

夹杂物和组织对 20R 钢低温冲击韧性的影响

王 勇 苏春霞 张起生

(鞍钢股份有限公司技术中心, 鞍山 114001)

摘 要 在实验室用 200 kg 真空感应炉和 500 mm 轧机研究了成分(%)为 0.15C、0.008P、0.008S、0.06Mo 和 0.18C、0.009P、0.004S、0.01Mo 两种 20R 钢纯净度和轧制工艺对低温冲击性能的影响。结果表明,降低钢中 S 含量和夹杂物可明显改善钢的低温冲击韧性:钢在 1 180 °C 加热、1 020 °C 开轧和 800 °C 终轧的情况下,0.008% S 钢热轧空冷态和热轧 + 880 °C 正火态的 -40 °C 纵、横向冲击功分别为 14.7 J、10 J 和 13 J、9 J,钢中夹杂物为 A 类 1.5 级, B 类 1.5 级;0.004% S 钢热轧空冷后 -40 °C 纵、横向冲击功分别为 180 J、98 J,钢中夹杂物为 D 类 0.5 级;0.004% S 钢经热轧后控冷(水冷),带状组织改善, -40 °C 纵向和横向冲击功分别增至 210 J 和 146 J。

关键词 20R 钢 S 含量 夹杂物 组织 低温冲击功

Effect of Inclusion and Structure on Low Temperature Impact Toughness of 20R Steel

Wang Yong, Su Chunxia and Zhang Qisheng
(Technology Center, Ansteel Co Ltd, Anshan 114001)

Abstract The effect of cleanliness and rolling process of two heats of 20R steel - 0.15C, 0.008P, 0.008S, 0.06Mo and 0.18C, 0.009P, 0.004S, 0.01Mo on low temperature impact energy of steel has been researched by 200 kg vacuum induction furnace and 500 mm mill in laboratory. Results showed that the low temperature impact toughness of steel was obviously improved by decreasing S content and inclusion; with steel 1 180 °C heating, 1 020 °C beginning rolling and 800 °C finishing rolling, the longitudinal, cross impact energy at -40 °C of 0.008% S steel by hot rolled air cooling and hot rolled + 880 °C normalizing were respectively 14.7 J, 10 J and 13 J, 9 J, and inclusion rating in steel was A-1.5 and B-1.5; the longitudinal, cross impact energy at -40 °C of 0.004% S steel by hot rolled air cooling were 180 J, 98 J, and inclusion rating in steel was D-0.5; The longitudinal and cross impact energy at -40 °C of 0.004% S steel by hot rolled and control cooling (water cooling) increased respectively to 210 J and 146 J with improved bending structure.

Material Index 20R Steel, S Content, Inclusion, Structure, Low Temperature Impact Energy

1 试验材料及方法

造成钢板韧性偏低的原因有钢中存在魏氏组织、较多夹杂物和严重的带状组织^[1-3]。试验用的

压力容器用钢 20R,在 200 kg 真空感应炉进行冶炼,轧制在实验室 500 mm 轧机上进行,轧制成 12 mm 钢板。化学成分和轧制工艺见表 1。

表 1 试验 20R 钢的化学成分和轧制工艺
Table 1 Chemical compositions and rolling process of test 20R steel

方案	化学成分/%									终轧温度/ °C	冷却速度/ (°C·min ⁻¹)
	C	Si	Mn	P	S	Mo	Cr	Ni	Cu		
1	0.15	0.21	0.80	0.008	0.008	0.06	0.23	0.25	0.005	805	25(空冷)
2	0.18	0.24	0.79	0.009	0.004	0.01	0.02	0.01	0.001	802	400(水冷)

注:轧制加热温度 1 180 °C,开轧温度 1 020 °C。

2 试验结果及冲击韧性影响因素的分析

2.1 魏氏组织

方案 1 生产的 0.008% S 20R 钢板轧后的组织为 P + F,铁素体晶粒度在 9 级左右。可清楚地看到魏氏组织,在 2.5 级左右(图 1a)。

对采用方案 1 生产的钢板进行 880 °C 正火处理,冷却速度控制在 10 °C/min。铁素体晶粒度为 9

级左右,此时钢中的魏氏组织已经完全消失(图 1b),可见减慢冷却速度可以避免魏氏组织的产生。但其冲击韧性仍然保持在原来的水平,同样达不到标准的要求(表 2)。

2.2 钢中夹杂物

从检验结果可见,方案 1 生产的 0.008% S 20R 钢中,夹杂物主要以 A 类(硫化物)和 C 类(硅酸盐)

