

AH36 船用钢开平板的组织 and 力学性能

董中奇^{1,2} 李军锁¹ 袁建路¹ 陈津² 马水明³

(1 河北工业职业技术学院金属材料工程系, 石家庄 050091; 2 太原理工大学材料科学与工程学院, 太原 030024;
3 邯郸钢铁集团热带厂, 邯郸 056000)

摘要 AH36 船板钢的生产工艺流程为 120 t BOF-LF-220/250 mm 坯连铸-2250 mm 轧机轧制。对 CSP 轧制的控制和新剪切工艺生产的 10 ~ 24 mm AH36 船用开平板钢(% : 0.07C、0.26Si、1.24Mn、0.014P、0.006S、0.031Als、0.028Nb、≤0.290C_{eq}) 和传统 10 ~ 24 mm AH36 船用中板钢(% : 0.13C、0.28Si、1.26Mn、0.024P、0.014S、0.038Als、0.024Nb、≤0.363C_{eq}) 的力学性能进行了分析和对比。结果表明, 0.07% C AH36 船用钢开平板的力学性能达到 0.13% C 传统 AH36 船用钢中板的力学性能指标, 0.07% C AH36 钢开平板韧脆性转变温度为 -60 °C, 较传统的 0.13% C AH36 钢中板韧脆性转变温度 -40 °C 低。0.07% C AH36 钢比传统 0.13% C AH36 钢有较好的工艺性能和较高的尺寸稳定性。

关键词 AH36 船用钢 碳含量 力学性能 韧脆性转变温度 工艺性能

Structure and Mechanical Properties of AH36 Steel Opened Plate for Ship

Dong Zhongqi^{1,2}, Li Junsuo¹, Yuan Jianlu¹, Chen Jin² and Ma Shuiming³

(1 Department of Metal Material Engineering, Hebei Industry and Technology Professional College, Shijiazhuang 050091;
2 School of Materials Science and Engineering, Taiyuan university of Technology, Taiyuan 030024;
3 Hot Rolling Strip Plant, Hansteel Group, Handan 056000)

Abstract The production process flow sheet of steel AH36 for ship is 120 t BOF-LF-220/250 mm slab casting-2250 mm mill rolling. The analysis and comparison on mechanical properties of the 10 ~ 24 mm opened plate of AH36 steel for ship (% : 0.07C, 0.26Si, 1.24Mn, 0.014P, 0.006S, 0.031Als, 0.028Nb, ≤0.290C_{eq}) produced by CSP control rolling process and new shearing process and the traditional 10 ~ 24 mm medium plate of AH36 steel for ship (% : 0.13C, 0.28Si, 1.26Mn, 0.024P, 0.014S, 0.038Als, 0.024Nb, ≤0.363C_{eq}) have been carried out. Results show that the mechanical properties of opened plate of 0.07% C AH36 steel for ship is up to the index of mechanical properties of traditional medium plate of 0.13% C AH36 steel for ship, and the tough-brittle transition temperature -60 °C of 0.07% C AH36 opened plate for ship is lower than that -40 °C of traditional 0.13% C AH36 steel medium plate for ship. As compared with traditional 0.13% C AH36 steel the 0.07% C AH36 steel has better workability and higher size stability.

Material Index AH36 Steel for Ship, Carbon Content, Mechanical Properties, Tough-Brittle Transition Temperature, Workability

高强度 AH36 船用开平板由热轧卷取和开平剪切而成, 与传统原板相比, 由于少了冷轧道工序而有着明显的成本优势以及良好的发展前景^[1-5]。

1 试样制备及实验方法

AH36 船板生产流程为: 120 t 转炉→LF 精炼→220/250 mm 厚坯连铸→2250 mm 轧机轧制→层流冷却→矫直。试验包括高强 AH36 船用开平板和中板, 厚度规格: [18, 20]、[22, 24]、[10, 12]、[14, 16] mm 四个规格组距。

船用开平板成分(表 1)特点对产品的低温冲击性能、焊接性能特别是高强船板层状断口控制十分有益。从表 2 中可以看出, 高强 AH36 船用开平板的 C、P、S 元素含量控制更加严格, 而 Al 含量较高。

表 1 高强度 AH36 开平板和中板成分设计

Table 1 Design feature of chemical composition of high strength AH36 steel opened plate and medium plate

