

·试验研究·

热轧带钢半无头轧制动态变规格过程张力设定*

李洪翠,唐 荻,宋 勇

(北京科技大学 高效轧制国家工程研究中心,北京 100083)

摘 要:在常规连轧张力公式和冷连轧动态变规格张力公式的基础上,分析了热轧带钢半无头轧制工艺动态变规格过程张力设定值变化规律的要求,合理确定了张力设定变更点,并给出热轧带钢半无头轧制工艺动态变规格过程楔形区张应力的设定计算公式。

关键词:热轧带钢;半无头轧制;动态变规格;张力设定

中图分类号:TC333.7

文献标识码:A

文章编号:1004-4620(2005)03-0039-03

张力是连轧过程的一个重要数据,各机架之间通过张力传递影响、传递能量而相互发生联系。常规热连轧张力公式是建立在轧件厚度长度方向均匀基础上的,但在动态变规格(FGC)过程中,由于楔形区的存在,轧件厚度是不断变化的,原来建立的张力公式无法使用,因此必须建立新的轧件张力公式。本研究将在常规热连轧张力公式的基础上,分析动态变规格过程张力设定值的变化规律,并推导动态变规格过程楔形区的张力计算公式。

1 常规热连轧张力公式^[1]

对于实际连轧过程来说,动态过程是绝对的,稳态过程是相对的、暂时的。因此连轧张力公式主要从动态张力公式入手,而把稳态张力公式作为其特例。

* 国家技术创新课题

收稿日期:2004-12-16

作者简介:李洪翠(1973-),男,山东日照人,1996年毕业于北京科技大学金属压力加工专业,现为北京科技大学材料加工工程专业在读硕士,工程师,主要从事中厚板轧钢工艺技术、新产品开发以及产品质量管理工作。

功能,用历史数据测试发现,系统可以根据生产过程中的原因预报板坏的部分质量缺陷。要使本系统得到提高,尚需在冶金知识库的完善、BP神经网络权值自学习及智能选取方面多做工作。

参考文献:

- [1] J.D.Madill, A.Scholes, A.S.Normanton, A.Rohson, D.Stamp, Continuous Casting Development at British Steel [A], Steelmaking Conference Proceedings: 1998, 285 ~ 289.

设在某一个时刻 t 时,此两个机架处于一个稳态状态,此时机架间张力为 T , i 机架轧机出口速度在此张力作用下为 V_i , $i+1$ 机架轧机入口速度在此张力作用下为 V'_{i+1} ,此时带钢断面上的张应力为: $\tau_i = \frac{T}{B \cdot h}$,若由于外扰致使稳态破坏,使 $V'_{i+1} > V_i$,则在时间 $t+dt$ 时,经推导有公式(1)或(2):

$$\frac{d\tau_i}{dt} = \frac{E}{l} (V'_{i+1} - V_i) \quad (1)$$

$$\tau_i = \frac{E}{l} \int (V'_{i+1} - V_i) dt \quad (2)$$

即为常用张力公式的微分方程式和积分方程式。

2 冷连轧 FGC 过程张力计算模型

冷连轧机没有活套,其张力完全由前后机架的速度差决定并控制。文献[2]在常规冷连轧张力计算公式的基础上,推导出了冷连轧动态变规格过程楔形区的张力计算公式。

图1所示是动态变规格过程的一段楔形轧件,假设其长度为 L ,两端厚度分别为 h_1 、 h_2 ,速度分别

- [2] H.Preissl and T.Faster, Automatic Quality Control of Cast Slabs at the VOEST-ALPINE Steel Works [A], Steelmaking Conference Proceedings: 1995, 621 ~ 627.
[3] 日开发铸坯表面质量检测系统[N].中国冶金报,2002-10-23(3).
[4] 陈雷.连续铸钢[M].北京:冶金工业出版社,1994.
[5] M.M.Collur etc, Evaluation of the Mannesman Demag Mold Thermal Monitoring System at the A-L's Brackenridge Slab Caster [A], Steelmaking Conference Proceedings: 2000, 413 ~ 430.

