

# 热轧带钢边裂原因分析

赵 琼

(吉林建龙技术中心, 吉林 132301)

**摘 要:** 采用低倍组织试验、化学成分分析及金相检验等方法,对出现边裂的带钢卷进行了解剖分析。结果表明,钢坯的内在缺陷、加热温度偏高及加热不均匀是产生边裂的主要原因。

**关键词:** 边裂; 低倍组织; 显微组织; 夹杂; 粗晶; 脱碳; 过热

中图分类号: TG142      文献标识码: A      文章编号: 1001-4012(2004)12-0629-04

## THE EDGE CRACKING ANALYSIS ABOUT HOT ROLLING STRIP STEEL AND AMELIORATION EFFECT

ZHAO Qiong

(The Technology Center Of Jilin-jianlong Steel & Iron Group. Co. Ltd., Jilin 132301, China)

**Abstract:** Structure testing in low magnification, chemical composition analysis and microstructure examination were used to analyze the edge cracking of strip steel coil. The results showed that the immanent quality disfigurement of billets, the heating temperature on the high side and non-uniform were the main factors to cause the edge cracking.

**Keywords:** Edge cracking; Structure in low magnification; Microstructure; Inclusion; Coarse grain; Decarbonization; Over heating

### 1 引言

带钢(Q195)边裂是热连轧过程中常出现的缺陷,其产生的原因相当复杂,国内外都进行过许多研究,不同轧机、不同材质和不同生产工艺对其产生的原因均不同。为了寻找形成原因,笔者从钢的化学成分、连铸机的拉速、冷却速度的控制、加热炉的加热参数、辊型控制和轧制压下比等各工艺段都进行了详细调查和分析,同时,选有代表性的钢卷进行了解剖,并从带钢卷的不同部位取样,着重进行了金相检验。

### 2 理化检验

#### 2.1 宏观检验

如图 1 所示,存在边裂的钢卷边部参差不齐,在一侧或两侧的边部呈连续或间断的树皮状或严重的

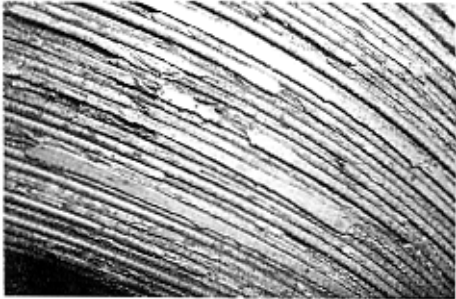


图 1 钢卷边裂外貌

Fig. 1 The appearance of edge crack of steel

锯齿状,有的已经氧化呈现锈斑,且裂纹向内延伸。

#### 2.2 化学成分分析

钢的化学成分不仅影响钢的性能,也使其显微组织有所差异,笔者将大包取样测得的化学成分与其轧制后的带钢的化学成分进行对比,结果列于表 1。

从表 1 中可以看出,中间包的含碳量与轧制后钢卷的含量不同,轧制后钢卷的含碳量明显要低,且低于该种钢的国标最低值 0.06%。

表 1 化学成分对比表

Tab. 1 The comparision of chemical composition %

取样部位	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
大包取样	0.07	0.15	0.39	0.022	0.030	0.028	0.015	0.028
钢卷外部	0.04	0.06	0.34	0.014	0.023	0.028	0.016	0.028
钢卷中部	0.05	0.06	0.35	0.015	0.024	0.027	0.015	0.028

2.3 低倍检验

为了对钢坯进行质量判定,对同批的连铸坯进行了低倍热酸蚀宏观检验,其低倍组织见图 2。从图 2 中可以看出,柱状晶粗大,皮下裂纹 1.5 级,角部裂纹 4.5 级,中心裂纹 2 级和非金属夹杂 1.5 级。可见,连铸坯存在着一定的低倍组织缺陷。



