

热连轧带钢的板形控制

太原钢铁(集团)有限公司 王 刚

摘 要 介绍了板形的分类,实际生产中浪形产生的原因,以及单边浪的调整方法和通过控制带钢凸度的方法来消除双边浪和中间浪。

关键词 板形 分类 浪形 凸度

中图分类号:TG335.11

文献标识码:A

Profile and Flatness Control of Hot Strip

Taiyuan Iron and Steel (Group) Co. Ltd. Wang Gang

Abstract In this paper, the classification of strip shape and the reasons to cause waves in practical producing are introduced. Also the methods to adjust the single waves and to reduce the middle or double waves by controlling the strip profile are discussed.

Key Words shape, classification, wave, profile

热轧带钢的板形问题是热连轧厂生产中不断出现和必须解决的问题,如何提高产品的板形质量也是轧机设备改进、发明、轧制工艺不断优化的中心内容,带钢的板形控制是热连轧厂永恒的课题。

1 带钢的板形分类

1.1 理想板形 理想板形是平坦的,内应力沿带钢宽度向上均匀分布

1.2 潜在板形 带钢表面上是平直的,带钢内应力沿带钢宽度方向上不均匀分布,但其内部应力足以抵制带钢平直度的改变,当内应力释放后,带钢板形就会发生不规则的改变

1.3 表观板形 带钢内应力沿宽度方向上不均匀分布,同时,其内部应力不足以抵制带钢平直度的改变,导致局部区域发生了翘曲变形

2 带钢表观板形的分类

带钢表观板形最常见的有三类

2.1 单边浪 $L_d < L_c < L_o$ L :带钢长度
或 $L_d > L_c > L_o$ F :轧制压力

2.2 双边浪 $L_c < L_d$ S :轧机辊缝
及 $L_c < L_o$ H :带钢厚度

2.3 中间浪 $L_c > L_d$ T :带钢变形抗力

及 $L_c > L_o$

(d ; c ; o 分别表示带钢沿轧制方向的传动侧、中部、操作侧位置)

3 浪形产生的原因

带钢之所以产生浪形是因为带钢沿宽度方向上各点的伸长率不同,伸长率大的部位会产生浪形。

轧制前各点长度: $L_d = L_c = L_o$

轧制后各点长度: $L_d > L_c > L_o$, 表现为单边浪
伸长率的不同是因为入口坯料与轧辊辊缝不匹配,沿宽度方向上各点压下率不同而产生的。因为沿宽度方向各点的金属流量是相同的,所以:

$$H_o \cdot L_o = h_o \cdot l_o$$

压下率的不同是由如下原因产生的:

3.1 辊缝的状态

当坯料断面沿宽度方向厚度相同时即 $H_d = H_c = H_o$, 如果辊缝不平即 $S_d < S_c < S_o$ 时, 则 $h_d < h_c < h_o$
 $l_d > l_c > l_o$, 出现单边浪, 同样

当 $S_d < S_c < S_o$ 时, $l_d > l_c < l_o$ 出现单边浪;

当 $S_d > S_c < S_o$ 时, $l_d < l_c > l_o$ 出现中间浪。

3.2 坯料的断面形状

当辊缝沿宽度方向相等, 即 $S_d = S_c = S_o$ 时,

第一作者简介:王刚,男,1969年生,1991年毕业于北京科技大学压加系轧钢专业,现任太钢热连轧生产部部长,工程师。邮编:030003。

如果坯料沿宽度方向厚度不同

当 $h_d > h_c > h_o$ 时, $l_d > l_c > l_o$ 出现单边浪;

当 $h_d < h_c > h_o$ 时, $l_d < l_c < l_o$ 出现中间浪;

当 $h_d > h_c < h_o$ 时, $l_d > l_c < l_o$ 出现双边浪。

3.3 沿坯料宽度方向存在温度差

沿宽度方向各点温度不同时, 变形抗力也不同

当 $h_d = h_c = h_o$, $l_d = l_c = l_o$ 时, 如变形抗力 $T_d > T_c > T_o$, 则 $h_d > h_c > h_o$, $l_d < l_c < l_o$ 出现单边浪;

$T_d < T_c > T_o$, 则 $h_d < h_c > h_o$, $l_d > l_c < l_o$ 出现双边浪;

