

ESAMI DI STATO  
PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
I SESSIONE - ANNO 1997

Ramo Ing. Chimica-Materiali

TEMA N. 3

Nel complesso dei pezzi costituenti il differenziale per automezzi, un componente è costituito da una corona conica unita mediante un processo di saldatura ad un mozzo a forma di gabbia. La giunzione tra corona e gabbia avviene lungo tutta la circonferenza interna della corona stessa. La corona ha diametro esterno pari a 220 mm, mentre quello interno è di 110 mm. L'acciaio impiegato per la costruzione della corona ha composizione: C 0,19, Si 0,23, Mn 0,81, S 0,019, P 0,016 e Al 0,02, mentre quello impiegato per la gabbia ha: C 0,25, Si 0,28, Mn 0,78, S 0,015, P 0,018 e Al 0,015. Un'officina deve produrre 600 componenti al giorno. La corona dentata dev'essere cementata per ottenere una durezza superficiale pari a 62 HRC ed una profondità di indurimento efficace pari a 1,6 mm.

**Il candidato:**

1. *indichi il processo di saldatura che ritiene più idoneo applicare per il caso in esame e ne motivi la scelta.*
2. *determinato il profilo di diffusione del carbonio, definisca i cicli termici per il trattamento completo delle corone.*
3. *avendo a disposizione gas propano, indichi come intende produrre l'atmosfera idonea per il trattamento richiesto. Della stessa ne definisca la composizione.*
4. *disegni il flow-sheet per la costruzione degli impianti di trattamento termico e per la generazione dell'atmosfera di trattamento, allegando un dimensionamento di massima del forno da impiegare per la cementazione.*
5. *indichi la strumentazione da impiegare per garantire la funzionalità e la sicurezza sia degli impianti, sia dell'ambiente.*

Si assumano valide le seguenti relazioni:

$$p = 660 \cdot e^{-8287/T} \cdot \sqrt{t}$$

t: tempo in h;

$$\text{profondità efficace} = (2/3) p$$

p: profondità in mm

T: temperatura assoluta

$$D = D_0 e^{-Q/RT}$$

$$D_0 = 0,26 \text{ cm}^2/\text{s};$$

$$Q = 34500 \text{ cal/mol}$$

$$C_s - C_x$$

$$\text{-----} = \text{erf} (x/2\sqrt{Dt})$$

$$C_s - C_0$$

$C_s$ : concentrazione di C alla superficie;

$C_0$ : concentrazione iniziale di C nell'acciaio

$C_x$ : concentrazione alla distanza x dalla superficie del pezzo.

Fig. 2: Relationship Between Carbon Content and Maximum Hardness. Usually attained in commercial hardening