图 2 低倍组织宏观形貌

Fig. 2 Appearance in low magnification

2.4 金相检验

2.4.1 钢卷的解剖部位

为了进行对比分析,对边裂钢卷从外部至心部

表 2 不同区域的图像定量分析结果

Tab. 2 The image quantitative analysis results of different region

取样部位	取样区域	夹杂	组织	晶粒度	备注
心部	1 区	C 类 4 级	F+2.68% P	5.8 级	① 裂纹处完全脱碳, ② 裂纹处有大量高温氧化产物
	2 区	B 类 4 级,C 类 3 级	F+3.00% P	5.9 级	① 0~2.5 $\mu$ m 区域全脱碳 ② 珠光体沿轧制方向分布
	3 区	C 类 4 级	F+1.53% P	6.5 级	① 0~3 $\mu$ m 区域全脱碳 ② 珠光体沿轧制方向分布
	4 区	B 类 3 级,C 类 2.5 级	F+3.40% P	6.0 级	① 0~2.5 $\mu$ m 区域全脱碳 ② 珠光体沿轧制方向分布
	5 区	C 类 3 级	F+4.85% P	5.6 级	① 0~2 $\mu$ m 区域全脱碳 ② 珠光体沿轧制方向分布
中部区	1 区	C 类 2 级	F+0.69% P	7.6 级	① 裂纹处有大量高温氧化产物 ② 裂纹处完全脱碳
	2 区	B 类 3 级,C 类 3 级	F+1.60% P	6.8 级	① 0~2.5 $\mu$ m 区域脱碳 ② 珠光体沿轧制方向分布
	3 区	B 类 3 级,C 类 3 级	F+1.28% P	6.5 级	① 0~3 $\mu$ m 区域脱碳 ② 珠光体沿轧制方向分布
	4 区	C 类 2 级	F+2.14% P	6.2 级	① 0~1.5 $\mu$ m 区域完全脱碳 ② 珠光体沿轧制方向分布
	5 区	B 类>5 级,C 类 3 级	F+2.45% P	6.0 级	① 0~3 $\mu$ m 区域全脱碳 ② 珠光体沿轧制方向布 ③ 夹杂总长达 6.4mm
外部区	1 区	C 类 1 级	F+2.50% P	正常区 8.3 级, 粗晶 4 级, 细晶区 10 级	① 裂纹处有大量氧化物 ② 晶粒度不均
	2 区	C 类 1 级	F+2.31% P	7.7 级	
	3 区	C 类 2 级	F+2.20% P	7.9 级	
	4 区	C 类 2 级	F+0.40% P, F+1.00% P	7.0 级	脱碳较为严重,珠光体含量少
	5 区	C 类 4 级	F+0.56% P	8.0 级	珠光体含量少

进行了解剖,分别从钢卷心部、中部和尾部的 3m 处取样,并进行了小区域定量分检,小区域划分示意图见图 3。其中 1 区为边裂处,2 区为近边裂处,3 区为对侧处,4 区为带钢宽四分之一处,5 区为带钢宽二分之一处。

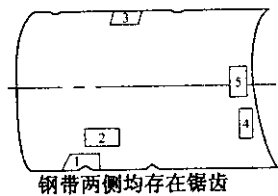


图 3 小区域取样示意图

Fig. 3 Drawing of preparing specimen

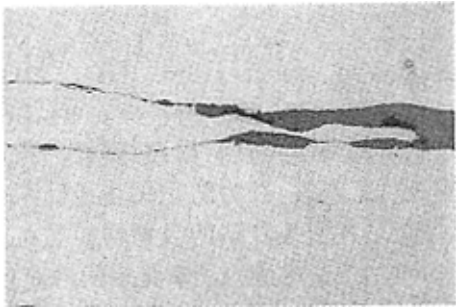
2.4.2 图像定量分析

对上述不同部位进行图像定量分析,分析结果见表 2。

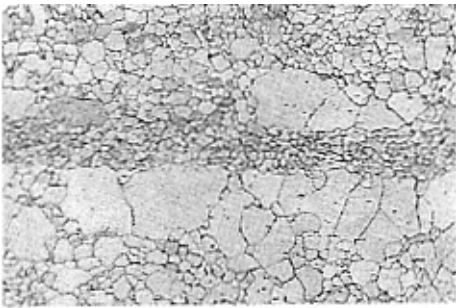
2.4.3 显微组织分析

从钢带的上述不同部位制取金相试样,较为典型的显微组织见图 4a~e。

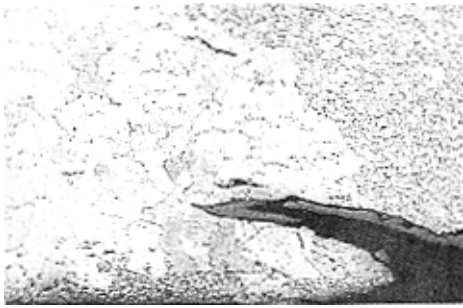
从以上典型的显微组织和图像分析结果可以看出,试样中以 C 类和 B 类夹杂为主,级别较高,在钢卷的中部宽向中间处夹杂尤为严重,B 类夹杂已经超过国家标准最高级别 5 级,长为 6.4mm,C 类夹杂也已达 3 级,这些夹杂的存在破坏了钢基体的连



