SAPH440 钢板冲压开裂原因分析*[1]

刘 莉, 寇沙沙

(内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 利用金相显微镜、扫描电镜对SAPH440冲压开裂钢板进行分析, 分析结果表明, 钢板中混晶及珠光体偏析带的存在, 加上晶界上析出渗碳体的共同作用导致钢板在冲压时发生开裂。

关键词: SAPH440; 冲压开裂; 偏析带; 渗碳体

中图分类号: TG115.21+3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)02-0069-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.02.019

Analysis on the Cause for Stamping Crack of SAPH440 Steel Plate

LIU Li, KOU Sha-sha

(*Technical Center of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Inner Mongolia, China*)

Abstract: Metallographic microscope and scanning electron microscope are used to analyze the SAPH440 stamping cracked steel plate. The analysis results show that the existence of segregated band of mixed crystal and pearlite in the steel plate and the combined action of precipitation of cementite at the grain boundary cause the crack of steel plate during stamping.

Key words: SAPH440; stamping crack; segregated band; cementite

SAPH440钢板是抗拉强度为440 MPa汽车结构用钢, 主要用于冲压成型的汽车零部件, 如: 汽车构架、支撑件、结构件。汽车零部件要求钢板表面质量高, 冷成型性能好, SAPH440钢板经酸洗工艺后能达到此性能, 酸洗工艺的优点: 表面质量好, 便于涂油和上漆; 良好的冷成型性能并具有较高强度; 价格介于热轧板和冷轧板之间[1]。某厂生产SAPH440钢板在制作汽车冲压结构件时, 出现冲压开裂现象, 本文对其冲压开裂原因进行分析。

1 理化检验

1.1 裂纹宏观形貌及断口形貌

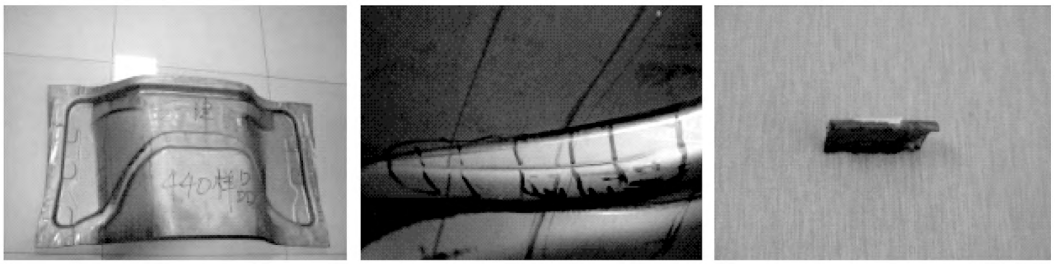
钢板冲压开裂部位位于钢板变形的圆弧处且在冲压深度的二分之一处, 开裂长约为200 mm, 开裂断口处可见钢板变薄, 断口呈平整的直线状, 如图1所示。

1.2 取样

在开裂断口两个对偶面处分别取金相试样及扫描电镜试样, 金相试样编号为1#, 扫描电镜编号为2#; 在钢板未开裂部位取金相试样、力学试样、化学成分试样, 金相试样编号为3#, 力学试样编号为3-1#、3-2#。

* 收稿日期: 2018-02-11

作者简介: 刘 莉(1967-), 女, 内蒙古包头市人, 工程师, 现从事物理检测及金属材料失效分析工作。



（a）钢板宏观照片　（b）裂纹形貌　（c）断口形貌

图1　裂纹宏观形貌及断口形貌

1.3　**化学成分**（见表1）

化学成分符合Q/BG 560—2014[2]标准要求。

1.4　**金相检验**

对1#试样开裂面及垂直开裂面、3#试样纵向面及横向面分别进行相关金相检验，结果见表2。

表1　化学成分（质量分数）　%

项目	Al	C	Mn	Si	P	S
SAPH440	0.026	0.102	1.16	0.107	0.015 2	0.002
Q/BG 560—2014[2]	≥0.010	≤0.210	≤1.50	≤0.300	≤0.030 0	≤0.025

表2　1#试样与3#试样金相检验结果

试样编号	组织	晶粒度/级	夹杂物/级					带状组织/级
			A	B	C	D	D_s	
1#开裂面	F+P		0	1	0	0.5	1	3
1#垂直开裂面	F+P	8(70%),11(30%)						3
3#纵向面	F+P		0	1	0	0.5	1	3
3#横向面	F+P	8(70%),11(30%)						

1#试样开裂面金相组织为铁素体+珠光体，试样心部有珠光体条带，带状组织为3级[3]（如图2所示）；1#试样垂直开裂面金相组织为铁素体+珠光体，试样心部有珠光体条带，带状组织为3级，试样内有混晶现象，晶粒度（级）：8（70%），11（30%）（如图3所示）。