Surface Quality Forecasting Expert System of Continuous Casting Slab

JIANG Guang-sen, BI Xue-gong, JIN Yan, LI Jiu-sheng, HAO Er-hu

(Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China)

Abstract: Introduces the development of surface quality forecasting expert system of continuous casting slab. The principle and basic structure steps of developed this system are discussed in detail. This system conducts temperature pattern recognition of the thermocouples in the mold through neural network model and logic mold, and collects equipment and technological parameters of the caster in order to estimate the possibility of surface quality question by means of metallurgical theories and experts experience.

Key words: continuous casting slab; surface quality; forecasting; expert system; thermocouples

为 V_I 、 V_{II} ,假定轧件无宽展,即宽度 B 恒定。

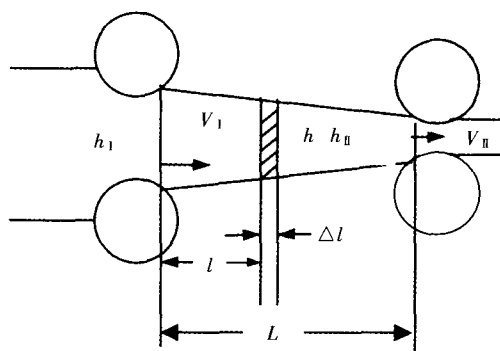


图1 冷连轧动态变规格过程楔形区示意图

将该楔形段沿长度方向划分为许多等长度的微小带钢段,每段长度为 Δl ,取其中一个带钢段(图中阴影部分),其厚度为 h ,则有:

$$h = h_1 + \frac{l(h_1 - h_2)}{L} \quad (3)$$

其中 l 为该微分段距离I端的长度。由于在此微分段中可认为无厚度变化,常规的张力公式仍然适用,因此该微分段的张力为:

$$T = Bh \frac{E}{\Delta l} \int_0^l (V_k - V_e) dt \quad (4)$$

将该式变形后有:

$$\int_0^l (V_k - V_e) dt = \frac{T \cdot \Delta l}{B \cdot h \cdot E} \quad (5)$$

其中 T ——该段轧件的张力;

E ——轧件的杨氏模量;

V_k, V_e ——此微分段带钢的头尾速度。

对整个楔形段进行积分,最后得到楔形区轧件的张力和张应力公式:

$$T = \frac{h_2 - h_1}{\ln h_2 / h_1} \cdot B \cdot \frac{E}{L} \int_0^l (V_{II} - V_I) dt \quad (6)$$

$$\tau = \frac{h_2 - h_1}{h \cdot \ln h_2 / h_1} \cdot \frac{E}{L} \int_0^l (V_{II} - V_I) dt \quad (7)$$

3 热轧带钢动态变规格过程张力设定

在热连轧机的生产中,当轧件受到的张力超过一定值时,将会产生一系列降低成品质量的不良结果。因此,为了保证产品尺寸精度,热连轧机必须在微张力状态下轧制,而微张力控制的保证,是通过对活套系统的控制实现的。

3.1 热连轧张力控制方式

热连轧的张力控制方式不同于冷轧。热连轧系统大多采用活套装置,通过其缓冲作用来吸收咬钢过程中形成的套量,并保持恒定的小张力控制。相应的自动控制部分称为活套高度控制和张力控制^[9]。

带钢热连轧由于机架间设有活套装置,因此活套辊上抬在机架之间形成套量时,前后机架速度的变化将只影响活套的套量,用活套量的偏差值来逆

调或顺调主机的速度,这就是活套高度控制。此时带钢的张力将由活套电机来控制(活套电机将控制带钢张力在不同活套高度或活套臂升角下静态的恒定不变)。只有当机架之间速度差太大而使带钢拉直后才需要根据前后机架速度来计算带钢张力,因此,对热连轧动态变规格过程张力进行讨论时,必须考虑活套的影响。

张力力矩 M_T 计算图见图2,由图2可以求得:

$$M_T = L_T F_T = R' \cos(\theta' - \frac{\alpha - \beta}{2}) \times 2T \sin(\frac{\alpha + \beta}{2}) \quad (8)$$

式中 M_T ——张力力矩;

F_T ——合成张力;

