

Q345R 压力容器板性能分析与研究

赵 蕾

(莱芜钢铁集团品质保证部, 山东 莱芜 271104)

摘 要:研究了相同成分体系下不同轧制工艺对 Q345R 钢板组织性能的影响。采用控轧工艺可提高热轧态力学性能, 为后续热处理提供了良好的遗传组织基体。研究了不同的热处理工艺对 Q345R 压力容器板性能的影响。研究表明, 经正火后压力容器板屈服强度和抗拉强度降低, 伸长率和韧性明显提高。实现了 Q345R 压力容器板的稳定生产。

关键词: Q345R; 轧制工艺; 力学性能

文献标志码: A **文章编号:** 1001-0777(2012)01-0005-03

Research and Analysis on Properties of Q345R Vessel Steel

ZHAO Lei

(The Quality Assurance Department of Laiwu Steel Corporation Ltd., Laiwu 271104, Shandong, China)

Abstract: The effects of different rolling processes on microstructure and properties of the plate were analyzed. Hot-rolled mechanical properties could be improved by controlled rolling process, and good heredity microstructure was provided for the subsequent heat treating. The effect of different heat treatment processes on the vessel steel properties was researched. According to the research, yield strength and tensile strength were decreased after heat treatment, but the elongation and ductility were increased and Q345R vessel steel can be produced stably.

Key words: Q345R; rolling process; mechanical properties

压力容器钢被广泛用于石油、化工、电站、锅炉等行业, 一般用于制作反应器、热交换器、分离器、导气管、液化气罐、锅炉气包及液化石油气瓶等。随着压力容器日趋大型化、高压化、高温化, 加之一些压力容器中的介质对金属材料具有腐蚀、脆化等作用, 使压力容器的工作条件更加恶劣^[1], 因此, 压力容器对钢的性能要求越来越高。压力容器用钢要求有足够高的强度、良好的韧性和优良的焊接性能、高的耐腐蚀性能^[2]。特别是近年来高压容器和超高压容器的广泛使用, 对容器的安全性提出了更高的要

求, 钢板是制作容器的主要材料, 其质量是保证容器安全运行的关键因素^[3]。Q345R 具有良好的综合力学性能和工艺性能, 是目前中国用途最广、用量最大的压力容器专用钢板。本文论述了厚规格(60 mm)Q345R 钢板的生产工艺, 研究了不同轧制和热处理制度对钢板的性能影响。

1 成分设计及生产工艺

1.1 Q345R 化学成分

Q345R 化学成分见表 1。

表 1 Q345R 化学成分(质量分数)
Table 1 Chemistry composition of Q345R

C	Si	Mn	S	P	Nb, Ti, V	Al _s
0.12~0.16	0.35~0.50	1.2~1.6	0.005~0.05	0.015~0.025	适量	0.020

1.2 生产工艺

铁水预处理—120 t 转炉冶炼—LF 精炼—RH 真空处理—板坯连铸机—加热炉加热—轧制—热处理。

1.2.1 冶炼工艺要求

采用一次拉碳, 终点压枪时间不低于 60 s。采用单渣工艺冶炼, 终渣碱度控制在 $R=3.0\sim 3.5$ 。

1.2.2 LF 精炼

采用铝粒进行脱氧。采用高锰、硅铁、铈铁合金进行成分微调,精炼时间不低于 40 min。

1.2.3 RH 精炼

RH 精炼真空度达到 133 Pa 以内的保持时间大于 15 min。确保纯脱气时间大于 10 min。

1.2.4 连铸操作

拉速控制:200 mm 断面,拉速 1.2~1.3 m/min; 250 mm 断面, 1.1~1.2 m/min; 300 mm 断面, 0.7~0.8 m/min。采用中碳钢保护渣。

