DC04 表面缺陷原因分析*

李文亚, 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: 通过化学成分分析、金相显微镜、拉伸试验机、扫描电镜及能谱仪等检测手段, 对 DC04 表面缺陷进行了检测分析。结果表明, 缺陷处有一条长约 200 μm 的 B 类夹杂物, 基体夹杂物超标。非金属夹杂物引起应力集中, 轧制时在此处产生微裂纹, 冲压形成表面缺陷。

关键词: 表面缺陷; 冲压; 非金属夹杂物

中图分类号: TG335.5 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009 - 5438(2021) 02 - 0046 - 04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.04.012

Cause Analysis on Surface Defects of DC04 Steel

Li Wen - ya, Kou Sha - sha

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

Abstract: The surface defects of DC04 steel are tested and analyzed by such testing methods as chemical composition analysis, metalloscope, tensile testing machine, scanning electron microscope and energy disperse spectroscopy. The results showed that there was a strip of 200 μm inclusion (type B) at defect and the inclusion of matrix exceeded the standard. The nonmetallic inclusions cause stress concentration, microcracks are generated during rolling so that surface defects are formed in punching process.

Key words: surface defect; punching; nonmetallic inclusion

IF 钢是汽车行业中应用最广泛的汽车板钢种之一, 主要用于冲压形状复杂的汽车内、外覆盖件。因此, 对 IF 钢的表面质量有很高的要求。由于 IF 钢强度较低、塑性较好, 在实际生产中, IF 钢的表面质量控制比普通钢种难度更大[1]。冲压缺陷是 IF 钢使用过程中存在的主要失效形式之一。

某厂生产的厚度 0.8 mm 的冷轧板用于冲压成机油滤芯, 在冲压过程中零件外壁出现点状缺陷。本文分别针对此批 DC04 冲压前冷轧板及冲压件取样, 进行化学成分、力学性能、金相和扫描电镜分析, 对其进行原因分析, 提出相应改进措施。

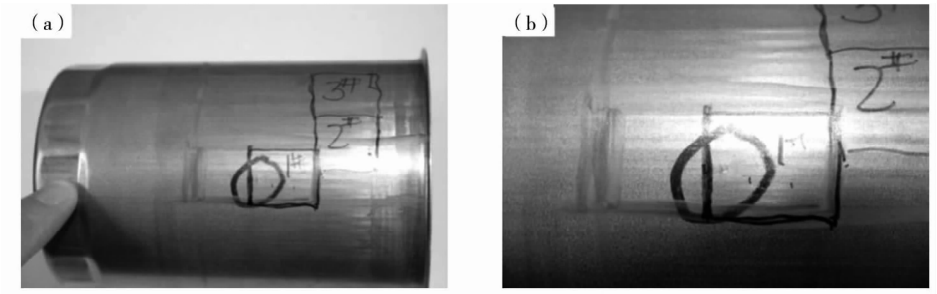
1 试验方法及结果

1.1 宏观分析

宏观形貌如图 1(a) 所示, 点状缺陷出现在机油滤芯的外壁, 用手触摸内壁, 点状缺陷处有明显手感, 表明点状缺陷已穿透壁厚。图 1(b) 为点状缺陷放大后形貌, 与基体相比, 点状缺陷处粗糙。利用扫描电镜景深大的特点进行观察, 点状缺陷为具有一定深度的撕裂状凹坑形貌, 内部不光洁, 如图 2 所示。

