

文章编号: 1673- 9469(2010) 03- 0088- 03

阶梯轴类零件楔横轧成形的变形特征

王 南, 张乃伟, 张庆恒, 岳龙山, 平恩顺
(河北工程大学 机电学院, 河北 邯郸 056038)

摘要:应用 ANSYS/LS- DYNA 建立楔横轧轧制阶梯轴的有限元模型, 对轧制过程进行了模拟仿真, 并分析了轧件在展宽段内应力场、应变场的分布情况以及轧件变形过程中金属的受力和流动情况。结果表明轧件所受应力表现为两拉一压状态, 且轧件心部应力较大; 应变表现为轧件轧细部分应变较大, 应变由外层到内层逐渐减小, 轧件心部应变最小。轧件两端变形, 中部则基本未受影响, 变形呈对称分布; 轧制过程中, 轧件径向压缩并轴向延伸, 轧件应变最大区的位置由外部逐渐移至心部。

关键词: 轧件; 楔横轧; 模拟; ANSYS/LS- DYNA

中图分类号: TG355. 19

文献标识码: A

Deformational characteristics of shaft parts shaped by cross wedge rolling

WANG Nan, ZHANG Nai-wei, ZHANG Qing-heng, YUE Long-shan, PING En-shun

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract: The finite element model of cross wedge rolling stepped shaft was established by use of the ANSYS/LS- DYNA software, and the cross wedge rolling process was simulated. Accordingly, the distribution of the rolled piece in both stress field and strain field at the stretching stage, the force condition and flow circumstances of the metal at the rolling deformation process were analyzed. The results show that the stress of the rolled piece which is larger in the cole of the rolling, consists of biaxial tension and uniaxial compression; the strain is lager in the thin rolled part and least in the cole, which decreases gradually from the outside to the inside. The deformation happened in both ends of the rolled piece and hardly in the middle, is symmetrically distributed. When rolling, the piece radially compressed and axially extended; the maximum strain shifted from the surface to the cole.

Key words: rolled piece; cross wedge rolling; simulation; ANSYS/LS- DYNA

楔横轧轧制是一种具有多个楔形模具的轧辊同时对轧件进行径向压缩和轴向延伸的塑性成形, 其变形机理十分复杂^[1-3]。利用有限元软件研究特种轧制变形, 包括旋压、斜轧等特种轧制变形过程中的相关问题, 收到了不错的效果, 并采用实验和模拟的方法, 研究了变形条件对楔横轧轧件端面产生凹心的影响, 为实际生产提供了有益的参考^[4-6]。通过揭示楔横轧塑性变形的本质特征, 来研究金属的内部成形规律在轧件形状上的外在表现, 同样很有必要。以阶梯轴类零件为对象, 应用有限元软件 ANSYS/LS- DYNA 对阶梯轴类零件

的楔横轧成形过程进行仿真模拟, 研究轧件内部应力场和应变场的分布规律。

1 有限元模型的建立

轴类零件楔横轧成形既有径向压缩和轴向延伸, 又存在横向扩展; 不但存在材料非线性、几何非线性, 而且其边界条件也很复杂。在建立有限元模型时, 只有充分考虑上述多种因素, 才能得到成形过程比较真实的描述。

收稿日期: 2010- 05- 11

基金项目: 河北省自然科学基金资助项目(E2009000836) 特约专稿

作者简介: 王南(1957-), 男, 河北昌黎人, 教授, 从事机械设计及理论方面的研究工作。

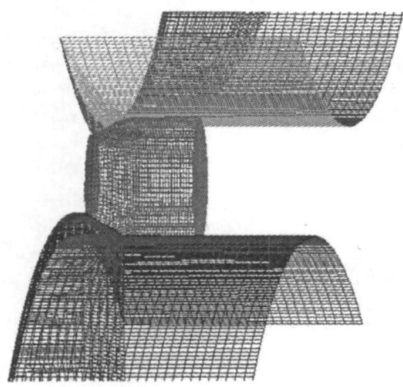


图1 楔横轧有限元模型

Fig.1 Finite element model of cross wedge rollin

图 1 所示为阶梯轴类零件楔横轧成形数值模拟采用的有限元模型图^[7]，其主要工艺参数为展宽角 $\beta=6^\circ$ ，成形角 $\alpha=28^\circ$ ，轧辊直径 $D=610\text{mm}$ ，坯料直径 $d=40\text{mm}$ ，断面收缩率 $\Psi=50\%$ 。

