

开发二、三级船用锚链热轧圆钢工艺实践

技术中心 尹雨群

摘要 详细介绍了船用锚链圆钢市场开发、技术开发与研制开发全过程,通过应用适量的“铝”进行微合金化处理,使锚链圆钢的强塑性得到显著提高,晶粒得到进一步细化,综合性能全部符合 CCS 及 LR 规范要求,产品实物质量达到了国内先进水平。

关键词 锚链圆钢 技术开发 工艺实践

1 开发背景

进入 90 年代,因日韩等国劳动力成本及日元升值,世界造船业的中心开始向中国转移,中国造船业已开始大规模进入国际市场并迅速成为世界第三大造船国,造船工业已成为我国的支柱产业之一,据权威部门统计和预测,到 2005 年全国船板表观消费量将达 350 万吨。

南钢船体用钢板在国内企业中首家通过了中国 CCS、英国 LR、美国 ABS、挪威 NV、法国 BV、德国 GL、日本 NK、韩国 KR 八国船级社工厂认证;球扁钢通过了中国 CCS、英国 LR、美国 ABS、挪威 NV、法国 BV、德国 GL 六国船级社工厂认证。结合国内、国际造船用钢的现状,可开发二、三级船用锚链圆钢,在南钢建造全国最大的造船用钢材生产基地。

2 市场分析

据不完全统计,全国锚链钢的年消费量在

8 万吨左右,有镇江、靖江、青岛、莱芜等锚链厂。船用锚链 70% 用于出口,二级锚链圆钢最大规格一般不超过 $\Phi 70$, 占总量的 30% ~ 40%, 三级锚链圆钢最小规格一般为 $\Phi 28$, 占总量的 60% ~ 70%, 量的分布为“两头少中间多”,常用规格为 $\Phi 50$ ~ $\Phi 80$, 并逐步向高强度升级、向大规格发展。

南钢有其优越的地理条件,2001 年船用产品(船板、球扁钢、二级锚链钢)销售量已达到了 28 万余吨,为了进一步扩大船用产品的应用范围,增强船用产品的竞争力,对原有二级锚链圆钢进行了扩大认证,相继开发了三级锚链圆钢($\Phi 28$ ~ $\Phi 80$),目前已通过了中国船级社、英国劳氏船级社工厂认证。

3 二、三级船用锚链圆钢技术规范

3.1 化学成分要求见表 1

3.2 力学性能要求见表 2

表 1 化学成分

单位: %

牌号	C	Mn	Si	P	S	Alt
CM6902	≤0.36	1.30 - 1.90	0.15 - 0.35	≤0.035	≤0.035	0.020 - 0.065
CM490	≤0.24	1.10 - 1.60	0.15 - 0.55	≤0.035	≤0.035	≥0.020

表 2 力学性能

理化性能	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ_5 (%)	ψ (%)	0°C AKv			冷弯 180°
					平均值	平均值	平均值	
CM690	≥410	≥690	≥17	≥40	≥60J	—	—	d = 1.5a
CM490	≥295	490 - 690	≥22	—	≥27J	—	—	d = 1.5a

3.3 尺寸、外形偏差符合表 3 的规定

表 3 尺寸、外形偏差要求

圆钢直径 d(mm)	尺寸允许偏差(mm)	圆钢不圆度(mm)
13~20	±0.40	≤0.50
21~31	±0.50	≤0.50
32~50	+0.80~-0.60	≤0.70
52~64	+0.90~-0.70	≤0.70
66~80	+1.20~-0.80	≤0.70

备注:用户可根据制造锚链的需要选取规格、定尺合适的锚链圆钢。

4 成分与性能设计

船用锚链系船体一个重要的安全锚固设施,环环相连,该钢种要求既要有较高的强度、较好的塑性和低温冲击韧性,还要求有较好的抗疲劳性能、抗海水腐蚀性能和较好的焊接性能。

锚链加工工艺:修磨→下料→热弯→闪光焊→修整→焊档→连接至 27 米长锚链→修磨→整链热处理(二级正火、三级调质)→整链拉伸检验→船检(①焊口 0℃AKv;②焊档一侧靠焊口处需磁粉探伤;③整链进行负荷验证;④每四根链任取三环做破断拉力试验)。

表 4 化学成份设计

(单位:%)