* **收稿日期**: 2021 - 03 - 16

作者简介: 李文亚(1980 -), 女, 山西省大同市人, 硕士, 高级工程师, 现从事金属材料检测工作。



(a) 冲压件宏观形貌　　(b) 点状缺陷局部放大

图 1　冲压件及砂眼宏观形貌

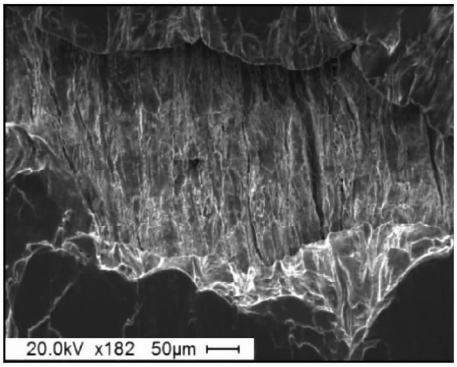


图 2　点状缺陷呈撕裂状

1.2　化学成分分析

采用 7300V 型等离子体发射光谱仪及 CS－444 型碳硫分析仪进行化学成分检测，冲压件化学成分符合标准要求，见表 1。

1.3　力学性能试验

利用电子拉力试验机 INSTRON5982 对 DC04 钢力学样进行拉伸试验，结果见表 2，可见其屈服强度、抗拉强度及伸长率均符合标准要求。

表 1　DC04 钢化学成分(质量分数)　　%

钢种	Al_t	C	Mn	Si	P	S	Ti
DC04 Q/BG 803—2018	0.035	0.0093	0.134	<0.030	0.0115	0.004	0.055
	≥0.020	≤0.03	≤0.30		≤0.020	≤0.020	

表 2　DC04 钢拉伸试验结果

试样	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	断后伸长率/%	n 值	r 值
Q/BG 803—2018	130～240	≥270	≥38	≥0.18	≥1.60
横向－1	135	281	50.0	0.24	2.40
横向－2	133	275	51.0	0.24	2.30
纵向－1	139	279	48.5	0.24	2.65
纵向－2	139	277	47.5	0.24	2.55
45°－1	140	289	45.0	0.24	1.65
45°－2	139	287	46.0	0.24	1.70

