加磷高强IF钢HC220Y冲压开裂研究*

张 奇,陈建华,魏晓东

(内蒙古包钢稀土钢板材有限责任公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 加磷高强IF钢HC220Y在冲压汽车轮罩时出现开裂现象,通过检测化学成分、利用金相显微镜检测金相组织和夹杂物、利用扫描电镜对组织及断口进行分析,发现加磷高强IF钢HC220Y中存在较多MnS夹杂,沿轧制方向分布的大量长条状MnS夹杂成为裂纹源,降低了钢板的成形性能,导致汽车轮罩零件在冲压过程出现开裂。通过提高钢水纯净度,减少钢中的S含量,严格控制钢中的硫化物夹杂的数量和形态,开裂问题得到解决。

关键词: 加磷高强IF钢; HC220Y; 冲压开裂

中图分类号: TG142.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)06-0040-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.06.018

Study on Stamping Cracking of High Strength IF Steel HC220Y with Phosphorus

Zhang Qi, Chen Jian-hua, Wei Xiao-dong

(*Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Steel Plate Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: There is cracking on the high strength IF steel HC220Y with phosphorus when wheel cover of automobile is stamped. It is found that there are more MnS inclusions in the steel and a large number of MnS inclusions with long strip shape distributed along rolling direction become the source of cracks by detecting the chemical composition, metallographic structure and inclusions with metallographic microscope as well as analyzing the microstructure and fracture with scanning electron microscope so that the formability of steel plate is reduced and there are cracks on parts of wheel cover of automobile in the stamping process. The problem of cracking is solved by improving the purity of molten steel, reducing content of S in steel as well as strictly controlling amount and form of sulfide inclusions in steel.

Key words: high strength IF steel with phosphorus; HC220Y; stamping cracking

汽车轮罩冲压难度较高,不仅要求原材料具有良好的成形性,还要求原材料具备较高的强度,加磷高强IF钢在超低碳无间隙原子钢的基础上添加锰、磷等合金元素以提高强度,可以满足汽车轮罩的冲压要求。研发初期采用包钢生产的HC220Y加磷高强IF钢冲压汽车轮罩时出现开裂现象,为此针对汽车轮罩存在的冲压开裂问题进行研究。通过分析开裂零件化学成分、微观组织,明确开裂原因,制定改善措施,开裂问题彻底解决,为改进汽车板生产工艺提供依据。

* 收稿日期:2021-10-18

作者简介:张 奇(1989-),男,内蒙古包头市人,硕士,工程师,现从事产品开发工作。

1　开裂样宏观形貌

汽车轮罩经过拉延工序后的宏观形貌如图 1 所示，零件长度 1 200 mm，冲压变形量较大，最大变形处冲压深度达到 500 mm，开裂位置如图 2 所示，经过拉延工序后轮罩侧面边缘处发生开裂，开裂长度 50 mm，开裂率为 15%。



图 1　冲压件宏观形貌

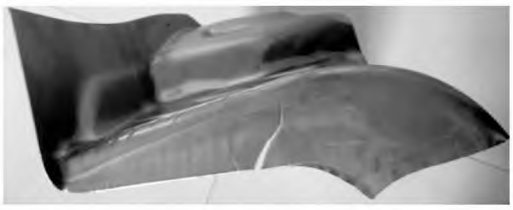


图 2　开裂位置

2　开裂原因分析

2.1　化学成分

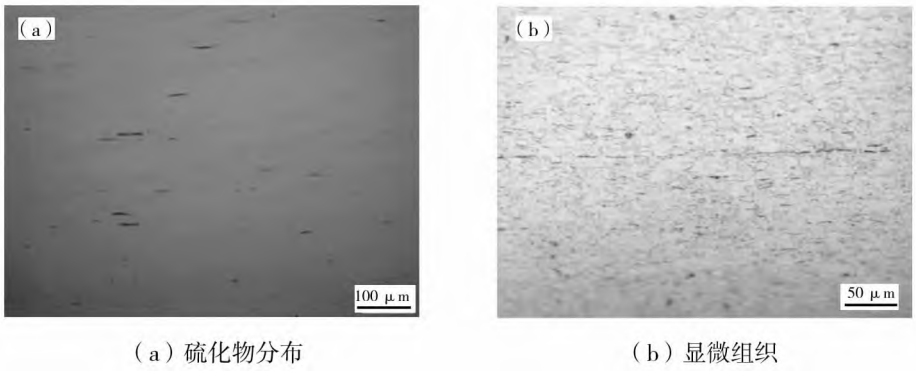
对试样进行化学成分分析，检测结果如表 1 所示，可见裂纹附近和未开裂部位的化学成分相近，强化元素 Si、Mn、P 成分波动较小，各元素均符合加磷高强 IF 钢 HC220Y 的标准[1]要求，可以排除由于成分异常导致钢带在冲压过程中发生开裂的可能性。

