矩形坯表面纵裂分析

王国瑞
(首钢第三炼钢厂)

摘　要：本文从钢水成分、浇注条件、结晶器锥度等方面分析了首钢连铸矩形坯的纵裂原因，并提出了防止该缺陷的有效措施。

Analysis on longitudinal crack on rectangle billets surface

Wang guorui
(No3 steel-making plant shougong)

Abstract: The paper have been analyzed reasons of longitudinal crack existing on the surface of rectangle billets in shougang, From the composition of molten steel, casting conditions and technical process, mould back taper. Meanwhile some relative effective measurements against these defects have been put forward.

1. 前言

首钢第三炼钢厂于 2001 年 10 月份引进意大利达涅利公司技术，将 2#八流小方坯连铸机改造为工艺设备先进的四流矩形坯连铸机。中间包采用机电塞棒控流，结晶器液位采用 Co60

同位素自动控制，结晶器润滑采用预融型颗粒保护渣，二冷自动配水，连铸生产操作采用全自动控制。主要产品断面为：160×160mm，160×200mm，160×245mm 三种。设计生产钢种主要是优质碳结钢、合金结构钢、齿轮钢、弹簧钢等高附加值产品。基于轧钢和用户需求原因，目前的钢种主要以 Q195 和 Q215 钢为主。

投产初期生产 Q195，Q215 钢时，由于经常出现铸坯纵裂漏钢，漏钢率高达 0.99%，严重地影响了连铸机的正常生产。为此，我们对矩形坯的纵裂漏钢问题展开了技术攻关。现已有效控制 Q195、Q215 钢的纵裂漏钢，漏钢率在 0.42%左右。

2. 纵裂产生的原因分析

众所周知，连铸坯的表面纵裂是由于在结晶器弯月面内初生坯壳厚度不均匀，当作用于坯壳上的拉应力超过钢的高温允许强度和应变时，在坯壳的薄弱处便产生应力集中导致纵裂，在二冷区遇强冷后裂纹继续扩展，严重时便产生纵裂漏钢。

2.1 钢水成分的影响

在低碳钢凝固过程中，当[C]在 0.10%～0.17%时会发生包晶反应。在固相线温度以下 20～50℃钢的线收缩最大，此时结晶器弯月面刚凝固的坯壳随温度的下降发生 δFe→γFe 转变，伴随着较大的收缩，坯壳与钢板脱离产生气隙，导出的热流最小，坯壳最薄，在表面形成凹陷。凹陷部位冷却和凝固速度比其它部位慢，组织粗化，对裂纹敏感性强，在热应力和钢水的静压力作用下，在凹陷薄弱处造成应力集中而产生裂纹。

实际生产过程中，我们从纵裂漏钢的钢水成分分析发现：纵裂漏钢敏感的峰值区是钢中[C]含量在 0.10%～0.12%。

此外，[S]的含量高低，[Mn] / [S]的控制水平也对纵裂漏钢产生很大的影响。它是钢水成分与纵裂漏钢产生影响的第二大因素。我们在实际生产中通过分析发现：当钢中[S]的含量大于 0.020%时，纵裂漏钢几率有增加的趋势；而当钢中[S]的含量大于 0.025%时，纵裂漏钢几率有显著增加的趋势。[Mn] / [S]>25 是连铸包晶钢较为合理的必要条件之一。但是，从数据分析结果看，[C]对裂纹的影响要比[S]强。

Q195 钢 181 炉数据分析结果：

	[C]%与纵裂漏钢的关系		[Mn] / [S]与纵裂漏钢的关系		
	0.11～0.12	≤0.10 或>0.12	[Mn] / [S]<20	20<[Mn] / [S]<25	[Mn] / [S]>25
炉　　数	35	146	80	71	30
纵裂次数	7	2	8	1	0
纵裂几率	20%	1.37%	10%	1.41%	0

从上表可以看出，连铸 Q195 钢将钢水成分中[C]的控制范围避开 0.11～0.12%，[Mn] / [S]>25，可以显著地减少纵裂漏钢。

2.2 连铸工艺参数的影响

钢水温度高势必导致出结晶器下口的坯壳厚度薄，并且会造成激冷层等轴晶的减薄，这对防止裂纹不利。据有关资料表明：钢水过热度每提高 10℃，出结晶器下口的坯壳厚度减薄 2mm。

经计算，我厂的铸机在同等的钢水温度条件下，拉速每提高 0.2m / min，出结晶器下口的坯壳厚度减薄约 0.14mm。

我厂的连铸生产实践表明：通过控制连铸的钢水温度与拉速的匹配关系可以弥

补在钢水成分控制方面的不足，防止铸坯的纵裂和漏钢。

当钢水成分[C]含量在 0.10～0.12%区间或[S] ≥0.020%([Mn] / [S]<20)时，将拉速下调 0.2m / min 控制；过热度按 25～30℃控制，并且，实际过热度比目标每提高 5℃，拉速降低 0.2m / min。如果同时出现钢水[C]含量在 0.10～0.12%区间，且[S] ≥ 0.020%([Mn] / [S]<20)这种情况时，将拉速下调 0.4m / min。通过这种钢水成分与温度、拉速的合理匹配参数控制，可以减轻钢水成分控制方面给连铸带来的不利影响，降低纵裂的几率。

