

St15 钢板冲裂成因分析

海超, 左海霞

(本溪钢铁集团公司技术中心, 辽宁 本溪 117000)

摘要:在利用 St15 钢板生产表壳过程中有少部分原料被冲裂。采用日本扫描电子显微镜、英国牛津公司的能谱仪和 EBSD、光学显微镜、拉力试验机检测结果表明,组织不均匀、{111} 织构较分散是冲裂的主要成因。

关键词:St15; 冲裂; 组织; 显微组织; 冲压性能

中图分类号: TG142.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-9356(2006)12-0013-03

Cause of Crack Forming in Pressing of St15 Steel Plate

HAI Chao, ZUO Hai-xia

(Technical Center, Benxi Iron and Steel (Group) Co Ltd, Benxi 117000, Liaoning, China)

Abstract: A small amount of cracks formed in watchcase during pressing of St15 steel plate. The causes of crack forming are analyzed through the test of SEM, EBSD, optical microscope and tensile tester. The results show that the main causes of forming crack are the asymmetrical microstructure and the dispersive {111} texture.

Key words: St15 steel plate; pressing crack; microstructure; microtexture; pressing characteristics

本钢生产的 St15 深冲用钢板,采用氧气转炉冶炼和真空精炼处理。钢板的屈服强度 (R_{eL}) 为 120 ~ 210 MPa、抗拉强度 (R_m) 大于 270 MPa。本钢板材作为冲压产品的原料虽被广泛应用,但个别产品存在冲压开裂现象。为此,对其中冲裂件与成品件进行检验与分析。

1 样品表现状态

表壳侧壁有 $\frac{3}{4}$ 周长的开裂(图 1),还有 $\frac{1}{4}$ 的侧壁与其上部法兰连在一起,其断裂源位于转角起皱部位的下方侧壁(图 2),而另 1 块钢材经冲压制成完好的零件(图 3)。这 2 件表壳冲压后的剩余法兰宽度完全不同,已冲裂表壳的法兰宽度为 75 ~ 80 mm,冲成品的法兰宽度只有 20 mm 左右。

2 检测分析

2.1 断口分析

从深冲开裂的宏观断裂情况分析,首先在长边到短边过渡的圆弧部位开裂,法兰金属在向凹模内流动过程中不畅,外力作用下又强行拉伸,此区域出现褶皱(图 2),侧壁金属出现与之对应的剪刀形状的开口(图 1),且在此处最先开裂,该处即是此次开

裂的断裂源。分析冲裂样品微观断口(图 4)属韧窝断口^[1],且分布有分散的非金属夹杂物。非金属夹杂物尺寸均较小,但韧窝尺寸差别极大,说明材料的物理性能不是很理想。

2.2 金相分析

针对冲压开裂和冲压成品样,在其相同部位取多个金相试样,即在冲压件直边部分法兰外侧以及冲压件底部中间部位,分别截取金相试样进行非金属夹杂物、显微组织和显微织构的分析。