成分	C	Mn	Si	P,S≤	Cu≤	Alt
CM6902	0.28~0.32	1.55~1.70	0.15~0.35	0.015	0.20	0.02~0.06
CM490	0.18~0.22	1.30~1.50	0.15~0.55	0.020	0.20	0.02~0.06

(2)选用优质废钢,并配入 30% 以上的铁水加生铁量。

(3)出钢合金化,在电炉出钢过程中加入适量铝铁、锰铁合金,在 LF 位进行成分微调,成分、温度符合要求后喂入适量硅钙丝。

(4)连铸执行全保护浇注,钢水过热度控制

在 15~30℃,150 方单流拉坯速度不大于 2.0 米/分,矩坯单流拉坯速度不大于 1.5 米/分。

(5)使用电磁搅拌。

4.3 轧制工艺操作要点

4.3.1 理化性能设计见表 5

表 5 理化性能

(单位:%)

牌号	性 能						
	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ_5 (%)	Ψ (%)	AKv 0℃	180°冷弯试验	试样状态
CM6902	≥410	≥700	≥17	≥40	≥60J	D=1.5a	调质
CM490Mn	≥295	490~690	≥22	—	≥27J	D=1.5a	热轧

备注:CM6902 推荐热处理制度:860℃淬火+600℃回火。

4.3.2 大圆(Φ56~Φ80)工艺要点

(1)来料验收:执行标准 YB/T 2011-1983。

①规格:150×220×(2500~3150)mm 连铸坯。

②原料表面不应有缩孔、裂纹、结疤、夹杂等缺陷。

③加热时间为 1.5~2.5 小时, 加热段温度控制在 1080~1200℃(炉温), 均热段温度控制在 1150~1270℃(炉温)。

(2) 轧制工艺

轧机布置: $\Phi 650 \times 2 / \Phi 420 \times 1$

孔型系统: 箱形孔→万能孔型系统

轧制道次: 用 150 方坯生产时, 道次布置为: 7、3、1; 用 150×220 矩坯生产时, 道次布置为: 9、3、1。每道次的料型尺寸严格按工艺要求执行。

(3) 锯切按用户定尺要求进行热锯切。

(4) 冷却: 空冷, 冷床上严禁用水淋浇。

(5) 矫直、打包、标识等按用户要求执行。

4.3.3 中小圆($\Phi 28 \sim \Phi 55$)工艺要点

(1) 来料验收: 执行标准 YB/T 2011-1983。

①规格: 150×150×(2500~3150)mm、150×220×(2500~3150)mm。

②原料表面不得有缩孔、裂纹、结疤、夹杂等缺陷。

③加热时间为 1.5~2.5 小时, 加热段温度

控制在 1080~1200℃(炉温), 均热段温度控制在 1150~1270℃(炉温)。

(2) 轧制工艺

轧机布置: $\Phi 650 \times 2$ 、 $\Phi 420 \times 4$ 、 $\Phi 350 \times 4$

孔型系统: 箱形孔→六角方→椭圆→圆孔型系统

每道次的料型尺寸要严格按照工艺要求执行。

(3) 定尺

①飞剪倍尺设定根据产品定尺长度为依据设定。

②冷剪定尺为 9000+60mm。

③如用户有特殊要求, 尽量满足用户要求。

(4) 打包、齐头、标识等按用户要求执行。

5 二、三级船用锚链圆钢试验结果分析

5.1 试制的 20 炉钢的化学成分统计汇总见表 6

5.2 试制的 20 炉钢所轧材理化性能统计汇总见表 7

5.3 试制的 20 炉钢所轧材冲击值统计汇总见表 8

表 6 锚链圆钢化学成分统计

(单位: %)

牌号	项目	C	Mn	P	S	Si	Al ₈	Cu
CM490	平均值	0.20	1.40	0.012	0.008	0.23	0.039	0.13
	最大值	0.21	1.45	0.016	0.010	0.26	0.046	0.14
	最小值	0.18	1.35	0.006	0.006	0.20	0.035	0.12
	样本数	20	20	20	20	20	20	20
CM690	平均值	0.31	1.66	0.007	0.005	0.22	0.043	0.14
	最大值	0.32	1.68	0.010	0.008	0.24	0.048	0.16
	最小值	0.29	1.65	0.004	0.001	0.21	0.038	0.12
	样本数	20	20	20	20	20	20	20