由于轧辊的刚度过大，建模时忽略轧辊的变形，采用刚性壳单元(Shell 163)进行网格划分，轧辊的弹性模量 $E=210\text{GPa}$ ；轧件材料为 45 号钢，假定材料为多段线形弹塑性材料模型，采用 8 节点实体单元(Solid 164)进行网格划分，弹性模量 $E=90\text{GPa}$ ，泊松比 $\nu=0.13$ ，质量密度 $\rho=7.182\times 10^3\text{kg/m}^3$ 。忽略导板存在；轧件与上下模具采用表面接触模型，轧辊表面为目标面，轧件表面为接触面，接触摩擦简化为库伦摩擦；由于结构的对称性，取模具和轧件的 1/2 模型进行数值模拟，并在对称面上给予轴向约束^[8]。

2 应力与应变的分析

楔横轧整个轧制过程分为 3 个阶段：即楔入

段、展宽段和精整段。其中展宽段是楔横轧形成的主要阶段，轧件的径向压缩、轴向延伸这一主要变形在这里完成。

2.1 应力分析

轧件展宽段横截面上的应力场分布如图 2 所示。模具压下方向应力 σ_x 在轧制力作用区域内为压应力，并随着距轧制力作用区域距离的增加压应力逐渐减小，轧件心部由于受到金属横向流动的作用变为拉应力。在平行于模具的非直接受力区的作用区域，金属发生横向堆积，轧件直径有变大倾向， σ_x 变为拉应力(图 2- a)；横向应力 σ_y 在轧制力作用区域内为压应力，随着离轧制力作用区域距离的增加而压应力逐渐减小，拉应力逐渐增大，轧件内部平行于模具成形面的金属，随着变形的不断进行，在其心部已变成明显的两向受拉的应力状态(图 2- b)；轴向应力 σ_z 在轧制力直接作用区域内同样为压应力，随着离轧制力作用区域距离的增加而压应力逐渐减小，在平行于模具的间接受力区的作用区域，金属由于堆积变形，受到拉应力作用，并向轧件心部扩展，但应力逐渐变小(图 2- c)。

图 3 为展宽段轧件纵截面上的应力场发布。模具压下方向应力 σ_x 在模具作用下方区域均为压应力，轧件外层压应力较大，向轧件外侧没有与模具接触部位扩散，逐渐减小。横向应力 σ_y 和轴向应力 σ_z 在模具作用下方区域也为压应力，并向外扩散逐渐减小，在远离模具成形面的轧件中心部位，变为拉应力。

