

新型长心轨转换凸缘跟端模具设计及模锻模拟

李向前

铁科（北京）轨道装备技术有限公司 北京 102202

摘要：由于长心轨转换凸缘跟端模锻模具为滑模锻造，且锻造模具为多块拼装式，存在成品率低、工艺步骤繁琐等诸多缺点，因此设计了一种新型长心轨转换凸缘模锻模具结构形式、以提升锻造效率及成品质量。基于长心轨转换凸缘跟端成品尺寸进行加工工艺分析及合理的模具型腔设计，并利用三维建模软件进行三工位模具模型构建，制定加工变形方案，建立材料模型，随后利用仿真模拟软件（Deform-3D）进行模拟，对长心轨转换凸缘跟端模锻过程中金属的流动规律及各工位模具载荷变化进行试验，最终确定了新型长心轨转换凸缘跟端模具设计的可行性。

关键词：转换凸缘；模具设计；模锻模拟；锻造变形

Design and die forging simulation of new long core rail transfer flange heel end die

LI Xiangqian

CARS (Beijing) Railway Equipment Technology Co., Ltd., Beijing 102202, China

Abstract: The long-core rail transfer flange heel end die forging die is slip-die forging die, and the forging die is multi-piece assembled, which has many shortcomings such as low yield and cumbersome process steps. Therefore, a new structure form of long-core rail transfer flange die forging die is designed in this paper to improve forging efficiency and finished product quality. Process analysis and reasonable mold cavity design were carried out based on the finished size of the heel end of the long core rail conversion flange, and 3-station mold model was constructed with 3D modeling software, processing deformation plan was formulated, material model was established, and simulation software (Deform-3D) was then used for simulation. The flow law of metal and the change of die load at each station during die forging of long core rail transfer flange heel end were tested, and the feasibility of designing a new type die of long core rail transfer flange heel end was finally confirmed.

Keywords: transition flange; mold design; die forging simulation; deformation of forging

1 序言

在可动心轨辙叉结构中，长心轨尖端采用60AT钢轨锻造出一个转换凸缘^[1]，作为辙叉转换执行机

构的牵引点，直接与外锁闭装置接头铁联接，实现心轨的转换^[2]。长心轨凸缘端相对于60AT钢轨段，变形较大，轨底凸台对凸缘后部金属流动起到阻碍

作者简介：李向前，工程师，主要从事道岔钢轨的焊接、锻压、热处理等热加工工艺开发工作，E-mail：1905046163@qq.com。

作用^[3], 锻造工艺复杂, 锻造温度要求高, 成品率低, 模具型腔设计困难。目前, 锻造生产一般采用的是滑模锻造, 模具为多块拼装式^[4], 经过4个工位的模锻, 锻造出转换凸缘, 但是每工位锻造前都要调整更换模块, 因此操作麻烦, 生产效率低, 劳动强度大, 对人员的技能要求高, 成品率较低。

