

连铸圆管坯热裂纹与包晶点的关系

苏留记 王泽民 黄 华

(610069 成都无缝钢管有限责任公司)

摘 要 以基本相图为依据,探索了碳素钢包晶点 C 含量(C_j 值)的作图求法及计算方法。分析了钢中 Si, Mn 含量对 C_j 值的影响。生产数据证实,钢中 C 与 C_j 值越接近,越容易导致连铸圆管坯热裂纹的形成。找出了避免 [C] 与 C_j 值接近的途径。

关键词 碳素钢 连铸圆管坯 热裂纹形成原因 C_j 值

CC ROUND THERMAL CRACKING VS PERITECTIC POINTS

Su Liuji Wang Zhemin Huang Hua

(Chengdu Seamless Steel Tube Co., Ltd.)

Abstract Based on the basic phase diagram, studies concerning determination of the C content of carbon steel peritectic point (C_j) via plotting and calculating methods. Also discussed in the paper is the effect on the C_j value by contents of Si and Mn in the steel. Relevant operation data have proven that the closer to the C_j value the C content in the steel is, the more possible thermal cracking of the CC round will be developed. An approach to preventing the C content from getting close to the C_j value is set up.

Key words Carbon steel CC round Causes responsible for thermal crack development C_j value

1 前言

成都无缝钢管有限责任公司炼钢厂平炉片区的弧型圆管坯连铸机所生产的管坯中, 20 钢较之 10, 35, 45 钢易出现裂纹。原因是多方面的, 但较一致的看法是, 20 钢成分与包晶点的成分比较接近, 在包晶反应过程中, 晶型结构发生变化, 产生收缩应力, 且反应集中于包晶点所在温度范围附近, 因而造成更大的应力集中, 致使热裂纹产生的机率增加。

本文将探讨碳素钢包晶点的碳含量(C_j

值)的求法及影响元素; [C] 与 C_j 值的关系对连铸圆管坯热裂纹形成的影响等。

2 碳素钢的 C_j 值的作图求法及计算方法

2.1 Si 对包晶点的影响

由 Si 对铁碳相图中 γ 相区的影响可知: 碳素钢随着 Si 含量的增加, 相应地在包晶点的 C 含量也有限地增加。如图 1 所示, 在不含 Mn 的情况下, Si 分别为 0, 0.25%, 2% 时, 包晶点投影到 C 含量坐标轴上就可以得到 C_j 值分别为 0.16%, 0.19% 及 0.24%。

根据上述三组数据, 采用匀减速路程公式, 建立下式

第一作者 男 1943 年 4 月出生 公司生产安全部副部长 高级工程师

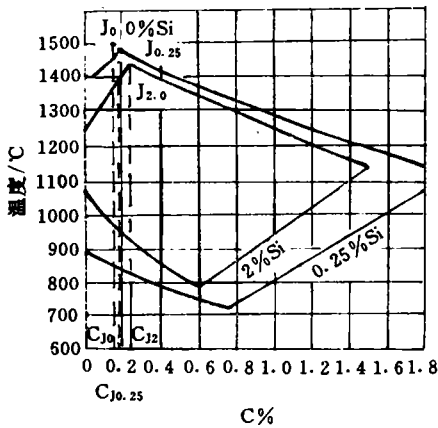


图1 Si对Fe-C相图包晶点J的影响

$$C_{J(Mn=0)} = 0.16 + 0.13[Si] - 0.045[Si]^2 \quad (1)$$

利用式(1)计算出的一系列Si含量下的包晶点C含量见表1。

表1 Mn=0时包晶点的Si,C对应关系 %

Si	0	0.17	0.20	0.25	0.30	0.35	0.37
C	0.16	0.181	0.184	0.190	0.195	0.200	0.202

2.2 Mn对Fe-C及Fe-C-Si系包晶点的影响

在Fe-Mn系平衡相图上作图,可以计算出Fe-Mn系相图包晶点的Mn含量为6.6%。以Fe-Mn为一边,Fe-C为另一边作富Fe端的组成三角形,如图2所示。连接图2中 J_{Mn} (C=0, Mn=6.6%)和 C_{j0} (C=0.16%, Mn=0)两点,其连线即为Mn对Fe-C-Mn包晶点的影响线。当Si=0, Mn确定时,由该图可确定其相应包晶点的C含量。