牌号	产品类型	成分设计思路
高强 AH36	开平板	C(超低) + 微合金
	中板	C(包晶) + 微合金

2 试验结果与分析

2.1 拉伸性能

从图 1 中可以看出, 横向拉伸性能开平板、中板全部符合船规要求, 且伸长率较好, 富余量较大。但整体上开平板强度要高于中板, 伸长率低于中板, 高强船板 AH36 开平板强度在中限偏上, 中板在中限偏下。

从表 3 看出, AH36 开平板的横向屈服强度和

表 2 高强度 AH36 船用钢开平板、中板化学成分/%

Table 2 Chemical composition of high strength AH36 steel opened plate and medium plate for ship / %

牌号	产品类型	C	Si	Mn	P	S	Als	Nb	C _{eq}	P _{cm}
AH36	开平板	0.066 ~ 0.077	0.21 ~ 0.31	1.17 ~ 1.31	0.012 ~ 0.016	0.004 2 ~ 0.007	0.26 ~ 0.34	0.026 ~ 0.03	≤ 0.290	≤ 0.148
	中板	0.11 ~ 0.14	0.25 ~ 0.33	1.20 ~ 1.34	0.022 ~ 0.028	0.007 2 ~ 0.022	0.02 ~ 0.083	0.022 ~ 0.025	≤ 0.363	≤ 0.218

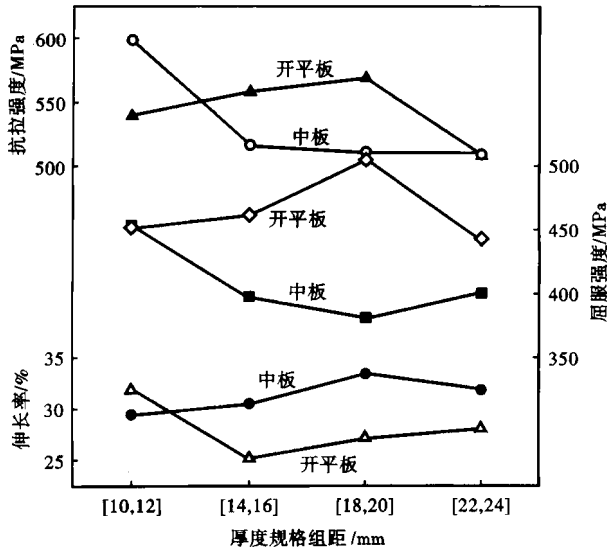


图 1 AH36 船用钢开平板和中板横向力学性能

Fig. 1 Transversal tensile strength, yield strength and elongation of AH36 steel opened plate and medium plate

抗拉强度均优于纵向的力学性能;而 AH36 中板的纵横向的屈服强度和抗拉强度相近,即纵横向力学性能差别较小;AH36 开平板和中板横向伸长率低于纵向的伸长率。这是由于开平板采用单向轧制和中板采用纵横向轧制的生产工艺不同造成的。开平板在轧制方向即纵向的变形加大,晶粒在纵向伸长较大,横向变形较小,晶粒在横向伸长较小,即晶粒在纵横向的变形程度不同造成开平板在纵横向上力学性能存在一定的差异。中板采用纵横向轧制,晶粒在纵横向的变形程度相近,因此在纵横向上力学性能相近。

2.2 纵向冲击性能

从图 2 中可以看出,船用开平板的低温冲击韧性要好于中板,并十分明显。从图 3 中可以看出,高强 AH36 船用开平板的韧脆转变温度在 -60 °C 以下,高强船用中板 AH36 在 -40 °C 时出现了韧脆转变。

2.3 残余应力

从图 4 中看出,船用开平板和中板的残余应力均能满足船规及行业规范要求,且均在规范中限以下。其中厚度 20 mm 以下的船用开平板的残余应力基本达到中板水平,部分结果甚至好于中板;厚度 20 mm 以上的开平板要略高于中板。

2.4 金相组织

表 3 高强度 AH36 船用钢开平板、中板力学性能对比

Table 3 Comparison of transversal and longitudinal mechanical properties between high strength AH36 steel opened plate and medium plate

