

船板市场概况及首钢船板生产综述

姜中行, 徐 莉, 麻庆申, 刘美艳

(首钢技术研究院, 北京 100041)

摘 要: 本文全面介绍了船板的市場现状、船板产品的特殊要求、首钢生产船板产品的研发、认证及产品质量、生产、组织、管理等方面存在的问题。首钢生产的 A/D32、A/D36 等七个钢种已通过了 CCS 等八国船级社的联合工厂认可, 其产品性能稳定优良。

关键词: 首钢; 船板; 市场; 研发; 生产

1 船板市场现状

由于经济全球化、船舶用途多样化、技术进步等因素的推动, 船舶工业市场需求显著增长, 全球造船业前景乐观。我国经济持续快速发展, 对外贸易快速增长, 90%以上的物流靠船舶运输完成。

21 世纪以来, 我国船舶工业抓住近几年国际船市呈现出空前兴旺的难得机遇, 努力拼搏, 喜获丰收, 中国造船占世界造船份额从 2000 年造船产量 346.6 万吨快速发展为 2005 年的 1212 万吨^[1], 年平均增长率达 30%, 与 2000 年相比, 增长了 3 倍, 占全球造船完工量的份额也从 5.7% 上升到 23%, 排在韩国、日本之后, 居全球第三位, 韩国第一、日本第二。韩国三大造船企业分别是现代重工、三星重工、大宇造船公司^[2], 首钢船板对以上三家均有供货。

随着我国造船技术水平的不断提高, 我国船舶品种和性能正向大型化、高技术含量和高附加值方向发展^[3], 研发一批结构复杂、技术难度大、自动化程度高的大型集装箱船、大型液化天然气船、液化石油汽船、全铝合金高速水翼船、30 万吨级超级油轮 (VLCC) 等, 逐步形成了 VLCC、苏

伊士型原油轮系列; 巴拿马型成品油船及化学品船系列; 超巴拿马型集装箱船系列; 大型散货船、海上浮式生产储卸油装置和钻井平台海洋工程系列等。^[4]

造船用钢板的市场与造船业紧密相关, 船用钢板的消耗量一般为造船产量的 25%~30%, 且与所造船体的平均载重吨位有关。2004 年国内造船需求量为 340 万吨, 2005 年为 440 万吨, 2006 年为 500 万吨, 2010 年将达到 882 万吨; 2004 年国内造船板产量为 368.5 万吨, 2005 年为 486.4 万吨, 2006 年为 500 万余吨。目前国内造船板钢的年消耗量大概在 490 万吨左右, 其中 95% 以上为国产钢板, 生产厂家主要有鞍钢、浦钢、宝钢、武钢等, 其余有特殊强度要求及特殊尺寸规格要求的都需要从国外日本、韩国、德国等国家进口。

高强船板尤其是 E32、E36 及 36kg 以上强度级别造船板的用量不断加大, 造船用钢板的使用有向 E 级、F 级、Z 向要求的海洋平台用钢发展的趋势。按典型船型统计看, 在造船使用中以 32kg、36kg 级为代表的高强船板的块数占全部船体用钢的 33.7%, 按重量计占 38.8%。

参考文献

[1] 迟京东. 中国板带材生产特点与消费趋势. 冶金经济参考. 2007.3 期. P9-13.

[2] 冶金经济参考. 2007.4-5 期.

[3] 邵素云. 竞争与出路. 全国轧辊信息网会议报告.

[4] 李世俊. 钢铁工业发展进入过剩阶段. 全国轧钢学术交流会报告.

The Development And the Crisis of Our Country's Hot Rolling plate and Strip Mill Rolls

Gong Kailing^{1,2}

(1. Central Iron & Steel Research Institute, Beijing 100081, China; 2. Tangshan Lianqiang Metallurgical Roll Co., Ltd. Hebei Tangshan 063300, China)

Abstract: In accordance with the current situation of our country's hot rolling plate and strip mills, not only analysis the our country's future hot rolling plate and strip mill market demand of the consumption rolls, but also analysis our country's future hot rolling plate and strip roll's seriously overmuch output, and point out the crisis that these enterprises are facing.