采用坐标变换法,利用 J_{Mn} 及 C_{j0} 典型数据,得公式(2)

$$C_{J(Si=0)} = 0.16 - 0.0242[Mn] \quad (2)$$

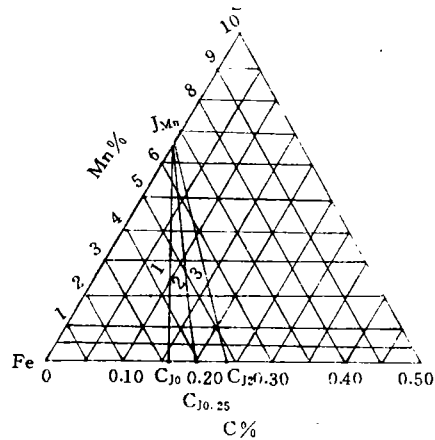


图2 碳素钢包晶线图

1-Si=0% 2-Si=0.25% 3-Si=2.00%

当[Si]确定后,利用式(1)可以计算 C_j 值。在Fe-C坐标上标出相应 $C_{J(Mn=0)}$ 值,连接 J_{Mn} , C_j 两点得

$$C_j = -\frac{C_{J(Mn=0)}}{6.6} \times [Mn] + C_{J(Mn=0)}$$

代入 $C_{J(Mn=0)}$ 并整理得

$$C_j = 0.16 + 0.13[Si] - 0.0242[Mn] - 0.0197[Si][Mn] - 0.045[Si]^2 + 6.82 \times 10^{-3}[Si]^2[Mn] \quad (3)$$

(3)式仅对16Mn系列钢有使用价值。对于碳素钢而言,Si在0.17%~0.37%,Mn在0.37%~0.65%,式(3)中三次项的影响可忽略不计,由此得碳素钢 C_j 值的计算公式

$$C_j = 0.16 + 0.13[Si] - 0.0242[Mn] - 0.0197[Si][Mn] - 0.045[Si]^2 \quad (4)$$

计算时,[Mn],[Si]均不需带“%”。据(4)式计算的碳素钢包晶点的C含量见表2。

由表2可知,包晶点的C含量随Mn含量的增加而减少,随Si含量的增加而增加。

实际上钢中Si,Mn含量一经确定,其包晶点的C含量也随之确定,与钢中C的实际

含量无关。一般碳素钢的包晶点 C 含量为 0.163%~0.191%。10, 35, 45 钢的 C 含量远离包晶点的 C 含量, 因而不产生热裂

纹; 而 20 钢的 C 含量为 0.17%~0.24%, 很容易与包晶点 C 含量重合或贴近, 故较容易出现热裂纹。

表 2 碳素钢包晶点的 C 含量与 Mn, Si 含量的关系 %

Mn	Si						
	0	0.17	0.20	0.25	0.30	0.35	0.37
0	0.160	0.181	0.184	0.190	0.195	0.200	0.202
0.37	0.151	0.171	0.174	0.179	0.184	0.189	0.191
0.40	0.150	0.170	0.173	0.178	0.183	0.188	0.190
0.45	0.149	0.169	0.171	0.177	0.182	0.186	0.188
0.50	0.148	0.167	0.170	0.176	0.180	0.185	0.187
0.55	0.147	0.166	0.169	0.174	0.179	0.183	0.185
0.60	0.145	0.165	0.167	0.173	0.177	0.182	0.184
0.65	0.144	0.163	0.166	0.172	0.176	0.180	0.182

3 实际生产数据验证

将依据公式(4)计算出的包晶点的 C 含量与钢水 C 含量比较, 得 ΔC 值

$$\Delta C = |0.16 + 0.13[Si] - 0.024[Mn] - 0.0197[Si][Mn] - 0.045[Si]^2 - [C]| \quad (5)$$

也可以将 [C] 同表 2 中的 [Si], [Mn] 对

应值比较得到 ΔC 值。按 ΔC 值的大小分类如下: ΔC ≤ 0.015%, 重合; 0.015% < ΔC ≤ 0.025%, 贴近; ΔC > 0.025%, 远离。

3.1 重点验证

统计我公司平炉 708 炉 20 钢连铸圆管坯的生产情况, 其中热裂纹废品 > 3.5m 的共 27 炉, 占统计量的 3.8%, 见表 3。

表 3 热裂纹按 ΔC 及 ΔS 分类统计

项 目	ΔC ≤ 0.015%		0.015% < ΔC ≤ 0.025%		ΔC > 0.025%	
	0.02% < S ≤ 0.028%	S ≤ 0.020%	0.024% ≤ S ≤ 0.029%	S < 0.020%	0.024% ≤ S ≤ 0.029%	S = 0.012%
炉数	3	14	5	2	2	1
比例%	62.96		25.93		11.11	
热裂纹平均长度 /m · 炉 ⁻¹	25.35	8.56	8.48	5.83	16.07	3.5

