

高压气瓶钢 34Mn2V 200 mm × 200 mm 轧坯角部拉裂缺陷的控制工艺

陈永^{1,2} 杨素波³ 朱苗勇¹

(1 东北大学材料与冶金学院, 沈阳 110004; 2 攀枝花钢铁研究院, 攀枝花 617000;

3 攀枝花新钢钒股份有限公司提钒炼钢厂, 攀枝花 617062)

摘要 通过工艺对比分析了 34Mn2V 高压气瓶用钢中间包浇铸温度、结晶器液面波动、[Als]、中间包炉次和 280 mm × 380 mm 连铸坯拉速波动对轧坯角部拉裂的影响。提出减小 RH 加 Al 量, 按 [Als] 0.01% 控制; RH 后喂 Ca-Si 线; 适当提高连铸钢液温度, 控制中间包钢水温度 1 520 ~ 1 530 ℃; 控制浇铸过程塞棒吹氩量 ≤ 10 L/min; 结晶器液面波动 ± 3 mm 等工艺措施。应用结果表明, 轧坯角部拉裂缺陷率由原来的 23.57% 降至 1.21%。

关键词 高压气瓶钢 34Mn2V 大方坯 轧坯角裂 工艺控制

Control Process on Corner Crack of 200 mm × 200 mm Hot Rolled Billet of Steel 34Mn2V for High Pressure Bottle

Chen Yong^{1,2}, Yang Subo³ and Zhu Miaoyong¹

(1 School of Materials and Metallurgy, Northeastern University, Shenyang 110004;

2 Panzhihua Iron and Steel Research Institute, Panzhihua 617000;

3 Vanadium Recovery & Steelmaking Plant, Panzhihua New Steel & Vanadium Co Ltd, Panzhihua 617062)

Abstract The effect of temperature of liquid steel in tundish during casting, liquid level fluctuation in mold, [Als], sequence heats of tundish and fluctuation of 280 mm × 380 mm bloom casting speed on rolled billet corner cracks of steel 34Mn2V for high pressure bottle was analyzed by processes comparison. The process measures have been adopted including decreasing adding Al amount, controlling [Als] 0.01%, feeding Ca-Si wire after RH, suitably increasing liquid steel temperature during cast, controlling liquid steel temperature 1 520 ~ 1 530 ℃ in tundish and stopper argon blown rate ≤ 10 L/min during casting, and controlling mold liquid level fluctuation ± 3 mm. Application results showed that the hot rolled billet corner cracks rate decreased from original 23.57% to 1.21%.

Material Index Steel 34Mn2V for High Pressure Bottle, Bloom, Rolled Billet Corner Cracks, Process Control

2003 年 9 月以来,攀钢采用转炉冶炼-LF + RH 精炼-大方坯连铸工艺流程生产高压气瓶用钢。本文针对 34Mn2V 气瓶用热轧方钢拉裂缺陷,分析了拉裂缺陷的成因、影响因素及相应的控制技术。

1 装备条件及生产工艺

生产 34Mn2V 钢(表 1)的大方坯连铸机具有较高的装备水平(表 2)。气瓶钢的生产工艺为:铁水预处理([S] ≤ 0.020%) → 120 t LD 增碳法冶炼 → LF → RH([H] ≤ 1.5 × 10⁻⁶) → 280 mm × 380 mm 大方坯连铸 → 轧制。

2 34Mn2V 气瓶用钢角部拉裂缺陷分析

在由 280 mm × 380 mm 连铸大方坯轧成的 200 mm × 200 mm 方钢角部存在裂纹缺陷,裂纹呈鸡爪

表 2 生产 34Mn2V 钢的主要冶炼设备和工艺

Table 2 Main steelmaking equipment and process for production of steel 34Mn2V

装备	主要工艺技术
铁水预处理	喷吹脱硫,根据钢种入炉要求采用镁基或 AD 粉脱硫剂。
转炉冶炼	120 t 复吹转炉,增碳法工艺,终点控制优化,炉后吹氩。
LF 精炼	130 t LF 钢包精炼炉,处理时间 20 ~ 40 min,升温速度 4.5 ℃/min,采用专用精炼渣、钢包渣组成控制。
RH 真空处理	130 t RH 真空处理装置,本处理工艺,处理后 [H] ≤ 1.5 × 10 ⁻⁶ ,调整成分至钢种中限。
喂丝机	喂丝速度 2 ~ 5 m/s。
大方坯连铸	6 机 6 流全弧形连续矫直大方坯连铸机,弧形半径 R = 12 m,流间距 1.5 m,冶金长度 34 m,拉速 0.60 ~ 0.90 m/min,浇铸时间 30 ~ 40 min,铸坯断面 280 mm × 380 mm,中间包容量 45 t,保护浇铸,碱性覆盖剂,液位自动控制,结晶器电磁搅拌,液压振动,二冷气雾冷却、动态控制和凝固末端动态轻压下。