Key words: Roll; Hot Rolling plate and Strip Mill Rolls; Development and Crisis; Crisis

2 首钢船板生产

2.1 船板的技术要求

GB712-2000《船体用结构钢板》对造船用钢板的成分、性能等提出了基本要求。由于船板的特殊要求,船板的生产还不同于其他品种钢的生产,必须通过预生产的相关船级社的认可。造船钢板对安全性、可靠性及使用性有严格的要求,各国船级社对工厂认可过程中的检验项目非常全面和严格,如钢板低倍检验、系列冲击、时效冲击、落锤试验(NDT)、焊接试验等。因此,造船钢板不是仅仅满足GB712-2000《船体用结构钢板》标准要求就能通过船级社认可的,实物指标必须有足够余量。

高强船板主要用于船舶重要部位和大型船舶制造,船体中重要的部位,如艏柱、船底板以及船舷止裂板都要求高塑性材料,对于无限航区的船舶,由于使用环境复杂,更要求低温条件下冲击韧性。许多船舶的破损事故都是由于船板的低温冲击韧性不够所引起的,降低碳当量利于低温冲击韧性及焊接性能的提高,但一定程度的硬化及焊接裂纹总是存在的,如果本身对缺口敏感,抵御扩展的能力差,就可能发生断裂事故。因此对焊接钢材要求不仅有高的抗裂纹生成能力,还要求有良好的抗裂纹扩展能力,即良好的缺口韧性。

由于船体线形较为复杂,内部构架也并非平面或立方形的,而是有多种类型的曲面,需要采用冷、热弯及水火弯板等多种成型操作,要求船板没有表面损伤、微细裂纹;允许多次加工或修补,尤其是焊接操作。

2.2 船板生产前的认证

船板生产厂家必须取得相应船级社的认可后方可批量生产船板。国际船级协会(IACS)由世界主要验船机构组成,现有11个正式会员社和2个联系会员社。正式会员社即美国船级社(ABS)、法国船级社(BV)、中国船级社(CCS)、挪威

船级社(DNV)、德国劳式船级社(GL)、韩国船级社(KR)、英国劳式船级社(LR)、日本海事协会(NK)、波兰船舶登记局(PRS)、意大利船舶登记局(RINA)、俄罗斯船舶登记局(RS);联系会员社即印度船级社(IRS)、克罗地亚船舶登记局(CRS)。全世界商船总吨位的95%以上均已接受IACS授权船级社的法定认可检验。船板的认证主要通过以下六个过程。

1) 确定认证钢种、规格

根据钢厂实际工装设备水平,通过摸底试验,结合市场细分和船级社要求,确定本厂认证船板的钢种、规格、等级。

2) 制定认证试验大纲

认证过程中,船级社对认证品种的炼钢工艺、脱氧工艺、精炼工艺、微合金化方法、控轧控冷工艺都要明确。必须根据上述条件的不同,分别进行认证。制定试验大纲。

3) 进行生产准备,与船级社商定认证安排

首先要确定试制方案(冶炼、轧制方案)后,按方案进行生产准备,减少因设备、管理等其他非技术因素引起的非正常生产;其次根据试制的规格及钢种争取适宜的合同定单。在生产准备完毕后,组织集中安排认证相关生产。

4) 进行生产——冶炼、轧制、取样

5) 制定取样方案、评判检验结果

按各国船级社要求在钢板对应位置取样,在制定取样方案时应排除火切热影响区的影响,并考虑现有的加工试验条件及所允许的不同种类试验试样的尺寸来确定,同时还要根据现行的船板认证试验大纲,确定每一块试验钢板的取样数量、取样种类,并且把各种需取试样按照最优的顺序排列。

