

屈服强度 700 MPa 以上级船舶用钢的试制开发

裴建华, 毕永杰

(山东钢铁集团有限公司, 山东 济南 250101)

摘要:通过成分设计、冶炼和轧制工艺优化,利用50 kg真空感应炉冶炼试制了高级别船舶用钢,并分析了不同成分及不同回火温度对船舶用钢力学性能的影响,同时利用扫描电镜对冲击断口进行分析。结果表明,提高回火温度,试验钢强度下降,塑性提高;提高Ni、Mo含量,其强度和塑性均提高,脆性转变温度从-70℃提到到-90℃,钢的屈服强度均在800 MPa以上,抗拉强度870 MPa以上,伸长率达到17%以上,-80℃冲击功80 J以上。

关键词:船舶用钢;合金强化;回火温度;脆性转变温度

中图分类号:TF762.3;TG142.1

文献标识码:A

文章编号:1004-4620(2016)02-0016-02

1 前言

当前船体大型化、轻量化已成为世界造船业的主要发展方向,对船用钢板的质量要求也越来越高。高强度级别的船板钢强度高、综合性能好,能减轻船体自重,提高载重,因此开发高强度级别船舶用钢至关重要^[1]。本研究利用50 kg真空感应炉冶炼试制高级别船板钢,探讨合金元素对脆性转变

温度的影响,以期工业化生产提供技术支持。

2 试验材料及方法

用50 kg真空感应炉冶炼试验钢并浇注成钢锭,经锻压机锻打成100 mm×100 mm×400 mm试样,采用中试Φ300轧机轧制,控轧后空冷至室温,钢板厚度为18 mm。本次共冶炼轧制4炉,试验钢的化学成分见表1。

表1 试验钢的化学成分(质量分数) %

炉号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Al	V	Ti	Nb
1	0.05	0.29	1.10	0.009	0.006	0.67	1.82	1.01	0.41	0.037	0.026	0.012	0.034
2	0.05	0.27	1.07	0.008	0.005	0.65	1.80	0.99	0.39	0.030	0.026	0.011	0.035
3	0.05	0.28	1.08	0.008	0.006	0.68	3.44	1.03	0.64	0.032	0.029	0.014	0.036
4	0.05	0.29	1.09	0.007	0.006	0.67	3.41	1.00	0.63	0.035	0.027	0.013	0.034

1)冶炼、轧制工艺。50 kg真空冶炼炉,出钢温度为1 650℃。中试Φ300轧机轧制方案:加热温度1 150℃,保温2 h;轧制规格18 mm,分两阶段轧制。一阶段,100→84→64→49(51%),开轧温度1 080℃;二阶段,49→40→30→23→18(63%),开轧温度930℃;终轧温度900℃;空冷。2)热处理方案。试验钢均经过900℃淬火(保温30 min)。其中1#、3#试验钢+600℃回火(加热系数3 min/mm);2#、4#试验钢+630℃回火(加热系数3 min/mm)。3)检验项目。对热处理后的试验钢进行拉伸、冲击试验,利用扫描电镜对冲击断口进行分析。

表2 试验钢拉伸试验结果

炉号	R_m /MPa	$R_{m0.2}$ /MPa	A/%
1	821	888	17.0
2	810	875	17.5
3	916	980	18.0
4	891	968	18.5

提高;提高Ni、Mo含量,钢的屈服强度、抗拉强度和伸长率都有提高,因为Ni能提高钢的强度,又能保持钢的良好塑性和韧性;Mo提高钢的抗回火性或回火稳定性,使零件可以在较高温度下回火,从而更有效地消除(或降低)残余应力,提高塑性。

3.2 冲击性能

依据试验钢不同温度下的冲击功平均值绘制的脆性转变温度曲线见图1。

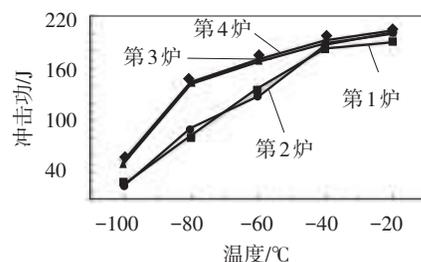


图1 试验钢不同温度下的冲击功

3 试验结果及分析

3.1 拉伸性能

试验钢的拉伸试验结果见表2。

由表2可以得出:在相同的淬火温度下,提高回火温度,屈服强度和抗拉强度有所下降,但伸长率

收稿日期:2016-01-04

作者简介:裴建华,男,1982年生,2009年毕业于东北大学材料加工专业,硕士。现为山钢集团钢铁研究院工程师,从事新产品开发工作。

确定脆性转变温度(DBTT)的方法很多,本研究采用能量法及断口观察结合的方法来确定。根据能量法,取上阶能与下阶能的1/2所对应的温度,作为脆性转变温度^[2]。从图1可以看出,1#、2#试验钢下阶能为80 J,上阶能为130 J,二者平均值所对应的温度约在-70 ℃;3#、4#试验钢下阶能为50 J,上阶