本文详细论述了新型长心轨转换凸缘跟端模锻

模具的结构形式、工作原理和设计要点^[5], 在对模拟试验结果分析总结后进行了实物锻造试验。

2 长心轨转换凸缘跟端加工工艺分析

长心轨转换凸缘是以60AT钢轨为坯料, 通过模锻方式满足将60AT钢轨锻造成转换凸缘的要求。在实际生产应用中有多尺寸, 如图1所示。

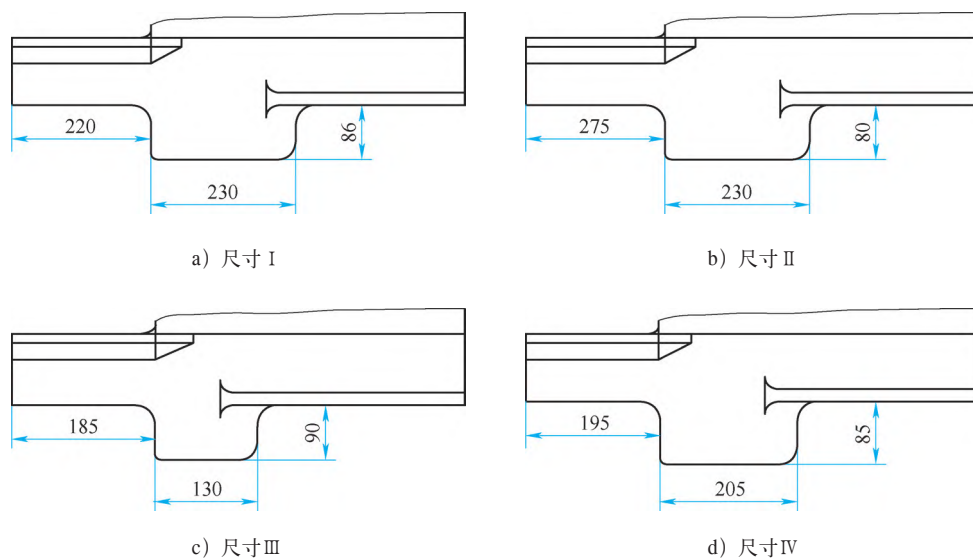


图1 长心轨转换凸缘结构尺寸

为了便于生产, 将不同的转换凸缘模具进行统一, 长心轨转换凸缘跟端加工图样设计如图2所示, 生产中用到不同尺寸时可进行后续机械加工。从图2可看到, 将其跟端在535mm范围内加工过渡成240mm×40mm的长方形断面, 60AT钢轨断面面积为10474.6mm², 比长方形断面面积9600mm²大, 但60AT钢轨断面各部尺寸和形状不对称, 轨头宽度从73.8mm过渡到40mm, 轨腰从44mm过渡到40mm, 轨高从152mm过渡到240mm, 轨底宽从152mm过渡到40mm, 其不均匀变形加大了模锻的难度, 特别是轨底宽度需要减小112mm, 由于要将轨底部分过渡伸出90mm, 因此使大部分轨底金属流动到下方

区域, 不宜充满模腔, 同时轨底中间容易出现折叠现象。

3 凸缘长心轨三维建模

在模锻过程中, 会出现轨件氧化脱碳层、轨件尺寸偏差等情况, 根据机械加工要求及设备现状, 结合长心轨的形式尺寸要求, 以及热加工、切削加工的工艺性要求, 确定加工余量, 其轨腰方向两侧加工余量各2mm, 定为44mm; 高度方向定为244mm, 凸缘长度定为250mm, 可以满足切削加工工艺要求。确定将长心轨转换凸缘部分的轨件图, 利用UG三维建模平台建立模型, 如图3所示。