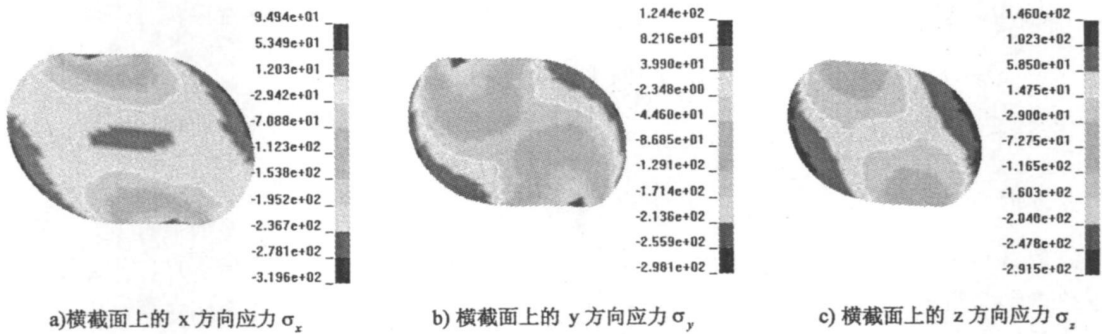


图2 轧件横截面上的应力场分布

Fig.2 Stress field distribution of the rolled piece in cross section

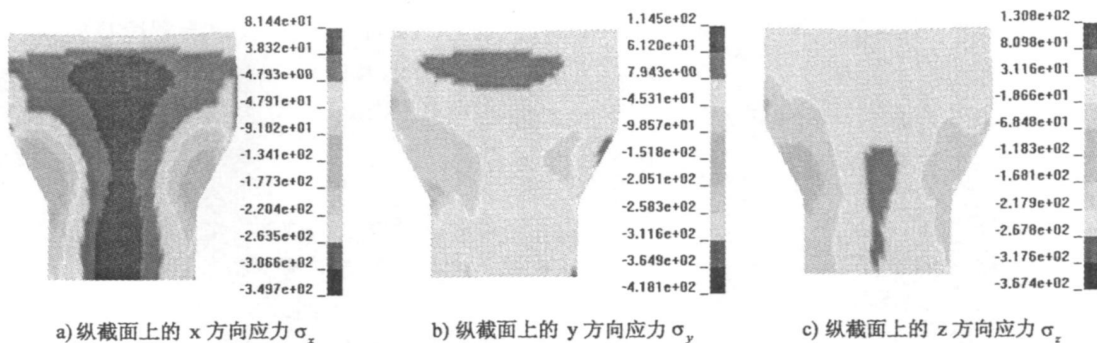


图3 轧件纵截面上的应力场分布

Fig.3 Stress field distribution of the rolled piece in longitudinal section

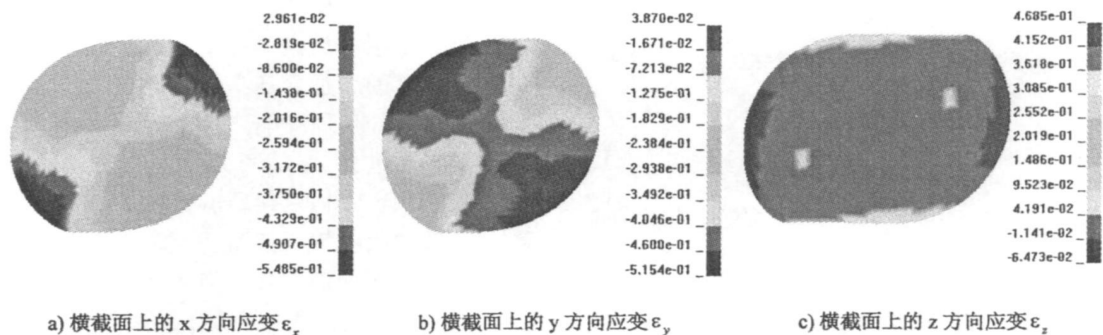


图4 轧件横截面上的应变场分布

Fig.4 Strain field distribution of the rolled piece in cross section

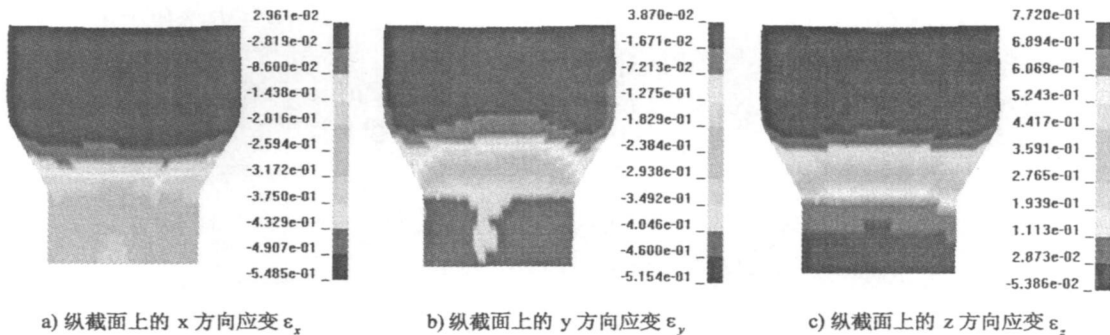


图5 轧件纵截面上的应变场分布

Fig.5 Strain field distribution of the rolled piece in longitudinal section

2.2 应变分析

展宽段轧件横截面上的应变分布如图 4 所示。轧件变形为复杂的三维变形,即径向压缩、轴向延伸和横向展宽。展宽段模具作用下方金属的变形随压下量的增大已渗透到轧件内部,其径向应变 ϵ_r 和横向应变 ϵ_θ 为压缩应变。这是由于变形区金属在模具作用下径向压缩、横向展宽,这两部分变形相叠加,径向压缩变形比横向展宽变形