认证取样要求极其苛刻,取样均定在认证生产浇次的头炉的头坯、尾炉的尾坯,且取样位置严格,如图1所示。

6) 获得认可取证

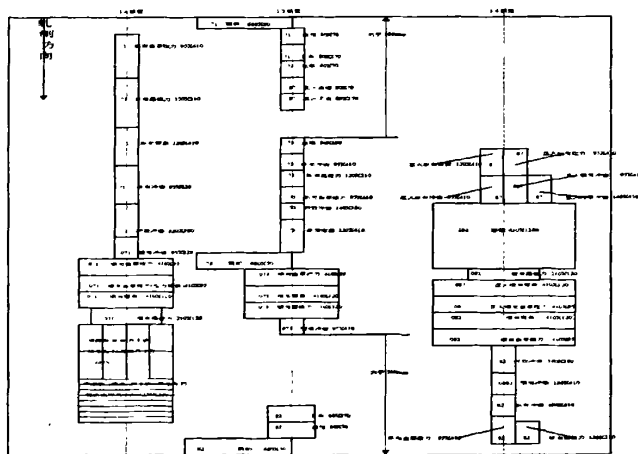


图1 一张钢板取样认证图示

船板认可包括钢种试制开发、生产工艺研究、检验试验方案制订、认可大纲编制、工厂受检文件资料准备、实物质量检查、试样加工制取、成分性能金相检验与分析、数据统计、报告总结等方面工作。这是一项业务量大、程序复杂的工作,如试样数量方面,仅E级钢的一个规格就需要准备约400个试样。可以说,认可过程中所涉及的方面部需要有充分的准备和把握,否则,任何环节的好坏将决定能否通过认可。生产厂家取得船板认可后,在有效期内还要接受船级社的年检,生产的每批船板的检验过程必须在验船师监督下进行。

2.3 首钢造船用钢板的生产现状及推广

目前首钢生产的船板A、B、D、A32、D32、A36、D36的7个强度质量等级已经通过了八国船级社的认证,生产工艺稳定、产品性能优良,实物质量达国内领先水平,产品销往国内各大知名造船企业,并出口韩国现代等国际一流造船厂,月产最高达3万吨。

为了迎接我国造船业蓬勃发展,首钢总公司提出了2007年船板生产过百万吨的生产战略目标。北京中板部分工装设备的改进与秦皇岛中板4300轧机生产线的调试顺利完工为我公司造船板扩规格、扩产品强度等级提供了必要的设备条件、工艺条件。为了提高首钢生产造船用钢板的市场竞争力,总公司在提出产量达百万的同时,对产品质量、产品规格、产品品种也提出了更高的要求。为此应合理

调配北京中板厂3500mm轧机、中板4300mm轧机、秦皇岛中板3300mm轧机三条生产线不同规格、品种船板的生产,使其组织能力、管理、工艺控制水平、设备能力发挥到最大极限。

2.3.1 典型钢种的生产工艺路线

低硫铁水-210t转炉冶炼-挡渣出钢-钢包脱氧合金化-LF炉精炼(温度、成分调整,净化钢质、脱硫)-喂丝(A1线 Si-Ca线)-板坯浇铸(全保护)-合格板坯-板坯加热-板坯除鳞-四辊轧机控制轧制-轧后控冷-精整-成品钢板。

2.3.2 典型钢种的钢号标准

首钢生产高强船板315MPa级、355MPa级的成分控制及GB712-2000标准要求见表1。

GB712-2000标准对315MPa级、355MPa级船板性能的要求见表2。

2.3.3 首钢生产船板典型钢种实物质量

通过采用微合金化及成分优化、洁净度控制、板坯裂纹控制和控轧控冷等关键技术,生产的船板实物质量水平见表3。

3 首钢船板生产中存在的问题及解决措施

3.1 板坯质量缺陷控制

3.1.1 板坯角部横裂缺陷控制

首钢在生产高强船板355MPa级初期出现大量的板坯

表1 高强船板成分控制(%)

钢号	C	Si	Mn	P	S	Al ₁	V	Ceq
A32, D32A36, D36 GB712-2000	≤0.18	≤0.50	0.90~1.60	≤0.035	≤0.035	≥0.020	0.05~0.10	≤0.40
A32	≤0.18	0.20~0.50	1.00~1.60	≤0.035	≤0.035	≥0.020		≤0.39
D32	≤0.18	0.20~0.50	1.00~1.60	≤0.030	≤0.030	≥0.020		≤0.39
A36	≤0.18	0.20~0.50	1.00~1.60	≤0.035	≤0.035	≥0.020	添加	≤0.39
D36	≤0.18	0.20~0.50	1.00~1.60	≤0.030	≤0.030	≥0.020	添加	≤0.39

注:表1中Ceq(%)=C+Mn/6+(Cr+V+Mo)/5+(Cu+Ni)/15;GB712-2000标准对315MPa级、355MPa级船板性能的要求见表2

表2 高强船板的性能要求

钢材等级	屈服强度 s _s /MPa	抗拉强度 s _b /MPa	断后伸长率 d ₅ /%	冲击功, A _{KV} ≥		
				试验温度/℃	纵向	横向
A32	315	440~570	22	0	31	22
D32				-20		
A36	355	490~630	21	0	34	24
D36				-20		

