

260 mm × 300 mm 连铸坯内裂纹的分析和改进工艺实践

李法兴¹ 兰新哲¹ 宋永辉¹ 孙永喜²

(1 西安建筑科技大学, 西安 710055; 2 莱芜钢铁股份有限公司, 莱芜 271105)

摘要 通过控制钢中硫含量 ≤ 0.020%, 不同炉次中间包钢水温度波动范围由 25 °C 降至 10 °C, 调整结晶器水量为 190 ~ 200 m³/h, 控制拉速 0.55 ~ 0.75 m/min, 使 20CrMnTiH、40Cr、GCr15 等钢种 260 mm × 300 mm 连铸坯的内裂废品率由 0.30% 降低到 0.01%, 基本消除了铸坯内裂纹。

关键词 260 mm × 300 mm 连铸坯 内裂纹 铸速 中间包钢水温度

Analysis and Improved Process Practice on Internal Crack of 260 mm × 300 mm Concasting Billet

Li Faxing¹, Lan Xinzhe¹, Song Yonghui¹ and Sun Yongxi²

(1 Xi'an Architecture and Technology University, Xi'an 710055; 2 Laiwu Iron and Steel Co Ltd, Laiwu 271105)

Abstract With controlling sulphur content in steel ≤ 0.020%, temperature fluctuation range of molten steel of different heat in tundish decreasing to 10 °C from original 25 °C, adjusting mold water rate to 190 ~ 200 m³/h, controlling casting rate 0.55 ~ 0.75 m/min, the internal crack reject rate for 260 mm × 300 mm cast billet of steel 20CrMnTiH, 40Cr, GCr15 etc decreased to 0.01% from original 0.30%, in order to basically eliminate the internal crack in cast billet.

Material Index 260 mm × 300 mm Concasting Billet, Internal Crack, Casting Rate, Molten Steel Temperature in Tundish

1 工艺流程和连铸机参数

莱芜钢铁股份有限公司特殊钢厂的炼钢生产线为: 1 台 50 t 偏心底出钢电弧炉 → 1 台 50 t LF 精炼炉 (1 台 60 t VD) → 1 台 3 机 3 流弧形大方坯连铸机。主要生产钢种有: 20、45、40Cr、20CrMnTiH 和 GCr15 钢, 铸坯规格有 180 mm × 220 mm 和 260 mm × 300 mm 两种, 铸坯热送轧钢车间轧制不同规格圆钢。自 2002 年底实现全连铸以来, 铸坯内裂纹问题一直未能得到解决, 因内裂纹造成铸坯废品率高达 0.30%, 热送率不到 90%, 因此必须采取措施解决铸坯的内裂问题。铸机主要技术参数见表 1。

2 连铸坯内裂纹形成的分析

2.1 内裂纹形成的机理和特征

铸坯内裂纹的形成是由于凝固前沿受到拉应力和拉应变的作用^[1,2]。内裂纹的形成是连铸过程中力学因素和冶金特性综合作用的结果。连铸过程中, 从初生坯壳在结晶器中形成到铸坯断面完全凝固, 坯壳要经受非常复杂的热和力的作用, 热和力的作用将在坯壳中以及凝固前沿产生应力。铸坯凝固过程中的应力来源, 主要有结晶器与坯壳之间的摩擦力, 钢水静压力作用于坯壳造成的鼓肚, 温度分布

表 1 方坯连铸机主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of billet concaster

项目	参数
连铸机型	全弧形
中间包容量/t	30
铸坯断面/mm	260 × 300
弧形半径/m	R = 11, 16, 32
机数 × 流数	3 × 3
流间距/mm	1 600
拉坯速度/(m · min ⁻¹)	0.55 ~ 0.75
铸坯定尺长度/m	2.7 ~ 6.0
结晶器振动方式	四偏心正弦曲线式
结晶器型式	管式
二冷方式	气-雾冷却
振幅/mm	±2, ±2.5, ±3.5
电磁搅拌	M-EMS + F-EMS
矫直方式	钳式拉矫机, 四点矫直

不均匀造成的热应力, 矫直过程中产生的矫直应力以及由于导辊变形等引起的附加机械应力。凝固过程中坯壳所承受的各种应力, 是铸坯内裂纹形成的力学因素。除此之外, 内裂纹的形成还与钢在固相线温度附近的力学行为、凝固组织、偏析等密切相关。

从大量坯样看, 260 mm × 300 mm 连铸坯内裂纹主要有中心裂纹和中间裂纹两种。中心裂纹大多数垂直于内弧面和外弧面, 出现中心裂纹的铸坯中心疏松严重, 并伴随大量中心缩孔, 较轻的长 2 ~ 3

mm,较重的可长达 100 mm;中间裂纹主要出现在有鼓肚缺陷的铸坯上,鼓肚越严重,中间裂纹越严重。

2.2 钢水成分对铸坯内裂纹的影响

同一钢种的4 000炉统计数据表明,特殊钢厂钢水成分与对应铸坯出现内裂纹的几率没有明显的相关性。通过电弧炉兑铁水,LF 精炼处理,钢水成分控制较稳定,有害元素含量低,S、P 平均含量均低于 0.020%。极个别炉次,由于操作原因,S 含量较高,铸坯内裂纹极其严重,且内裂纹存在于各个方向和位置,钢水流量高极易使铸坯产生内裂纹。

