**POLITECNICO DI TORINO**

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
I SESSIONE - ANNO 2000

Ramo Ing. dei Materiali TEMA N. 1

Un'azienda produce 1,5 tonnellate al giorno di ingranaggi aventi diametro est rno di 58 mm e spessore 20 mm. L'analisi di colata dell'acciaio che viene usato nel processo di fabbricazione è la seguente (percentuali espresse come composizione in peso): C = 0,19%; Si = 0,32%; Ni = 0,62%; Cr = 0,55%; Mo = 0,17%; Mn = 0,78%; P e S < 0,025%.
Sugli ingranaggi viene richiesta l'esecuzione di un trattamento di cementazione al fine di ottenere una durezza superficiale pari a 62 HRC e profondità efficace di 1,3 mm.

- Una volta stabilita la sigla UNI con cui deve essere indicato l'acciaio ed avendo determinato il profilo di durezza fino a cuore, si definiscano i cicli termici per il trattamento completo dei pezzi.
- Avendo a disposizione gas metano, si indichi come si può produrre l'atmosfera idonea per il trattamento richiesto e se ne definisca la composizione. Si indichino inoltre le differenze esistenti tra l'uso di metano e di quello di metanolo come punto di partenza per la creazione dell'atmosfera scelta.
- Si disegni il flow sheet per la costruzione degli impianti di trattamento termico e per la generazione dell'atmosfera cementante e si esegua un dimensionamento di massima degli impianti principali.
- Si indichi la strumentazione da impiegare per garantire funzionalità ed un buon grado di sicurezza sia per quanto concerne gli impianti che dal punto di vista ambientale

Si assumano le seguenti relazioni:

$$p = 802{,}6 \frac{\sqrt{t}}{10^{\left(\frac{3720}{T}\right)}}$$

Con: p = profondità in mm, t = tempo espresso in h, T = temperatura assoluta,
profondità efficace = (2/3) p

$$D = D_0 e^{-\frac{Q}{RT}}$$

$D_0 = 0{,}26\ cm^2 / s$
Q = 34500 cal/mol

$$\frac{C_s - C_x}{C_s - C_0} = erf\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

$C_s$ = concentrazione alla superficie
$C_0$ = concentrazione iniziale
$C_x$ = concentrazione alla distanza x

Table I — Carbon-Hardness Factors

| Carbon, % | Maximum Hardness, $R_c$ |
|---|---|
| 0.10 | 38 |
| 0.11 | 39 |
| 0.12 | 40 |
| 0.13 | 40 |
| 0.14 | 41 |
| 0.15 | 41 |
| 0.16 | 42 |
| 0.17 | 42 |
| 0.18 | 43 |
| 0.19 | 44 |
| 0.20 | 44 |
| 0.21 | 45 |
| 0.22 | 45 |
| 0.23 | 46 |
| 0.24 | 46 |
| 0.25 | 47 |
| 0.26 | 48 |
| 0.27 | 49 |
| 0.28 | 49 |
| 0.29 | 50 |
| 0.30 | 50 |
| 0.31 | 51 |
| 0.32 | 51 |
| 0.33 | 52 |
| 0.34 | 53 |
| 0.35 | 53 |
| 0.36 | 54 |
| 0.37 | 55 |
| 0.38 | 55 |
| 0.39 | 56 |
| 0.40 | 56 |
| 0.41 | 57 |
| 0.42 | 57 |
| 0.43 | 58 |
| 0.44 | 58 |
| 0.45 | 58 |
| 0.46 | 59 |
| 0.47 | 59 |
| 0.48 | 59 |
| 0.49 | 60 |
| 0.50 | 60 |
| 0.51 | 60 |
| 0.52 | 61 |
| 0.53 | 61 |
| 0.54 | 61 |
| 0.55 | 61 |
| 0.56 | 61 |
| 0.57 | 62 |
| 0.58 | 62 |
| 0.59 | 62 |
| 0.60 | 62 |