1.2.5 轧制及热处理要求

钢板经两架轧机轧制,分别采用常规轧制和控制轧制。轧制后钢板经正火炉正火处理,实际温度控制与目标温度偏差小于 10 ℃。

2 生产结果与讨论

2.1 轧制工艺与性能

试验材料取自相同成分同一炉铸坯,两块不

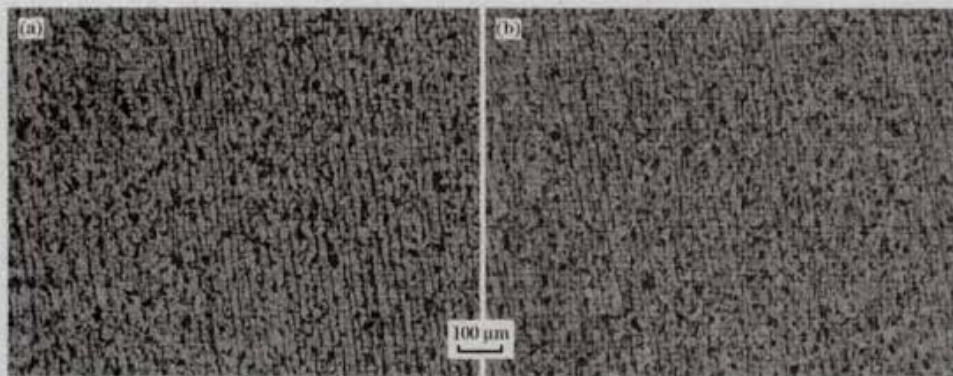
同轧制工艺试验钢,详细化学成分见表 1,其中 1 号试验钢采用常规轧制,2 号试验钢采用控制轧制。两块试验钢经两架轧机轧制成材,轧制坯料规格为 300 mm × 1 800 mm × 3 190 mm,成品厚度 60 mm × 2 500 mm × L。轧制工艺如表 2 所示。

表 2 Q345R 轧制工艺表

Table 2 Rolling parameter of Q345R

试样	粗轧开 轧温度/℃	粗轧变 形量/%	精轧开 轧温度/℃	精轧终 轧温度/℃	精轧变 形量/%
1	1 171	50	1 138	1 119	60
2	1 170	53	870	847	57.1

对热轧后的两块钢板进行取样,试样经打磨抛光后用 4% 的硝酸酒精溶液腐蚀,采用金相显微镜观察试样厚度方向 1/4 部位的组织形貌。两块钢板金相照片如图 1 所示。



(a) 常规轧制; (b) 控制轧制。

图 1 轧后金相组织

Fig. 1 Microstructure of Q345R after heating treatment

由图 1(a)可知,常规轧制后钢板组织为铁素体与珠光体混合物,晶粒度 7.5 级,混晶组织比较严重,带状组织 3 级左右。由图 1(b)可知,控制轧制后,钢板晶粒度在 8 级左右,中心带状 2.5 级。相同成分的试验钢板,采用控制轧制的钢板厚度方向的晶粒度较常规轧制有明显提高。要在轧制过程中使晶粒细化和均匀化,必须在奥氏体再结晶温度区间进行多道次轧制,得到细小的奥氏体组织。2 号试验钢采用控制轧制,由于精轧开轧温度降低,轧制过程产生的变形带、位错更多保留到 A_1 以下。组织相变时,形核点较常规轧制明显增多。因此,发生相

变后,钢板内部晶粒较常规轧制更加细化。如果终轧温度过高,钢板内部会发生回复现象,使得变形带、位错密度减小,强度、韧性会降低。但是,如果终轧温度过低,进入两相区轧制,容易造成混晶,钢板综合性能下降。常规轧制和控制轧制钢板的性能如表 3 所示。

由表 3 可知,经常规轧制和控制轧制的钢板强度均超过国家标准。2 号试验钢的强度明显高于 1 号试验钢的强度。这主要是因为控制轧制有效细化晶粒,使钢板强度有所提高,与金相检测得到的结果相对应。但由于轧制厚规格钢板,虽然控制轧制工艺