大。轴向应变 ϵ_z 为拉伸应变。

图 5 是展宽段轧件纵截面上的应变分布。显然,轧件上已轧细部分的模具压下方应变 ϵ_x 和横向应变 ϵ_y 为压缩应变,这是因为金属在模具作用下受径向压缩,横向展宽的原因,轴向应变 ϵ_z 为拉伸应变。从三个方向的应变图可以看出,轧件上已轧细部分 z 方向应变值 ϵ_z 较大,且其数值比较平均,而 x 方向和 y 方向心部受到不同程度的压应变。(下转第 106 页)

表 2 冬小麦叶面积指数返青至成熟期随播种后
天数拟合方程参数

Tab. 2 Parameters of LAI of winter wheat from regreen
to mature ogeneral growth function of crop

LAI_{max}	a_1	a_2	a_3	R^2
8. 82	38. 133	- 0. 440 2	0. 001 2	0. 903 9

3 结论

叶面积指数的模拟是作物生长发育模拟的重要环节,本文利用电子表格拟合冬小麦返青至成熟期的半经验公式,能较好的模拟出冀南地区冬小麦叶面积指数发育趋势。对于越冬以前生育阶段的研究及电子表格拟合方法准确性验证另文出现。另外,文中建立的模型没有考虑积温、水、肥亏缺以及病虫草害的影响,尚有待进一步研究。

参考文献:

[1] 刘占东,段爱旺,高 阳,等. 河南新乡地区冬小麦叶

面积指数的动态模型研究[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(4): 680- 685.

[2] PENG Y, WEN BIN WU, HUA JUN T. Mapping spa- tial and temporal variations of leaf area index for winter wheat in north china [J]. Agricultural Sciences in China, 2007, 6 (12): 1437- 1443.

[3] WIEGAND C L, RICHARDSON A J. Leaf area, light inter- ception, and yield estimates from spectral component analysis [J]. Agronomy Journal, 1984, 76: 543- 548.

[4] 涂修亮,胡秉民,程功煌. 小麦叶面积指数变化的模拟[J]. 作物研究, 1999 (1): 13- 14.

[5] 王希群,马履一,贾忠奎,等. 叶面积指数的应用和进展[J]. 生态学杂志, 2005, 24(5): 537- 541.

[6] 宇振荣,毛振强,马永良. 冬小麦及其叶片发育的模拟研究[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(5): 20- 25.

[7] 于 强,傅抱璞,姚克敏. 水稻叶面积指数的普适增长模型[J]. 中国农业气象, 1995, 16(2): 6- 8.

(责任编辑 马立)

(上接第 90 页)

3 结论

1) 轧制过程中, 轧件开始时受压应力作用, 随着离轧制力作用区域距离的增加, 压应力最终变为拉应力; 在轧件心部应力则表现为两拉一压状态。

2) 轧件心部的径向应变 ε_r 为压应变, 且由心部到外侧 ε_r 值逐渐增大, 心部的 ε_r 值最小; 轴向应变 ε_z 为拉应变, 横截面上的 ε_z 值相差不大。

3) 轧件两端为变形区, 轧件中部基本没发生变形, 变形呈对称分布; 轧制过程中, 轧件产生径向压缩和轴向延伸, 且轧件应变最大区位置由开始的外部逐渐移至心部, 展宽段结束时心部成为应变最大区。

参考文献:

[1] 胡正寰, 张康生, 王宝雨, 等. 楔横轧理论与应用

[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996.

[2] 胡正寰, 张康生, 王宝雨, 等. 楔横轧零件成形技术与模拟仿真[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.

[3] 束学道, 邢希东, 胡正寰, 工艺参数对楔横轧多楔轧制成形机理影响分析[J]. 北京科技大学学报, 2005, 27(2): 222- 226.

[4] 李传民, 束学道, 胡正寰. 楔横轧多楔轧制铁路车轴可行性有限元分析[J]. 中国机械工程, 2006, 17 (19): 2017- 2019.

[5] 束学道, 胡正寰. 工艺参数对楔横轧特大型轧件内部应力影响分析[J]. 钢铁, 2003, 38(12): 34- 38.

[6] 何 涛, 杨 竞, 金 鑫, 等. ANSYS 10.0 LS- DYNA 非线性有限元分析实例指导教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

[7] 马振海, 胡正寰, 杨翠苹, 等. 楔横轧展宽段的变形特征与应力应变分析[J]. 北京科技大学学报, 2002, 24(3): 309- 312.

[8] 汪建敏. 二辊楔横轧工艺参数的研究[J]. 模具工业, 1997 (12): 35- 40.

(责任编辑 马立)