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

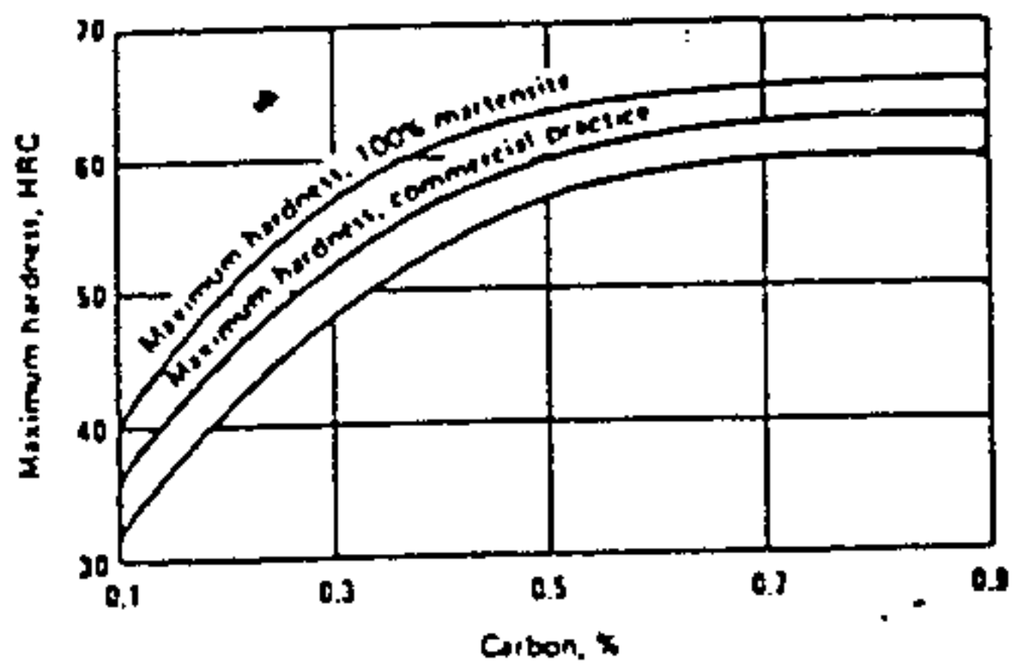



TABLE 1-1. The Error Function

| $z$ | $\mathrm{erf}(z)$ | $z$ | $\mathrm{erf}(z)$ |
|---|---|---|---|
| 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 |