表 7 锚链圆钢理化性能统计

牌号	项目	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ_5 (%)	ψ (%)	晶粒度	冷弯 180°
$\Phi 75$ mm CM490	平均值	365	560	26	--	8.5	合格
	最大值	385	590	27	--	9	d = 1.5a
	最小值	350	530	25	--	8	
	样本数	20	20	20	20	20	20
$\Phi 75$ mm CM690	平均值	600	745	22	60	8.5	合格
	最大值	620	765	24	62	9	d = a
	最小值	585	725	20	58	8	
	样本数	20	20	20	20	20	20

表 8 锚链圆钢冲击值统计

牌号	项目	20℃	0℃	-20℃	-40℃
		(AKv)	(AKv)	(AKv)	(AKv)
Φ75mm CM490	平均值	186	185	147	128
	最大值	188	193	149	136
	最小值	185	177	145	120
	样本数	20	20	20	20
Φ75mm CM690	平均值	172	161	146	139
	最大值	179	163	148	141
	最小值	166	160	145	137
	样本数	20	20	20	20

备注: 试样及取样位置严格执行规范要求, 二级为热轧试样, 三级为调质试样。

5.4 分析

(1) 从表 4 看出, 钢的化学成分波动范围较窄, 杂质元素含量较低, 残余铜含量得到有效稀释。

(2) 从表 5 看出, 试验钢的抗拉强度控制得较理想, 达到了用户所期望的目标值, 延伸及面缩指标较好, 晶粒度达到了 8 级以上。

(3) 从表 6 看出, Φ75mm 大规格锚链圆钢各点温度冲击值较为理想, 特别是低温冲击韧性较优, 说明 Φ28 ~ Φ75mm 锚链圆钢的成分、性能、冶炼和轧制、热处理工艺设计均较为可靠, 综合性能达到了预期的目标, 能较好地满足用户的要求。

(4) 产品经江苏某厂使用后, 反映尺寸、表面质量优异, 力学性能均匀稳定, 焊口冲击韧性较好, 成型及可焊性好, 产品受到用户的青睐, 市场占有率达 50% 以上。

6 结论

(1) 通过摸索, 反复试验, 适量配加 0.035% 左右的 Al 是实现细晶粒、可焊性、高强度较为有效的元素之一。

(2) 不断优化“铝”加入工艺, 稳定钢水中酸熔铝成分, 采用全保护浇注关键技术, 有利于连铸顺行, 获得较为优异的铸坯质量。

(3) 不断改进钢坯加热质量, 避免因加热引起的过热缺陷影响钢材的综合性能。

(4) 通过试验, 选用多组元少含量复合微合金化方式能显著提高大规格锚链圆钢的淬透性与强韧性, 弥补因压缩比小对轧材综合性能的影响。

(5) 锚链圆钢宜正公差轧制, 多定尺锯切, 以个性化、差异化的产品设计赢得用户占领市场。

(6) 抓住市场机会与技术机会的结合, 找到了与本企业最匹配的目标市场, 通过一年多的实践, 二、三级锚链圆钢的技术开发取得了较好的经济效益与社会效益。

(上接第 11 页)

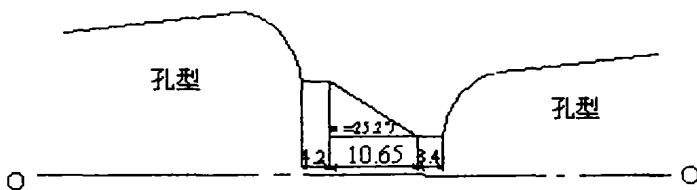


图 6

4 结束语

新的辊环形状和参数确定后, 该厂即按照

修改后的数据加工了四套 25 螺纹 K2 轧辊, 该批轧辊使用了十三个月后才陆续报废, 其中仅有一套轧辊因调整时上下两辊轴线不平行造成两条孔型报废; 而此前该道次轧辊平均每年因打坏辊环原因而报废七套以上, 效果非常明显, 此后, 该厂逐步把该方法应用到其它规格的斜配轧辊上, 均取得了较好的效果。

参考文献:

[1] 刘鸿文. 材料力学. 高等教育出版社·北京, 1987. 2