1.4　微观分析

从零件点状缺陷部位取金相试样，采用 Axio Observer D1m 型显微镜及 LEO EVO 50HV 型扫描电镜进行微观分析。

将试样(未磨制金相试样之前)超声波清洗后，扫描电镜检测，点状缺陷处呈撕裂状形貌，点状缺陷

坑内有带棱角的夹杂物，能谱分析其化学成分主要为O、Al、Mg等，如图3所示。基体表面光滑，未见异常非金属夹杂物，如图4所示。

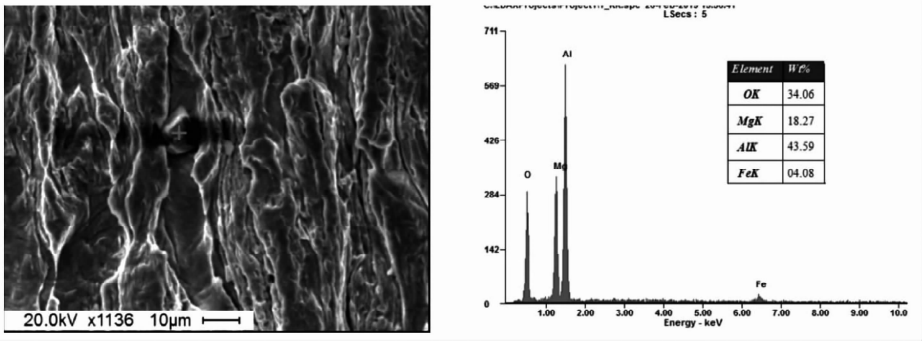


图3 点状缺陷处夹杂物能谱分析

磨制缺陷试样纵向面，抛光后显微镜下观察，缺陷附近有几条带棱角的B类夹杂物，最长约200 μm，如图5所示。基体夹杂物评级见表3。基体B类夹杂物较多。

表3 基体夹杂物评级 级

A		B		C		D		D_s
细	粗	细	粗	细	粗	细	粗	
0	0	2	0.5	0	0	1	0	0

使用能谱仪对B类夹杂物进行化学成分分析，主要化学元素为O、Al、Mg等，如图6所示，与表面缺陷部位的夹杂物成分一致。

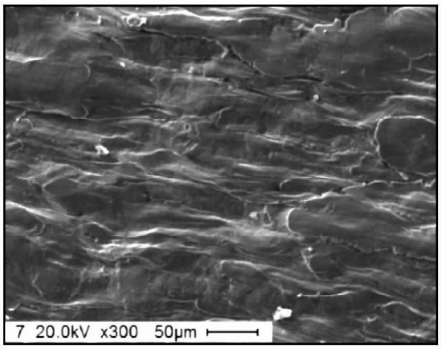


图4 基体表面形貌

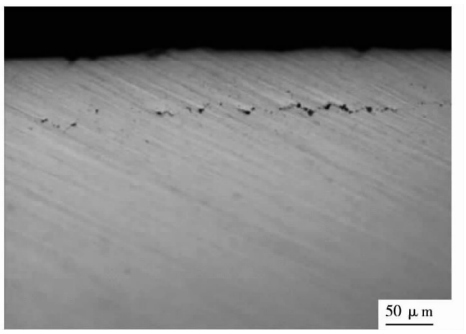


图5 带棱角B类夹杂物

2 结果分析与讨论

对检测结果分析，DC04冷轧板基体夹杂物以带棱角的B类夹杂物为主，夹杂物评级超标，夹杂物是产生点状缺陷的根源。

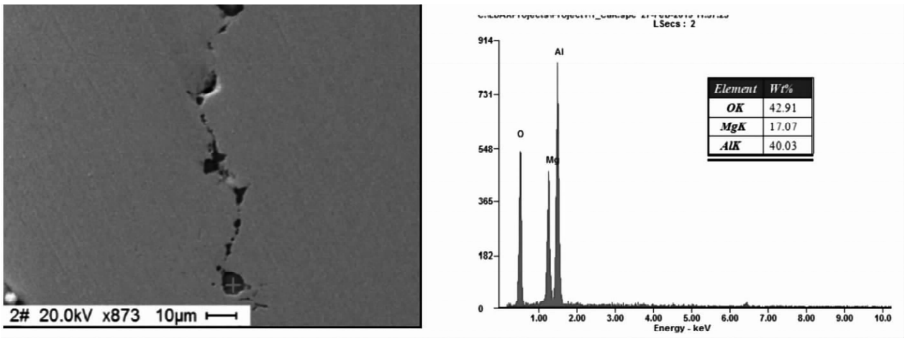


图 6　基体 B 类夹杂物能谱分析

点状缺陷处夹杂物化学成分主要为 O、Al、Mg 等，由于 DC04 为铝镇静钢，钢液中 A1 含量影响钢中镁铝尖晶石夹杂的形成和转化。当钢中 A1 含量比较高时，会形成 $MgAl_{12}O_4$ 夹杂[2]。经后续的轧制辗压后，破碎形成点链状的带棱角夹杂物。一方面，点链状镁铝尖晶石夹杂物的存在破坏了 DC04 冷轧钢带基体的连续性，严重降低其塑性；另一方面，镁铝尖晶石属于脆性不变形夹杂物，与基体的变形能力差异大，经热轧、冷轧后易在夹杂物与钢基体的交界面处形成空隙或裂纹[3]。钢板在轧制过程中，被夹杂物隔开的区域不能协调一致变形，产生应力集中，在夹杂物和基体之间产生裂纹[4]。

3　结论

(1) 冲压件 DC04 钢化学成分符合标准要求。

(2) DC04 钢母板力学性能符合标准要求。

(3) DC04 冷轧钢带中 B 类脆性不变形的点链状夹杂物是引起冲压表面缺陷的主要原因。

参　考　文　献

[1] 赵渭良，贾耿伟，等. IF 钢近表层夹杂物的演化规律及数值模拟研究[J]. 热加工工艺，2015，44(9)：142.

[2] 姜锡山. 连铸钢缺陷分析与对策[M]. 北京：机械工业出版社，2011.

[3] 缪新德，于春梅，石超民，等. 轴承钢中钙铝酸盐夹杂物的形成及控制[J]. 北京科技大学学报，2007，29(8)：771.

[4] 崔进忠，高天佐. 冷轧板翘皮缺陷成因分析及改进措施[J]. 热加工工艺，2016，45(13)：172.

中文名称	英文	含义
英亩	acre；ac	面积的英制单位，为 4 046.856 平方米或 4 046.873 平方米(美)。
英寻	fathom；fath；Fa；f	长度的英制单位，为 1.828 8 米。
英制马力	horsepower；hp	功率的英制单位，为 745.7 瓦特。
英制热单位	British thermal unit；Btu	热量、功、热力学能、焓、亥姆霍兹自由能、吉布斯自由能等的英制单位，为 1 055.06 焦耳。
约定毫米水柱	conventional millimetre of water；mmH_2O	流体压力的非法定计量单位，为 9.806 65 帕斯卡。
丈		长度的市制单位，为 10/3 米。
烛光每平方英尺	candle per square foot；cd/ft^2	光亮度的非法定计量单位，为 10.76 坎德拉每平方米。
烛光每平方英寸	candle per square inch；cd/in^2	光亮度的非法定计量单位，为 1 550 坎德拉每平方米。