能为140 J,二者平均值所对应的温度约在-90 ℃。

3.3 断口分析

根据断口形貌确定脆性转变温度,以断口中韧脆各占50%时所对应的温度作为脆性转变温度。冲击试样微观断口形貌如图2所示。

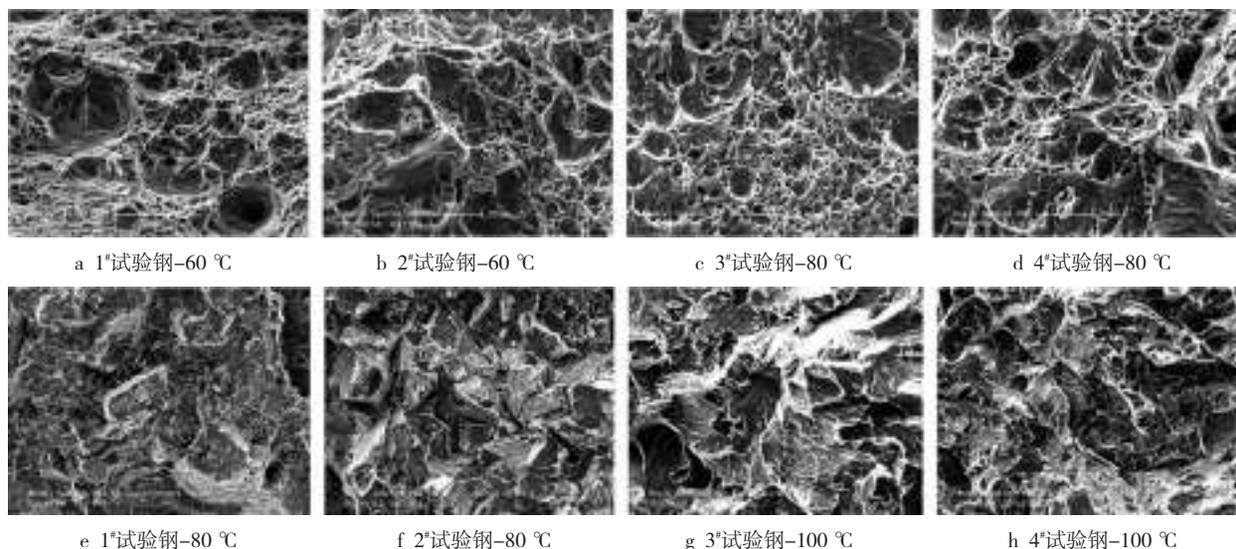


图2 不同温度下试验钢的冲击断口扫描形貌

1#、2#试验钢-60 ℃时,3#、4#试验钢-80 ℃时,冲击断口形貌呈现较深的等轴韧窝(见图2a~图2d),说明在断裂前经历了很大的塑性变形^[3];1#、2#试验钢-80 ℃时,3#、4#试验钢-100 ℃时,断口呈现明显的完全解理花样(见图2e~图2h),说明试样为脆性断裂。由此可知,1#、2#试验钢脆性转变温度应在-60 ℃与-80 ℃之间,3#、4#试验钢脆性转变温度应在-80 ℃~-100 ℃。

结合能量法,确定1#、2#试验钢脆性转变温度为-70 ℃,3#、4#试验钢脆性转变温度为-90 ℃。通过对冲击功及断口形貌的分析,说明提高Ni、Mo元素含量显著提高了钢材的脆性转变温度点。

4 结论

4.1 利用50 kg真空炉冶炼、Φ300中试轧机轧制,钢的屈服强度均在800 MPa以上,抗拉强度870 MPa

以上,伸长率达到17%以上,冲击功在-80 ℃时达到80 J以上,性能良好。

4.2 在相同的淬火温度下,提高回火温度,屈服强度和抗拉强度有所下降,但伸长率提高。

4.3 Ni能提高钢的强度,而又保持钢的塑性和韧性,Mo提高钢的抗回火性或回火稳定性。提高Ni、Mo含量,船舶用钢的屈服强度、抗拉强度和伸长率都有提高。

4.4 提高Ni、Mo元素含量显著提高了钢材的脆性转变温度,脆性转变温度点从-70 ℃提高到-90 ℃。

参考文献:

- [1] 王永然,李召岭,王兰香.DH36高强度船板钢的开发与试制[J].炼钢,2009,25(1):8-11.
- [2] 束得林.金属的力学性质[M].北京:机械工业出版社,1987:86-92.
- [3] 崔约贤,王长利.金属断口分析[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1998:71-75.

Development of Shipbuilding Section with More Than 700 MPa Yield Strength

PEI Jianhua, BI Yongjie

(Shandong Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

Abstract: Based on the chemical composition design, optimization of smelting and rolling technology, 50 kg vacuum induction furnace was used to smelt test for the high grade hull-structure steel, and the affection about mechanical properties of ship steel at different compositions and tempering temperatures were analyzed. The analysis of impact fracture surface was obtained by scanning electron microscope (SEM). The results show that with increasing tempering temperature, the strength and plasticity increased. By adjusted the element content of Ni, Mo, its strength and plasticity are improved. The brittle transition temperature is from -70 ℃ to -90 ℃, the steel yield strength are above 800 MPa, tensile strength is more than 870 MPa, the elongation reached more than 17%, impact absorbed energy is more than 80 J at -80 ℃.

Key words: ship building section; alloy strengthening; tempering temperature; brittle transition temperature