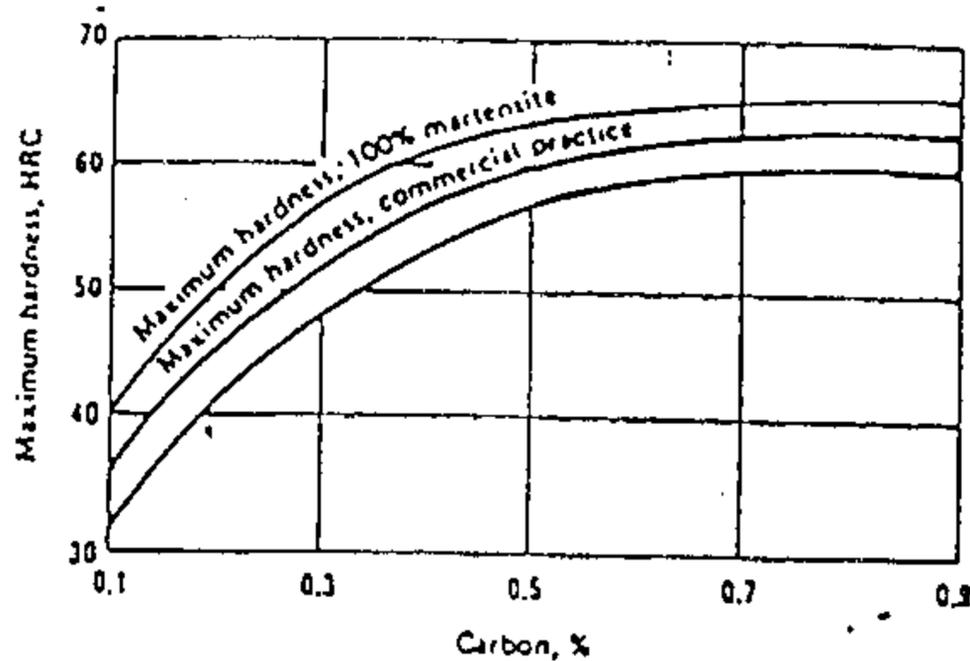


TABLE 1-1. The Error Function

$z$	$\text{erf}(z)$	$z$	$\text{erf}(z)$
0	0	0.85	0.7707
0.025	0.0282	0.90	0.7970
0.05	0.0564	0.95	0.8209
0.10	0.1125	1.0	0.8427
0.15	0.1680	1.1	0.8802
0.20	0.2227	1.2	0.9103
0.25	0.2763	1.3	0.9340
0.30	0.3286	1.4	0.9523
0.35	0.3794	1.5	0.9661
0.40	0.4284	1.6	0.9763
0.45	0.4755	1.7	0.9838
0.50	0.5205	1.8	0.9891
0.55	0.5633	1.9	0.9928
0.60	0.6039	2.0	0.9953
0.65	0.6420	2.2	0.9981
0.70	0.6778	2.4	0.9993
0.75	0.7112	2.6	0.9998
0.80	0.7421	2.8	0.9999

SOURCE: The values of  $\text{erf}(z)$  to 15 places, in increments in  $z$  of 0.0001, can be found in the Mathematical Tables Project "Table of Probability Functions . . .," vol. 1, Federal Works Agency, Works Projects Administration, New York, 1941. A discussion of the evaluation of  $\text{erf}(z)$ , its derivatives and integrals, with a brief table is given by H. Carslaw and J. Jaeger, in Appendix II of "Conduction of Heat in Solids," Oxford University Press, Fair Lawn, N.J., 1959.

Tabella 6.01 Conduttività 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°
<b>REFRATTARI</b>											
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	1,30					
		0,98	1,02	1,09	1,23	1,51					
<b>ISOLANTI REFRATTARI</b>											
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							
<b>LATERIZI PIENI 1700</b>		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 6.03 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°	
<b>MATERIALI SCIOLTI</b>						
sabbia asciutta	1500	0,28 0,32	0,31 0,36			0,19 790
laterizi granulati	1200	0,25 0,29				0,20 840
pomice granulata	350	0,07 0,081	0,09 0,10	0,12 0,14		0,25 1050
argilla espansa	400	0,08 0,09				0,20 840
farina fossile	200	0,05 0,058	0,055 0,064	0,06 0,07	0,07 0,081	0,18 750
magnesia con amianto	190	0,05 0,058	0,06 0,07			0,24 1000
vermiculite	100	0,05 0,058	0,08 0,093	0,10 0,12	0,16 0,19	
<b>CALCESTRUZZI</b>						
di pomice	1000	0,30 0,35				0,25 1050
di argilla espansa	500	0,14 0,16				
di farina fossile	500		0,08 0,093	0,09 0,10		0,23 960
di vermiculite	400	0,09 0,10	0,11 0,13	0,14 0,16	0,20 0,23	
cemento cellulare	600	0,16 0,19				0,27 1130
<b>MATERIALI FIBROSI</b>						
amianto (lana)	500	0,13 0,15	0,14 0,16			0,19 790
amianto (cartone)	1250		0,20 0,23			0,20 840
lana di roccia	100	0,04 0,046	0,045 0,052	0,064 0,074		0,20 840
lana di vetro	100	0,04 0,046	0,045 0,052	0,064 0,074	0,09 0,10	0,20 840
lana di allumina	100			0,055 0,064	0,082 0,095	
<b>VARI</b>						
calciosilicato	200	0,04 0,046	0,05 0,058	0,06 0,07	0,08 0,093	0,20 840
sughero (lastra)	200	0,045 0,052				0,42 1760
polistirolo espanso	25	0,027 0,031				0,33 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