2.3 结晶器的影响

经生产实际调查和研究发现，我厂使用的结晶器存在以下两方面对纵裂产生较大影响的问题。

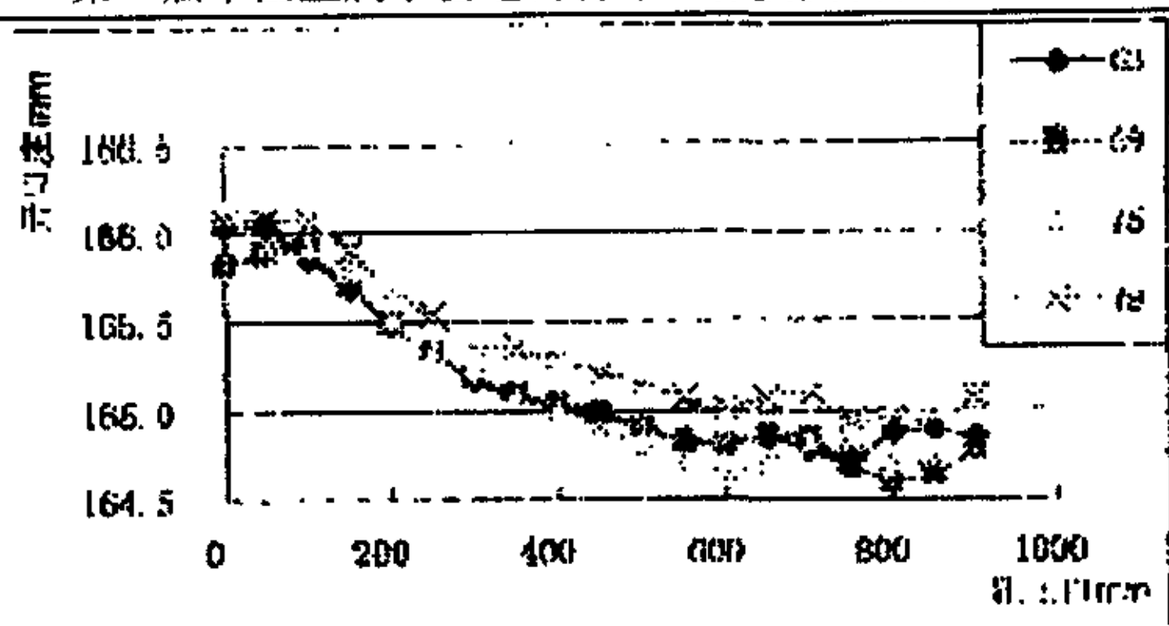
2.3.1 结晶器倒锥度设计的影响

由于我厂矩形坯连铸机主要是为生产优质碳结钢、高级优质合金结构钢等高附加值钢品种设计的，因此，在结晶器倒锥度上主要是根据上述钢种的凝固收缩特性而设计的多锥度长管式结晶器，这种结晶器锥度设计不适合 Q195，Q215 钢的凝固收缩特性，并且在拉坯过程中坯壳会受到较大的应力，增加了铸坯纵裂倾向。因此，我们与铜管设计厂家一起，修改了浇注普碳钢专用结晶器铜管的各部分锥度。通过试制 10 支结晶器铜管的使用，使漏钢率由原来的 131%降低到 0.56%。

2.3.2 结晶器铜管在使用中的锥度变化和磨损

结晶器铜管在使用中的磨损和各部位较大的无规则变化是引起铸坯脱方和纵裂的另一原因。

在生产过程中，我们采用结晶器倒锥度测量仪对使用前结晶器进行在线测量和漏钢结晶器进行离线测量，结果发现：结晶器铜管在初次使用后存在上口的收缩现象，收缩的程度和结晶器原始加工强度等指标有关。原始强度高、铜管平整度好，收缩量就小；反之，收缩量就大。随着钢管的继续使用，铜管开口度又出现反弹现象。当结晶器铜管在上口 50～200mm 区域出现较大的变化或铜管同一水平面的左中右三点测量值趋势呈现紊乱变化时，往往出现纵裂漏钢。如下图：



纵裂前后 5#结晶器不同浇次的开口度对比

为此，我们对新铜管的平整度和加工质量提出了新的要求：新管的同一水平面的左中右三点测量值之差不得大于 0.3mm，结晶器钢管的强度由 HB≥8 0，提高到 HB≥9 0。同时，对使用中的结晶器加强了维护，对上部倒锥度变化量大于 5 0%的予以更换报废。

统计数据表明：采取上述措施后，漏钢率由 1.31%降低到 0.35%。

3. 结语

3.1 钢水中[C]、[S]、[Mn]含量的控制水平是遏止纵裂漏钢的关键。生产中，应特别需要注意[C]的控制要避开 0.10～0.12%这一裂纹敏感的峰值区。[S]的控制应在 0.020%以下，[Mn]按中上限控制，以保证[Mn] / [S]≥2 5，[Mn] / [S]下限不应低于 2 0。

3.2 结晶器铜管的上口过大的倒锥度设计和铜管使用中锥度无规则的较大变化是影响纵裂漏钢的另一重要因素。

对多锥度结晶器来说，上口过大的倒锥度在浇注包晶钢时易发生纵裂漏钢，适当减少上部的倒锥度可以显著降低漏钢率。此外，还可以通过改进铜管的加工质量和强度，防止铜管使用中锥度无规则的变化和磨损，提高坯壳在结晶器内的凝固传热均匀性，从而防止纵裂漏钢的发生。

3.3 连铸温度与拉速的关系控制应根据钢水成分做相应调节。

在钢水成分控制[C]]0.10～0.12%区间，或[S]≥0.020%时，采用适当降低拉速的办法可以降低纵裂发生的几率。

参考文献：

1.《连续铸钢原理与工艺》蔡开科　程士富　主编。