



## **ESSICCAZIONE E COTTURA DI PIASTRELLE CERAMICHE**

### **Indice**

### **Premessa**

### **Nota degli autori**

### **PARTE PRIMA**

### **ESSICCAZIONE E COTTURA: NOZIONI FONDAMENTALI**

#### **Capitolo 1. INTRODUZIONE**

#### **Capitolo 2. IL CALORE**

##### **1. I principali fenomeni termici e le grandezze relative**

- 1.1. Temperatura e calore
- 1.2. Dilatazione e contrazione
- 1.3. Cambiamento di stato

##### **2. Combustione**

- 2.1. Eccesso d'aria
- 2.2. Composizione dei fumi

##### **3. La trasmissione del calore**

- 3.1. Conduzione
- 3.2. Convezione
- 3.3. Irraggiamento
- 3.4. Irraggiamento nei gas
- 3.5. Assorbimento di microonde
- 3.6. Mescolamento di fluidi

##### **4. Misura delle temperature**

##### **5. Regolazione della temperatura**

Regolazione tipo on-off:  
Regolazione tipo pid (solo con valvola modulante)

### **Capitolo 3. MECCANICA DEI GAS E VAPORI**

- 1. Pressione**
- 2. Leggi dello stato gassoso**
  - a) Equazione fondamentale
  - b) Legge di Boyle-Mariotte
  - c) Leggi di Gay-Lussac
- 3. Trasformazioni**
  - a) Isobarica (a pressione costante)
  - b) A volume costante
  - c) Isotermica (a temperatura costante)
  - d) Adiabatica (senza scambio di calore)
- 4. Moto dei gas in condotti**
- 5. Misura della pressione**
- 6. Ventilatori**

### **Capitolo 4. SOLLECITAZIONI INTERNE**

- 1. Le cause che originano le sollecitazioni interne**
- 2. Sollecitazioni e deformazioni nella piastrella**
- 3. Plasticità, snervamento, resistenza meccanica e scorrimento plastico**
- 4. Fattore di concentrazione delle tensioni e propagazione delle fratture**
- 5. Le sollecitazioni nel piano**
- 6. Casi particolari**
  - 6.1. Le trasformazioni allo stato solido
  - 6.2. Doppio strato
  - 6.3. Le inclusioni
- 7. Il raffreddamento**
  - 7.1. Tensioni residue nel prodotto cotto
  - 7.2. Curvatura da raffreddamento
- 8. Effetti dell'anisotropia**

## **PARTE SECONDA: ESSICCAZIONE**

### **Capitolo 1.....**

- 1. Introduzione**
- 2. L'essiccazione di corpi ceramici crudi**
  - 2.1. Il corpo poroso
  - 2.2. L'acqua all'interno del corpo
- 3. Il comportamento dell'impasto argilloso**
- 4. Teoria dell'essiccazione rapida**
  - a) Evaporazione in superficie
  - b) Migrazione dell'acqua dall'interno verso la superficie esterna
  - c) Evaporazione nell'interno del poro
  - d) Formazione di condensa
- 5. Trasmissione del calore**
- 6. Essiccazione lenta ed essiccazione rapida**
- 7. Sollecitazioni che si presentano durante l'essiccamento**
  - a) Spessori piccoli (essiccazione di piastrelle singole)

- b) Spessori molto elevati (essiccazione in pile)
- c) Spessori intermedi (essiccazione di spessori relativamente grossi)

## **8. Il ciclo ideale**

## **9. Difetti da essiccazione**

# **Capitolo 2. GLI ESSICCATOI**

## **1. Essiccatoi a celle**

## **2. Essiccatoi rapidi verticali**

## **3. Essiccatoi orizzontali a tunnel o tradizionali**

## **4. Essiccatoi rapidi orizzontali**

## **5. Essiccatoi ad irraggiamento (a raggi infrarossi)**

## **6. La conduzione dell'essiccatoio**

## **7. Altri impieghi**

- 7.1. Essiccamento prima della cottura
- 7.2. Essiccamento sulla linea di smaltatura
- 7.3. Essiccamento di materiale cotto
- 7.4. Applicazioni in terzo fuoco

# **PARTE TERZA: COTTURA DI PIASTRELLE CERAMICHE**

## **Capitolo 1. LA COTTURA COME TRASFORMAZIONE CHIMICO-FISICA**

### **1. Generalità**

### **2. Le trasformazioni chimico-fisiche**

- 2.1. Trasformazioni allo stato solido
- 2.2. Miscele ed eutettici

### **3. Test termici**

- 3.1. Analisi dilatometrica: tma (thermo mechanical analysis)
- 3.2. Analisi termica differenziale: dta (differential thermal analysis)
- 3.3. Analisi termica ponderale: tga (thermal gravimetric analysis)

