

冷轧连退带钢白斑缺陷形成机理与控制措施分析

刘耀军
(河钢唐钢高强汽车板有限公司 河北 唐山 063000)

摘要：冷轧退火板的生产流程是通过冷轧机生产出相应规格并具有一定机械性能的中游产品。由于退火板生产流程长、工艺复杂，常见的表面缺陷种类较多，其中“白斑”是退火板常见的表面缺陷之一。带有“白斑”缺陷的退火板在冲压、涂装等深加工过程中合格率明显下降，严重影响客户的使用和生产厂商的信誉。由于“白斑”产生的原因较多，且形状不一，没有显著规律，一直对各大钢厂产品质量控制造成困扰。本文通过收集分类冷轧退火板“白斑”缺陷，分析了各类“白斑”缺陷的形成机理，并给出了四种常见缺陷的控制措施。

关键词：连续退火；白斑；缺陷；控制措施

1 收集分类

收集自生产以来出现的各类“白斑”缺陷，根据“白斑”外观特征、分布情况等特点进行分类：

A 类：外观呈条状，宽度基本不变，整卷连续出现，缺陷宽度基本不变，位置于板材 向固定。

B 类：“白斑”呈长条状，连续出现，宽度大范围内变化，多整卷出现，多发生于带钢下表面。

C 类：外观片状或点状，断续出现，发生位置于 向固定，两表面均可能出现，且多发生于下表面，观察可发现异物嵌入。

D 类：“白斑”面积较大，形状无规则，断续，通常整卷出现，两表面均可能出现。

2 “白斑”的形成机理

2.1 乳化液残留“白斑”缺陷

带钢经轧机轧制后并未出现“白斑”，经退火炉后才显现。乳化液残留造成的“白斑”多发生于带钢上下表面的边部，条状且连续出现在整卷带钢。如图 1 所示，“白斑”缺陷位于带钢边部 20mm 位置，且上下表面均存在，表面轻微发黄。“白斑”缺陷在显微镜下与合格带钢表面形貌对比发现缺陷区域分布有片状、形态不规则的黑色斑点，整体呈“麻窝”状。缺陷部位取样经 X 射线能谱分析可发现带钢表面的 C、O 元素含量明显高于合格带钢表面。

由此可见，轧制后的带钢表面 C、O 元素残留较高多是由于带钢在进入退火炉前在清洗工艺中局部清洗不彻底造成。残留的乳化液在退火炉内高温还原条件下发生裂解碳

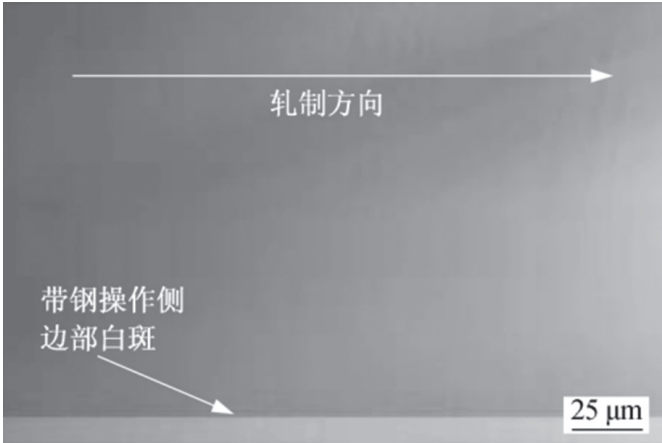


图 1 乳化液“白斑”缺陷形态及分部

化，C 元素残留在板材表面，H、O 元素挥发。别一方面，带钢经酸洗工艺后，乳化液内存在少量氯离子，碱洗过程中，OH—与 Fe 在电解及氯离子的催化作用下发生反应生成 Fe(OH)2，因此样品中的 O 元素含量较高，这也是“白斑”轻微发黄的原因。

2.2 辊面脱胶

该类“白斑”缺陷呈周期性出现在带钢表面，横向位置无规律，呈水滴状，存在压入延伸迹象，图 2 所示。显微镜下局部呈“橘皮”形态，能够观察到黑色片状物残留。缺陷部位取样经 X 射线能谱分析可发现带钢表面的 C、O 元素含量明显高于合格带钢表面，如表 2 所示。

由以上数据并结合有关参考文献推断，这类“白斑”缺陷是因板材表面附着的有机异物经退火炉高温碳化形成。

表 1 乳化液“白斑”缺陷样品与合格样品元素含量比较

元素	“白斑”缺陷样品 (含量 /%)			合格样品 (含量 /%)		
	取样 1	取样 2	取样 3	取样 4	取样 5	取样 6
C	1.24	1.68	1.17	0	0	0
O	9.54	8.65	8.2	0	0	0
Si	1.72	1.63	1.91	0.57	0.66	0.49
Mn	3.25	3.18	3.05	1.82	1.76	1.84
Fe	84.25	84.86	85.67	97.61	97.58	97.67
合计	100	100	100	100	100	100