表 1　化学成分(质量分数)　%

	C	Si	Mn	P	S	Al
标准要求	≤0.01	≤0.30	≤0.90	≤0.08	≤0.025	≥0.010
开裂部位	0.007 8	0.09	0.79	0.064	0.013	0.028
未开裂部位	0.006 8	0.09	0.78	0.062	0.012	0.027

2.2　金相及扫描电镜检测

利用金相显微镜对 HC220Y 试样钢板内部的夹杂物进行检测，见图 3(a)，在试样的抛光面上可见大量硫化物夹杂。微观组织为铁素体，晶粒细小，晶粒度为 9.5 级，在试样中心位置可见明显的线条状夹杂，见图 3(b)。



(a) 硫化物分布　　(b) 显微组织

图 3　夹杂及显微组织

为进一步探明线状夹杂成分与分布情况，采用扫描电镜对试样横截面进行观察和能谱分析。结果显示组织中弥散分布着大量连续线状夹杂，能谱分析结果显示线状夹杂主要成分为 MnS，如图 4 所示。硫在钢液中能够溶解，在钢水凝固的过程中 S 元素如果发生严重偏析，凝固后则以串状硫化物夹杂的形式存在，在钢板弯曲和拉伸过程中，引起钢板开裂，降低钢板的塑性和韧性[2-3]。

钢在脱氧过程中，一定含量的锰与硫生成了硫化锰夹杂物。当钢中的 Mn 和 S 达到一个定值时，才能形成 MnS[4]，由于加磷高强 IF 钢通过添加 Mn、P 元素实现固溶强化，因此 Mn 含量设计较高，同时 S 含量检测为 0.012% ~0.013%，导致 Mn 与 S 反应，形成 MnS。

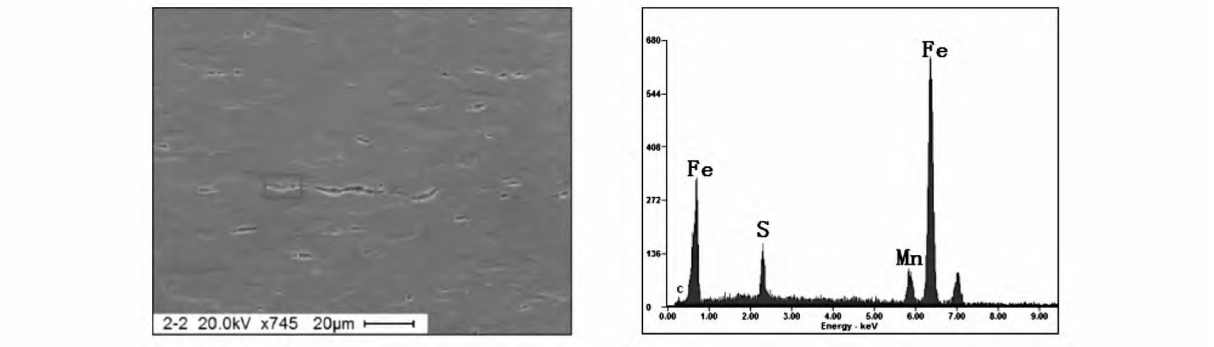


图4 夹杂物能谱分析

2.3 开裂断口分析

通过对开裂断口进行检测，开裂尖端及附近存在大量孔洞及微裂纹，裂纹中存在大量的长条形 MnS 夹杂，如图5所示。这是由于钢中的 S 含量偏高，在组织内部发生偏析，与 Mn 结合，形成 MnS 夹杂，轧制变形后，呈长条状沿轧制方向分布在钢板内部，对钢板的塑性有很大的影响。在冲压过程中，横向拉力垂直于长条状硫化物夹杂的延伸方向，使得夹杂物对塑性的影响更加明显。MnS 夹杂割裂了钢板基体的连续性，在冲压变形过程中，基体与夹杂物附近受力不均匀。同时基体与夹杂物界面属于弱界面结合，造成界面分离，MnS 夹杂处产生更大的应力集中，在拉力作用下，MnS 夹杂处产生细小孔洞，孔洞不断长大并联结在一起，最终发生开裂，形成断后裂纹[5-6]。

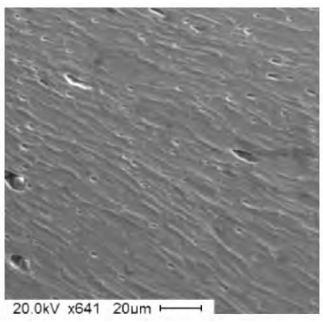


图5 断口处扫描电镜检测

3 改进措施及效果

上述分析表明，高强 IF 钢 HC220Y 冲压汽车轮罩出现开裂的主要原因为硫含量控制较高，钢水在铸机冷却凝固过程中，根据硫元素和锰元素反应机理，具备正向反应必须条件，使钢中 A 类硫化锰夹杂物数量增多；由于硫化物具备良好变形能力，残留于钢中的硫化物夹杂在轧制变形后，沿轧制方向拉长，以长条状分布在钢板基体中，破坏了基体组织的连续性，钢带在最终的冲压变形过程中，基体组织内硫化物夹杂处在变形较大时极易造成开裂。因此，为了改善产品冲压开裂现象，在钢种冶炼过程中需要进一步提高钢的纯净度，减少钢中硫化物夹杂的含量。纯净钢不仅要求钢中的夹杂数量低，同时要求对钢中硫化物夹杂的数量以及形态进行严格的控制。