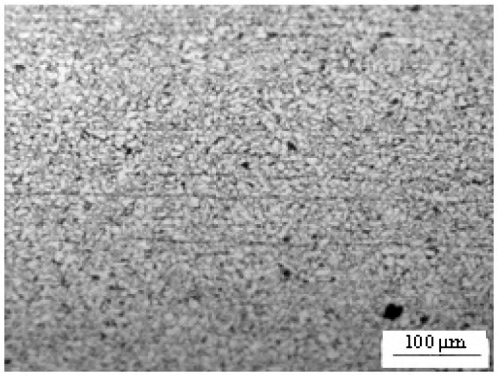


图2　1#试样带状组织

3#试样纵向面组织为铁素体+珠光体，试样心部有珠光体条带，带状组织为3级（如图4所示），3#试样横向面组织为铁素体+珠光体，试样心部有珠光体条带，试样内有混晶现象，晶粒度（级）：8（70%），11（30%）（如图5所示）。

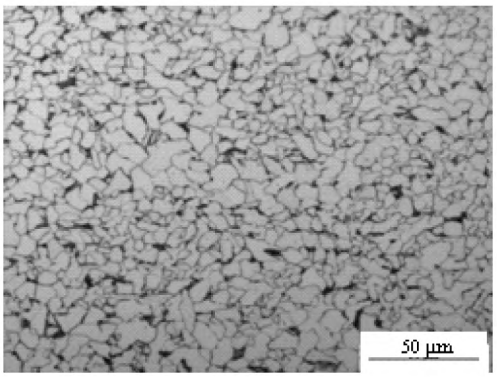


图3　1#试样混晶组织

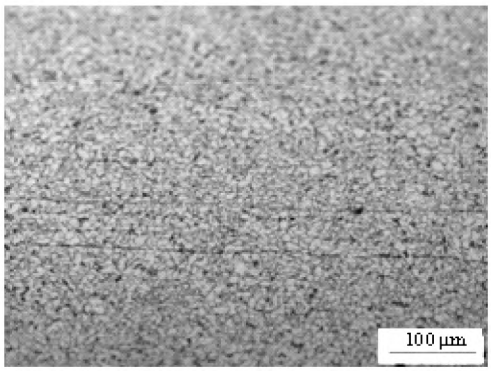


图 4　3# 试样带状组织

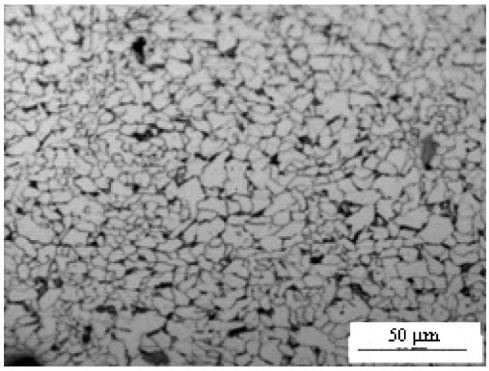


图 5　3# 试样混晶组织

1.5　扫描电镜检测

将 2# 试样放入扫描电镜进行断口检测，断口形貌均为韧窝断口，断口有二次裂纹，断口上未见异常夹杂（如图 6 所示）。

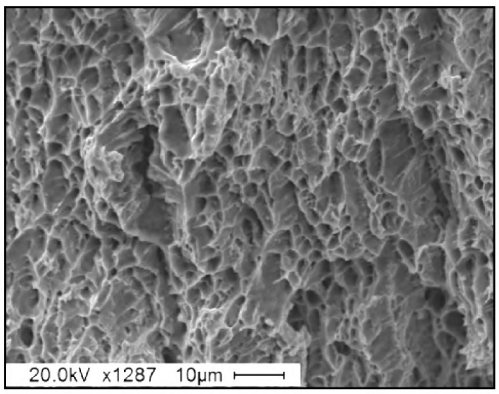


图 6　断口形貌

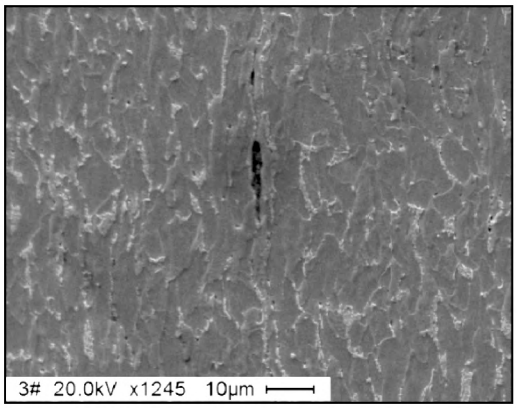


图 7　裂纹沿珠光体条带开裂

将 1# 试样开裂面放入扫描电镜进行检测，试样心部有珠光体条带，裂纹沿珠光体条带开裂（如图 7 所示）；晶界上有渗碳体析出（如图 8 所示），且在渗碳体上产生微裂纹（如图 9 所示）。将未 3# 试样放入扫描电镜进行检测，试样心部有珠光体条带，条带与珠光体组织上未见裂纹（如图 10 所示）。