表 1 34Mn2V 钢的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of Steel 34Mn2V /%

C	Si	Mn	V	P	S
0.30 ~ 0.37	0.17 ~ 0.37	1.40 ~ 1.80	0.07 ~ 0.12	≤ 0.020	≤ 0.015

注:Cu ≤ 0.30%, Ni ≤ 0.30%。

状,深度在 1 ~ 6 mm,分布在方钢的角部圆弧处,且缺陷大部分只出现在方钢的一个角部(图 1a)。

由图 1(b, c)可见,缺陷区存在脱碳和内氧化以及铁素体带沿裂纹分布现象,说明铸坯在轧制前就

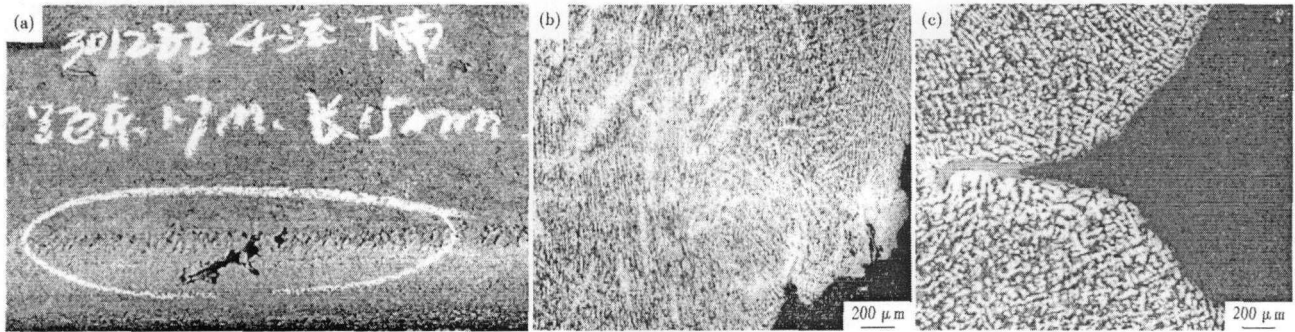


图 1 高压气瓶用钢热轧坯角部拉裂缺陷形貌 (a); 组织形貌: 纵向 (b); 横向 (c)

Fig.1 Morphology of defect (a), structure of longitudinal section cross section (b) and (c) for corner cracks of hot rolled billet of steel for high pressure bottle

存在原始缺陷。用扫描电镜观察打开的缺陷面, 试样撕开面大部分覆盖了氧化铁, 凹凸不平的台阶处堆积有复合夹杂物, 且夹杂物中含有连铸保护渣所特有的 K、Na 等元素, 这表明缺陷主要是在结晶器内弯月面区域产生。

3 气瓶用钢角部拉裂缺陷的影响因素及形成原因

3.1 中间包钢液温度

由表 3 可见, 随中间包钢液温度降低, 气瓶钢热轧坯拉裂缺陷率增加, 当中间包钢水温度 < 1 520 °C 时, 气瓶钢角部拉裂缺陷比例高达 27.43%。

3.2 钢液变流

试验期间, 部分炉次出现跳棒现象, 说明该钢种在浇铸过程有变流现象。钢液变流炉次与未变流炉次所浇铸坯轧成的气瓶用钢角部拉裂缺陷的对比见表 4。由表 4 可见, 钢液变流炉次所浇铸坯轧成的气瓶钢热轧坯角部缺陷率高达 32.40%, 明显高于未变流炉次的缺陷率 (15.77%)。

3.3 钢中 Als 含量

表 5 中间包 [Als] 对热轧坯角部拉裂缺陷的影响
Table 5 Effect of [Als] in tundish on corner cracks of hot rolled billet

