

45钢断面收缩率与白点的关系

逯登尧

(山东寿光巨能特钢有限公司, 山东 寿光262711)

摘要:通过对45钢两种试样状态及冶炼、轧制工艺的分析,找出了白点是导致45钢断面收缩率不合的根本原因,钢中氢含量高是内因,轧后冷速过快是外因。从源头上减少钢中氢含量及轧后缓冷的措施,可解决由白点引起的塑性偏低问题。

关键词:45钢;断面收缩率;白点;氢脆;缓冷

中图分类号: TG113.25 文献标识码: A 文章编号: 1004-4620(2008)03-0052-02

Relation of Between Area Reduction of 45 Steel and Flakes

LU Deng-yao

(Shandong Shouguang Juneng Special Steel Co., Ltd., Shouguang 262711, China)

Abstract: By analyzing the states of two samples and smelting and rolling process, it was found out that the essential reason resulting in area reduction disqualification of Steel 45 was flake. The high hydrogen content in the steel was internal reason and the fast cooling speed after rolling was external factor. Reducing hydrogen carried from slagging material and process and adopting slow cooling after rolling can resolve the question of the low plasticity caused by flakes.

Key words: 45 steel; area reduction; flake; hydrogen brittleness; retarded cooling

1 前言

山东寿光巨能特钢有限公司 $\Phi 550 \times 1 / \Phi 430 \times 4 + \Phi 320 \times 6$ 小型轧钢生产线自2004年投产以来,主要生产45、20等碳素结构钢,生产规格为 $\phi 16 \sim \phi 60$ mm。在生产检验过程中,发现45钢部分炉号的塑性值偏低,主要是断面收缩率达不到标准要求。2005年3月初,45钢断面收缩率复验率达到28.5%,严重影响了该生产线的组织和协调。为此组织了对该问题的技术攻关,查找原因、采取措施,确保轧钢生产线稳定、顺行,使出厂钢材完全达标。

2 检测与分析

钢材产生断面收缩率不合的原因很多,如化学成分不合、钢中非金属夹杂物含量高、内部疏松严重、内裂等均会引起钢材的塑性降低。共检验2005年3月6日至4月10日生产的45钢228炉,规格为 $\phi 30 \sim \phi 60$ mm,因断面收缩率不合导致复验的共65炉,复验率达到28.5%,复验后全部合格(统计结果见表1)。为了查找原因,对这65炉断面收缩率不合的炉号进行了一系列统计分析。

表1 钢材的力学性能统计结果

项目	σ_s /MPa	σ_b /MPa	ψ /%	δ_5 /%
初验	355~420	610~685	19~42	16~25
	388.1	646.0	30.5	20.2
复验	355~445	615~690	41~54	19~30
	389.6	647.6	44.8	24.0
GB/T699	≥ 355	≥ 600	≥ 40	≥ 16

2.1 化学成分

通过对化学成分的统计分析，未见有成分异常现象，全部符合标准要求（见表2）。

表2 钢的熔炼化学成分统计结果 %

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
GB/T699	0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.30	≤0.25
实测	0.43~0.49	0.20~0.28	0.54~0.61	0.007~0.026	0.004~0.022	0.03~0.09	0.02~0.04	0.05~0.10
	0.46	0.23	0.57	0.013	0.009	0.05	0.03	0.07

2.2 低倍组织

通过对缓冷前钢材低倍组织检验结果的统计分析，除个别炉号存在内部裂纹外（见表3），其他无异常现象，全部符合标准要求（见表4）。

表3 钢材的低倍组织（级）统计结果

工艺	项目	总炉数	内裂纹炉数	内裂纹长度/mm		内裂纹炉数占 总炉数比例/%
				最长	最短	
缓冷前	初验不合	65	8	3.5	1	12.3
	初验合格	163	25	3.5	1	15.3

表4 钢材的内部裂纹统计结果

项目	一般疏松	中心疏松	锭型偏析	中心偏析
GB/T699	≤3.0	≤3.0	≤3.0	
检测	1.0~3.0	1.0~2.0	1.0~2.0	0.5~1.0
	1.5	1.0	1.0	0.5

在检验的228炉45钢中，不管其塑性是否合格，约有14.5%的炉号存在1~3.5 mm的内部裂纹，这个比例与28.5%的断面收缩率复验率不是十分吻合，但这并不能排除内部裂纹对塑性不合没有影响。