1.6　力学性能（见表 3）

表 3　力学性能

编号	屈服强度 $R_{(el)}$ /MPa	抗拉强度 R_m /MPa	断后伸长率 A /%
3－1#	406	475	37.5
3－2#	403	475	36.5
Q/BG 560—2014 [2]	≥305	≥440	≥30

力学性能符合 Q/BG 560—2014 [2] 标准要求。

2　分析和讨论

2.1　带状组织对钢板冲压开裂的影响

断口处有若干条贯穿整个视场的带状组织，断口中心带状组织严重，带状组织的存在，会使钢板在冲压力作用下在带状组织处萌生裂纹，并沿珠光体带扩展，最终导致开裂。

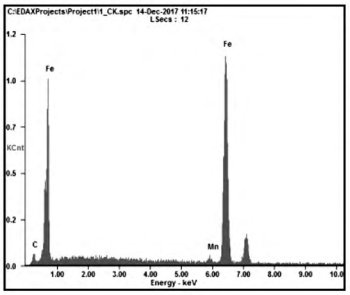
带状组织形成的主要原因是连铸在凝固时产生枝晶偏析，造成化学元素在微区不均匀分布，轧制过程中这些偏析沿轧制方向延伸变形成带状，轧制冷却时，由于条带之间的化学成分不同，先共析铁素体的析出点 A_{r3} 不同，A_{r3} 较高区域优先形成铁素体条带，A_{r3} 较低区域后转变，富碳而形成珠光体条带。

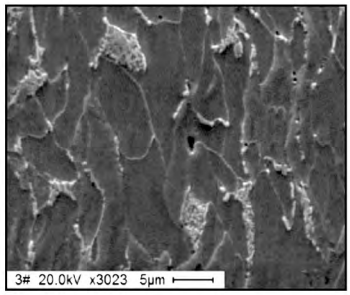
2.2　晶界渗碳体对钢板冲压开裂的影响

晶界上有渗碳体的析出，渗碳体弱化晶界，因此

钢板在受冲压时，渗碳体不能跟随基体一起变形，渗碳体破裂并产生微孔、沿晶开裂。

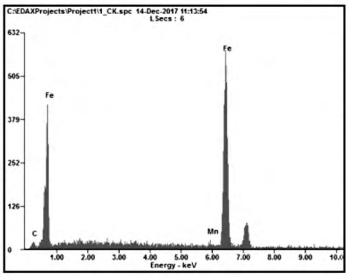
渗碳体对组织性能影响较大，在铁素体晶界上常出现一些游离的渗碳体，如果轧后冷却速度不足，在 A_1 温度，奥氏体绝大多数通过多型性转变为铁素体，但仍有少量奥氏体处于铁素体晶粒内。在随后的奥氏体共析分解时，把渗碳体留在晶界，冷却越慢，这种渗碳体越易产生，渗碳体分布在晶界上，将引起晶界脆化[4]。