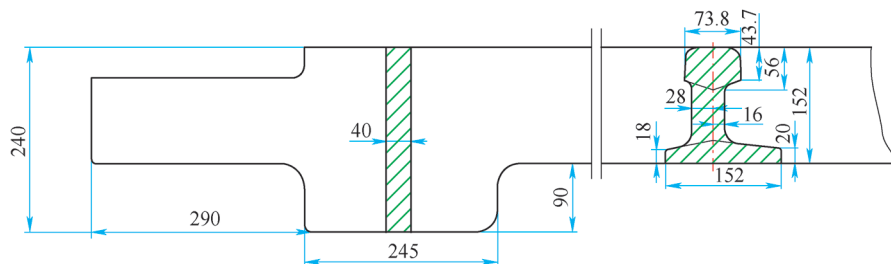


图2 长心轨转换凸缘跟端加工图样

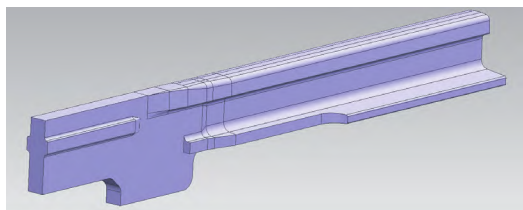


图3 长心轨转换凸缘跟端3D模型

4 凸缘长心轨加工变形方案制定

根据长心轨转换凸缘结构特点及变形分析，将其加工分为机械加工和锻造两部分，机械加工去除多肉，锻造采用连续模压，整体成形的新工艺。方案分4个步骤，如图4所示。

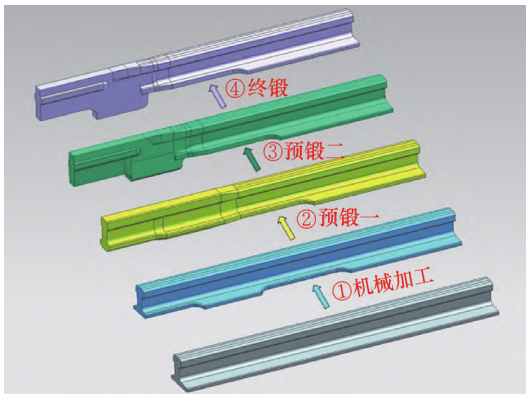


图4 长心轨转换凸缘跟端变形方案

(1) 机械加工 根据长心轨转换凸缘的尺寸形状要求，将轨底相应部位多余金属机械加工去除，防止后续锻造过程中因多肉而导致折叠。

(2) 预锻一 其目的是将轨头轨腰进行初步收缩，金属向下方流动，同时轨底两侧金属向中间部位往下方做聚集处理，特别注意在轨底过渡时要圆顺过渡，防止锻造时在轨底与轨腰相交处出现折

叠。

(3) 预锻二 该步骤非常关键，作用是将轨头、轨腰、轨底的金属向下方流动延展，形成近似凸缘。除了由本部位的金属形变之外，还需由前端金属向凸缘部位补充，否则将没有足够的金属填充量，会出现凸缘部位未充满现象，导致缺肉缺陷的产生。另外，由于AT钢轨母材和凸缘部位形状相差较大，因此过渡区域要做好处理，以免出现缺陷。

(4) 终锻 这一工步是在上一步的基础上通过进一步变形，让各部位金属流动到位，使转换凸缘完全成形，从而达到设计的尺寸形状要求。

5 建立U75V钢轨材料模型

为了模拟60AT钢轨到长心轨转换凸缘跟端的模锻成形过程，决定利用Deform-3D模拟分析凸缘长心轨变形规律，优化迭代模具模型。但是，在Deform-3D材料库中没有U75V钢轨材料，需要自建材料数据^[6]。

利用JMatPro 软件^[7]计算了温度处于25~1350℃、应变速率处于0.001~100/s的U75V凸缘长心轨钢轨流变应力随应变的变化趋势，同时计算了材料密度、杨氏模量、泊松比及热传导性随温度的变化情况，建立U75V钢轨Deform-3D模拟材料模型^[8, 9]。材料模型计算曲线如图5~图10所示。

6 长心轨转换凸缘模具建模

利用UG三维建模平台建立模具模型，模拟所用三维模型（见图11）为整体式模框模具，分为一工位、二工位、三工位，共6块，同时利用Deform-3D模拟结果不断优化模具模型。