由表 3 可知, 钢的成分与包晶点重合时, 裂纹废品炉数多达 62.96%; S 含量增加时, 其裂纹形成加剧。

3.2 系统验证

连续统计的 51 炉 8 月份生产数据中, 裂纹产生的几率见表 4。

由重点验证及系统验证可知, 20 钢成分与包晶点重合或贴近, 是其热裂纹产生的重要原因之一。

表 4 热裂纹产生机率统计

项 目	ΔC %		
	≤ 0.015	0.015 < ΔC ≤ 0.025	> 0.025
炉数	26	19	6
热裂纹产生炉数	13	6	1
几率%	50	31.58	16.67
扣除 S 高因素后的几率%	50	27.78	0
平均每炉裂纹废品长度 /m	0.75	0.22	0

4 20 钢避开包晶点的途径

20 钢的包晶点 C 含量为 0.163%~0.191%，随钢中的 Si, Mn 含量的变化而变化，而一般生产标准规定的 20 钢的 C 含量为 0.17%~0.24%，因此二者随时都可能重合。

4.1 利用精炼炉微调成分

利用精炼炉将钢中 Si 含量控制在下限，Mn 含量控制在上限，就可使包晶点 C 含量控制在 0.17% 左右，此时使钢中 C 控制在中上限就可避开包晶点(表 5)。

表 5 包晶点 C=0.17% 时钢中 [C] 与 ΔC 的关系

项 目	钢中 [C] %							
	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24
ΔC%	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07

4.2 利用标准控制 C, Si, Mn 含量范围

在 ASTM A106-91, A53-88 标准里的 B 级钢中, Si > 0.10% 或不作要求, C ≤

0.30%, Mn 0.29%~1.06%, 具有避开包晶点的余地。

工厂的内控标准为保证钢管质量, 对 C, Si, Mn 的含量范围进行了压缩, 但这不利于避开包晶点。为此笔者建议, 在制定内控标准时, 不要压缩 Si 的下限及 Mn, C 的上限。

5 结论

(1) 碳素钢包晶点受 [Si], [Mn] 含量的影响, 其包晶点 C 含量 $C_j = 0.16 + 0.13[Si] - 0.0242[Mn] - 0.0197[Si][Mn] - 0.045[Si]^2$ 。

(2) 20 钢热裂纹的形成与包晶点的 C 含量及钢中 C 含量之差 ΔC 有关, $\Delta C \leq 0.015\%$ 为热裂纹形成危险区; $\Delta C > 0.025\%$ 为安全区; 二者之间为过渡区。

(3) 通过控制钢水成分可以避开包晶点的影响。

(收稿日期: 1996-12-22)

● 信 息

成都无缝钢管有限责任公司合金管厂
钢管外表面高效磨光机投产成功

SUCCESSFUL START-UP OF NEW HIGH-EFFICIENCY SEEL TUBE O. D.
GRINDING MACHINE INSTALLED AT ALLOY STEEL TUBE PROCESSING
PLANT, CHENGDU SEAMLESS STEEL TUBE CO., LTD.

成都无缝钢管有限责任公司合金管厂新建 1 台大型钢管外表面高效磨光机于 1997 年 12 月 8 日试车一次成功。

该高效磨光机由成都无缝钢管公司设计研究院研究开发, 四川省冶金机械厂制造, 年生产能力 2~3 方 t, 用于整体磨削外径 159~426mm, 壁厚 6~50mm 范围内的 20G, 15CrMoA, 12Cr1MoVA, 10MoWVNb, 1Cr5Mo 等钢号的高压锅炉管, 高压化肥管和石油裂化管。

磨削后的管体表面经磁粉探伤检验, 达到电站锅炉、高压化肥及石化系统的使用要求。

截止 1998 年 1 月 10 日, 已整体磨削 $\Phi 377\text{mm} \times 22\text{mm}$ 的 20G 钢管 31t, $\Phi 426\text{mm} \times 14\text{mm}$ 的 15CrMoA 钢管 200t 及其他规格、钢号的钢管 50 余 t, 钢管均经磁粉探伤检验合格后出厂。

(成都无缝钢管有限责任公司合金管厂)