



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102818763 A

(43) 申请公布日 2012. 12. 12

(21) 申请号 201210267219. 9

(22) 申请日 2012. 07. 30

(71) 申请人 首钢总公司

地址 100041 北京市石景山区石景山路 68 号

(72) 发明人 王晓东 李飞 金永春 江潇 孙常库 马耀峰

(74) 专利代理机构 北京市德权律师事务所 11302

代理人 刘丽君

(51) Int. Cl.

G01N 19/00 (2006. 01)

G01L 1/00 (2006. 01)

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

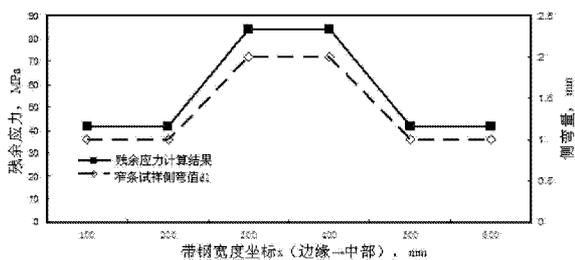
一种适合生产现场的热轧钢板残余应力计算方法

(57) 摘要

本发明公开了一种适合生产现场的热轧钢板残余应力计算方法,属于热轧钢板残余应力计算方法技术领域。该计算方法是以对热轧带钢矫直后取样并对所述取样进行切割,使其成为带钢窄条为基础实现的,计算公式为

$$\sigma_R = \frac{8 \cdot \Delta x \cdot E \cdot d_1}{L^2}$$

该计算方法中所选用的参数Δx、d₁和L的测量操作方法简便、技术要求低,E则是由带钢本身的性质决定的,该计算方法数学模型简单,计算结果直观可靠。



1. 一种适合生产现场的热轧钢板残余应力的计算方法,其特征在于,所述计算方法是对热轧带钢矫直后取样并对所述取样进行切割,使其成为带钢窄条为基础实现的,计算公式为

$$\sigma_R = \frac{8 \cdot \Delta x \cdot E \cdot d}{L^2}$$

其中,

σ_R , 热轧钢板残余应力,

Δx , 带钢窄条的宽度,

E, 带钢弹性模量,

d, 带钢窄条的侧向弯曲当量,当所述带钢窄条弯向所述热轧带钢的钢板外侧时,带钢窄条的侧向弯曲当量为 d_1 , d_1 的符号为“+”,当所述带钢窄条弯向所述热轧带钢的钢板内侧时,带钢窄条的侧向弯曲当量为 d_2 , d_2 的符号为“-”,

L, 带钢矫直后取样的长度。

2. 根据权利要求 1 所述的计算方法,其特征在于,对所述取样进行切割是采用具有水冷功能的等离子数控切割机床实现的。

3. 根据权利要求 1 所述的计算方法,其特征在于, $2m \leq L \leq 10m$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的计算方法,其特征在于, $50mm \leq \Delta x \leq 200mm$ 。

一种适合生产现场的热轧钢板残余应力计算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及热轧钢板残余应力计算方法技术领域,特别涉及一种适合生产现场的热轧钢板残余应力计算方法。

背景技术

[0002] 板带材被广泛应用于工业、农业、国防以及日常生活的方方面面,在国民经济发展中起着重要的作用。随着一些现代化工业部门如汽车、制罐以及家电行业等的飞速发展,不仅对板带材的需求量急剧增加,而且对其板形质量提出了严格的要求。

[0003] 残余应力是当无任何工作载荷作用的情况下存在于构件内部且在整个构件内部保持平衡的应力。残余应力的存在将影响板料的成形性能和产品的最终板形质量,残余应力的松弛影响板料尺寸的稳定性。当裁剪钢板的时候,剪开的金属板件内的残余应力得到释放,所以金属板件就会出现变形。

[0004] 热轧带钢生产过程的特点注定带钢内部的残余应力很难避免,在轧制、冷却、卷取、矫直、热处理等涉及变形与热处理等工艺过程中都可能产生残余应力。主要原因:1)钢板轧制时,宽度上的各处厚度方向上不均匀压缩塑性变形;2)由于带钢冷却不均而导致其在宽度方向上纤维产生不均匀延伸;3)在卷取、开卷、平整和矫直过程带给的弯曲变形导致的内部应力。

