

# POLITECNICO DI TORINO

## ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE I SESSIONE - ANNO 2001

Ramo Ing. dei Materiali

TEMA N. 1

Si devono produrre 500.000 pezzi/anno costituiti da ingranaggi conici, aventi diametro esterno 122 mm, foro centrale con diametro 25 mm e spessore totale 21 mm.

I materiali a disposizione sono:

Acciaio tipo 39 NiCrMo 3 in barre.

Acciaio tipo 20 NiCrMo 4 in barre

Polvere prelegata con composizione: C=0,7%, Cu=2%, Mo=0,55%, Ni=1,8%, Fe resto

Polvere di ferro puro + fosforo 0,6%

Gli ingranaggi dopo formatura vengono cementati, temprati e rinvenuti.

Il candidato scelga il materiale ritenuto idoneo per la fabbricazione degli ingranaggi in oggetto e descriva i cicli di fabbricazione da seguire.

Premesso che la durezza richiesta ai denti degli ingranaggi è pari a 58 HRC in superficie, mentre alla profondità di 0,6 mm è pari a 38 HRC, progetti i cicli di trattamento termico adeguati e determini il profilo di durezza dalla superficie a cuore.

Disegni inoltre il lay-out completo di tutti gli impianti necessari all'intero ciclo produttivo, discutendo con una breve relazione le scelte effettuate e fornendo indicazioni utili ai fini delle norme di sicurezza e di salvaguardia ambientale.

Si assumano le seguenti relazioni:

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

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

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

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

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

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

$C_s$  = concentrazione alla superficie

$C_0$  = concentrazione iniziale

$C_x$  = concentrazione alla distanza  $x$

Table I.—  
Carbon-Hardness  
Factors

Maximum Carbon, %	Hardness, $H_c$
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

