

45钢 Φ10 mm 材冷镦裂纹的分析和工艺改进措施

李勇^{1,2} 战东平¹ 韩作宽² 魏东² 于学渊² 宋西平³

(1 东北大学材料与冶金学院,沈阳 110004; 2 抚顺新钢铁有限责任公司,抚顺 113001;
3 北京科技大学,北京 100083)

摘要 通过对新抚钢 40 t LD-钢包吹氩-CC-高速线材轧制的 Φ10 mm 45 钢冷镦裂纹的分析,得出钢中 Al₂O₃、MnS 夹杂和片状珠光体组织是冷镦裂纹产生的主要原因。通过采用降低炉料中的硫含量使 [S] 从 0.029% 降至 0.020%,控制 LD 终点 [C] 和降低终点 [O],轧材经球化退火后钢的伸长率从 21.6% 提高到 30.4% 等措施,避免了冷镦裂纹的发生。

关键词 45 钢 LD 钢包吹氩 冷镦裂纹 工艺改进

An Analysis on Cold Upsetting Crack of 0.45C Steel Φ10 mm Products and Process Improved Measures

Li Yong^{1,2}, Zhan Dongping¹, Han Zuokuan², Wei Dong², Yu Xueyuan² and Song Xiping³

(1 School of Materials and Metallurgy, Northeastern University, Shenyang 110004; 2 New Fushun Steel Co, Fushun 113001;
3 University of Science and Technology, Beijing 100083)

Abstract According to analysis on cold upsetting crack of 0.45C steel Φ10 mm rolled products produced by 40 t LD-ladle argon blowing-CC-high speed rod mill process flow sheet at New Fushun Steel, it was obtained that the inclusions Al₂O₃, MnS and the lamellar pearlite in steel were main reason to form cold upsetting crack. With decreasing the sulphur content in charge, decreasing [S] from 0.029% to 0.020%, controlling LD end [C] and decreasing end [O], spheroidizing annealing rolled products to increase elongation of steel from original 21.6% to 30.4%, the formation of cold upsetting crack was avoided.

Material Index 0.45C Steel, LD, Ladle Argon Blowing, Cold Upsetting Crack, Process Improvement

1 工业试验方案

45 钢生产工艺路线为:40 t 转炉冶炼-出钢合金化-钢包吹氩镇静-150 mm × 150 mm 方坯连铸-高线轧制。按照上述工艺路线共生产了 5 炉 45 钢。

随机在 5 炉轧材上各取 2 根长 Φ10 mm × 20 mm 试样,依据 GB/T699-1999 对样品进行顶锻试

验。采用 SEM 观察和 EDAX 能谱分析方法,对显微组织及其裂纹和夹杂物形态及其类别进行检测。

2 检验结果与讨论

除试验的 45 钢 Mn 含量偏高外,其他成分及力学性能均符合 GB/T699-1999 标准要求(表 1)。且低倍组织检验结果均合格。

表 1 45 钢的化学成分和力学性能
Table 1 Chemical composition and mechanical properties of 0.45C steel

项目	化学成分/%								力学性能			
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cu	Cr	σ _s /MPa	σ _b /MPa	δ ₅ /%	ψ/%
标准	0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.035	≤0.035	≤0.30	≤0.25	≤0.25	≥355	≥600	≥16	≥40
实测平均值	0.46	0.24	0.83	0.023	0.029	0.02	0.03	0.029	441.7	806	21.6	49.1

在工艺改进前,高温下顶锻的试样全部开裂,而室温下顶锻的试样有一半开裂(表 2)。裂纹均沿表面轧制方向贯穿整个试样,宏观形貌见图 1。

2.1 表面缺陷及变形速率对顶锻裂纹的影响

为了考察轧材表面缺陷对顶锻裂纹的影响,选用表面车光的 Φ8 mm × 16 mm 样品以及轧制后的

表 2 工艺改进前后顶锻试验结果对比

Table 2 Comparison of upsetting test result between before and after process improvement

项目	工艺改进前		工艺改进后	
	室温	800 °C	室温	800 °C
压下量	1/2	2/3	1/2	2/3
试样个数	4	4	10	10
裂纹情况	2(纵向)	4(纵向)	无	无

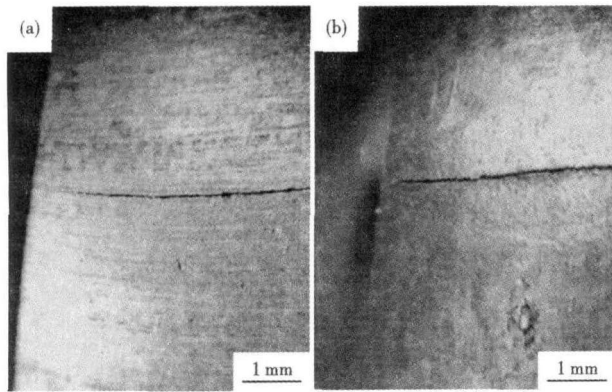


图1 顶锻表面裂纹形貌:(a)室温顶锻(压下量 1/2);(b)800 °C 顶锻(压下量 2/3)