[0005] 综上所述,热轧带钢内部残余应力问题实质上是板形问题,通常存在如下四种情况:A)理想板形。理想的板形指的是当带材横向内部应力相等的纯理论情况。这种理想的平整板形在外张力去除并将带材切成条后仍然保持着。B)潜在板形。潜在的板形相当于带材横向内部应力不等,但带材的截面模数又大得足以抵抗瓢曲变形时的情况。具有潜在板形的带材没有外部张力时是平直的。然而,切成条的带材,释放了潜应力,形状就参差不齐了。C)表观板形。当带材横向内部应力不相等,同时带材的截面模量不能大到足以抵抗瓢曲变形时,出现表观的板形,导致局部的弹性瓢曲。在适当的外张力下,整体压应力可以减弱到表现的板形转化成潜在的板形的水平上。另一方面,除去外部张力并切成条,就会显示出表观的板形。D)双重板形。双重的板形是带材的一部分具有潜在的板形,而另一部分具有表观的板形的情况。带材一侧边浪或四分之一瓢曲是这种板形形式的典型例子。用户所希望得到的是内应力均有分布,板形良好的带材。

[0006] 如何控制热轧带钢内部的残余应力,也就是消除内应力导致的潜在板形缺陷,提供给用户板形质量稳定的板材是钢铁企业追求的目标。尤其是热轧高强钢,带钢强度越过,内应力问题越需要重视。残余应力的准确测量是优化残余应力控制工艺技术的前提条件。这需要对热轧板带产品的残余应力的大小及其分布情况等等进行定量化,这就需要进行实际测量。

[0007] 目前传统残余应力的测量方法主要分为两大类。(1)机械法。有切条法、切槽法、剥层法、裂纹柔度法、冲击压痕法(如专利申请号:93110137.9)、钻孔法(如申请号:93105309.9)、钻孔加散斑图像法(如专利申请号:201010623668.3)等。机械法测量残余应

力需释放应力,这就需要对工件局部分离或者分割,从而会对工件造成一定的损伤或者破坏,以浅盲孔法的破坏性最小。(2) 物理检测法。主要有 X 射线法、中子射线衍射法、磁噪声法、超声法和磁性法等。这些方法均属无损检测法,对工件不会造成破坏。上述残余应力检测方法中,物理检测方法由于所采用设备复杂程度不同,很难应用于现场的带钢大试样的残余应力测量,而且除中子衍射法外,均只能测量表面浅层的应力。机械方法,大多需要精密的机加工、粘贴应变片等,过程较为复杂,而且测试周期长,效率较低。众所周知,切条法可以直接考察带钢应力释放后的变形结果,具有操作简单、直接明了的特点。但是,生产现场由于条件有限,往往采用火焰或者剪床切割的手段对试样进行切分,这样会给试验带来较大的附加应力,使得试验结果不是很理想。而且,由于切分后,没有合适的数学模型对所测量到的试样形变数据进行残余应力的量化计算和分析。所以,纵向切条方法,在生产实际的应用也受到局限,需要对此方法的切割过程工艺和计算模型进行优化,增强其现场的适用性。

发明内容

[0008] 为了解决上述问题,本发明提出了一种测试速度快、结果直观可靠,并且适合生产现场的热轧钢板残余应力计算方法。

[0009] 本发明提供的适合生产现场的热轧钢板残余应力的计算方法是通过对热轧带钢矫直后取样并对所述取样进行切割,使其成为带钢窄条为基础实现的,计算公式为

$$[0010] \quad \sigma_R = \frac{8 \cdot \Delta x \cdot E \cdot d}{L^2}$$

[0011] 其中,

[0012] σ_R , 热轧钢板残余应力,

[0013] Δx , 带钢窄条的宽度,

[0014] E, 带钢弹性模量,

[0015] d, 带钢窄条的侧向弯曲当量,当所述带钢窄条弯向所述热轧带钢的钢板外侧时,带钢窄条的侧向弯曲当量为 d_1 , d_1 的符号为“+”,当所述带钢窄条弯向所述热轧带钢的钢板内侧时,带钢窄条的侧向弯曲当量为 d_2 , d_2 的符号为“-”,

[0016] L, 带钢矫直后取样的长度。

[0017] 作为优选,对所述取样进行切割是采用具有水冷功能的等离子数控切割机床实现的。

[0018] 作为优选, $2m \leq L \leq 10m$ 。

[0019] 作为优选, $50mm \leq \Delta x \leq 200mm$ 。

[0020] 本发明提供的适合生产现场的热轧钢板残余应力的计算方法中所选用的参数 Δx 、 d_1 和 L 的测量操作方法简便、技术要求低, E 则是由带钢本身的性质决定的,该计算方法数学模型简单,计算结果直观可靠。