### **4. Le principali reazioni che avvengono in cottura**

### **5. Curve di greificazione**

### **6. Diagramma di cottura**

- 6.1. Ciclo di monocottura
  - 6.1.1. Monocottura con impasto rosso - porosità finale  $3 \div 6 \%$
  - 6.1.2. Monocottura con impasto chiaro - porosità finale  $\sim 3 \%$
  - 6.1.3. Monoporosa - porosità finale  $10 \div 18 \%$
  - 6.1.4. Gres porcellanato – porosità finale  $<0,5\%$
- 6.2. Ciclo di bicottura
  - 6.2.1. Cottura a biscotto
  - 6.2.2. Inertizzazione
  - 6.2.3. Cottura dello smalto o seconda cottura
- 6.3. Cottura a terzo fuoco

### **7. Fenomeni inerenti lo smalto**

- 7.1. Comportamento degli smalti in cottura
- 7.2. Interazioni fra smalti in cottura

## **Capitolo 2. IL FORNO A RULLI**

### **1. Presentazione generale**

### **2. Composizione**

- 2.1. Preforno
- 2.2. Preriscaldamento
- 2.3. Riscaldamento
- 2.4. Cottura
- 2.5. Raffreddamento rapido diretto
- 2.6. Raffreddamento lento indiretto
- 2.7. Raffreddamento rapido finale
- 2.8. Raffreddamento aggiuntivo

### **3. La distribuzione della temperatura nella sezione**

## **Capitolo 3. IL FORNO A RULLI: ASPETTI TERMICI**

### **1. L'apparato di combustione**

- 1.1. Generalità
- 1.2. Confronto fra i sistemi di regolazione dei bruciatori

### **2. Impianto gas**

- 2.1. I combustibili
- 2.2. L'alimentazione del combustibile
- 2.3. Regolazione della temperatura

### **3. Movimento delle arie e dei fumi**

- 3.1. Fumi
- 3.2. Arie di raffreddamento
- 3.3. Altri effetti sulla cottura

### **4. La depurazione dei fumi: cenni**

### **5. Il recupero di calore**

## **Capitolo 4. IL FORNO A RULLI: AVANZAMENTO DEL MATERIALE DA CUOCERE**

### **1. La rulliera**

### **2. Rulli**

- 2.1. Rulli metallici
- 2.2. Rulli ceramici

### **3. Dimensionamento della sezione dei rulli**

### **4. Precauzioni nell'utilizzo di rulli**

### **5. Allineamento del materiale**

### **6. Accessori**

- 6.1. Il carico forno
- 6.2. Lo scarico forno

## **Capitolo 5. I DIFETTI DI COTTURA**

### **1. Crepe e fessure sui bordi**

- 1.1. Rotture da preriscaldamento
- 1.2. Sfilature da raffreddamento
- 1.3. Incrinature da essiccamento
- 1.4. Osservazioni

- 2. Crepe e fessure che non interessano il bordo**
- 3. Cuore nero**
- 4. Difetti dimensionali**
  - 4.1. Difetti di planarità
  - 4.2. Difetti di forma
- 5. Difetti relativi allo smalto**
  - 5.1. Perdita di brillantezza
  - 5.2. Cavillo
  - 5.3. Bolle, punte di spillo, buchi, crateri, avvallamenti
  - 5.4. Variazioni di tonalità
- 6. Inconvenienti che si presentano nel forno**

## **Capitolo 6. I CONTROLLI IN COTTURA**

- 1. Controlli sul forno**
- 2. Controlli sul prodotto**

## **APPENDICI**

APPENDICE A: Shock termico: distribuzione delle temperature nell'interno della massa

APPENDICE B: Antigelività e porosità

APPENDICE C: Tensioni residue smalto-supporto causate dal raffreddamento

APPENDICE D: Teorie della greificazione

APPENDICE E: le proprietà del materiale ceramico durante il processo di cottura

M. Paganelli, C. Venturelli

APPENDICE F: Informazioni sulle principali materie prime impiegate per la produzione di piastrelle

APPENDICE G: Comportamento dei liquidi non miscibili

APPENDICE H: Le pareti del forno

APPENDICE I: Distribuzione delle temperature nell'interno del forno

APPENDICE L: Distribuzione della temperatura nell'interno della piastrella

APPENDICE M: Consumi energetici

APPENDICE N: Esempi di resistenze concentrate