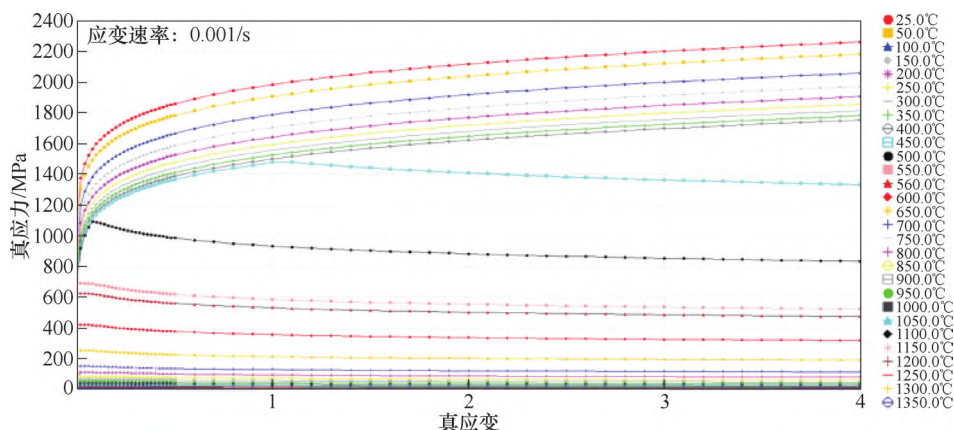


图5 真应力-应变曲线（应变速率为0.001/s）

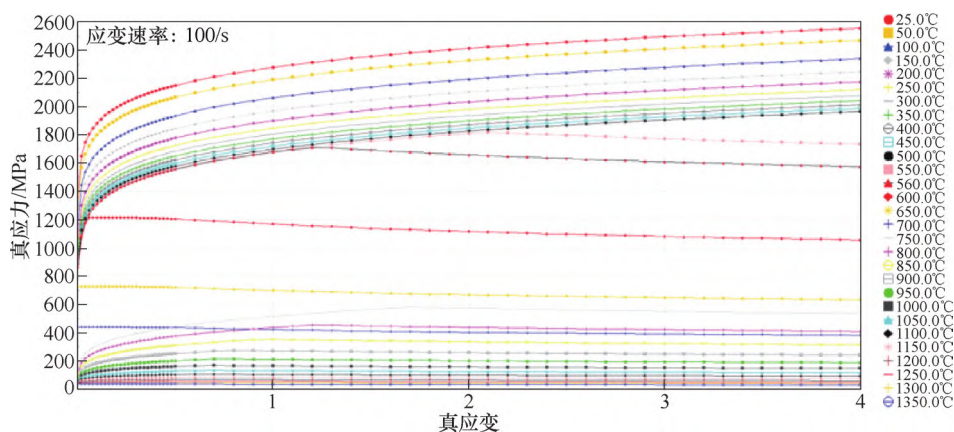


图6 真应力-应变曲线 (应变速率为100/s)