附图说明

[0021] 图 1 为本发明实施例提供的适合生产现场的热轧钢板残余应力的计算方法中带钢窄条在切割前切缝划线示意图;

[0022] 图 2 为本发明实施例提供的适合生产现场的热轧钢板残余应力的计算方法中带钢窄条的侧向弯曲结构示意图；

[0023] 图 3 为采用具有水冷功能的等离子数控切割机床实现带钢窄条切割后残余应力的计算结果示意图，图中，带钢宽度坐标 x 是带钢窄条切缝从带钢边缘到中部的距离值；

[0024] 图 4 为采用传统的火焰切割方法实现带钢窄条切割后残余应力的计算结果示意图，图中，带钢宽度坐标 x 是带钢窄条切缝从带钢边缘到中部的距离值。

具体实施方式

[0025] 为了深入了解本发明，下面结合附图及具体实施例对本发明进行详细说明。

[0026] 本发明提供的适合生产现场的热轧钢板残余应力的计算方法是以对热轧带钢矫直后取样并对取样进行切割，使其成为带钢窄条为基础实现的，计算公式为

$$[0027] \quad \sigma_R = \frac{8 \cdot \Delta x \cdot E \cdot d}{L^2}$$

[0028] 其中，

[0029] σ_R ，热轧钢板残余应力，

[0030] Δx ，带钢窄条的宽度，参见附图 1 或附图 2，

[0031] E ，带钢弹性模量，

[0032] d ，带钢窄条的侧向弯曲当量，参见附图 2，当带钢窄条弯向热轧带钢的钢板外侧时，带钢窄条的侧向弯曲当量为 d_1 ， d_1 的符号为“+”，当带钢窄条弯向热轧带钢的钢板内侧时，带钢窄条的侧向弯曲当量为 d_2 ， d_2 的符号为“-”，

[0033] L ，带钢矫直后取样的长度。

[0034] 其中，对取样进行切割是采用具有水冷功能的等离子数控切割机床实现的。

[0035] 其中， $2m \leq L \leq 10m$ 。

[0036] 其中， $50mm \leq \Delta x \leq 200mm$ 。

[0037] 参见附图 3，所示为半个板宽内的切分结果，横坐标从钢板一侧开始，向板宽中心增大。从图上看，测量结果合理，没有火焰切割的附加加热应力的不良影响。此方法可以真实的测量到钢板的残余应力，根据残余应力分布的均匀性来评价用户使用钢板时的发生形变大小，并给企业生产过程中优化工艺路线，控制残余应力提供了有利的分析手段和明确的工作方向。

[0038] 参见附图 4，所示为半个板宽内的火焰切割方法实现的切分结果，横坐标从钢板一侧开始，向板宽中心增大。从结果上看，残余应力数值在边部几个窄条位置上超过了此钢种的屈服强度。从生产规律上看，带钢边部是残余应力较大的区域，主要是变形和冷却不均导致，但是，测量结果超过了屈服强度很多，是不合理，结果表明在火焰切割热影响区的作用下，产生了较大的附加应力。

[0039] 本发明提供的适合生产现场的热轧钢板残余应力的计算方法中所选用的参数 Δx 、 d_1 和 L 的测量操作方法简便、技术要求低， E 则是由带钢本身的性质决定的，该计算方法数学模型简单，计算结果直观可靠。

[0040] 以上所述的具体实施方式，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施方式而已，并不用于限制本发