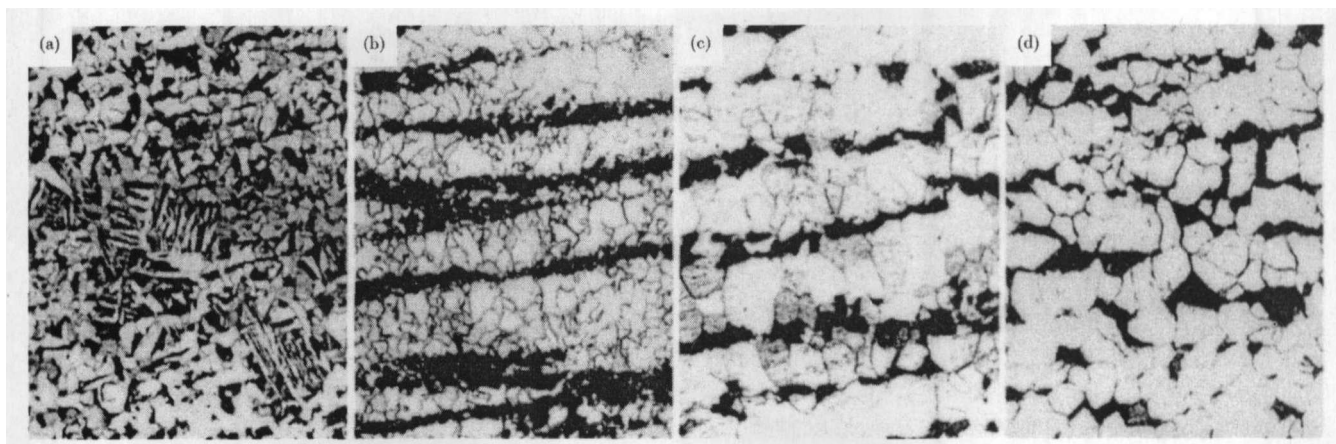


图1 轧制工艺对20R钢组织的影响 $\times 500$; 0.008% S, 热轧空冷-魏氏组织(a), 热轧+880℃正火-P+F(b); 0.004% S, 热轧空冷-P+F(c), 热轧水冷-P+F(d)

Fig. 1 Effect of rolling process on structure of 20R steel $\times 500$; 0.008% S, hot rolling air cooling- Widmannstätten structure (a), and hot rolled + 880℃ normalization- P + F (b); 0.004% S, hot rolled air cooling- P + F (c), hot rolled water cooling- P + F (d)

表2 S含量、夹杂物、轧制工艺对20R钢拉伸性能和冲击功的影响

Table 2 Effect of S content, inclusion and rolling process on tensile properties and impact energy of 20R steel

方案	S/%	夹杂物/级	工艺	拉伸性能				平均冲击功/J			
				R_{d1} /MPa	R_m /MPa	A/%	Z/%	0℃		-40℃	
								纵向	横向	纵向	横向
1	0.008	A-1.5 B-1.5	热轧(空冷)	320	485	28.5	61.0	50	37.7	14.7	10
			热轧+正火	315	470	31.0	62.5	55	40	13	9
2	0.004	D-0.5	热轧(空冷)	280	465	33.0	70.0	200	130	180	98
			热轧(水冷)	300	475	31.5	70.0	208	163	210	146
标准	-	-	-	≥ 225	410~490	≥ 27	-	≥ 40	≥ 24	≥ 28	≥ 20

夹杂物为主,且夹杂物的级别相对较高,均达到了1.5级左右。

用高洁净度废钢按照方案2的成分进行冶炼的0.004% S 20R钢,经热轧空冷后,钢中铁素体晶粒度为8.0级(图1c),钢中夹杂物明显减少且已球化,仅有D类夹杂物(球状氧化物)0.5级。0.004% S 20R钢-40℃的横向冲击功达到了100 J,远高于方案1的水平,同时达到了标准(C级)的5倍左右(表2)。

不难看出,进一步提高钢质纯净度,减少钢中夹杂并使夹杂球化,是提高钢板冲击韧性的关键。

2.3 带状组织

从表2的检验结果中还可以发现,冲击韧性虽得到了提高,但在纵、横向性能方面仍存在着一定的差距,各向异性较为明显。从图1(c)中可以清楚看到有明显的带状组织存在。

钢板经过控轧+控冷后,钢中的组织虽然仍是P+F,但C、Mn、S偏聚减少^[4-6],带状组织明显减少,甚至消失(图1d),铁素体晶粒为9级。

横向冲击功由原来的100 J提高到150 J左右,各向异性得到了较大的改善。

3 结论

(1) 20R钢中夹杂及带状组织的存在是韧性降低的主要因素,减少钢中S和夹杂物含量以及改善夹杂形态,可使20R钢的冲击韧性得到明显改善。

(2) 通过改进轧制工艺,可以有效地减少钢中带状组织的出现,进而提高了钢板的横向冲击功,减轻各向异性。

参考文献

- 曹敬明,胡家勇,李红,等. A36、D36钢板控轧控冷工艺生产实践. 轧钢,2004,21(3):11
- 梁景理,廖志刚,朱超. 提高16MnG钢板时效冲击值的工艺控制. 轧钢,1995,12(2):35
- 李平全,霍春勇,李金凤,等. 两种组织类型的X70钢管线钢的带状组织浅析(上). 钢管,2006,35(2):15
- 王玉峰,刘宗昌,范文宝. H13的带状组织及其消除方法. 上海金属,2005(6):39
- 尹环泽. 16MnL汽车大梁钢板的开发与试制. 轧钢,2005,22(1):64
- 赵宗强. Q235A热轧带钢冷弯开裂原因分析. 中国冶金,2005(11):37

王勇(1972-),男,工程硕士,高级工程师,1995年东北大学毕业,金属材料新产品研究与开发。

收稿日期:2007-06-18