

工艺参数对简单断面型钢辊弯成型过程的影响*

韩志武¹⁾ 刘才²⁾ 陆卫平³⁾ 任露泉¹⁾ 佟金¹⁾

1) 吉林大学生物与农业工程学院, 长春 130025

2) 燕山大学轧机研究所, 秦皇岛 066004

3) 吉林冶金控股公司, 长春 130042

摘要 采用 B_3 样条有限条法研究成型工艺参数 (如弯曲角增量、带材厚度、材料屈服极限、翼缘长度、腹板宽度和机架间距等) 对槽钢辊弯成型过程带材边部纵向薄膜应变峰值的影响。带材边部纵向薄膜应变峰值随着弯曲角增量、带材厚度、材料屈服极限、翼缘长度和腹板宽度增加而增加, 随着机架间距的增大而减小。研究结果与辊弯成型过程中观察到的现象完全一致。

关键词 辊弯成型, 成型参数, 槽钢, 有限条法

中图分类号 TG312, O242.21

文献标识码 A

文章编号 0412-1961(2002)03-0331-03

EFFECTS OF FORMING PARAMETERS ON ROLL FORMING OF A SIMPLE SECTION STEEL

HAN Zhiwu¹⁾, LIU Cai²⁾, LU Weiping³⁾, REN Luquan¹⁾, TONG Jin¹⁾

1) School of Biology and Agricultural Engineering, Jilin University, Changchun 130025

2) Institute of Rolling Mill, Yanshan University, Qinhuangdao 066004

3) Jilin Metallurgical Co. Ltd, Changchun 130042

Correspondent: HAN Zhiwu, associate professor, Tel: (0431)5705760-8411, Fax: (0431)5705575,

E-mail: hanzhiwu@public.cc.jl.cn

Supported National Natural Science Foundation of China (No.59875075)

Manuscript received 2001-04-05, in revised form 2001-09-29

ABSTRACT A B_3 -spline finite strip method was employed to investigate the effects of forming parameters such as the bend angle increment, the strip thickness, the material yield limit, the flange length, the web width, and the distance between two roll stations on the peak of the longitudinal edge membrane strain developed in the cold roll forming of a channel section. The peak of the longitudinal edge membrane strain increases with increasing the bend angle, the strip thickness, the material yield limit, the flange length and the web width, but decreases with increasing the distance between two roll stations. The investigated results are consistent with the phenomena observed in the previous roll forming practice.

KEY WORDS roll forming, forming parameters, channel section, finite strip method

在辊弯成型过程中, 平板带材经一系列串列布置的旋转载辊进行连续变形。成型工艺参数的选择和成型辊设计在辊弯成型过程中具有重要作用。

已经提出了许多模拟辊弯成型的方法, 如 Neffussi 等人^[1] 提出的动态方法, 用来预测第一架轧机前金属带材的优化形状和变形区长度, 虽然克服了采用刚塑性模型的缺点, 但是成型带材的中面仍被描述为 Coons 平面, 仅仅依赖于一个几何参数, 难以完全反映带材辊弯成型时的复杂曲面形状。Brrunet 等^[2] 开发的计算机辅助设计系

统, 用来分析金属带材的整个应变历史, 并且获得了优化的轧辊设计形状, 这是采用二维和三维有限元联合的方法分析辊弯成型过程, 分析过程复杂繁琐。Duggal 等^[3] 基于变形力学开发的计算机辅助设计系统 (RFPASS), 模拟结果与文献中的实验结果进行了对比, 变形曲面采用日本东京大学 Kiuchi 提出的“形状函数”, 由于“形状函数”只依赖于其幂指数 n , 因此, 用它来描述带材变形曲面也不够理想。Heislitz 等^[4] 应用三维有限元程序 PAM-STAMP 模拟辊弯成型过程, 不仅能获得变形带材的应变分布, 而且能获得变形带材的最终几何形状, 但是这种商业软件要花费大量的计算时间, 因而对于工业应用不太适用。Panton 等^[5] 研究了辊弯成型过程的应变, 尤其是纵向应变和剪切应变之间的关系, 缺少变形和应力分

* 国家自然科学基金资助项目 59875075

收到初稿日期: 2001-04-05, 收到修改稿日期: 2001-09-29

作者简介: 韩志武, 男, 1969 年生, 副教授, 博士后

析. Senanayaka 等^[6]应用计算机可视化技术计算塑性应变,采用商业化软件 MARC/MENTAT 和成形角的方法,该方法受假设成形角的限制. Walker 等^[7]提出的描述带材复杂变形形状的方法,定义了变形带材的应变状态,通过实际测量圆管坯的方法确定模拟的参数,难以准确定义圆管变形过程的应变状态. Wen 等^[8]研究了辊弯成型 ERW 焊管边缘稳定性问题,揭示出内部轴向变形和轧机安装参数之间的关系,对生产具有指导意义. 本文提出一种不同的方法——弹塑性样条有限条法,该方法采用条元作为基本单元,更适合辊弯成型过程的模拟,计算速度快,精度满足要求,以此方法可方便地研究成型工艺参数对纵向边缘薄膜应变的影响.