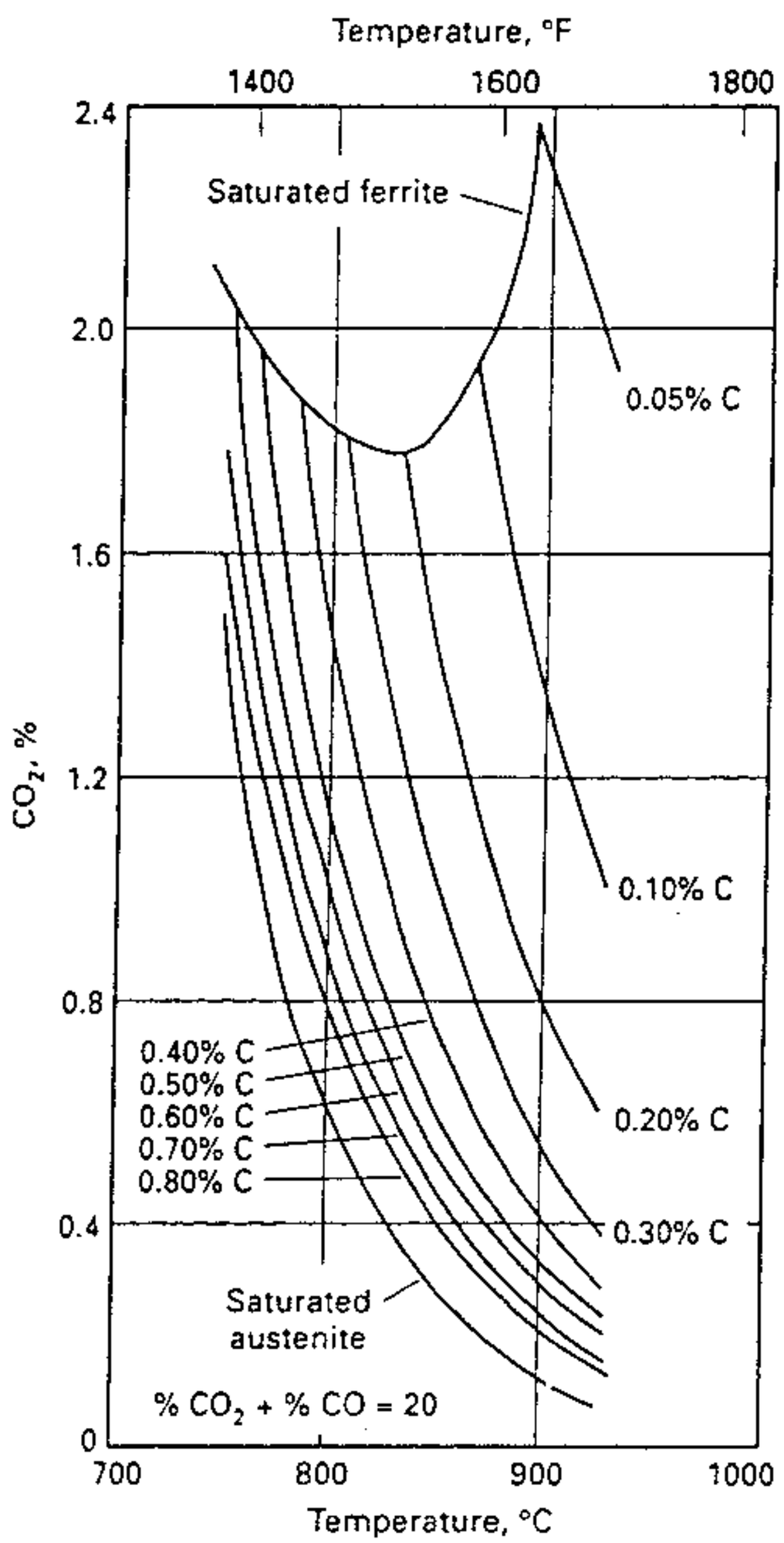
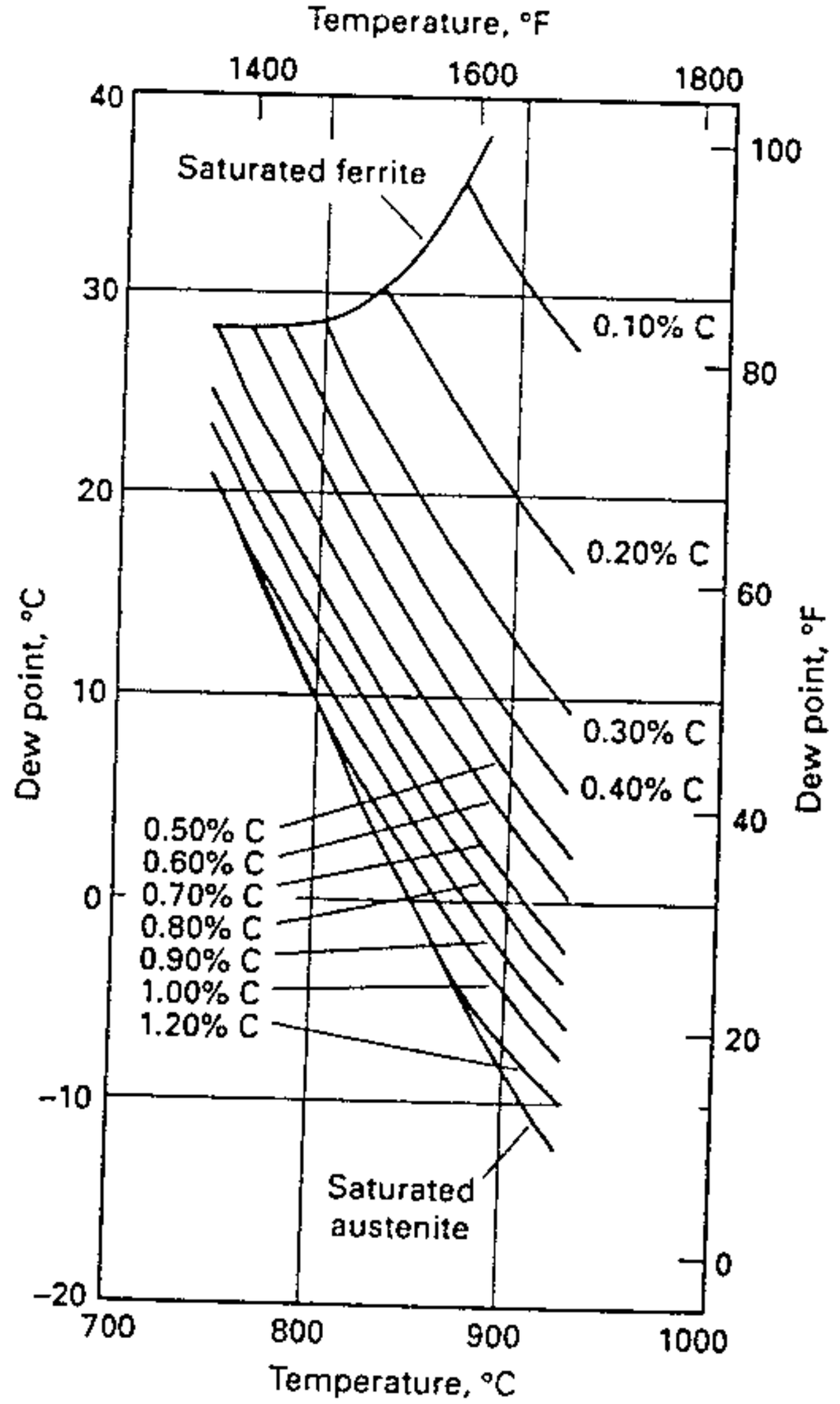



**Fig 2** Temperature and percentage of carbon dioxide for equilibrium conditions with carbon steels of various carbon contents




% $H_2$ = 40

% $CO_2$ + % CO = 20

$$\% H_2O = K \times \% H_2 \times \frac{\% CO_2}{\% CO}$$

Dew point = $T - 459.6$

$$\% H_2O = 10^{8.0615 - \frac{407}{T}}$$

**Fig 4** Dew point for equilibrium conditions with carbon steel of various carbon concentrations