中间包钢液 中 [Als] / %	检查支 数 / 支	合格支 数 / 支	整支缺陷		切头	
			支数 / 支	缺陷率 / %	支数 / 支	缺陷率 / %
< 0.010	262	244	18	6.87	10	3.82
0.010 ~ 0.020	1 940	1 678	262	13.51	99	5.10

随 [Als] 增加, 热轧坯角部拉裂缺陷率增加, [Als] < 0.01%, 拉裂缺陷率为 10.69%, 而 [Als] ≥ 0.01%, 拉裂缺陷率为 18.61% (表 5)。

3.4 中间包炉次

由图 2 可见, 中间包第 1 炉、第 2 炉所浇铸坯轧成方钢的角部拉裂缺陷率较低, 中间包第 3 炉所浇铸坯轧成方钢的角部拉裂缺陷率有所上升, 在中间包第 4 炉出现一个峰值, 之后又有所降低, 到中间包后期所浇铸坯轧成方钢的角部拉裂缺陷率又有所上升, 并达到最高点。实际生产中随浇铸进行, 到第 3、4 炉时中间包水口出现结瘤、变流现象, 缺陷率升

表 3 中间包钢液温度对热轧坯角部拉裂缺陷的影响
Table 3 Effect of temperature of liquid steel in tundish on corner cracks of hot rolled billet

中间包钢液 温度 / °C	检查支 数 / 支	合格支 数 / 支	整支缺陷		切头	
			支数 / 支	缺陷率 / %	支数 / 支	缺陷率 / %
< 1 520	576	460	116	20.14	42	7.29
1 520 ~ 1 530	1 740	1 545	195	11.21	83	4.77
> 1 530	340	307	33	9.71	6	1.76

表 4 钢液变流对热轧坯角部拉裂缺陷的影响
Table 4 Effect of liquid steel clogging in shroud on corner cracks of hot rolled billet

浇铸情况	检查支 数 / 支	合格支 数 / 支	整支缺陷		切头	
			支数 / 支	缺陷率 / %	支数 / 支	缺陷率 / %
变流	463	359	104	22.46	46	9.94
未变流	2 193	1 953	240	10.94	106	4.83

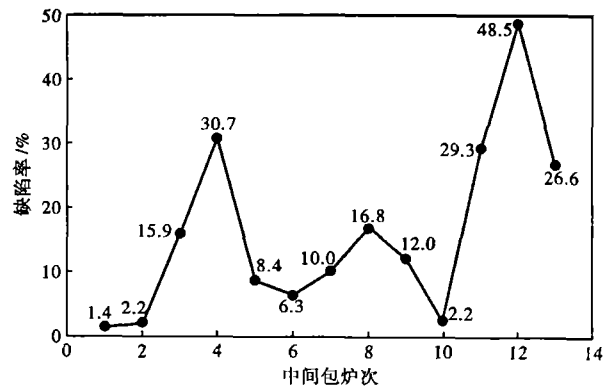


图 2 中间包连续炉次对高压气瓶钢热轧坯角部拉裂缺陷的影响

Fig.2 Effect of sequence heats of tundish on corner cracks of hot rolled billet of steel for high pressure bottle

高,随后通过加大吹氩流量、“冲棒”等操作,水口结瘤、变流现象得到缓解,缺陷率降低,到中间包后期由于水口堵塞严重,浇铸条件变差等因素,气瓶钢拉裂缺陷率进一步增加。

3.5 拉速波动

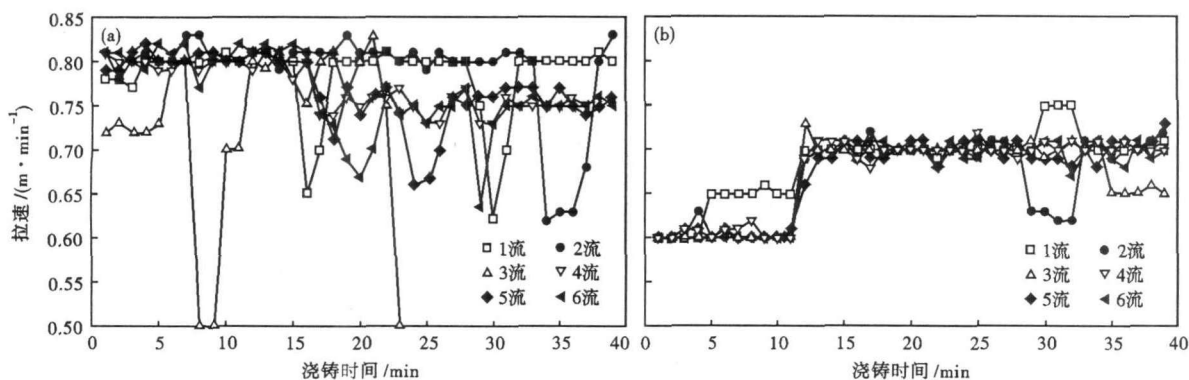


图 3 P0630251(a)和P0630249(b)炉次的拉速曲线对比

Fig. 3 Comparison of cast speed curves between heat P0630251 (a) and P630249 (b)

