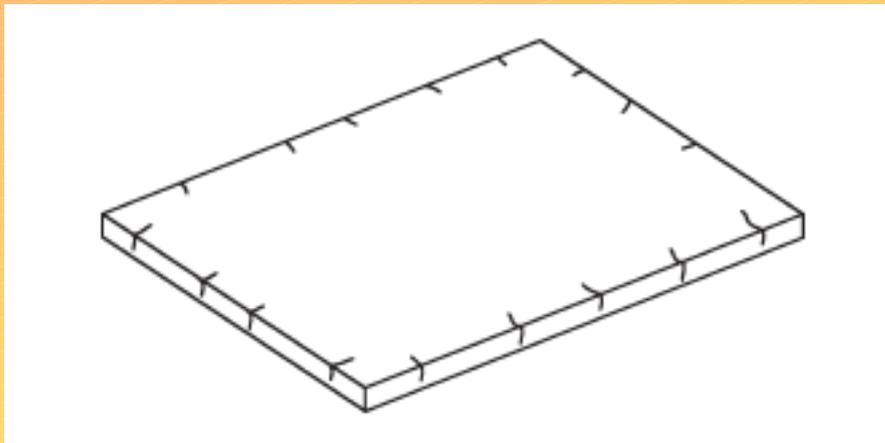
PRERISCALDO

Molto rare in preriscaldamento rotture in pezzi cotti con tecnologia gres. Le rotture sono caratterizzate da bordi frastagliati che vanno dalla periferia al centro nei quali poi penetra lo smalto. I pezzi interessati sono quelli alle estremità del carico.



la rottura si produce per **STRAPPO** quando il ritiro del bordo che si riscalda anticipatamente è contrastato dal centro più freddo.

→ **diminuire la T di 30°C** ai primi bruciatori tra i 700-900°C



tra gli 800-900°C a causa di immissioni di aria fredda (bruciatori spenti)



GRADIENTI INSOSTENIBILI

ROTTURE IN RAFFREDDAMENTO (SFILO)

Avviene a cavallo dei **573°C** (trasformazione del quarzo)

FATTORI DI RISCHIO SONO:

- impasti ad alto contenuto di quarzo
- supporti al alto spessore o grandi dimensioni
- rapidità del ciclo di raffreddamento

FRATTURE CURVILINEE CON BORDI AFFILATI DELLO SMALTO

!!!! INDIVIDUARE QUALE PARTE DEL CARICO SUBISCE LA ROTTURA!!!!

ROTTURE DEL CARICO VICINO LA PARETE:

rottura in raffreddamento rapido per eccesso di esposizione ai getti di aria fredda

ROTTURE AL CENTRO DEL CARICO:

rottura in zona di raffreddamento finale



AUMENTARE IL RAFFREDDAMENTO DELLE DUE ZONE PRECEDENTI

ROTTURE DOPO I VUOTI DI CARICO



LIMITARE LA PRESSIONE DELL'ARIA NEL RAFFREDDAMENTO RAPIDO

DIFETTI DI SUPERFICIE DELLO SMALTO

VARIABILITA' DELLA TEMPERATURA: stonalizzazioni

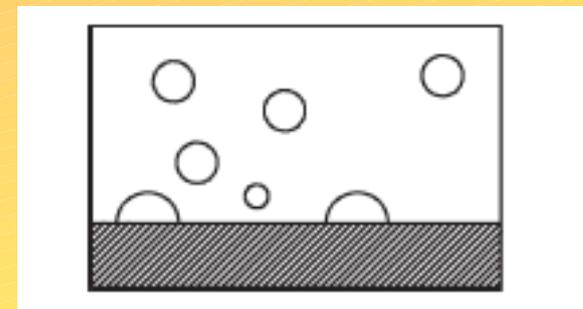
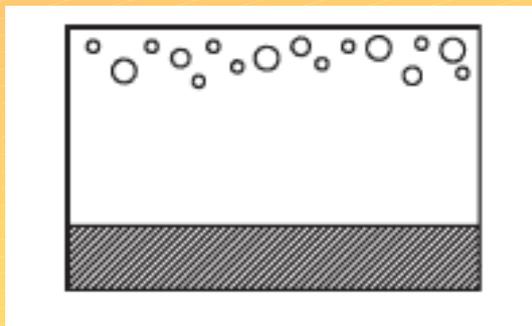
NON CORRETTO FLUSSO DEI FUMI: effetto a pelle d'uovo dello smalto

ECCESSI DI COTTURA: ribolliture in superficie

CICLI DI COTTURA TROPPO RAPIDI: martellatura dello smalto

**NON COMPLETA DEGASAZIONE DEL SUPPORTO PRIMA DEL
RAMMOLLIMENTO DELLO SMALTO**

**MAGGIORE PERMANENZA
NELLA ZONA TRA I 920-980°C**



TEST DI BICOTTURA

GRAZIE A
TUTTI PER
L'ATTENZIONE!!!