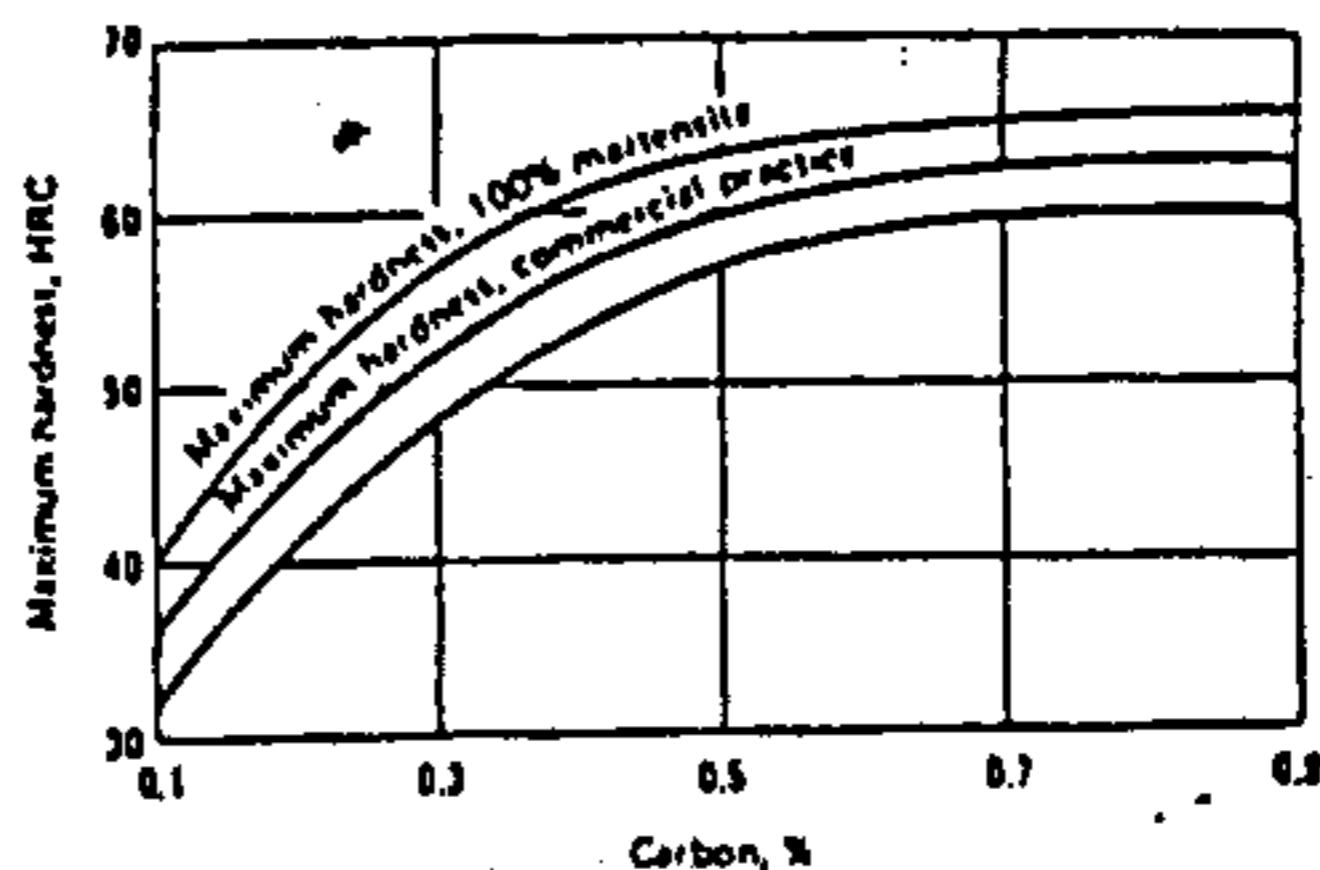
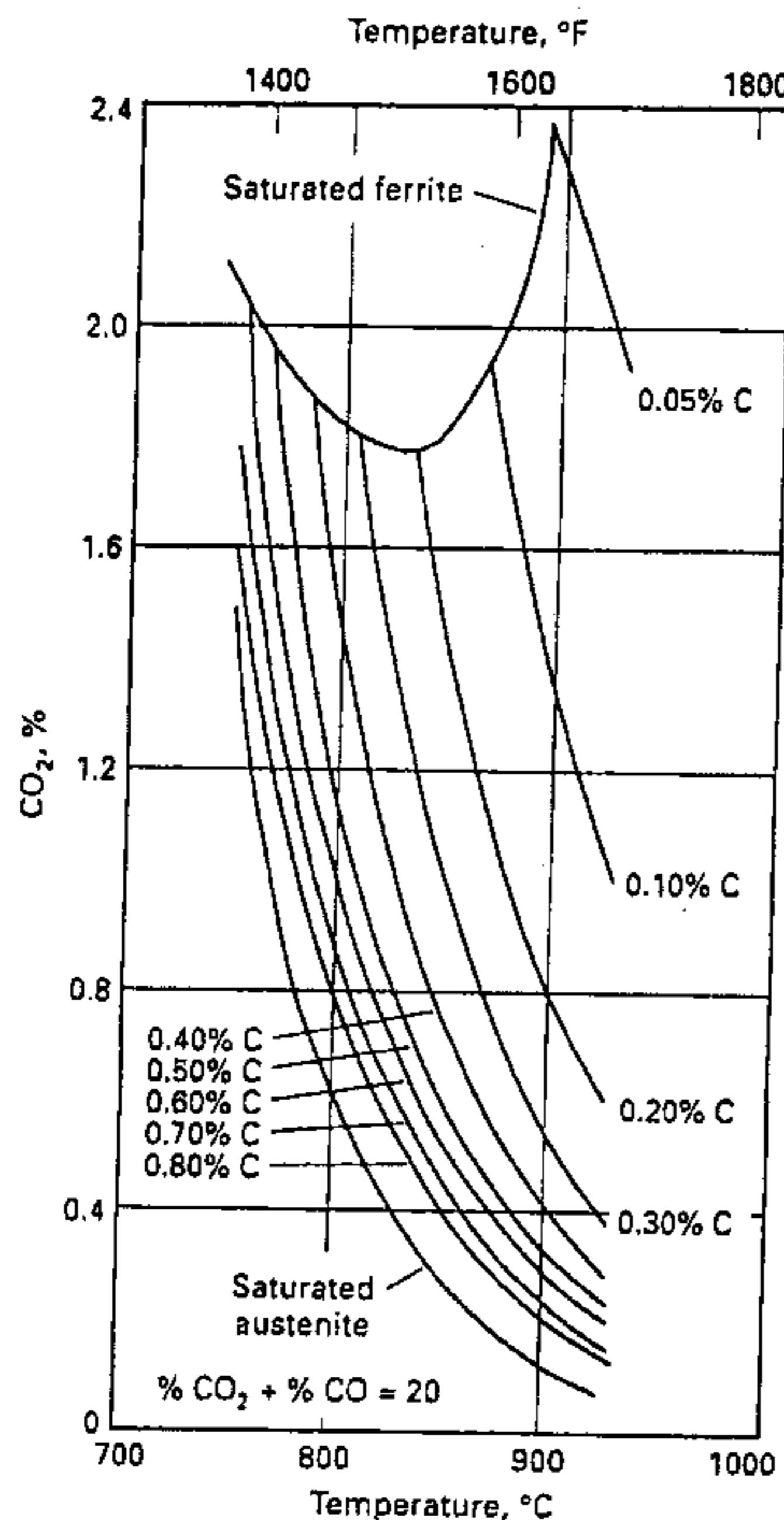
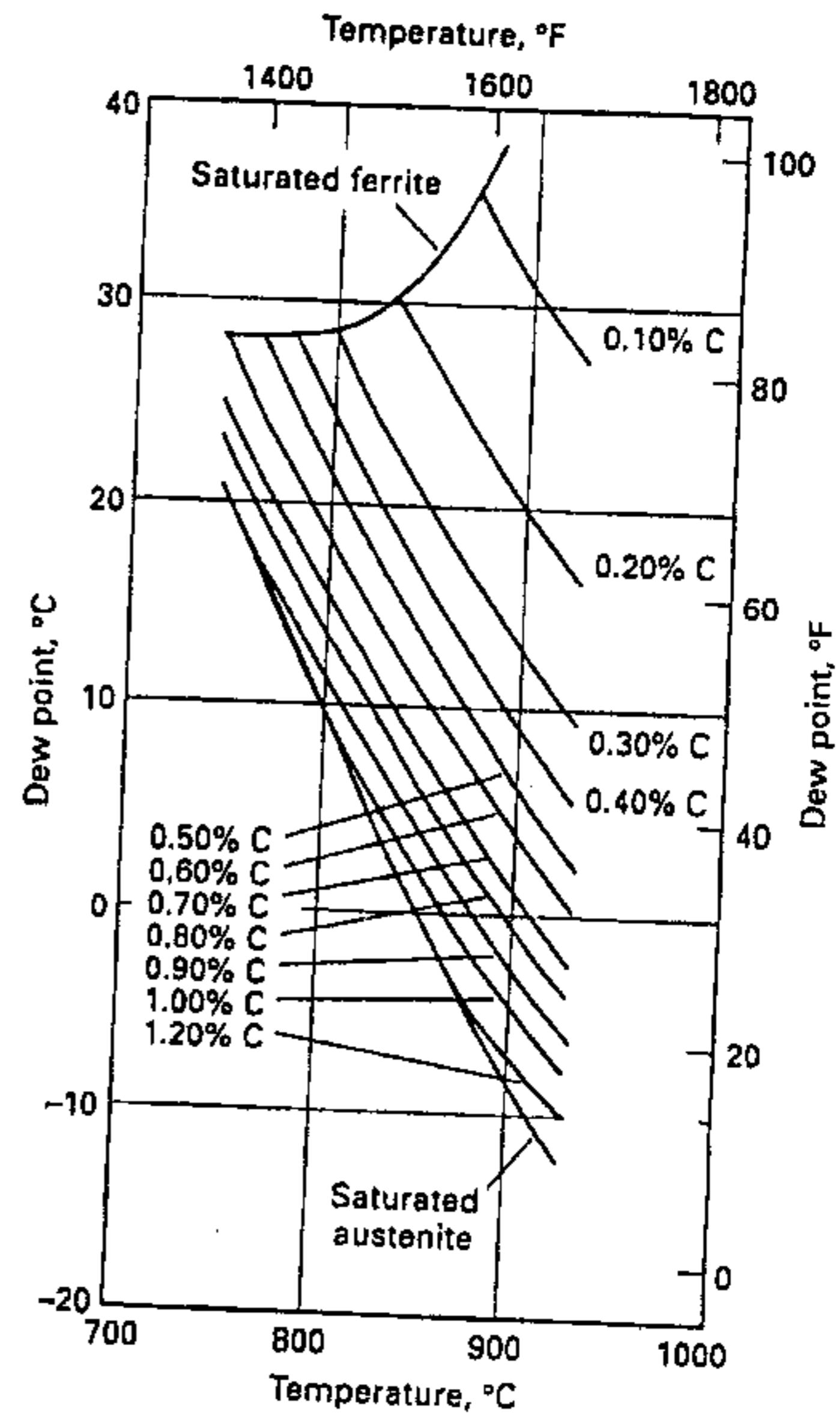


TABLE I-1. The Error Function

$z$	$\text{erf}(z)$	$z$	$\text{erf}(z)$
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	0.2703	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	0.9901
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	0.9999
0.80	0.7431	2.8	0.9999



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



$$\begin{aligned} \% \text{H}_2 &= 40 \\ \% \text{CO}_2 + \% \text{CO} &= 20 \\ \% \text{H}_2\text{O} &= K \times \% \text{H}_2 \times \frac{\% \text{CO}_2}{\% \text{CO}} \\ \text{Dew point} &= T - 459.6 \\ \% \text{H}_2\text{O} &= 10^{8.0615 - \frac{497}{T}} \end{aligned}$$

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