表3 首钢生产高强船板典型钢种的性能

钢材等级	屈服强度 s _s /MPa	抗拉强度 s _b /MPa	断后伸长率 d ₅ /%	冲击功, A _{KV} , J	
				试验温度/℃	纵向
A32	345	480	26	0	198
D32	340	480	27	-20	180
A36	380	520	25	0	200
D36	375	520	25	-20	190

角裂, 直接影响了铸坯合格率和轧制成材率。按首钢 355MPa 级高强船板的成分设计, 与普通低合金钢比较添加了钒微合金元素, 由于钒的碳、氮化物析出影响, 其第Ⅲ脆性区有所扩大, 上限由 850℃ 提高到 920~930℃, 下限由 720℃ 下降到 650℃ 左右, 第Ⅲ脆性区的扩大, 增加了高强船板避开第Ⅲ脆性区进行矫直的难度。板坯热模拟试验结果也充分证实了这一点。图 2 是高强船板第Ⅲ脆性区试验结果。要减少板坯角部横裂纹, 必须通过调整连铸工艺参数, 使矫直温度避开第Ⅲ脆性区。

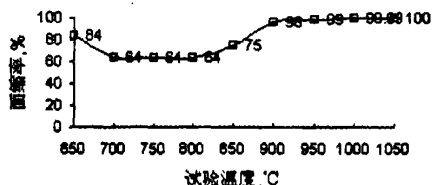


图 2 D36 钢种面缩率随温度的变化

从二炼钢板坯实测温度看, 板坯矫直温度 880~900℃, 不能完全避开第Ⅲ脆性区。这是首钢高强船板产生角部横裂纹的主要原因, 为此制定了如下改进措施:

- 1) 确保低过热度浇铸。
- 2) 保持拉速和结晶器液面稳定。
- 3) 减少二冷配水量, 降低冷却强度。
- 4) 适当提高拉速。

通过采用上述措施, 减少了板坯冷却的不均匀性, 通过提高拉速、调整二冷配水, 提高了铸坯矫直温度, 实测矫直温度为 930~950℃。从而避开了脆性区, 大大降低了角部横裂纹发生率。高强船板角部横裂发生率由 11.80% 降低到目前的 0.10% 以下, 大幅度提高了板坯的合格率, 降低了生产成本。

3.1.2 板坯表面纵裂纹控制

与板坯角部裂纹类似, 在首钢生产高强船板初期同样出现了板坯表面纵裂, 纵裂严重的铸坯不能修复, 大大降低了炼钢厂的铸坯合格率。表面纵裂的影响因素较多:

- 结晶器液面波动大。
- 拉速频繁变化。
- 二次冷却强度较大及不均匀。
- 保护渣不均匀或保护渣性能不良。
- 浸入式水口不正等。

采用首钢高强船板的成分设计, 其碳含量一般为 0.12~0.15%, 处于包晶区, 裂纹敏感性大, 工艺的波动更容易产生裂纹, 现场数据表明, 除成分的影响外, 结晶器保护渣性能对高强船板纵裂影响较大。

连铸结晶器保护渣的主要作用是: 结晶器与凝固壳之间的润滑、钢液的保温及防氧化、吸收钢液中上浮的夹杂物。为此, 根据铸造的钢种、拉速、注温以及结晶器尺寸等因素, 对保护渣的熔化温度、熔化速度、渣化率、粘度、表面张力及界面张力、结晶温度等分别有不同的要求。

铸坯表面纵裂纹是由于该部分(与正常部位相比)产生的凝固不良所致, 并认为它与润滑不良引起的铸坯粘附有关。因此, 为了防止纵裂纹, 保证结晶器内散热冷却、凝固和润滑的均匀性很重要。首先, 添加到结晶器内的保护渣因吸收钢液供给的热量而熔化, 形成熔融层。为了防止纵裂纹, 要确保熔融层有一定的厚度。其次, 由于渣池的熔融保护渣在弯月面处流入到结晶器与铸坯之间形成渣膜, 为了使其均匀流入, 使结晶器的传热冷却均匀进行, 要求熔融保护渣的特性有一适应范围, 即随拉速的变化要满足下式。

$$\eta \cdot V_c \approx 0.1 \sim 0.35$$

η : 1300℃ 时熔渣的粘度, Pa·s

V_c : 铸造速度(拉速), m/min

为减少高强船板纵裂缺陷, 对高强船板保护渣的成分进行了调整。由于板坯改造后拉速提高, 需适当降低保护渣粘度, 为此, 适当增加了保护渣的 Na₂O 和 F 含量, 降低碳含量, 从而降低了保护渣粘度及熔点, 使其与拉速基本适应。从而改善了钢坯的冷却均匀性, 减少铸坯纵裂缺陷。