$T_d > T_c < T_o$, 则 $h_d > h_c < h_o$, $l_d < l_c < l_o$ 出现中间浪。

轧件在机架内偏离中心线

轧件在机架内跑偏时, 会使机架两侧受力不同, 从而使机架两侧弹跳不同, 造成两侧辊缝不同。

当跑偏使 $F_o > F_d$, 则 $S_o > S_d$, $L_o < L_d$ 出现单边浪

4 浪形的调整

因浪形的产生是沿宽度方向各点压下率不同造成, 所以通过调整使压下率相同的方法即为消除浪形产生的方法。在热连轧机组中前一机架板形的变化, 会使后续机架的横向压下率发生变化, 从而使后续机架板形变化。

4.1 轧件跑偏的调整

因轧件跑偏而产生的浪形, 可以通过调整两侧辊缝差来实现, 如上所示: 当 $F_o < F_d$ 时, $S_o > S_d$, $L_o < L_d$ (d 侧出现单边浪), 其调整方法为:

增大 S_d , 减小 S_o , 使 $S_o - S' = S_d + S'$, 则 $L_o' = L_d'$, 消除了单边浪

轧机辊缝有偏差, 带钢横向温度有偏差时调整方法如上。

4.2 坯料有横向厚度差时的调整

这时的调整方法有两种:

其一 调整上游机架辊缝, 消除横向厚度差,

即: 当 $H_d > H_c > H_o$, $L_d = L_c = L_o$ 时, 通过调整使 $H_d - H' = H_c = H_o + H'$, 则 $l_d' = l_c' = l_o'$, 消除了单边浪; 但此时会使 $L_d' > L_c' > L_o'$, 入口坯料产生单边浪。

其二 调整本机架辊缝适应横向厚度差

即: 当 $H_d > H_c > H_o$, $L_d = L_c = L_o$ 时, 通过调整使 $S_d + S' > S_c > S_o - S'$, 则 $H_d/h_d = H_c/h_c = H_o/h_o$, $L_d/l_d = L_c/l_c = L_o/l_o$ 。

所以 $l_d = l_c = l_o$, 消除了单边浪; 但此时会使

$h_d > h_c > h_o$, 出口板形存在横向厚差。

两种方法各有利弊, 应根据实际情况使用。

5 带钢凸度的影响因素

带钢的凸度值用如下方法表示: $C_n = (h_{n(d)} + h_{n(o)})/2 - h(c)$

5.1 轧制力

轧辊受到两侧压下液压缸的作用力和中部带钢反作用力的共同作用, 会发生弯曲, 轧制力越大, 轧出带钢的凸度就越大。

5.2 弯辊力

与轧制力相反, 工作辊受到两侧弯辊力与中部支持辊反作用力的共同作用发生弯曲, 弯辊力越大, 弯曲越大, 带钢凸度越小。

5.3 轧辊的热膨胀

热连轧机组的精轧机换上新辊后的一个轧制周期内, 在轧制前 20~30 卷钢时, 带材中心凸度减小很快, 不管带材的宽度如何, 或者工作辊的原始辊型如何, 都会出现这种初始的凸度减小, 说明轧辊受热膨胀后, 中部膨胀较大, 形成了轧辊的热凸度。

5.4 工作辊的初始辊型

工作辊的初始辊型分为三类:

一为平辊 轧辊横向直径差为 0; 二为正凸度辊型 轧辊中部直径大于边部直径; 三为负凸度辊型 轧辊中部直径小于边部直径。根据控制板形的需要, 可以选用不同类型和不同辊凸度的辊型。

6 带钢的凸度控制

热连轧精轧机组当前后机架的凸度分配不平衡时, 就会出现对称浪形。

6.1 当 $S_d = S_c = S_o$ 时, 如 $H_d < H_c > H_o$, 则 $l_d < l_c > l_o$, 出现中间浪, 这时可以用两种方法调整:

其一调整上游机架, 使 $H_d + H' = H_c - H' = H_o + H'$, 通过减小来料的板凸度来消除中间浪。

其二调整本机架, 使 $S_d - S' > S_c + S' > S_o - S'$, 则 $H_d/h_d' = H_c/h_c' = H_o/h_o'$, $l_d' = l_c' = l_o'$, 通过增大本机架的板凸度来消除中间浪。

6.2 与前方法相同, 消除双边浪也可用两种方法:

其一增大来料的板凸度

其二减小本机架的板凸度。

6.3 增加板凸度的方法

增大轧制力

减小正弯辊力

增大负辊型

降低轧辊中部的温度

(下转第 29 页)