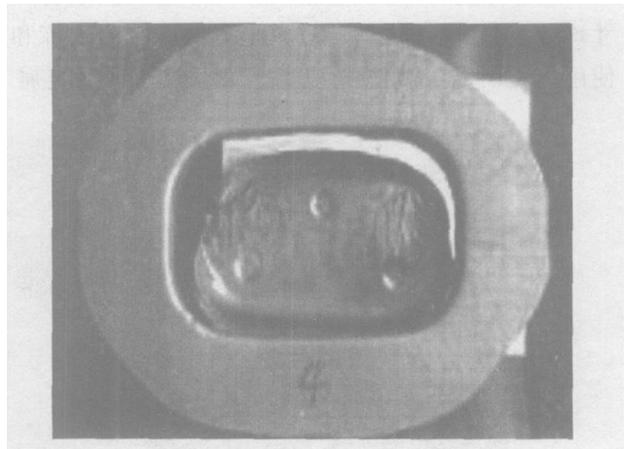


图 1 冲压开裂部位

Fig.1 Crack position in pressing

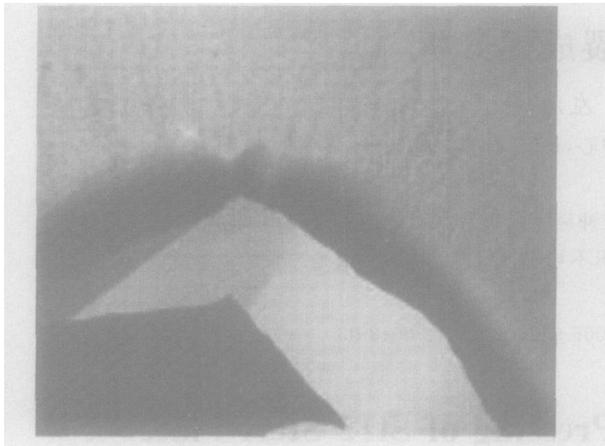


图 2 角部褶皱

Fig. 2 Fold at corner

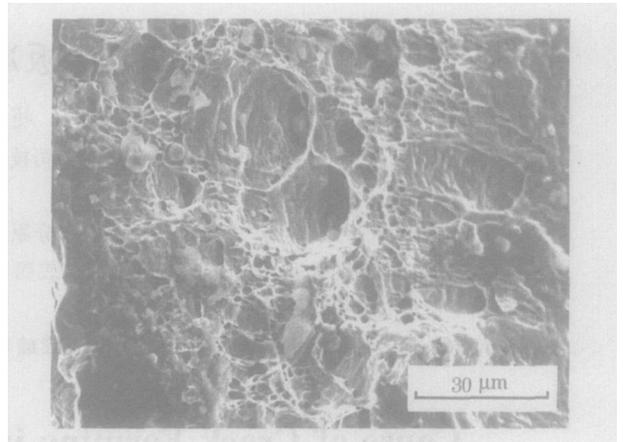


图 4 韧窝断口形貌

Fig. 4 Appearance of dimple fracture

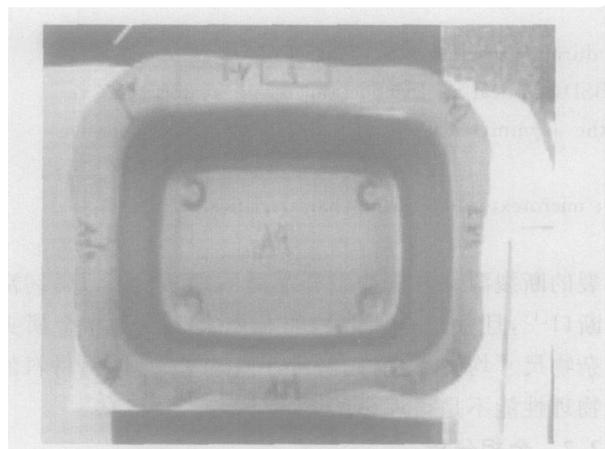


图 3 成品件

Fig. 3 Finished product

2.2.1 非金属夹杂物

从总体上看,所取金相试样的非金属夹杂物尺寸均较小、数量较少(图 5)。此类钢产品的冶炼和使用,要求非金属夹杂物应很小,2 块产品的非金属

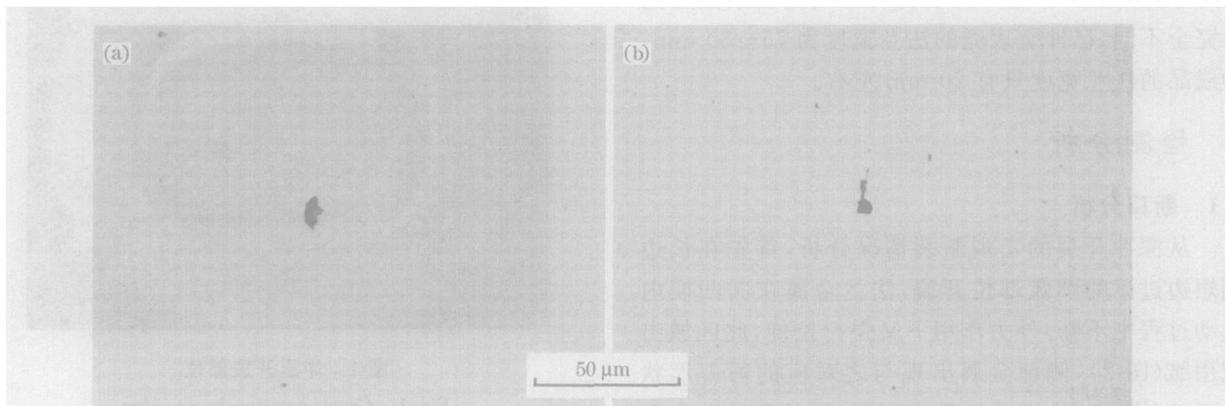