在检查45钢断面收缩率仅为19%的1支试样时，发现拉伸试样纵向试验面上存在“X”型裂纹（见图1a），在横向断口上存在白色的圆坑（见图1b）。



a) 纵向裂纹形态 2×



b) 横向断口白点形态 4×

图1 45钢材白点导致的拉伸断口形态

2.3 生产工艺

1) 冶炼：①采用70 t超高功率电炉初炼，电炉使用55%~65%废钢，35%~45%铁水。采用炉壁氧枪吹氧脱碳，石灰脱磷，偏心炉底无渣出钢。②精炼采用70 t LF，渣料由石灰、预熔渣和萤石组成，采用硅锰合金和钢芯铝预脱氧。LF使用CaC₂和SiC扩散脱氧，出钢前5 min喂CaSi线进行夹杂物变性处理。精炼过程吹氩操作，连铸前软吹氩处理，充分去除夹杂物、均匀钢水温度。

2) 连铸：连铸工序钢水过热度20~35 ℃，拉速1.5~1.8 m/min。

3) 轧制: ①采用150 mm×150 mm×2 500~5 300 mm坯料在蓄热式推钢加热炉内加热, 加热炉采用高炉煤气作燃料, 计算机温度监测和煤气流量自动控制。连铸坯加热温度1 100~1 200 °C。②轧制采用Φ550×1/Φ430×4+Φ320×6半连轧设备, 轧前高压水除磷, 开轧温度≥1 050 °C, 终轧温度≥950 °C, 轧材经分段后采用70 000 mm×7 470 mm步进齿条式冷床冷却, 钢材剪切为定尺经在线检查后收集、打包、堆垛。钢材于250~450 °C之间堆垛。

3 原因分析

根据初验合格率低、复验合格率高的一种特殊情况, 对初验和复验试样的状态进行了详细分析。

45钢力学性能初验试样从冷床收集的钢材上剪切后空冷至室温并送检, 而复验试样从收集并堆垛缓冷后的钢材中截取, 堆垛缓冷的钢材其堆垛温度一般在250 °C以上, 规格在φ40 mm以上的堆垛温度更高, 一般在350 °C以上。显然, 轧后冷却速度对钢材塑性的影响很大, 这种现象归结到钢的氢脆。

钢中氢含量高, 钢材轧制后如不采取缓冷措施, 就会导致氢裂——白点。为此, 对炼钢过程进行了调查, 分析了氢的来源。从电炉炼钢的过程看, 氢的来源主要有以下两个方面: 1) 电炉和精炼炉漏水; 2) 原材料潮湿。包括石灰、氩气、保护渣等控制或贮存不当水分超标。

对以上因素逐一排查。电炉和精炼炉漏水的现象确实存在, 但不是连续出现; 在连铸平台测得的氩气露点温度为-49 °C (理论为-51 °C), 由此断定氩气中的水分不超标; 大包覆盖剂和保护渣使用正常; 但石灰自厂外采购, 虽随进随用, 但由于运输、贮存时间过长, 加之厂区地处沿海, 气候潮湿, 故难免其吸潮粉化, 粉化的石灰加入钢中, 导致其氢含量过高。通过抽检, 钢中氢含量约为(5~7)×10⁻⁶。这样高的氢含量, 如钢材轧后不实施缓冷, 极有可能导致白点缺陷, 尤其是含碳量在0.45%以上的中高碳钢种对白点更为敏感。

因此, 45钢断面收缩率不合是由钢中白点引起的, 与钢的冶炼、轧后冷却有直接关系, 钢中氢含量高是内因, 轧后冷速过快是外因。

4 改进措施

试样采取箱冷处理, 完全模拟钢材堆垛冷却方式, 试样的冷却速度与钢材保持一致。

采取以上相应措施后, 断面收缩率不合的问题彻底得到解决。连续统计了2005年4月10日至5月5日生产的228炉45钢(规格为φ16~φ50 mm), 断面收缩率一次检验合格率为100%(见表5)。仅有4炉出现内裂, 内裂纹长度1~2 mm, 钢材内部裂纹的发生率下降到1.8%。说明钢材的内部裂纹由白点引起, 试样采取的缓冷工艺是正确的。

表5 缓冷后钢材的力学性能统计结果

σ_s /MPa	σ_b /MPa	ψ /%	δ_5 /%
355~440	600~700	40~55	20~30
391.8	650.0	47.8	24.5

此外, 应从源头上减少钢中氢含量, 如减少电炉、精炼炉漏水, 减少石灰吸潮的环节, 最好采用自产石灰, 以缩短石灰自产出至使用的间隔时间; 同时, 钢材轧后应进行250 °C以上堆垛缓冷处理, 试样随垛缓冷或模拟堆垛缓冷(砂冷或箱冷)。