

# 热轧板卷力学性能波动规律的研究

黄 伟 张 旭 王泽孝

(鞍钢集团新钢铁有限责任公司)

T63 A

**摘 要** 针对鞍钢热轧带钢厂1780 mm机组的现状和特点,在板卷的代表部位,对板卷纵向头、中、尾部;按横向的边、中部;按与轧制方向成 $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ ,选取大量试样进行力学性能检验。对检验结果数据进行一元线性回归分析,并从轧制工艺及金属晶体结构理论方面分析了板卷力学性能的波动规律。

**关键词** 热轧板卷 力学性能 影响因素 波动规律

## ANALYSIS OF FLUCTUATION IN MECHANICAL PROPERTIES OF HOT ROLLED COILS

HUANG Wei ZHANG Xu WANG Zexiao

(Anshan Iron and Steel Group Co.)

**ABSTRACT** In accordance with present status and features of 1780 rolling mill in hot strip plant, a lot of specimens have been taken from the edges and middle of head, middle and tail parts of the coils lengthwise at the angles of  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  to rolling direction for mechanical property test. Test results were treated with unitary linear regression. The fluctuation in mechanical properties has been studied from the viewpoint of rolling technology and metallophysis and a deeper knowledge of anisotropy of mechanical properties of rolled coils was obtained.

**KEY WORDS** hot rolled coil, mechanical property, influencing factor, wave regularity

### 1 前言

$\sigma_s$ 、 $\sigma_b$ 、 $\delta_5$  是衡量钢材使用要求的最重要的力学性能指标,关系到板卷能否满足用户要求,最终成为合格产品。鞍钢1780机组投产至今,已生产板卷380万t,主要使用鞍钢三炼钢厂的连铸板坯。由于卷板很长,在轧制方向上各部位温降不一,因此板卷纵向的头、中、尾部力学性能存在一定差异。板卷力学性能检验通常在尾部取样,找出板卷尾部与中、头部力学性能的定量关系非常重要。对板卷按轧制方向成 $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 取样进行力学性能检验分析结果表明,传统上仅凭经验判断就认为 $\sigma_s$ 、 $\sigma_b$ 纵向高于横向的观点是不正确的。

### 2 数据采集及分析过程

在鞍钢1780机组生产的板卷5个典型牌号Q195、Q235、SS400、09CuPTiRe和X60中选取6种

厚度规格3.0~8.0 mm,并在板卷不同部位、方向上按要求项目进行取样实验。即对板卷纵向的头、中、尾部;横向的边部、中部;按板卷轧制方向成 $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ (以下简称各向异性)分别取样(共429个)。对试样检验结果数据进行收集整理见表1~表3(原始数据略)。

为找出以上表中力学性能之间的“统计规律”,采用散布图及折线图进行分析。

选板卷纵向、中、尾部的 $\sigma_s$ 作为分析对象,以 $x$ 、 $y$ 分别代表板卷中、尾部的 $\sigma_s$ ,将75组 $x$ 、 $y$ 对应数据输入计算机绘制出散布图并得到一元线性回归方程 $y=1.0359x$ ,此例中 $R^2$ (相关指数)=0.677,查有关资料认为 $x$ 与 $y$ 之间强正相关见图1(a),图中 $y=1.0359x$ , $R^2=0.677$ 。

运用此方法对其余部位之间的力学性能相关性

表 1 热轧卷板纵向头、中、尾部力学性能  
Table 1 Longitudinal mechanical properties in the front, middle and tail of hot rolled coil

板卷位置	取样方向	$\sigma_s$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$\delta_5$ /%
头部	横向	(范围) 260~390	370~515	20~47
		(均值) 326	451	36
中部	横向	(范围) 260~365	370~505	23~47
		(均值) 322	448	36
尾部	横向	(范围) 260~400	385~510	21~45
		(均值) 334	458	35

注: 钢号: Q195、Q235、SS400、09CuPTiRe; 板厚 (mm): 3. 0、3. 75、4. 0、6. 0、8. 0; 取样 (个): 头部: 75, 中部: 75, 尾部: 75。

表 2 热轧卷板横向边、中部力学性能  
Table 2 Transverse mechanical properties in the edge and middle of hot rolled coil