夹杂物总量差别不大,但在冲裂试样上却有 $\phi 5.3 \mu\text{m}$ 的球型夹杂物(图 6),能谱仪面扫描分析为三氧化二铝。这样大尺寸夹杂物对于厚度只有 1 mm 的冷轧产品来讲,无疑会影响到钢材的冲压性能。2 块试样的非金属夹杂物统计见表 1。从表中可见,完好的成品金相试样上非金属夹杂物从数量和尺寸上都优于冲裂试样。同时,说明产品的非金属夹杂物总体控制是有效的,但还需进一步完善。三氧化二铝为炼钢时的脱氧产物,故炼钢时对非金属夹杂物进行工艺控制尤为重要。

2.2.2 显微组织

试样显微组织均为铁素体。冲裂样的铁素体晶粒尺寸差别较大,所有晶粒度均在 1.5~9.0 级之间波动,而成品件试样的晶粒度为 6~7 级(图 7)。

2.2.3 显微织构

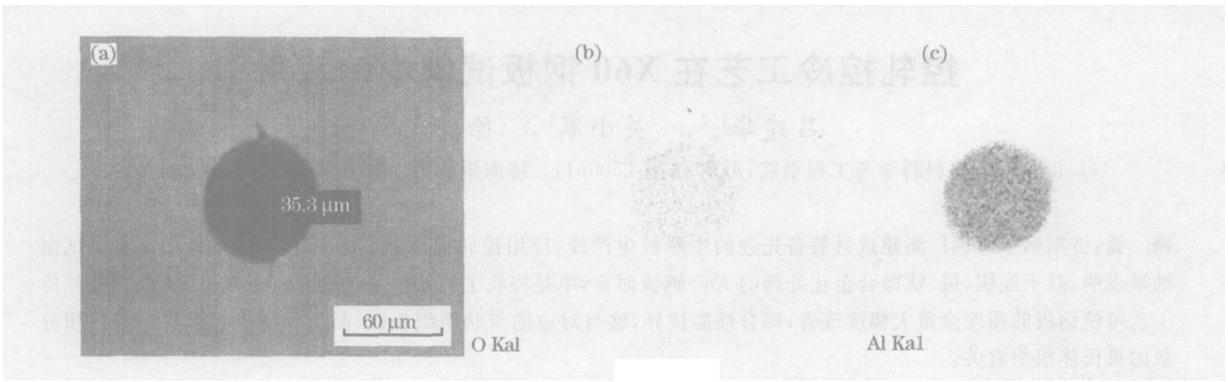
从表壳底部取样分析^[2] 2 块钢板的显微织构。其结果表明,钢板均存在一定数量的{111}织构,但冲裂钢板的{111}织构所占比例小(图 8)约 25%,同