得到的钢板伸长率高于常规轧制,但仍低于国家标准。因此,可通过正火进一步细化晶粒,提高伸长率。

表3 Q345R轧制后物理性能

Table 3 Mechanical properties of samples after rolling

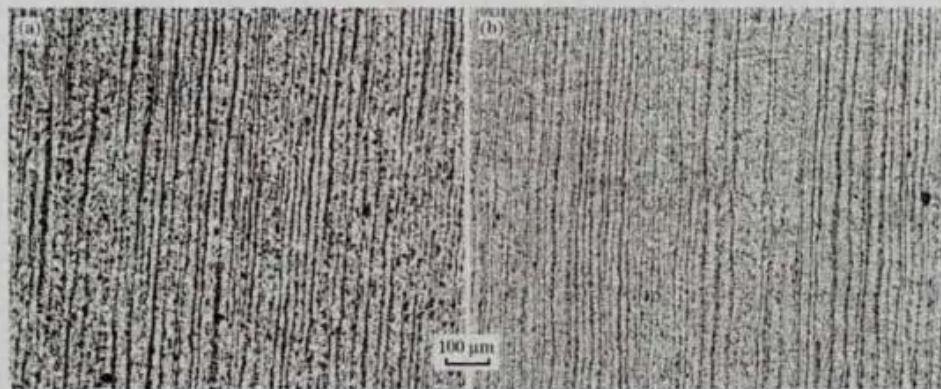
试样	屈服强度	抗拉强度	伸长率 A/ %	V型冲击功(0℃)		
	R_{eL}/MPa	R_m/MPa		KV ₂ /J		
1	390	560	17	73	69	58
2	430	610	20	89	77	100

2.2 正火工艺对钢板性能的影响

将试样2定尺为2(A)和2(B)两块钢板进行正火热处理。两块钢板热处理工艺分别设定为目标温度920℃,保温30min和目标温度870℃,保温10min,钢板出炉后空冷。考察不同热处理工

艺对钢板性能的影响。图2分别为两钢板经热处理后的金相照片。

由图2可知,两个钢板的组织均为铁素体与珠光体混合物。钢板经热处理后,晶粒较未热处理钢板有所减小。同时,钢板2(B)的晶粒比钢板2(A)的晶粒小,且分布均匀。这是由于2(A)热处理温度过高,钢板中第二相粒子发生固溶,钢板晶粒随温度和保温时间增加而长大的原因。另外,钢板经热处理后带状组织没有明显改善,这是由于本钢种加入了Nb、V、Ti等强碳化物形成元素,轧态试样的中心偏析和带状组织比较严重。经过正火处理后,由于奥氏体中的碳和碳化物第二相粒子及杂质在扩散速度上有显著的差别,奥氏体中的碳及第二相粒子都尚未均匀导致。钢板经热处理后,物理性能如表4所示。



(a) 920℃, 30 min; (b) 870℃, 10 min.

图2 热处理后钢板组织

Fig. 2 Microstructure of Q345R after heat treatment

由表4可以看出,热处理后钢板强度降低很大,屈服比较热处理前有所降低,主要是由于正火改善了轧制过程中奥氏体的加工硬化状态,从而降低了从奥氏体遗传到铁素体中的位错密度,屈服比降低。2(A)样品的屈服强度和抗拉强度降低100MPa左右,无法达到国家标准。由表4可以看出,两个样品

的伸长率跟冲击性能都提高很大。这主要是由于加入V、Ti、Al等合金元素的低合金钢,在钢中形成细小的C、N化合物第二相粒子,阻止了晶粒的长大,因此在合适的加热温度下,晶粒长大倾向较小,在空冷后形成了较细小的晶粒。可见晶粒的细化是正火后钢板的韧性得到提高的主要原因。

表4 Q345R热处理后钢板性能

Table 4 Mechanical properties of samples after heat treatment

钢板	屈服强度	抗拉强度	伸长率 A/%	V型冲击功(0℃)KV ₂ /J		
	$R_{eL}/(\text{N} \cdot \text{mm}^{-2})$	$R_m/(\text{N} \cdot \text{mm}^{-2})$				
2(A)	290	450	33.0	86	78	104
2(B)	340	530	31.0	92	104	118

(下转第16页)

到的最终回归方程为:

$$\omega([C]) = 0.103 + 36.690X - 2010.356X^2 + 2.619X^2t - 0.024t - 8.533 \times 10^{-4} X^2 t^2 \quad (11)$$