Fig.1 Morphology of upsetting product surface crack;:(a) upsetting at ambient (reduction ratio 1/2); (b) upsetting at 800 °C (reduction ratio 2/3)

试样进行顶锻试验。结果表明,试样表面车光后进行顶锻试验,仍有纵向裂纹出现。这一结果说明表面缺陷并不是影响顶锻裂纹产生的主要原因。

2.2 夹杂物对顶锻裂纹的影响

对变形前的抛光试样和侵蚀试样进行 SEM 观察和 EDAX 能谱分析。结果显示,试样中存在脆性球形的 Al_2O_3 和塑性长条状的 MnS 夹杂物,部分区域还存在复合型夹杂物。并且夹杂物与基体之间形成微细缝隙,如图 2(a)所示。对变形后的试样裂纹处进行 SEM 观察结果如图 2(b)所示。

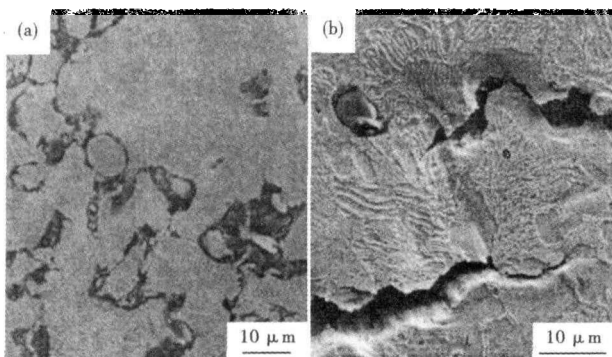


图2 (a)冷镦变形前夹杂物与基体之间的缝隙;(b)冷镦变形后夹杂物导致的裂纹

Fig.2 (a) Gap between inclusion and matrix before cold upsetting deformation; (b) Crack caused by inclusions after cold upsetting deformation

由图 2(b)可以看出,在裂纹的前方有 Al_2O_3 夹杂物引起的微观裂纹和 MnS 夹杂物形成的空洞,在冷镦变形过程中, Al_2O_3 类脆性夹杂物不能随基体发生变形,不是本身被挤压破碎,就是与基体界面脱开^[1,2],而产生裂纹。在扩展路径附近存在的 MnS

夹杂物空洞,容易引发裂纹进一步扩展。

3 工艺改进措施及效果

工艺改进措施有:

- (1) 控制入炉金属料[S] < 0.030% ;
- (2) 优化冶炼操作工艺,提高石灰活性度 (> 300 mL),采用双渣冶炼工艺确保铸坯[S] < 0.020% ;采用“高拉补吹”操作,终点[C]为 0.20% ~ 0.25% , [O] < 180×10^{-6} ;
- (3) 采用不含 Al 的复合脱氧剂 SiCaBa ;
- (4) 出钢过程中加入碱度高、吸附夹杂物性能强的顶渣,全程吹氩,出钢后的钢包软吹和镇静时间 ≥ 23 min ;采用系统保护浇铸,提高中间包液面高度 (> 700 mm),优化中间包内控流装置,特别是采用湍流控制器的新技术,促进夹杂物上浮^[3] ;
- (5) 降低中间包过热度,结晶器采用电磁搅拌 ;
- (6) 采用球化退火处理,提高钢的塑性。

工艺改进前后钢的冶金质量对比见表 3。按改进工艺,试生产 5 炉 45 钢。进行顶锻冷镦试验全部合格,未发现开裂,冷镦试验结果见表 2 所示。现已批量生产,性能良好,用户满意。

表3 45 钢生产工艺改进前后的冶金质量对比
Table 3 Comparison of metallurgy quality of 0.45C steel between before and after process improvement

工艺	成品硫含量/ %	冶炼终点氧/ 10^{-6}	夹杂物级别	组织中珠 光体形态
改进前	0.029	300 ~ 500	粒径 60 ~ 90 μm	片状
改进后	0.020	< 180×10^{-6}	粒径 10 ~ 30 μm	球状

4 结论

显微组织片状珠光体和夹杂物存在是 45 冷镦钢顶锻试样开裂的主要根源,经过系统改进措施后,消除了 45 冷镦钢裂纹。

参考文献

- 1 刘建勋,李 壮,徐佩笔,等. 柳螺钢冷镦中的裂纹分析. 热加工工艺(热处理版),2006,35(10):68
- 2 Wang G Z, Liu Y G, Chen J H. Investigation of Cleavage Fracture Initiation in Notched Specimens of a C-Mn Steel with Carbides and Inclusions. Mater Sci and Eng,2004,369A:181
- 3 张 立,钟良才,黄耀文,等. 连铸中间包湍流控制器水模实验研究. 钢铁,2002,37(12):17

李 勇(1972-),男,工程师,技术副厂长,鞍山钢铁学院毕业,钢铁冶金。

收稿日期:2008-07-16