1 辊弯成型有限条模拟技术

将连续成型的轧辊分为几个成型区,在两机架间的变形带材认为是一个成型区,研究对象是一个变形区中的金属带材.

将 Updated-Lagrange 法引入到分析模型中, B_3 样条引入到位移函数中. 位移函数包括两部分——横向的 Hermitian 三次多项式和纵向的 B_3 样条函数. B_3 样条满足给定的带材边界条件,应变位移关系按照大变形理论修正. 变形带材假定满足 Prandtl-Reuss 塑性流动理论和 Von Mises 屈服准则. 按照虚功原理建立虚功方程,辊弯成型平衡方程是非线性方程,包括几何和材料非线性. 将本构关系引入到平衡方程中,采用 Newton-Raphson 迭代求解平衡方程. 详细的模拟技术和有关方程可参考文献 [9].

2 成型工艺参数影响

对槽钢成型有影响的主要成型参数如表 1 中所示.

表 1 主要成型参数
Table 1 The main forming parameters

Parameters	Value	Unit
Forming pass	1	
Bend angle	15	Deg.
Strip thickness	4.0	mm
Yield stress	300	MPa
Flange length	30	mm
Web width	20	mm
Stand distance	380	mm
Initial bend angle	0	Deg.

弯曲角增量变化对成型过程的影响如图 1 所示. 在每一道次,弯曲角增量分别是 10° , 15° , 20° . 由图中可见,带材边缘纵向薄膜应变峰值随着弯曲角增量而变化,总的趋势是,增加两机架间带材弯曲角增量会增加带材纵向边缘薄膜应变峰值. 分析结果与实际辊弯成型生产中观察

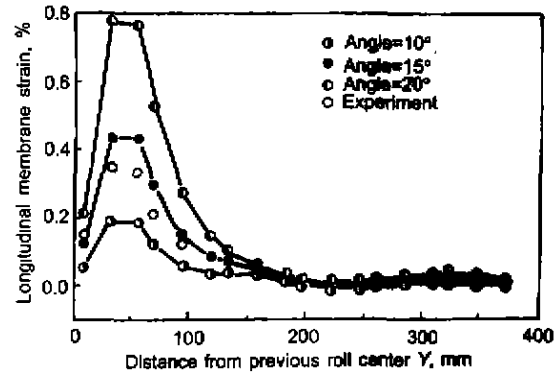


图 1 弯曲角增量变化对纵向薄膜应变的影响

Fig.1 Effect of bend angle increment on longitudinal membrane strain

到的情况一致.

图 2 表示在一个道次中带材厚度变化对纵向边缘薄膜应变峰值的影响. 带材厚度分别为 2, 4 mm. 图 2 表明增加带材厚度会增加纵向边缘薄膜应变峰值,带材纵向边缘薄膜应变峰值变化与实际辊弯成型中观察到的结果一致.

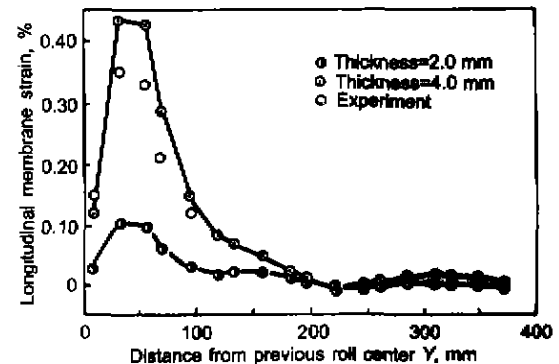


图 2 带材厚度变化对纵向薄膜应变的影响

Fig.2 Effect of strip thickness on longitudinal membrane strain

材料屈服极限变化对成型过程的影响如图 3 所示. 材料屈服极限分别为 215 和 300 MPa. 图 3 表明增加材料屈服极限会增加纵向边缘薄膜应变峰值,材料屈服极限越高,材料越硬,变形功越大,纵向边缘薄膜应变峰值随着材料屈服极限的变化与实际辊弯成型中观察到的结果一致.

图 4 表示单一道次翼缘长度变化对纵向边缘薄膜应变峰值的影响. 槽钢翼缘长度分别是 20 和 60 mm. 由图中可见,增加翼缘长度会增加纵向边缘薄膜应变峰值,这与实际成型中观察到的现象一致.

腹板宽度变化对成型的影响如图 5 所示. 槽钢腹板宽度分别为 40 mm 和 120 mm. 图 5 表明,增加腹板宽度会增加纵向边缘薄膜应变峰值,这与以往实际观察到的现象一致.