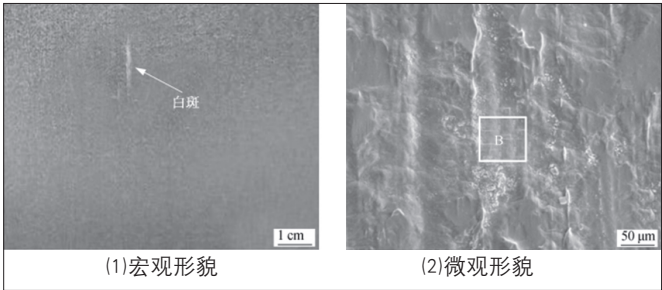


图 2 辊面脱胶类“白斑”缺陷形貌

表 2 辊面脱胶类“白斑”缺陷样品与合格样品元素含量比较

元素	“白斑”缺陷样品 (含量 /%)			合格样品 (含量 /%)		
	取样 1	取样 2	取样 3	取样 4	取样 5	取样 6
C	58.6	72.3	69.5	0	0	0
O	9.89	12.2	13.6	0	0	0
Fe	31.51	15.5	16.9	100	100	100
合计	100	100	100	100	100	100

在冷轧全工艺流程中，所用胶辊较多，辊面衬胶脱落后随带钢一起进入到轧机，在轧制力的作用下镶入带钢表面。当带钢进入到热火炉内，在高温与还原作用下，表面胶质物碳化，剥离后形成“橘皮”状表面，便在带钢表面留下少量 C、O 元素。

2.3 氧化铁残留

此类缺陷通常呈片状或点状，没有固定位置，无明显规律，如图 3 所示。显微镜下可发现带钢表面组织被破坏。经 X 射线能谱分析未发现带钢表面残留除铁元素以外的其他元素。

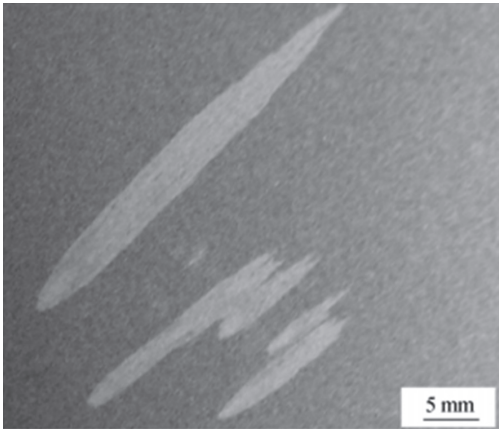


图 3 氧化铁残留“白斑”缺陷

该类型“白斑”缺陷形成机理为：热轧卷原料在酸洗工艺过程中，表面的氧化铁皮未彻底去除，带有氧化铁皮的酸洗板经轧制后，氧化铁皮被压入到表面组织，进入到退火炉后被还原气份还原，O 元素被去除后只留下残余的 Fe 杂乱无章地分布在带钢表面，从而呈现出“白斑”缺陷。

2.4 晶界弱化

晶界弱化“白斑”呈断续、整卷大面积状存在于带钢的上下表面，缺陷处呈破碎状，存在大量微孔，没有碾压痕迹。经 X 射线能谱分析，基体表面基体由纯铁组成，没

有异物残留的痕迹。正常晶界与过烧晶界元素组成 C、O 含量有所不同。

此种“白斑”出现的主要原因是晶界过烧。高温的氧渗透到晶界处，使晶界氧化形成脆壳，破坏了晶粒之间的联结。在轧制过程中，局部能轧碎而破裂，在带钢表面形成微孔。晶界过烧需要在长时间的高温作用下才会发生，因此可以确定这种“白斑”缺陷是在热轧过程中产生的。

3 控制措施

(1)造成 A 类“白斑”缺陷的原因主要是带钢表面的浮化液残留未清洗彻底。停车检修时应重点对清洗段设备进行排查：检查挤干辊、刷辊磨损情况；检查挤干辊压下量及气缸压力是否正常。在本案例中，经查发现 2# 漂洗挤干辊上辊驱动侧磨损严重，造成局部辊隙较大。通过测量“白斑”缺陷所处位置与挤干辊磨损部位一致。同时，检查挤干辊气缸压力时发现压力设定过大，加剧了挤干辊的磨损。调节气缸压力，更换该对挤干辊后，“白斑”缺陷消除。

(2)对于辊面脱胶造成的“白斑”缺陷，应加强全流程生产线各种辊子管理，细化辊子的更换周期，加强点检和维护，以防胶层老化、脱落。

(3)对于氧化铁残留类“白斑”缺陷，在热轧工序中可提高高压水除鳞压力，降低钢卷的卷取温度，以减少原料的氧化铁皮厚度；酸洗时可提高酸液浓度和温度，以提高酸洗能力，避免氧化铁残留。

(4)对于晶界弱化“白斑”，通过反查热轧工艺参数发现此类缺陷多发生在 DC05 钢种，将该牌号钢种加热温度由 1243℃ 降至 1210℃ 后“白斑”消除。

4 结语

冷轧板生产的特点是产线长、工序多、工艺复杂，再加上造成表面“白斑”缺陷的原因有好多种，因此当带钢表面出现“白斑”查找原因时比较困难。通过对不同形貌特征的“白斑”缺陷的研究和分析，了解各类缺陷产生的机理，结合生产过程的调查、总结、改进和验证，有助于查找原因和制定有效的控制措施。

参考文献：

[1] 许秀飞. 钢带连续涂镀和退火疑难对策 [M]. 北京：化学工业出版社，2010:114-115.
[2] 黄学启, 徐海卫. 冷轧板表面氧化铁皮残留成因分析 [J]. 热加工工艺, 2015(01):241-244.