2.3 中间包钢水温度对铸坯内裂纹的影响

20、20CrMnTiH 中间包钢水温度大于 1 550 °C,45、40Cr 中间包钢水温度大于 1 535 °C 时,拉速相同,铸坯易鼓肚,通过观察鼓肚铸坯的低倍组织,发现存在大量中间裂纹。产生原因为钢水浇铸温度高,在结晶器形成的坯壳薄,铸坯出结晶器后,在钢水静压力的作用下出现鼓肚;同时由于钢水浇铸温度高,使凝固过程温度梯度大,柱状晶发达,在柱状晶区形成内裂纹。

2.4 连铸冷却及拉速对铸坯内裂纹的影响

经现场实际测量,连铸坯表面温度无明显回升现象;但由于冷却水质差,二冷段喷嘴堵塞严重,使喷嘴雾化效果差,冷却不均匀。结晶器冷却水流量 160 ~ 180 m³/h,偏小,出结晶器的坯壳薄,铸坯易鼓肚产生内裂纹。同时在目前配水模型下,浇铸 20、20CrMnTiH、45 和 40Cr 钢,拉速为 0.50 m/min,铸坯进拉矫机表面温度 900 ~ 910 °C;拉速为 0.52 m/min 时,浇铸 GCr15 钢铸坯进拉矫机表面温度 900 ~ 910 °C;拉速为 0.55 m/min 时,浇铸 20、20CrMnTiH、45 和 40Cr 钢铸坯进拉矫机表面温度 935 °C;浇铸 GCr15 钢铸坯进拉矫机表面温度 920 °C。由此可见,拉速对连铸过程中铸坯表面温度影响较大,中心裂纹缺陷均出现在低拉速(长时间低于 0.50 m/min)和拉速变化频繁的炉次上,同时伴随着中心疏松或中心缩孔;高温低拉速,中心裂纹最为严重。因此目前拉速偏低和不稳定是形成铸坯内裂纹的主要原因之一。

3 改进工艺

3.1 钢水成分

通过控制 LF 前期温度和调整渣况,使钢液脱氧良好,并加强钢包底吹氩搅拌,尽早将 S 含量降低到较低水平。钢水脱氧不良,S 含量较高,使铸坯出现内裂纹倾向;在所浇铸的钢种中,20 钢因 C、Mn

低,其它合金元素也低,易脱氧不良,同样 S 含量对其危害更大,应特别重视其钢水的脱 S 问题。目前钢水中 S 含量基本稳定在 0.010% 以下,高于 0.020% 的炉次比例由改进前的 8.3% 已降至 2% 以下。

3.2 中间包钢水温度

合适的浇铸温度是获得良好铸坯质量的前提。经过大量统计数据分析和生产实践,分钢种制定了更加严格的中间包温度制度。改进前后中间包钢水温度对比见表 2。

表 2 工艺改进前后中间包不同钢种钢水温度
Table 2 Temperature of molten steel of different steel grade in tundish before and after process improvement

钢种	中间包钢水温度/°C	
	改进前工艺	改进后工艺
GCr15	1 458 ~ 1 483	1 470 ~ 1 480
20CrMnTiH	1 524 ~ 1 549	1 530 ~ 1 540
20	1 525 ~ 1 550	1 535 ~ 1 545
45	1 505 ~ 1 530	1 515 ~ 1 525
40Cr	1 510 ~ 1 535	1 518 ~ 1 528

3.3 连铸冷却及拉速

通过加强水处理管理,减少喷嘴堵塞,保证喷嘴的雾化效果,使铸坯冷却均匀;二冷二段引出一水管放水,促进水流动循环,减少杂质堵塞喷嘴。结晶器水调整为 190 ~ 200 m³/h;足辊段水流量上调 10%。二冷一段、二段水流量适当调小,使冷却强度逐渐减弱,保证调整后铸坯表面温度无明显回升现象。生产实践和铸坯低倍组织检验结果表明,拉速控制在 0.55 ~ 0.75 m/min,铸坯内在质量最好。

采用了控制钢水成分和中间包温度,改进了连铸冷却和拉速等工艺措施,使 260 mm × 300 mm 连铸坯内裂纹废品率从 0.30% 降低到 0.01%,热送率从 90% 提高到 98% 以上,基本消除铸坯内裂纹。

4 结论

中间包钢水温度过高,二冷段冷却强度过大是铸坯产生内裂的主要原因,严格控制工艺参数的稳定性是保证铸坯内部质量的必要条件。

参考文献

- 1 韩志强,蔡开科.连铸坯内裂纹形成条件的评述.钢铁研究学报,2001,13(1):68
- 2 史宸兴.实用连铸冶金技术.北京:冶金工业出版社,2000

李法兴(1978-),男,在读研究生,从事钢铁冶炼工艺研究。