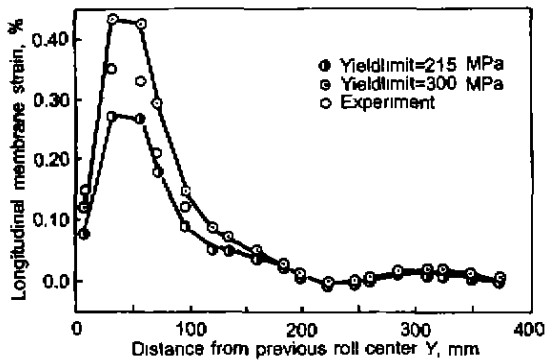


图3 材料屈服极限变化对纵向薄膜应变的影响

Fig.3 Effect of material yield limit on longitudinal membrane strain

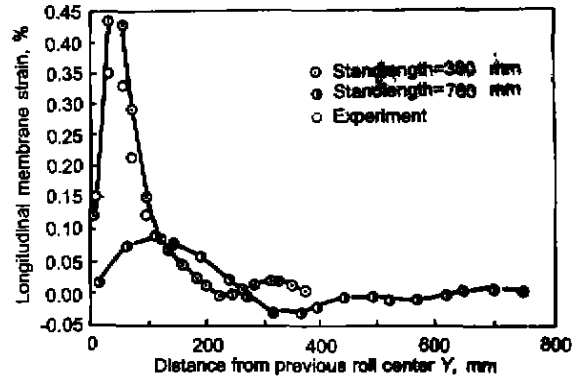


图6 机架间距变化对纵向薄膜应变的影响

Fig.6 Effect of distance between roll stations on longitudinal membrane strain

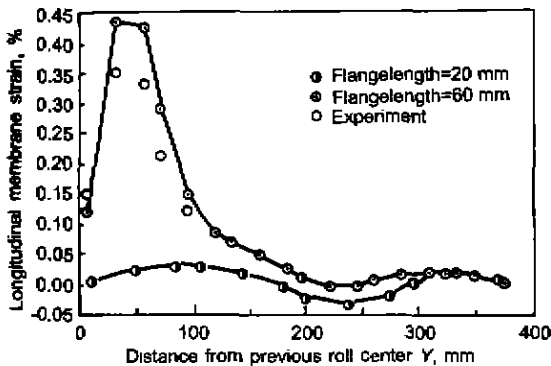


图4 翼缘长度变化对纵向薄膜应变的影响

Fig.4 Effect of flange length on longitudinal membrane strain

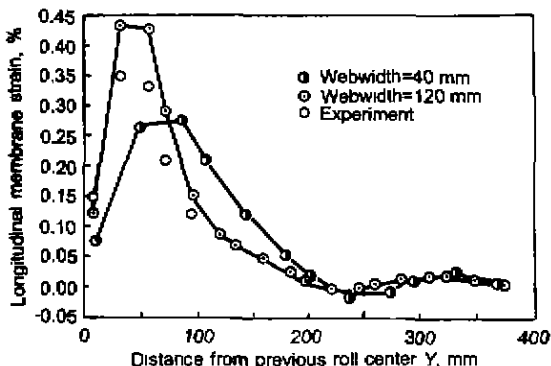


图5 腹板宽度变化对纵向薄膜应变的影响

Fig.5 Effect of web width on longitudinal membrane strain

图6表示在一个道次中两机架间距变化对纵向边缘薄膜应变峰值的影响。两机架间距分别为380和760mm。

由图6可见,当两机架间距增加时,纵向边缘薄膜应变峰值减小。实际上,两机架间距应大于变形区长度,分析结果与以往成型过程观察到的结果一致。

3 结论

增加弯曲角增量、带材厚度、材料屈服极限、翼缘长度和腹板宽度会增加纵向边缘薄膜应变峰值。但是,增加两机架间距会减小纵向边缘薄膜应变峰值。本文提出的模型是分析成型工艺参数变化对辊弯成型过程影响的一个有效方法,可以扩展到分析其它复杂断面型钢。

参考文献

- [1] Nefussi G, Proslie L, Gilormini P. *Int J Mech Sci*, 1998; 40(1): 15
- [2] Brunet M, Mguil S, Pol P. *J Mater Process Technol*, 1998; 80-81: 213
- [3] Duggal N, Ahmetoglu M A, Kinzel G L, Altan T. *J Mater Process Technol*, 1996; 59: 41
- [4] Heislitz F, Livatyali H, Ahmetoglu M A, Kinzel G L, Altan T. *J Mater Process Technol*, 1996; 59: 59
- [5] Pantou S M, Duncan J L, Zhu S D. *J Mater Process Technol*, 1996; 60: 219
- [6] Senanayake R S, Cole I M, Thiruvarudshelvan S. *J Mater Process Technol*, 1994; 45: 155
- [7] Walker T R, Pick R J. *J Mater Process Technol*, 1991; 25: 35
- [8] Wen B C, Pick R J. *J Mater Process Technol*, 1994; 41: 425
- [9] Liu C, Han Z W, Zhang L L, Lu W P. *Chin J Mech Eng (English Edition)*, 1999; 12: 173