

POLITECNICO DI TORINO

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE II SESSIONE - ANNO 1996

Ramo MATERIALI

TEMA N. 2

Il trattamento di tempra rappresenta il sistema più efficace per migliorare le caratteristiche meccaniche dei vetri. Il processo consiste nel riscaldare il vetro ad una temperatura prossima a quella di rammollimento (600-700 °C) e nel successivo raffreddamento superficiale estremamente rapido, ad opera di getti d'aria.

La tecnologia moderna, per questo tipo di trattamento, propone forni continui, nei quali la suola è sostituita da un trasportatore a rulli. All'uscita dal forno, il raffreddamento di tempra è ottenuto mediante una corrente d'aria generata con ventilatori.

In uno stabilimento si devono temprare 3.500 pezzi/ora di lastre di vetro, aventi dimensioni 5X138X176 mm, le proprietà di maggiore interesse del tipo di vetro in esame sono (valori medi utilizzabili nel range delle temperature di lavoro):

- Massa volumica $5,7 \text{ Mg/m}^3$
- Calore specifico 830 J/kg K
- Conduttività termica $0,83 \text{ W/mK}$

Per un trattamento ottimale la temperatura di esercizio del forno è compresa tra i 600 °C nella zona di entrata ed i 700 °C nella zona di uscita.

Il Candidato, analizzato il ciclo di trattamento, esegua il progetto dell'impianto e scelga i tipi di materiali da impiegare per la costruzione delle differenti parti componenti.

Per il riscaldamento del forno si può disporre sia di elettricità (costo: 250 L/kWh), sia di metano (costo: 500 L/m³), la scelta sarà da effettuare sulla base di valutazioni tecnico-economiche.

L'elaborato dovrà essere completato con uno schizzo quotato e con una relazione tecnica.

Tabella 6.01 Conduktività e capacità termica massica dei materiali refrattari

materiale	massa volum.	conduttività a temperatura di					capacità termica media tra 0° e t				
		400°	600°	800°	1000°	1200°	400°	600°	800°	1000°	1200°
REFRATTARI											
silice	1730		1,38	1,46	1,59	1,67	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27
			1,60	1,70	1,85	1,94	930	990	1040	1080	1120
silico allumin.	1910		1,05	1,05	1,06	1,06	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27
			1,22	1,22	1,23	1,23	910	970	1030	1080	1120
silicioso	1850		0,77	0,82	0,89	0,97					
			0,89	0,95	1,03	1,13					
sillimanite	2300		1,22	1,25	1,27	1,30				0,25	
			1,42	1,45	1,48	1,51				1050	
alluminoso	2400		1,34	1,32	1,30	1,30					
			1,56	1,53	1,51	1,51					
magnesite	2750			4,14	3,19	2,67	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
				4,81	3,71	3,10	1050	1090	1130	1170	1210
cromo-magnesite	2790		1,38	1,38	1,36	1,28	0,22	0,23	0,24	0,23	
			1,60	1,60	1,58	1,49	920	960	1000	960	
carburo silicio	2520			10,44	10,00	9,68				0,23	
				12,14	11,62	11,25				960	
calcestr. refratt.	1900		0,84	0,88	0,94	1,06					
			0,98	1,02	1,09	1,23	1,51				
ISOLANTI REFRATTARI											
I 32 (ASTM) 1200		0,49	0,50	0,50	0,50	0,50					
		0,57	0,58	0,58	0,58	0,58					
I 30 (ASTM) 1000		0,40	0,41	0,42	0,43	0,44					
		0,46	0,48	0,49	0,50	0,51					
I 28 (ASTM) 900		0,35	0,37	0,39	0,41	0,43					
		0,41	0,43	0,45	0,48	0,50					
I 26/23 (ASTM) 800		0,27	0,31	0,34	0,38						
		0,31	0,36	0,39	0,44						
I 23 (ASTM) 500		0,14	0,15	0,17	0,18						
		0,16	0,17	0,20	0,21						
I 16 (ASTM) 500		0,13	0,15	0,17							
		0,15	0,17	0,20							
LATERIZI PIENI 1700		0,73	0,83				0,21				
		0,85	0,96				880				

Note — I valori in chiaro sono in unità tecniche (kcal/mh°C e kcal/kg°C)
i valori in neretto sono unità SI (W/mK e J/kgK)

La conduttività può variare anche sensibilmente in relazione alle diverse caratteristiche dei vari materiali, anche se della stessa categoria. Per i refrattari silico alluminosi per esempio, una maggiore porosità (massa vol. = 1,85), abbassa la conduttività di circa il 10% mentre con massa volumica di 2,1 aumenta di circa il 10% rispetto ai valori di tabella.