(a) 冲裂件试样; (b) 成品件试样

图 5 非金属夹杂物比较

Fig. 5 Comparison of inclusions



(a) 尺寸及形貌; (b) 氧分布; (c) 铝分布

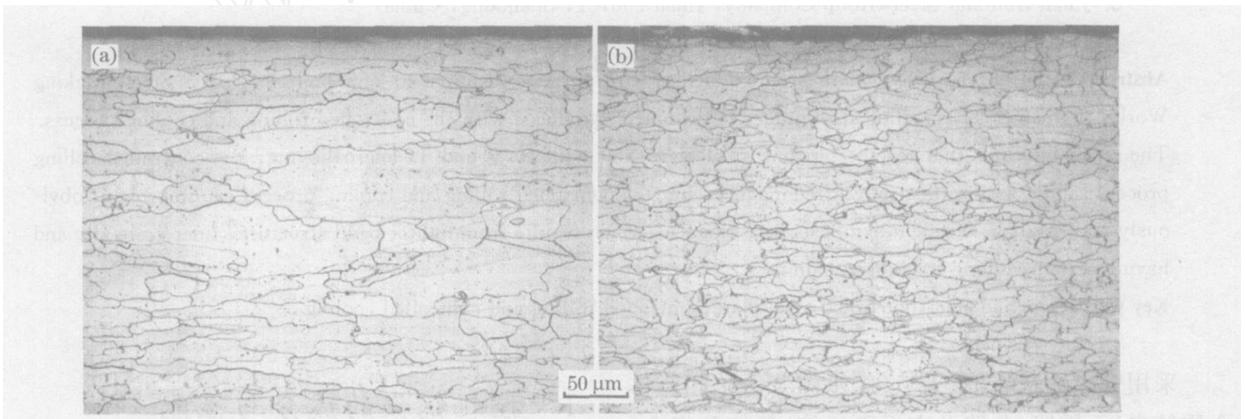
图 6 大尺寸非金属夹杂物及成分

Fig. 6 Large globular inclusion and its component

表 1 试样的非金属夹杂物对比

Table 1 Contrast of non-metallic inclusions in samples

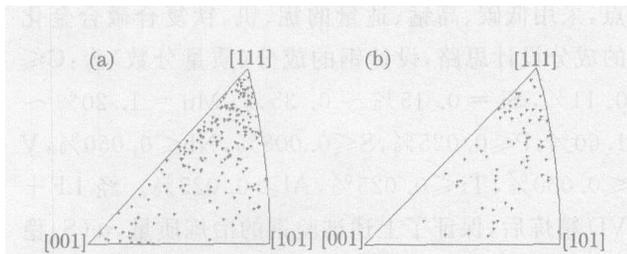
试样	> 30 μm	20 ~ 30 μm	10 ~ 20 μm	5 ~ 10 μm	< 5 μm
冲裂样	1	0	3	87	-
成品样	0	0	1	61	-



(a) 冲裂样试样; (b) 成品件试样

图 7 显微组织比较

Fig. 7 Comparison of microstructure



(a) 冲裂样试样; (b) 成品件试样

图 8 反极图比较

Fig. 8 Comparison of inverse pole figure

时,存在较多的{110} 织构,这对板材冲压性能有较坏影响。而完整表壳钢板的{111} 织构所占比例在 40%左右,有极个别的{110} 织构。

3 冲裂原因分析

本次检测表明,钢板的织构、洁净度和组织均匀性均对冷轧薄板的成型性有影响。{111} 织构越强、{110} 织构越少则成型性就越好;组织均匀、钢中非金属夹杂物小、少、分散则有利于提高钢板的成型性。检测产品出现 35 μm 大尺寸非金属夹杂物,说明该产品的冶炼存在一定问题。经对 2 块钢板的拉伸实验可知,完好表壳样品的屈强比为 0.46 ~ 0.48,而冲裂样品则是 0.49 ~ 0.67,且钢板的铁素体晶粒尺寸不均匀,{111} 织构所占比例也较少,这都会影响钢板的深冲性能。