规格/ mm	AH36 开平板					AH36 中板						
	屈服强度/ MPa		抗拉强度/ MPa		伸长率/ %		屈服强度/ MPa		抗拉强度/ MPa		伸长率/ %	
	横	纵	横	纵	横	纵	横	纵	横	纵	横	纵
[10,12]	450	430	540	535	32.0	31.0	455	490	600	595	29.5	28.5
[14,16]	462	444	559	564	25.0	29.5	395	395	515	515	30.5	34.5
[18,20]	505	450	570	545	27.0	24.0	380	375	510	510	33.5	31.5
[22,24]	442	386	509	494	28.0	36.5	400	390	510	505	32.0	33.5

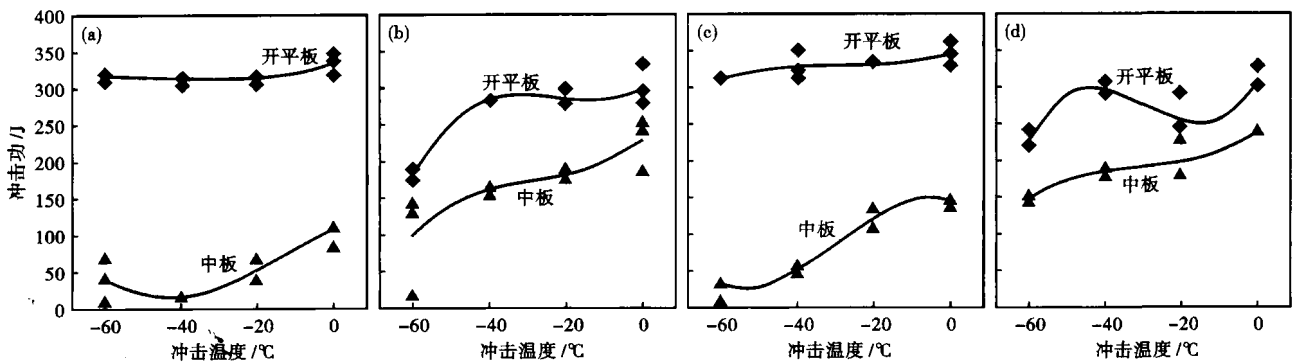


图 2 AH36 钢开平板与中板的冲击功, /mm: (a) [10, 12]; (b) [14, 16]; (c) [18, 20]; (d) [22, 24]

Fig. 2 Impact energy of AH36 steel opened plate and medium plate, /mm: (a) [10, 12]; (b) [14, 16]; (c) [18, 20]; (d) [22, 24]

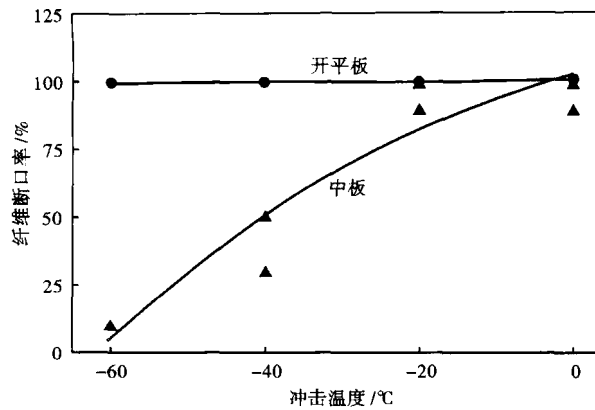


图 3 [18,20]mm AH36 钢开平板与中板的韧脆性转变温度
Fig. 3 Tough-brittle transition temperature of [18, 20] mm AH36 steel opened plate and medium plate

AH36 船用开平板与中板的金相组织的晶粒度等级和类型如表 4 所示,金相组织形貌如图 5 所示。开平板与中板的金相组织均由铁素体加珠光体组成,开平板的晶粒度为 9.5~12 级,中板的晶粒度为 9~10.5 级,造成晶粒度不同的原因主要有 3 个方

表 4 AH36 钢开平板、中板的晶粒度/级
Table 4 Grain size of AH36 steel opened plate and medium plate /rating

厚度规格/mm	AH36 开平板 晶粒类型(F)	AH36 中板 晶粒类型(F)
[10,12]	12	10.5
[14,16]	11.5	9.5
[18,20]	11.5	9.5
[22,24]	9.5	9