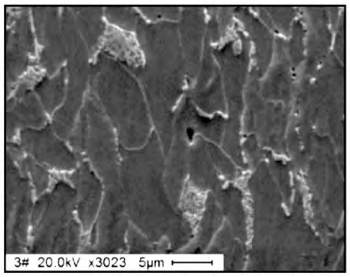




元素	质量分数/%	原子数分数/%
CK	09.76	33.45
MnK	02.22	01.66
FeK	88.02	64.89

（a）晶界及基体能谱比对





元素	质量分数/%	原子数分数/%
CK	05.99	22.86
MnK	01.98	01.65
FeK	92.02	75.49

（b）珠光体碳含量

图8 晶界及基体能谱比对

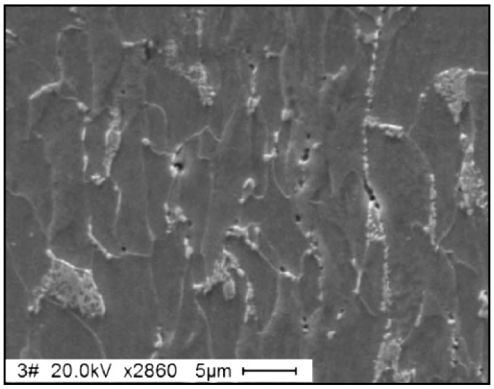


图9 1#试样沿渗碳体伴生裂纹

2.3 混晶对钢板冲压开裂的影响

铁素体晶粒出现混晶，晶粒明显大小不一。细小晶粒的晶粒内部和晶界附近变形差距小，粗大晶粒变形差距大，晶粒变形彼此难以协调，变形不够均匀，在钢板形成凹凸不平的缺陷。铁素体晶粒过大，冲击韧性降低，对冲压开裂有一定的影响[5]。热轧终轧温度过高、终轧变形量过小或接近于临界变形量，奥氏体晶粒出现混晶现象，较大晶粒具有较低的界面能，后续加工过程中吞噬小晶粒，成为异常晶粒；随退火温度的提高或退火时间的延长，晶粒继续长大，形成异常粗大的晶粒[5]。

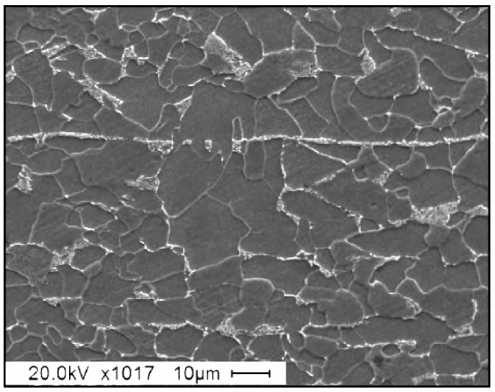


图10 3#试样心部珠光体条带

（下转第95页）

根据上述分析，可知：

(1) 复合绝缘子的伞型结构对其电场分布影响很大，尤其是覆冰状态下复合绝缘子的沿面电场分布，因此对复合绝缘子伞型进行改造有助于改善复合绝缘子的电场分布，提高复合绝缘子防覆冰性。

(2) 伞径和大伞伞间距对处于同等环境下复合绝缘子电场分布影响明显，随着伞径的增加，其沿面电场分布均匀，最高场强也随着伞径的增加而减小，其自洁性也得到了保证，憎水性也得到了提高。但当伞径超过 245 mm 后，这种趋势变缓，同样，伞间距的增加也可起到上述作用。

5　应用效果

将设计优化后的复合绝缘子，与原有复合绝缘子在同一高污染环境下一并挂网运行，在雨、雪等高湿气象条件下时，观察发现复合绝缘子表面的局部树枝状放电情况减弱甚至消失，很好的抑制了相邻伞裙间的飞弧短接，而局部放电的绝缘子表面电弧烧伤痕迹减弱或消失，进而提高了复合绝缘子的憎水性能和防覆冰性能。

目前，在所辖 32 条 110 kV 架空输电线路中，累计挂网棒形悬式复合绝缘子 3 500 余支，运行达 4 年以上，在复合绝缘子表面未发现树枝状放电现象，未发生因复合绝缘子闪络而造成输电线路跳闸，影响公司生产的重大事故。

6　结束语

在满足规范设计要求的情况下，通过对输电线路用 110 kV 复合绝缘子结构设计优化并投入使用，既提高了复合绝缘子的憎水性和防覆冰性，又抑制了绝缘子伞裙间的飞弧短接现象，进而避免了闪络造成输电线路跳闸事故发生，保障线路可靠、稳定运行，同时还节省了可观的人工及设备维护成本。

参　考　文　献

[1] DL/T 864—2004，标称电压高于 1 000 V 交流架空线路用复合绝缘子使用导则 [S].

[2] 阎东，卢明，等. 输电线路用复合绝缘子运行技术及实例分析 [M]. 北京：中国电力出版社，2008.

(上接第 72 页)

3　结论

(1) 由于混晶及珠光体偏析带的存在，再加上晶界上析出渗碳体的共同作用导致钢板在冲压时发生开裂。

(2) 改善中心带状偏析，可采用电磁搅拌和轻压下技术提高连铸坯质量，同时采取控轧控冷措施来减少中心带状组织。

(3) 轧后增加冷却速度，减少三次渗碳体析出，可改善冲压开裂。

参　考　文　献

[1] 郭子峰，张世琦，冯军，等. 首钢汽车结构用热轧酸洗板 SAPH440 的开发 [J]. 首钢科技，2014(6)：8－13.

[2] Q/BG 560—2014，汽车结构用热连轧钢带和钢板 [S].

[3] GB/T 13299—1991，钢的显微组织评定方法 [S].

[4] 李萧，杨平，林瑞民，等. 低碳冲压钢板桔皮缺陷的成因 [J]. 北京科技大学学报，2010，32(5)：589－593.

[5] 赵新凯，刘江伟，刘西峰，等. 传统流程冷轧低碳铝镇静钢深冲性能分析 [J]. 钢铁，2010，45(8)：85－88.