(下转第 19 页)

表 3 控轧控冷工艺试制 X60 钢板性能

Table 3 Performance of X60 with controlled rolling and cooling process

项目	R_{dL} /MPa	R_m /MPa	R_{dL}/R_m	$A_{50.8}$ /%	A_{KV} (横, -20)/J	-15 落锤撕裂面积/ %
最小值	430	525	0.754	30.5	208.3	60
最大值	520	615	0.919	53.5	300	100
平均值	484	560	0.877	45.36	260.7	95

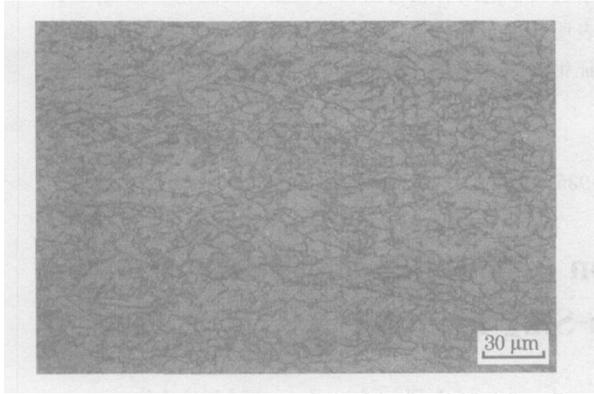


图 4 控轧控冷工艺试制 X60 钢板金相组织

Fig. 4 Microstructure of X60 with controlled rolling and cooling process

体转变,但由于珠光体转变滞后则不可避免地出现严重的带状组织。终轧温度越低,形变诱导相变作用越大,铁素体相变越提前,带状组织和晶粒不均匀性越严重。同时,由于冷速较低,使得钢板高温区停留时间较长,为相变后铁素体晶粒长大提供了条件,故所获最小晶粒度仅能达到 10.5 级,晶粒细化程度有限。显然,这些组织特征不利于强度的提高。

当钢板轧后以较快速度($10 /s$)控冷时,就基本避开了珠光体转变区域,而直接获得贝氏体组织。其中,铁素体和珠光体分别在控冷前后的冷却过程中形成。可见,提高冷速既能使铁素体组织体积分数有限且相对缩短长大过程,又能促使过冷奥氏体积累的相变能升高,为铁素体相变提供大量的晶核,以致削弱晶粒细化和带状组织;加之作为强化相的贝氏体组织体积分数较多,则使钢板强度得到明显改善。

如上所述,控轧控冷工艺对于提高 X60 钢板强度非常有效,单独的控轧工艺难以保证强度要求,晶粒细化、带状组织削弱和一定体积分数的贝氏体组织是确保强度提高的根本原因所在。

4 结论

(1) 控轧工艺试制 X60 钢板带状组织严重、晶粒较粗大且不均匀,强度余量较小,难以保证其质量。

(2) 控轧控冷工艺试制 X60 钢板带状组织轻微、晶粒较细小且具有一定体积分数的贝氏体组织,强度余量大幅度增大,综合性能优异。

(上接第 15 页)

4 结语

从以上检测结果来看,{111}结构较漫散、显微组织粗大且不均匀,致使材料的深冲性能不理想。钢板中存在个别大尺寸非金属夹杂物可对钢材的冲压性能产生不良影响。同样的产品出现不同的冲压性能说明产品质量不够稳定,应从完善冶炼工艺和

轧制工艺入手,进一步提高钢质的洁净度和钢材的冲压性能。

参考文献:

[1] 上海交通大学编写组. 金属断口分析[M]. 上海:国防工业出版社,1979.
 [2] 范 雄. X射线金属学[M]. 北京:机械工业出版社,1996.