卷板位置	取样方向	$\sigma_s$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$\delta_5$ /%
边部	横向	(范围) 260~390	370~515	20~47
		(均值) 328	452	36
中部	横向	(范围) 260~400	370~510	22~47
		(均值) 329	453	36

注: 钢号: Q195、Q235、SS400、09CuPTiRe; 板厚 (mm): 3. 0、3. 75、4. 0、6. 0、8. 0; 取样 (个): 头部: 75, 中部: 75。

表 3 热轧卷板各向力学性能  
Table 3 Tridirectional mechanical properties of hot rolled coil

取样方向	$\sigma_s$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$\delta_5$ /%
0°	(范围) 490~530	575~630	29~34
	(均值) 510	608	32
45°	(范围) 490~520	585~620	29~37
	(均值) 507	603	34
90°	(范围) 510~535	605~640	26~31
	(均值) 520	624	29

注: 钢号: X60; 板厚 (mm): 7. 9; 取样 (个): 18 (每个方向)。

进行逐一分析,按横向的边、中部  $\sigma_s$  散布图见图 1(b),图中  $y=1.0016x, R^2=0.805$ 。其余部位之间的力学性能散布图略。

对板卷力学性能各向异性分析采用折线图,将 18 组对应数据输入计算机绘制折线图并标出趋势线见图 2。

3 研究结果  
3.1 板卷纵向的头、中、尾部力学性能波动规律  
(1)  $\sigma_s$  波动规律

板卷尾部  $\sigma_s$  最高,头部和中部  $\sigma_s$  基本接近,但

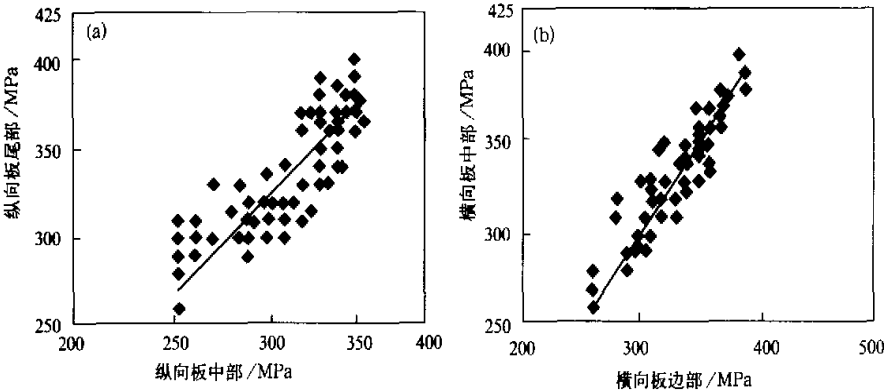


图 1  $\sigma_s$  散布图  
Fig. 1 Distribution of  $\sigma_s$

头部略高于中部,定量关系为:尾部的  $\sigma_s$  是中部的 1.0359 倍,是中部的 1.0227 倍。尾部的  $\sigma_s$  平均值比中部高 12 MPa。

(2)  $\sigma_b$  波动规律

$\sigma_b$  波动规律与  $\sigma_s$  基本相同,定量关系为:尾部的  $\sigma_b$  是中部的 1.0221 倍,是中部的 1.0148 倍。尾部的  $\sigma_b$  平均值比中部高 10 MPa。

(3)  $\delta_5$  波动规律

板卷尾部的  $\delta_5$  最低,头部和中部基本接近,定

量关系为:尾部的  $\delta_5$  是中部的 98.03 %,是中部的 97.47 %,尾部的  $\delta_5$  平均值比中部低 1 %。

3.2 板卷横向的边、中部力学性能分布规律

板卷横向的边、中部  $\sigma_s$ 、 $\sigma_b$ 、 $\delta_5$  分布都非常均匀,可见板卷按横向力学性能相同。

3.3 板卷力学性能各向异性分析结果

(1)  $\sigma_s$  规律。与板卷轧制方向成 90° 的  $\sigma_s$  最高,0°、45° 方向上基本接近,但 0° 方向上  $\sigma_s$  略高。板卷按横向(90°)的  $\sigma_s$  平均高于纵向(0°)10 MPa,这是