明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

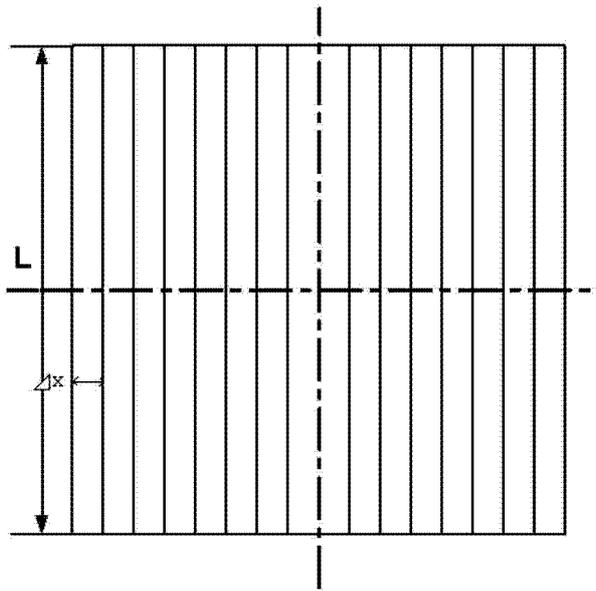


图 1

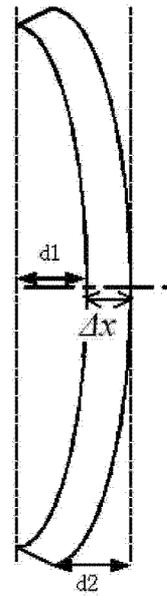


图 2

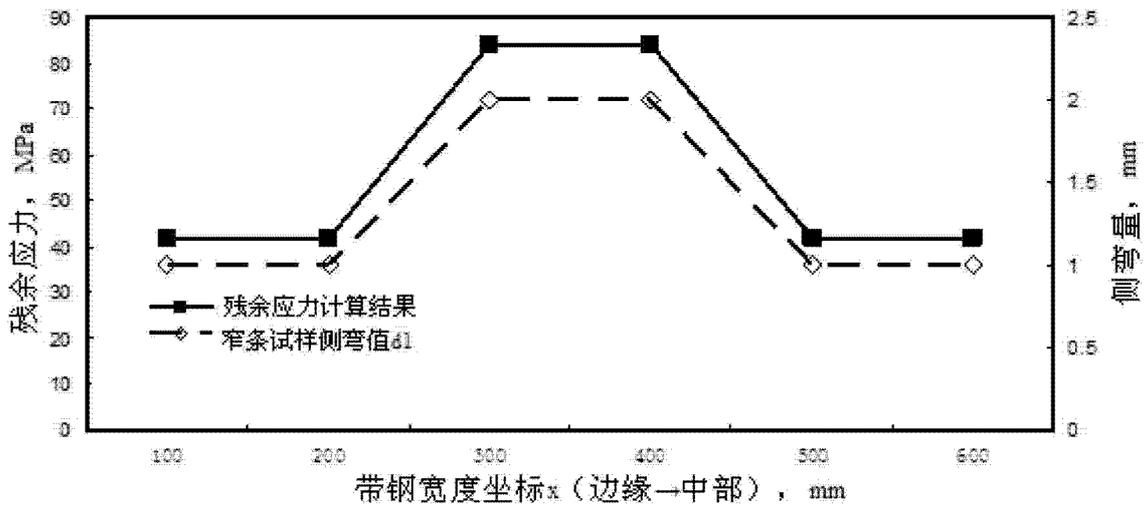


图 3

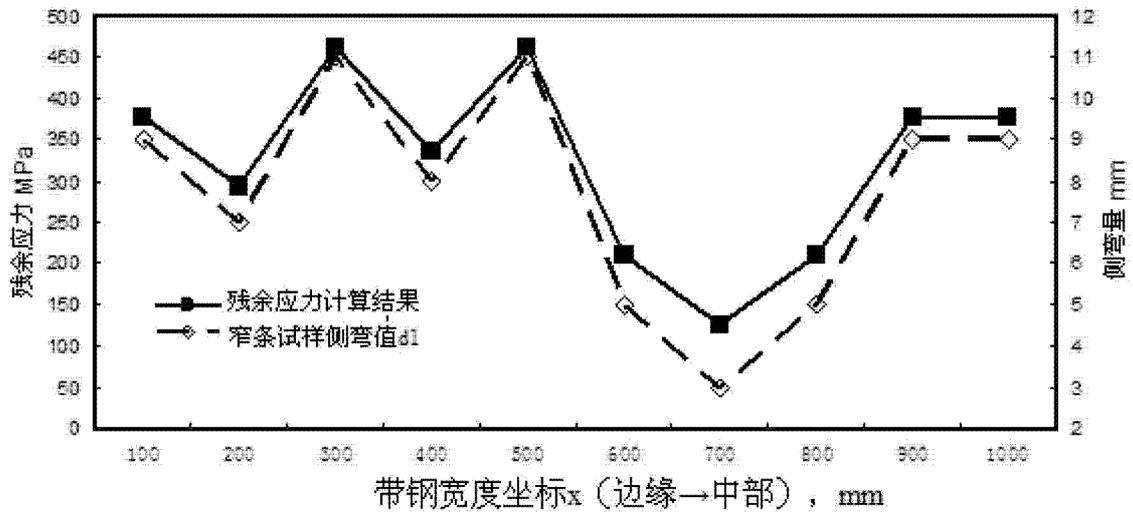


图 4