通过优化 KR 铁水预处理工艺，增加脱硫扒渣次数，提高铁水表面扒渣比率，有效降低了转炉入炉铁水硫含量。在炼钢过程中，严格执行低硫钢冶炼操作规程，将转炉冶炼过程增硫量控制不大于 0.005%，中包成分硫含量控制不大于 0.008%。钢水在 RH 精炼过程中采用钙处理工艺，使硫化物夹杂形态得以改变。优化后 HC220Y 微观组织中 MnS 数量明显减少，并且形态转变为弥散分布的颗粒状，如图6所示。采用 HC220Y 再次进行汽车轮罩冲压，开裂问题彻底解决。

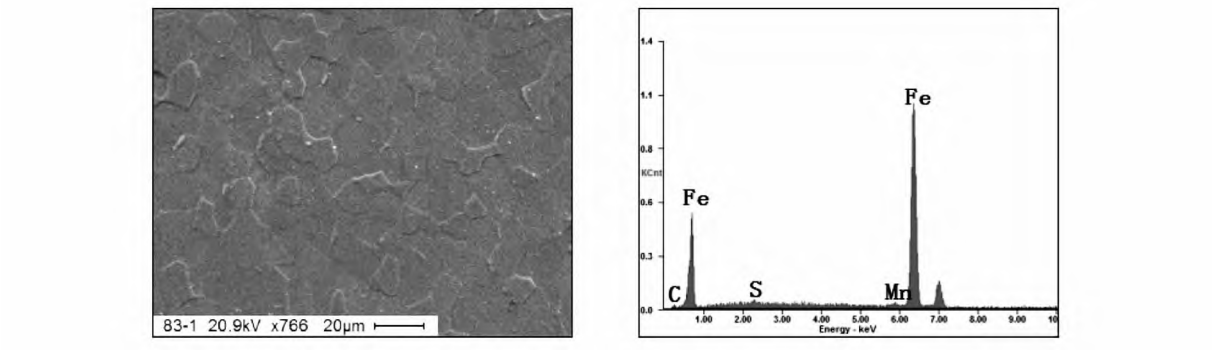


图 6　优化后微观组织中 MnS 形态

4　结论

(1) HC220Y 汽车板冲压开裂件的化学成分满足标准要求，排除了由于成分异常导致钢带冲压开裂的可能性。

(2) 通过显微组织分析、扫描电镜检测及开裂断口分析发现钢板内存在大量 MnS 夹杂，是导致 HC220Y 汽车板冲压开裂的直接原因。

(3) 通过将 S 含量控制在 0.008% 以内，确保钢水洁净度，MnS 夹杂明显减少，形态转变为弥散分布的颗粒状，解决了 HC220Y 冷轧钢带冲压开裂问题。

参　考　文　献

[1] EN 10268 + A1—2013，Cold Rolled Steel Flat Products with High Yield Strength for Cold Forming – Technical Delivery Conditions [S].

[2] 李建军，辛雪倩，刘琦. 影响钢中非金属夹杂物的关键因素的研究 [J]. 大型锻造件，2019，(1)：13 – 15.

[3] 郑浩，刘丽华，张中武. 热加工对硫化物及氧化物夹杂的影响 [J]. 材料导报，2021，35 (13)：13 168 – 13 174.

[4] 刘克俭，王祖宽，杨桂荣. 钢中硫化物夹杂的产生及其形态控制 [J]. 河北理工学院学报，2001，23(1)：21 – 24.

[5] 杨泉山，孙朝太，冯胤明. 冷轧退火含磷高强 IF 钢的组织和性能 [J]. 安徽冶金科技职业学院学报，2013，23(4)：1 – 4.

[6] 申少华，刘国林，韦弦，等. 中厚钢板中的硫化物夹杂及其对冷弯性能的影响 [J]. 宽厚板，2005，11(2)：26 – 30.

(上接第 39 页)

参　考　文　献

[1] 朱宜进，高雅，宋庆吉，等. 浅述桥梁钢的发展现状和趋势 [J]. 宽厚板，2016，22 (3)：43 – 45.

[2] 陆斌，张军，张文博，等. 稀土耐磨钢绿色产品设计与研发 [J]. 包钢科技，2019，45 (6)：6 – 9，17.

[3] 卜向东，涛雅，姜德刚，等. 高强耐候稀土微合金化 YQ450NQR1RE 乙字钢试制 [J]. 包钢科技，2019，45(6)：43 – 46.

[4] GB/T 714—2015，桥梁用结构钢 [S].