计算结果与取样分析的结果比较,如图 3 所示。

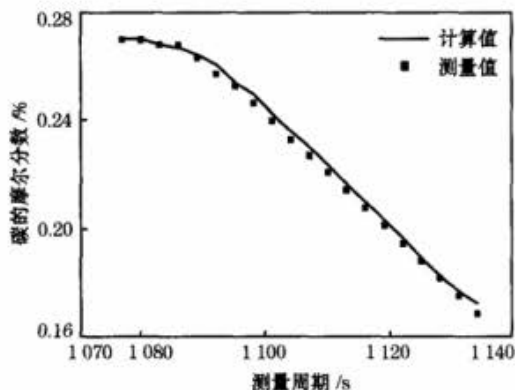


图 3 三次方模型模型定碳与实测结果比较

Fig. 3 Comparison between calculated and measured carbon contents

由图 3 可见,在整个冶炼后期,三次方模型计算的结果与实测数据都很吻合,与指数模型相比,三次方模型能够更好的反应转炉冶炼后期熔池中碳含量。

4 结论

1) 通过分析炉气中 CO 和 CO₂ 的变化规律,应

用指数模型能够较好的预报终点碳含量。

2) 三次方模型能够更好的反应转炉冶炼后期熔池中碳含量。

参考文献:

- [1] 邵象华. 氧气转炉炼钢的计算机控制[C]//国外转炉顶底复合吹炼技术(二),北京:冶金工业部情报研究所,1987.
- [2] Heinrich Rossner, Bodoreinhold, Guenter Urban. Automation of a 100-ton BOF[J]. Iron and Steel Engineer, 1970, 47(8): 70.
- [3] Blum Bernard, Schwartzberg John W, Lluxl Frank C. Control of Basic Oxygen Steelmaking [J]. Iron and Steel Engineer, 1967, 44(6):111.
- [4] Leitzke V A, Schroeder D L. A Closed-Loop Control System for the Basic Oxygen Steel Process [J]. Iron and Steel Engineer, 1967, 44(8):121.
- [5] Choudhury, Breuckmann G. Development for Refining Control of the Application of a Mass Spectrometer [J]. Metallurgical Plant and Technology, 1988(5):44.
- [6] Junichi Fukumi, Chihiro Taki. Development for Refining Control System in Combined Blowing Converter Based on Exhaust Gas Information [J]. Testu to Hagane, 1990, 76(11):192.
- [7] Hei-ichiro ISO. Dynamic Refining Control by Analysis of Exhaust Gas from LD Converter [J]. Trans, ISIJ, 1987, 27(5): 351.
- [8] 王存. 利用废气信息进行转炉钢水连续测温 and 定碳[J]. 中国有色金属学报, 1997, 7(增刊 1):117.

(上接第 7 页)

3 结论

控制轧制工艺与常规轧制工艺相比,能有效细化晶粒,使钢板强度有所提高。在相同成分体系下,采用控制轧制可适量减少合金加入量,降低成本。Q345R 钢板经正火热处理后,钢板晶粒随加热温度和保温时间的增高而增大,屈服强度和抗拉强度明显降低,屈强比有所降低,伸长率和冲击性能有所上升。根据试验结果,实际生产中选用目标温

度 870 ℃,保温时间 10 min 生产能得到性能理想的钢板,满足生产需要。

参考文献:

- [1] 李季辉,崔占全. 新型压力容器用钢 CCT 曲线的测定[J]. 热加工工艺, 2005(11):63.
- [2] 朱岩,丁建华. 国内压力容器和压力钢管用厚钢板使用情况分析[J]. 宝钢技术, 2003(2): 44.
- [3] 谢良法,赵文忠,吴道新. 舞钢压力容器用钢板[J]. 宽厚板, 2003(4):6.

加入“常州精密钢管博客官方知识星球”即可免费下载所有的专业技术文档!

常州精密钢管博客 知识星球

专业的 钢铁知识 钢管知识 热处理知识 钢铁行业资讯 分享网站

官方网站: <http://www.josen.net>

微信扫码加入星球

知识星球