表 4 列出了保护渣调整前后高强船板板坯纵裂对比结果。

可以看出, 新型保护渣, 可以有效减少高强船板纵裂发生率, 表 4 数据表明, 采用新型保护渣后, 高强船板的纵裂发生率已降低到普通产品水平, 能够适应大批量生产要求。

3.2 船板产品质量控制

国外船板订购商对船板的表面质量、产品规格尺寸有严格的要求, 首钢生产的船板出口主要用户是韩国现代重工, 对船板表面质量要求更为严格。为了保证出口韩国现代的船板表面质量, 提出了以下工艺改进措施。

- 1) 加强保护渣定期检测, 确保保护渣理化性能, 防止因渣性能波动引起铸坯表面缺陷。
- 2) 稳定连铸工艺, 降低铸坯振痕。

表 4 保护渣试验效果

保护渣类型	对比炉数	钢坯总量	纵裂量 T	纵裂率%
A (原渣)	133	23536.156	3314.789	14.08
B (新渣)	106	19671.74	281.944	1.43

3)加强板坯表面质量的检查,表面不合格铸坯不许入炉。

4)保证船板生产中的加热,即加热时间和加热温度。

5)保证高压水除鳞质量。

3.3 船板生产中组织、管理问题

3.3.1 船板交货周期问题

由于船板是钢板中的特殊产品,除了在生产前工厂需要认证外,每块钢板的性能检验还需在各国验船师监督下进行,所以无形之中延长了船板的交货周期。首钢为了保证客户的交货时间,采取了以下措施调节组织生产。

1)合理安排各国船级社船板生产时间,组织单国船板集中生产。

2)加强与各国船级社沟通,提前合理安排检验时间。

3)合理安排各国船级社检验周期,避免周期过短。

4)在检验部门条件允许的情况下,尽量安排多个船级社船板集中检验,减少各国船级社分散监督检验给检验部门带来的工作。

3.3.2 最小批次问题

造船商为了减少船板成品后的多次加工,船板订购用户按船板设计最终要求提出钢板订货尺寸,所以订货钢板尺寸单张均差异,给船板生产厂家带来了不便。这就要求生

产厂实现船板最小批量轧制船板的生产必须。

为了更好的满足客户的特殊要求,在船板生产中如何合并相近尺寸、减少生产检验批次的同时还能满足客户的要求及首钢内部 ERP 程序运行的要求成为解决最小批次问题的唯一途径。

4 结语

首钢船板的历经市场调研、产品研究开发、大生产准备——认证、小批量生产、大批量生产、产品推广、稳定产品质量等多个阶段,最终达到了满足客户使用需要的、产品质量稳定的船板产品,实物质量达国内领先水平,产品得到了国内、外一流造船厂的认可。首钢生产的船板产品正在向更高强度级别、更齐全的规格、更稳定良好的产品质量上发展。

参考文献

- [1]“船舶工业发展的新跨越”,王荣生《中国远洋财务公告》2006.4 P31-33
- [2]“造船业全球霸主——韩国”,张驰《CWT》2006.3 P 41
- [3]“未来 10 年我国造船业的发展及对钢材的需求”,《现代焊接》2006 年第 2 期,总第 38 期 P57

The Hull Steel Market Existing State and Producted State in Shougang

Jiang Zhonghang, Xu Li, Ma Qingshen, Liu Meiyang

(The Research Institute of Technology in shougang)

Abstract: The article introduced the hull steel market, special requirement, and the hull steel made in SHOUGANG which development, certification process and the problem of the steel quality, producing process, organizing, and etc. The hull steel made in SHOUGANG such as A/D32, A/D36 grade have passed eight nation quality system certificate, such as china classification society, and the hull steel products' performance are stable and its' quality are good.

Key Words: SHOUGANG; hull; steel; market; develop; product