L_T ——张力力臂。

$$L_T = R' \cos(\theta' - \frac{\alpha - \beta}{2}) \quad (9)$$

$$F_T = 2T \sin(\frac{\alpha + \beta}{2}) \quad (10)$$

$$\theta' = \tan^{-1}(\frac{R \sin \theta + r}{R \cos \theta}) \quad (11)$$

$$R' = \sqrt{R^2 + 2Rr \sin \theta + r^2} \quad (12)$$

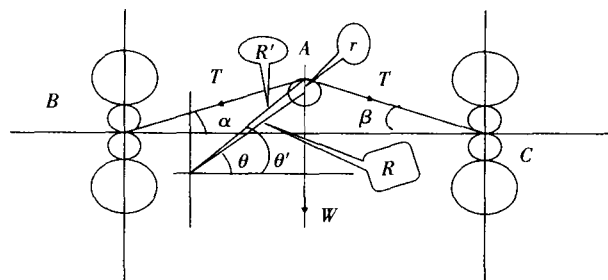


图2 活套力矩计算示意图

由以上各式可知,在轧制过程中为了保持带钢张力 T 恒定,发动机发出的张力力矩 M_T 应随 θ 的变化而变化。

重量力矩 M_W 为带钢自重产生之力矩 M_{W1} 和活套辊以及框架重量产生的力矩 M_{W2} 之和。

由图2可以求得:

$$M_{W1} = WR \cos \theta \quad (13)$$

式中 W ——两个机架之间带钢自重。

当考虑传动比时,则:

$$M_{W1} = \frac{R}{i} W \cos \theta \quad (14)$$

$$W = (AB + AC) B h \rho \quad (15)$$

式中 ρ ——带钢的比重。

$$M_{W2} = K \cos \theta \quad (16)$$

式中 K 为常数(取决于活套机构的实际重量和结构尺寸)。

低惯量快速电动活套装置一般取:

$$M_{W2} = 0.2 M_{W1} \quad (17)$$

因此采用新型电动活套装置时,其重力力矩为:

$$M_W = 1.2 M_{W1} = 1.2 \frac{R}{i} W \cos \theta \quad (18)$$

活套装置所需要之综合力矩为张力力矩和重力

力矩之和,即:

$$M = M_T + M_w = M_T + 1.2M_{w1} \quad (19)$$

由以上推导过程可知, 其中张力力矩可以表示为带钢张应力、厚度、宽度和活套角的函数:

$$M = f(\sigma, B, h, \theta) \quad (20)$$

$$M_T = f(T, \theta) = f(\sigma, B, h, \theta) \quad (20)$$

重量力矩也可表示为活套角的函数:

$$M_w = f(\theta)$$

如果活套装置传动电机供给的力矩按上述两个函数之和进行调整,则在轧制过程中相邻两个机架之间带钢所受张力不受活套辊摆动角度的影响而保持张力恒定。

3.2 动态变规格过程张力设定变化规律

3.2 动态变规格过程张力设定变化规律

在动态变规格过程中, 为保证前一规格带钢 I 材的尾部质量, 各机架变规格时保持前张力不变, 后张力则变更为 II 材的轧制规程所要求的张力设定值。后张力设定的变化采用分段实现的方法。

根据 3.1 节的分析, 在热连轧动态变规格过程中, 张应力是根据轧制规格设定的, 机架间的总张力由轧件尺寸主要是厚度、宽度和设定的张应力值共同决定。正常轧制时, 由于各机架间轧件尺寸是基本稳定的, 因此各机架间的张力也是基本恒定的, 但在动态变规格过程中, 由于楔形区的存在轧件厚度是变化的, 所以在由前一规格带钢张力设定值向后一规格带钢张力设定值变化的过程中, 机架间的张力也是变化的。

也是变化的。

为了在动态变规格过程中, 保证变规格机架前张力保持不变, 必须合理选择张力设定变化点。

张力设定变化点列法: 机架。若选择在机架变规格

张力保持不变,必须合理选择张力设定值。 T 设定规格点到达 i 机架,若选择在机架变规格过程中改变 i 和 $i+1$ 机架间的张力设定值 T (根据楔形区厚度),虽然 i 机架的前张应力值可以通过不变张应力设定值保持不变,但 $i+1$ 机架由于入口带钢厚度不变,因此其后张应力必然不断变化,从而影响 I 材的稳定轧制和尾部质量。反之若选择在变规格点到达 $i+1$ 机架时,再改变 i 和 $i+1$ 机架间的张力设定值,则可以保证 $i+1$ 机架的前张应力不变从而保证 I 材尾部质量。因此张力设定值的变化点应选在变规格点到达下一机架时同步进行。