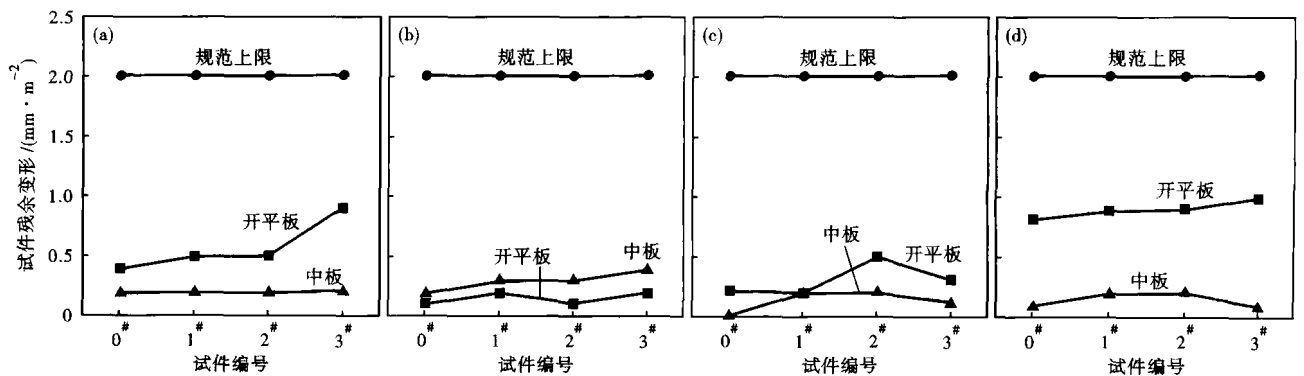


图 4 AH36 船用钢开平板、中板的残余应力, /mm: (a) [10, 12]; (b) [14, 16]; (c) [18, 20]; (d) [22, 24]
Fig. 4 Residual stress of AH36 steel opened plate and medium plate, /mm; (a) [10, 12]; (b) [14, 16]; (c) [18, 20]; (d) [22, 24]

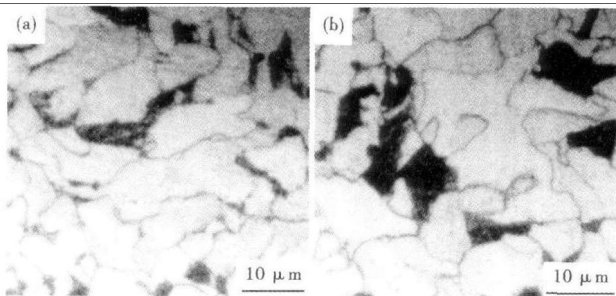


图 5 AH36 钢开平板(a)和中板(b)的组织形貌
Fig. 5 Morphology of structure of AH36 steel opened plate (a) and medium plate (b)

面:(1) 轧后冷却制度不同,开平板在 CSP 线轧制时通过层流冷却,冷却速率较大有利于晶粒细化;(2) 开平板在成板厚卷取存放,温度较高有利于扩散和相变的均匀;(3) 开平板的合金成分中 C、P、S 元素含量控制更加严格,而 Al 含量较高,微合金化阻止了晶粒的长大,有利于晶粒细化。

3 结论

高强 AH36 船板采用低碳微合金的成分设计思

路,产品的组织均匀、晶粒细小,产品低温冲击韧性好,韧脆转变温度低,高强船用开平板在 -60 °C 时仍未见脆性转变。船用开平板存在一定的纵横向性能差异,但不是很明显。船用开平板完全可以满足用户的使用要求,而且在表面质量、尺寸精度、低温韧性、中心层状组织控制等方面具有传统中板不可比拟的质量优势。

引进人才科研启动基金项目资助(No. BZ1001)

参考文献

- 1 Zhao Y T, Shang C J, Yang S W. The Metastable Austenite Transformation in Mo-Nb-B Low Carbon Steel[J]. Materials Science and Engineering A, 2006, 433(1): 169-174.
- 2 刘阳春,徐彬,武军宽,等. 首钢船板热轧板卷的生产和使用[J]. 钢铁研究学报, 2011, 23(1): 58-66.
- 3 徐党委,苏晓峰,夏志升,等. 高强船板 AH36/DH36 的成分优化[J]. 特钢技术, 2009, 15(3): 22-24.
- 4 杨玉,叶其斌,敖列哥,等. 控轧控冷工艺对 AH32 船板钢组织与性能的影响[J]. 金属热处理, 2011, 36(12): 16-19.
- 5 Imai S. Recent Progress and Future Trends for Shipbuilding Steel[J]. Welding International, 2008, 22(11): 755-761.

董中奇(1976-),男,博士后,讲师,东北大学毕业,新钢种开发。

收稿日期:2012-05-19