(a) 延伸的裂纹及氧化物 75×



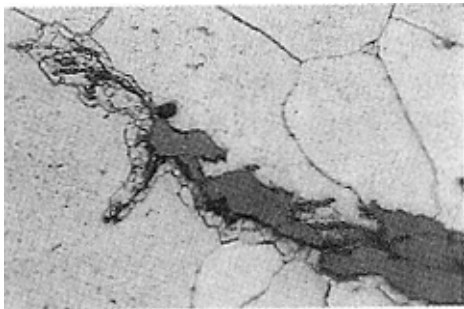
(b) 不均匀的晶粒 75×



(c) 裂纹处的组织 75×



(d) 脱碳层 150×



(e) 裂纹沿铁素体晶粒晶界延伸 300×

图 4 典型的显微组织

Fig. 4 Typical microstructure

续性,增加了钢的脆性。在裂纹处存在大量高温氧化物,这些高温氧化物的存在说明钢坯在进入均热炉以前就存在微裂纹,见图 4a。在边裂试样的裂纹处晶粒大小不均匀,见图 4b;组织异常,表现为不均匀的铁素体和极少量的珠光体组织,或者为粗大的铁素体,见图 4c;在轧制的上下面的局部区域有厚度不等的脱碳层,见图 4d;微裂纹沿粗大的铁素体晶粒晶界继续向内延伸,见图 4e。加热温度偏高或在偏高温下保温时间过长,均会引起晶粒长大,严重时引起组织过热,导致组织异常,表现为粗大的铁素体,或者铁素体和极少量珠光体,这从边裂试样的图像定量分析结果可以得到证实。从 Q195 低碳钢的含碳量推算,珠光体含量应在 5.10%~13.12%之间,但图像定量分析结果表明,边裂试样的珠光体含

量低,且不均匀,局部含量仅为 0.56%,有些区域甚至只有铁素体。大包中的含碳量测定为 0.07%,国标要求范围为 0.06%~0.12%,可见冶炼时化学成分符合国标,但通过对有边裂缺陷的成品带钢的光谱化学成分测试可知,成品带钢中碳的含量只有 0.04%~0.05%,说明有一部分碳已丢失,这部分丢失的碳正是因为钢坯在偏高温度下加热,导致碳因氧化而损失掉。

## 2.5 半成品试样的分析

在现场发现,部分钢坯从加热炉至粗轧轧制后,在钢坯宽向的侧面已出现明显裂口,随后出现较为严重的边裂(见图 5)。

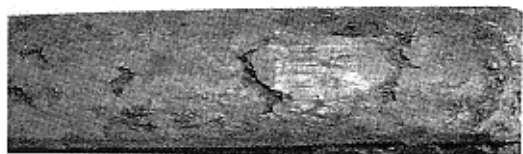


图 5 粗轧后侧面出现的裂口

Fig. 5 Crack of lateral face after coarsing roll

观察裂口试样,其显微组织异常,不仅晶粒度不均匀而且还出现过热的魏氏组织,见图 6。具有这种组织的钢,其塑性及冲击韧性更低,强度也较正常者为低。正是由于组织的异常引起力学性能下降,从而导致钢坯粗轧后开裂。



图 6 魏氏组织 300×

Fig. 6 Weishi-microstructure

## 3 结果分析

通过对成品带钢边裂的解剖分析和半成品裂口试样的金相分析,可以看出,① 裂纹处存在大量的高温氧化产物,可见裂纹产生于高温加热之前;② 组织晶粒度不均,钢带氧化脱碳严重,部分试样的边缘在 0~3 $\mu\text{m}$  范围内已经完全脱碳,并向内部延伸,组织中珠光体含量极少;③ 钢坯中夹杂级别较高,有的夹杂长达 6.4mm,严重影响着钢坯的质量;④

组织呈带状,珠光体沿轧制方向分布,这与钢坯的柱状晶粗大和轧制温度有关。

## 4 工艺调研

为了解带钢生产中工艺执行过程存在的问题,对整个生产过程做了详细的调查。炼钢吹氮的方式采用顶吹法,吹氮时间为 2min 左右,浇注温度为 1600℃。连铸机拉速较快,轧机的轧制速度、轧制压下比、轧辊导卫等轧制参数都与未出现边裂的钢卷基本一致。对钢坯的加热工艺进行了调查,发现凡出现边裂的钢卷,其加热温度均为 1275℃,有的甚至高达 1320℃,属加热温度偏高。

## 5 结论及改进措施

钢坯存在着粗大柱状晶、皮下裂纹、角裂及大量的夹杂等内在质量问题;钢坯在进加热炉之前已有微裂纹;钢坯加热温度偏高,且各处加热温度不均,造成组织异常,从而引起性能下降,造成钢坯在热轧后出现边裂。为此提出如下措施:

- (1) 合理控制连铸机的拉速与冷却水比率,控制钢坯的冷却速度,防止出现粗大柱状晶及钢坯裂纹。
- (2) 严格控制均热炉加热速度及温度,避免高温下过长时间加热,并定期检查加热炉及仪表的校检工作。

## 6 改进后效果

经过反复的调研与分析后,对钢坯的拉速及冷却水比率进行了调整,并为了防止钢坯鼓肚采取了一些措施,使边裂和角裂缺陷的级别均控制在 1.0 级以下,同时对加热炉内进行了氧化皮的清理和维护,把钢坯加热温度由原来的 1275℃ 降至 1225℃。实施措施后,边裂问题得到了控制。

## 参考文献:

- [1] 任颂赞主编. 钢铁金相图谱[M]. 上海:上海科学技术文献出版社, 2003.
- [2] 聂向晖,等. Q235 中板冷弯开裂原因探讨[J]. 理化检验-物理分册, 2004,40(6):308—310.
- [3] [日]小指军夫. 控制轧制控制冷却[M]. 北京:冶金工业出版社, 2002.
- [4] 陈德和. 钢的缺陷[M]. 北京:机械工业出版社, 1977.