表 6 连铸拉速波动对热轧坯角部拉裂缺陷的影响

Table 6 Effect of casting speed fluctuation on corner cracks of hot-rolled billet

连铸拉速 变化情况	检查支 数/支	合格支 数/支	整支缺陷		切头	
			支数/支	缺陷率/%	支数/支	缺陷率/%
P0630251 (波动较大)	66	42	24	36.36	2	3.03
P0630249 (较为稳定)	60	59	1	1.67	0	0

3.6 角部拉裂缺陷的形成原因

通过对气瓶钢角部拉裂缺陷试样的金相、SEM、TEM 分析以及气瓶钢角部拉裂缺陷影响因素的分析,认为气瓶钢角部拉裂缺陷的产生是由于连铸坯皮下夹渣缺陷经加热轧制后造成的。连铸坯皮下夹渣的形成原因是钢液变流、水口堵塞导致结晶器液面波动大,使钢液中卷入保护渣,因结晶器内铸坯角部冷却速度最快,相对来说卷入的保护渣难以上浮,被铸坯凝固前沿俘获即形成铸坯皮下夹渣缺陷,又因铸坯在轧成方钢的过程中角部受拉应力,铸坯角部皮下夹渣原始缺陷轧制后外露即在方钢的角部形成拉裂状缺陷。

4 气瓶用热轧方钢角部拉裂缺陷控制技术及应用

采用的气瓶用钢角部拉裂缺陷控制工艺有:

(1)减少 RH 工序钢液中的加 Al 量,每炉钢加铝量由 30 kg 降至 25 kg,成品 Als 按 0.01% 控制,且加完铝粒后 RH 处理时间 ≥ 3 min,以减少钢中 Al_2O_3 夹杂数量;(2)采用钢液钙处理工艺,钢液经 RH 处理

图 3(a,b)和表 6 可见,P0630251 炉次浇铸期间,连铸拉速波动较大,所浇铸坯轧成的方钢角部拉裂缺陷率达到了 39.40%,而拉速较为稳定的 P0630249 炉次所浇铸坯轧成的方钢角部拉裂缺陷率仅有 1.67%。

后,每炉钢中喂入 Ca-Si 线 600~800 m,减轻或防止钢液变流,减少塞棒跳棒现象;(3)适当提高连铸钢液温度,增强连铸钢液可浇性,中间包目标温度为 1520~1535℃;(4)减少浇铸过程塞棒吹氩量,吹氩量控制在 10 L/min 以下,同时严格监控结晶器液位控制精度,确保液位波动控制在 ± 3 mm 以内,避免结晶器液面翻动而造成卷渣。

自 2006 年 3 月以来,课题研究确定的气瓶钢角部拉裂缺陷控制技术在 280 mm \times 380 mm 方坯连铸机上推广应用,连铸坯轧成的 200 mm \times 200 mm 轨梁方钢角部拉裂缺陷率由 23.57% 降至 1.21%,明显减少了因方坯原始皮下夹渣缺陷引起的方钢表面裂纹,为生产优质气瓶钢产品提供了合格铸坯。

5 结论

(1)34Mn2V 气瓶用热轧方钢拉裂缺陷是由于连铸坯皮下夹渣缺陷经加热轧制后造成的,钢液浇铸过程变流、结晶器液面波动大造成的铸坯皮下夹渣缺陷是形成气瓶用钢角部拉裂缺陷的原因。

(2)采用稳定结晶器液面、降低钢中 Als 含量,采用钢液钙处理、适当提高中间包浇铸温度等技术后,热轧方钢角部拉裂缺陷率由 23.57% 降至 1.21%。

陈永(1969-),男,博士生,教授级高工,1990 年东北大学毕业,连铸工艺和铸坯质量控制技术研究。

收稿日期:2008-05-07