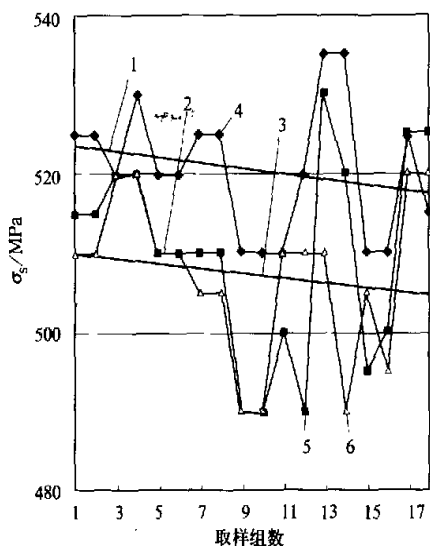


图 2 取样方向与板卷轧制方向成 0°、45°、90° 的  $\sigma_s$  对比折线图

Fig. 2 Sampling direction and  $\sigma_s$  contrast line graph for 0°, 45° and 90° to rolling direction

1—90°折线; 2—0°折线; 3—45°折线; 4—90°趋势线; 5—0°趋势线; 6—45°趋势线

本文的重点。

(2)  $\sigma_b$  规律。  $\sigma_b$  规律与  $\sigma_s$  基本相同。板卷按横向(90°)的  $\sigma_b$  平均高于纵向(0°)16 MPa。

(3)  $\delta_5$  规律。与  $\sigma_s$ 、 $\sigma_b$  规律正好相反, 45°方向上  $\delta_5$  最高, 其次是 0°方向上, 而 90°方向上  $\delta_5$  最低。板卷按纵向(0°)的  $\delta_5$  平均高于横向(90°)3 %。

#### 4 分析讨论

板卷纵向的头、中、尾部力学性能波动的主要原因是板卷各部位精轧温度的波动造成的。板卷尾部的精轧温度最低(一般情况下, 板卷尾部的精轧温度比中部、头部低 30~40 °C, 同时板卷尾部冷却速度也最快), 因此尾部的  $\sigma_s$ 、 $\sigma_b$  最高, 而  $\delta_5$  最低。

板卷横向的力学性能相同的主要原因是影响性能的因素(成分、结构、组织……)波动很小。

板卷力学性能各向异性原因比较复杂。通常金属材料的各种性质多半是各向异性的, 而不是完全的各向同性。其中原因之一就是由于成分的偏析、非金属夹杂的分布状态, 以及存在加工过程中金属的流动等因素所造成的, 这种组织可称之为机械纤维(流线)。另一个造成金属材料各向异性的主要原因是由晶体的织构引起的。由于热轧板卷是由连铸板坯经加热、定宽侧压、粗轧、立辊、精轧、层流冷却和卷取等工序轧制而成, 所以板材的织构比较复杂(需采用 X 射线方法, 这里只定性初步分析)。主要分析在板面内沿轧制方向 0°、45°、90°方向的各向异性原因。由于对热轧板卷的强度( $\sigma_s$ 、 $\sigma_b$ )起主要作用的晶体织构聚集在高取向沿轧制成 90°方向, 而 45°方向织构聚集最弱, 因此横向强度( $\sigma_s$ 、 $\sigma_b$ )大于纵向、45°的强度, 而伸长率正好相反。

#### 5 结语

从鞍钢 1780 机组板卷的实际力学性能看, 纵向力学性能存在一些波动, 板卷尾部与中部相比平均  $\sigma_s$ 、 $\sigma_b$  分别高 12 MPa、10 MPa,  $\delta_5$  则低 1 %。横向力学性能均匀分布。

板卷横向试样与纵向试样相比平均  $\sigma_s$ 、 $\sigma_b$  分别高 10 MPa、16 MPa,  $\delta_5$  则低 3 %。

#### 参 考 文 献

- 1 五弓勇雄. 金属塑性加工技术. 陈天忠等译. 北京: 冶金工业出版社, 1987. 539.

(上接第 22 页)

#### 参 考 文 献

- 1 李士琦. 现代电弧炉炼钢. 北京: 原子能出版社, 1995. 181~190.
- 2 李京社. 高阻抗电弧炉的优异电特性. 钢铁研究学报, 1995, (3): 25.