Tabella 6.02 Conduttività e capacità termica massica dei materiali da costruzione

materiale	massa volum.	conduttività a temperatura di				capac. term. media tra 0° e		
		t. amb.	100°	300°	500°	t. amb.	100°	300°
acciaio	7800		39 45	37 43	33 38	0,12 500		
acciaio inox (18/8)	7800	6,5 7,6	7 8,1	8 9,3	9 10,5	0,12 500		
alluminio	2700	173 201	176 205	198 230	231 269	0,21 890	0,22 940	0,24 1000
bronzo	8700	50 58	61 71			0,09 380	0,09 390	
cromo	7100					0,10 430	0,11 470	0,12 520
ferro dolce	7800	48 56	47 55	43 50	32 37	0,11 480	0,12 500	0,13 540
ghisa	7300	48 56	45 52	39 45		0,12 500		
nichel	8800	54 63	51 59	47 55		0,11 440	0,11 460	
ottone (70/30)	8500	83 96	89 103	98 114		0,09 380		
piombo	11300	31 36	29 34			0,03 130	0,03 130	
rame (puro)	8900	332 386	324 377	315 366	308 358	0,09 380	0,09 390	0,10 410
calcestruzzo	2300	1,30 1,51				0,26 1090		
muratura mattoni pieni	1800	0,68 0,79				0,20 840		
muratura forati	1400	0,48 0,56				0,20 840		
muratura pietrame	2200	2,00 2,32				0,21 880		
intonaco di calce	1600	0,60 0,70				0,22 920		
intonaco di cemento	2200	1,20 1,39				0,25 1050		
cemento amianto	1800	0,30 0,35				0,23 960		
legno di quercia	820	0,18 0,21				0,57 2390	⊥ fibre	
legno di pino	550	0,13 0,15				0,65 2720	⊥ fibre	
vetro	2500	0,70 0,81				0,20 840		

Note — I valori in chiaro sono in unità tecniche (kcal/mh°C e kcal/kg°C)
I valori in neretto sono in unità SI (W/mK e J/kgK)

Tabella 6.03 Conduttività e capacità termica massica dei materiali isolanti

materiale	massa volum.	conduttività a temperatura di				capac. term. media tra 0°C temp. amb.
		t. amb.	100°	200°	400°	
MATERIALI SCIOLTI						
sabbia asciutta	1500	0,28	0,31			0,19
		0,32	0,36			790
laterizi granulati	1200	0,25				0,20
		0,29				840
pomice granulata	350	0,07	0,09	0,12		0,25
		0,081	0,10	0,14		1050
argilla espansa	400	0,08				0,20
		0,09				840
farina fossile	200	0,05	0,055	0,06	0,07	0,18
		0,058	0,064	0,07	0,081	750
magnesia con amianto	190	0,05	0,06			0,24
		0,058	0,07			1000
vermiculite	100	0,05	0,08	0,10	0,16	
		0,058	0,093	0,12	0,19	
CALCESTRUZZI						
di pomice	1000	0,30				0,25
		0,35				1050
di argilla espansa	500	0,14				
		0,16				
di farina fossile	500		0,08	0,09		0,23
			0,093	0,10		960
di vermiculite	400	0,09	0,11	0,14	0,20	
		0,10	0,13	0,16	0,23	
cemento cellulare	600	0,16				0,27
		0,19				1130
MATERIALI FIBROSI						
amianto (lana)	500	0,13	0,14			0,19
		0,15	0,16			790
amianto (cartone)	1250		0,20			0,20
			0,23			840
lana di roccia	100	0,04	0,045	0,064		0,20
		0,046	0,052	0,074		840
lana di vetro	100	0,04	0,045	0,064	0,09	0,20
		0,046	0,052	0,074	0,10	840
lana di allumina	100			0,055	0,082	
				0,064	0,095	
VARI						
calciosilicato	200	0,04	0,05	0,06	0,08	0,20
		0,046	0,058	0,07	0,093	840
sughero (lastra)	200	0,045				0,42
		0,052				1760
polistirolo espanso	25	0,027				0,33
		0,031				1380

Note — I valori in chiaro sono in unità tecniche kcal/mh°C e kcal/kg)
I valori in neretto sono in unità SI (W/mK e J/kgK) kcal/kg °C