3.2 Cr12 型模具钢锻造加热不当, 易造成内部裂纹

Cr12 型模具钢的 Cr 含量在 11.5% ~ 13.5% 之间, 合金含量相对较高, 其导热性较普通优质钢低, 在 500℃ ~ 700℃ 之间的导热性仅为

图 1 钢锭头部

低碳钢的 1/2 ~ 1/3。如果加热不透造成内外温度不均匀, 会导致内部因温度低而塑性差, 内部变形的阻力大, 锻造时仅外部变形, 中心变形小甚至不变形, 心部产生极大的拉应力, 结果会导致其锻材内部破裂, 出现人字形或十字形裂纹, 经超声波探伤发现缺陷集中在中心部位, 波形表现为连续性且当量基本在 $\Phi 4 \sim \Phi 6$ 的缺陷, 锯切后, 裂纹清晰。

根据检验结果, 我们对现场生产 Cr12、Cr12MoV 的保温时间进行了跟踪 (以 160 方的坯料为例), 入炉前对坯料进行探伤检验保证坯料无大于 $\Phi 2$ 的夹杂缺陷波存在, 锻完后再二次探伤, 检验发现内部裂纹发生率与钢坯的保温时间有关系; 当钢坯的加热保温时间较长时, 内部裂纹发生的几率很小, 趋近于 0.2%。

3.3 Cr12 型模具钢锻造时变形不当也易造成内部裂纹

Cr12 型模具钢为莱氏体钢, 铸态组织存在大量的鱼骨状共晶碳化物, 脆性较大, 锻造时变形阻力大, 如果初始开锤过猛, 表层与心部的变形相差很大, 也极易造成 Cr12 型钢坯中部撕裂, 出现类似于图 2 的饿人字形或十字形的裂纹。

3.4 Cr12 型模具钢终锻温度过低造成内部裂纹

钢在锻造时终锻温度的确定与钢的化学成分有关, Cr12 型模具钢属于过共析钢, 为使二次渗碳体网络破碎应略高于 Ar1 温度。终锻温度过低, 将会因变形与内部组织应力共同作用而产生内部裂纹。因此

图 2 钢坯中部撕裂

对 Cr12 型的终锻温度应控制在 900℃ 以上。对此我们进行了跟踪实验, 当终锻温度低于 900℃ 时, 仍用较大的变形量锻造, 超声波检验结果是: 内裂的发生率大大高于终锻温度大于 900℃ 的发生率, 对切片进行低倍分析和金相检验发现内部裂纹均见于沿晶界分布的网状二次渗碳体中, 因为当温度低于 900℃ 时二次渗碳体已经沿奥氏体析出, 继续变形组织应力裂纹会沿强度较低的二次渗碳体产生和扩张。

3.5 Cr12 型钢锭碳化物偏析也极易造成内部裂纹
钢锭碳化物偏析严重, 锻造时不易破碎容易产生网状的二次渗碳体, 裂纹极易沿强度较低的二次渗碳体产生和扩展。

4 结论及预防措施

4.1 纯净的钢质和合理的锭型使 Cr12 型钢锭内部组织均匀、夹杂物细小或者没有, 能大大降低这类钢内部裂纹产生的几率。

4.2 Cr12 型钢延展性和导热性能差, 加热不均匀, 在外力的作用下导致内外变形不均匀, 容易造成内部裂纹。只有控制加热速度, 进行分段预热和并保证足够的保温时间, 才能充分改善 Cr12 型的热塑性, 避免产生内部裂纹的产生。

4.3 对于 Cr12 型终锻温度应控制在 900℃ 以上, 保证无二次渗碳体的析出。否则也容易产生内部裂纹。

参考文献

- 1 薛懿德. 特殊钢压力加工. 北京: 冶金工业出版社, 2000. 194 - 203
- 2 陈德和. 钢的缺陷. 北京: 机械工业出版社, 1997. 151 - 168

(上接第 15 页)

6.4 减小板凸度的方法

- 减小轧制力
- 增大正弯辊力
- 增大正辊型
- 提高轧辊中部的温度

参考文献

- 1 RRsomers. "EEaect of Hot and Cold Rolling Oprations on strip crown and Feather Edge" Proceedings of the International Lorference on steel Rolling. Science and Technolge of Flat Rolled Products Vol. 1, Tokyo, Japan, Sept. 29 - Oct4. 1980. 701 ~ 712
- 2 (美)金兹伯格 (Ginzburg V. B). 高精度板带材轧制理论与实践. 北京: 冶金工业出版社, 2000. 92