3.3 动态变规格过程中张力的计算

根据 3.2 节确定的要求进行张力值的设定改

变,在变规格点到达下一机架之前,机架间的张力不变。热轧带钢动态变规格楔形区示意图见图3,本机架出口楔形区的张应力计算公式经推导可表示为:

$$\tau = \frac{T_{\perp}}{B \cdot h} = \frac{T_{\perp}}{B \cdot \left\{ \frac{l(h_{\perp} - h_{\parallel})}{L} + h_{\parallel} \right\}} \quad (22)$$

其中 T_1 ——I 材张力设定值。

其中 T_1 ——I 材张力设定值。

在楔形区进入下一机架开始变规格时，同步进行张力设定值的改变，为了使设定值的改变过程尽量平稳，张力设定值的改变应随楔形区的轧入逐渐实现，此时张力设定值为：

$$T = k(T_{II} - T_1) \quad (23)$$

$$T = T_1 + \frac{l(T_{II} - T_1)}{L} \quad (23)$$

式中 L ——楔形段长度；

T_1 ——I 材张力设定值;

T_{II} ——II材张力设定值;

l ——轧入的楔形区长度。

随楔形区的逐渐轧入, i 和 $i+1$ 机架之间的张力设定值由 I 材的张力设定值逐渐过渡为 II 材的张力设定值。

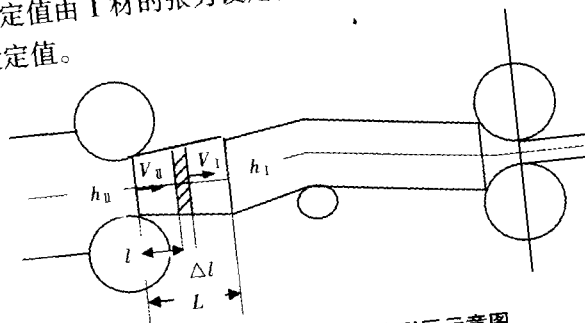


图3 热轧带钢动态变规格楔形区示意图

4 结 语

4 结 语

本研究在传统热轧带钢张力公式的基础上,按照动态变规格张力设定值变化规律的要求,合理确定了半无头热连轧动态变规格过程张力设定变更点的选择,并推导了楔形区张应力的计算公式和设定公式。

参考文献:

- 参考文献:**
- [1] 孙一康.带钢热连轧的模型与控制[M].北京:冶金工业出版社, 2002.10.
 - [2] 葛平,程秉祥,等.冷连轧动态变规格过程的张力计算模型[J].北京科技大学学报, 2002, 24(6):661 ~ 663.
 - [3] 宗胜悦.热轧带钢活套系统多变量及模糊控制[D].北京:北京科技大学, 2004.

Tension Calculation Model During FGC Process In Hot Strip

LI Hong-cui, TANG Di, SONG Yong

LI Hong-cui, TANG Di, SONG Yong
(National Engineering Research Center For Advanced Rolling Technology, University of Science and
Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the routine formula in tension calculation and the tension calculation model of wedged strip steel in tension, the demand of tension value-set in FGC process of hot semi-endless rolling has been discussed, and a new model has been proposed.

Abstract: Based on the routine of the hot semi-endless rolling process, the demand of tension value-set in FGC process of hot semi-endless rolling is analyzed. The tension value-set is determined by the flying gauge change and the tension-set of the next rolling process. The flying gauge change is determined by the flying gauge change of the next rolling process. The tension-set of the next rolling process is determined by the tension-set of the next rolling process. The flying gauge change is determined by the flying gauge change of the next rolling process. The tension-set of the next rolling process is determined by the tension-set of the next rolling process.

Key words: hot strip rolling; semi-endless rolling; flying gauge change; tension-set