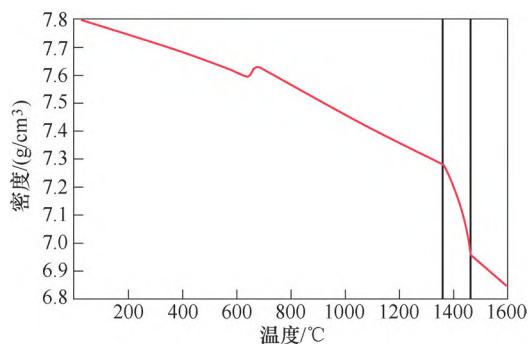


图7 密度-温度曲线

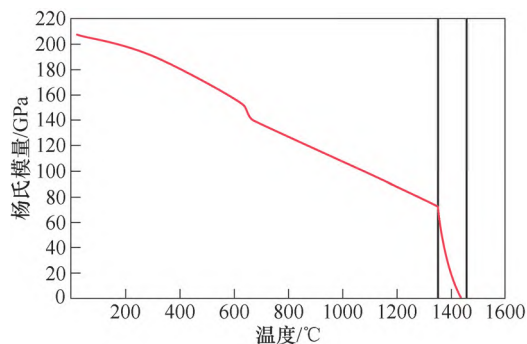


图8 杨氏模量-温度曲线

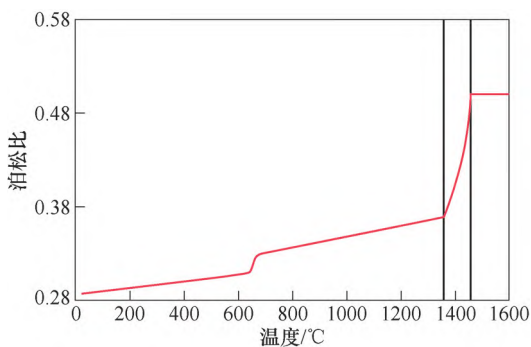


图9 泊松比-温度曲线

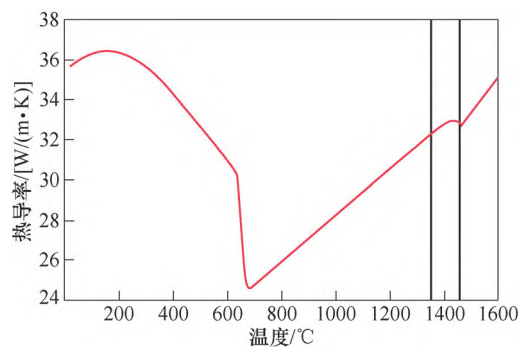
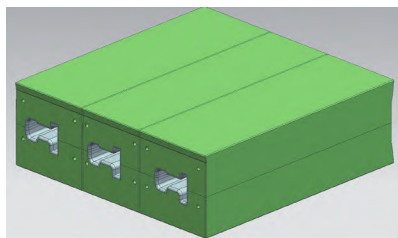
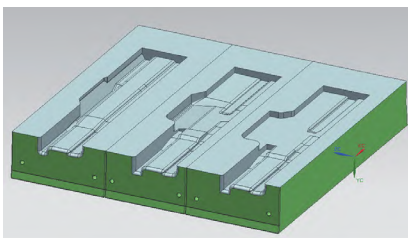


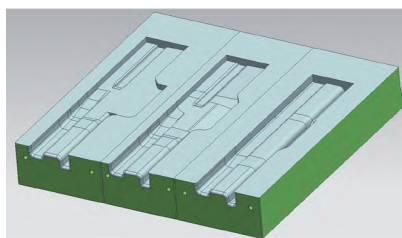
图10 热传导性-温度曲线



a) 模具整体



b) 上模



c) 下模

图11 模具三维模型

7 锻造模拟

锻造模拟分3个工步,按照“三火三压”对一工

位、二工位、三工位进行锻造,利用Deform-3D模拟锻造过程,观察金属流动填充模腔情况,分析温

度场和应力-应变场的变化。

7.1 U75V凸缘长心轨锻造模拟变形过程

模拟初始条件设置为：出炉按1150℃进行设定，模具温度设定为250℃，轨件转移时间设定为60s，为工件与环境之间的热交换过程，锻造时间设定为5s，锻造后保压时间设定为5s；工件与模具之间的摩擦系数为0.3^[10]。

二工位轨件锻造利用一工位锻造变形后的模型，三工位轨件锻造利用二工位锻造变形后的模型，其他锻造模拟参数同一工位。根据模拟结果，对各工位成形后的工件图进行分析并查看金属流动趋势图，各工位未见金属折叠，表面模具结构合理。一工位、二工位、三工位锻造模拟过程如图12~图14所示。

7.2 U75V凸缘长心轨锻造模拟过程各工位模具载荷

各工位锻造模拟过程中模具载荷如图15所示。从图15可看出，一工位模具载荷工件变形初期，模具没有与工件接触或接触较小，工件变形小，相应地模具载荷较小，随着合模的进行，工件变形量增加，模具载荷加大，一工位下模所受最大载荷为19200kN；二工位模具随着工件变形增大，模具载荷加大，二工位下模最大载荷为30800kN；三工位模具随着金属流动的增大，模具载荷增大，三工位下模最大载荷为49500kN。

7.3 U75V凸缘长心轨锻造试压

利用现有的5000t压力机生产线进行锻造，根据压力机的模具安装尺寸设计并委托第三方制作模具，在模具入厂检验后进行锻造试验，在轨件轨底

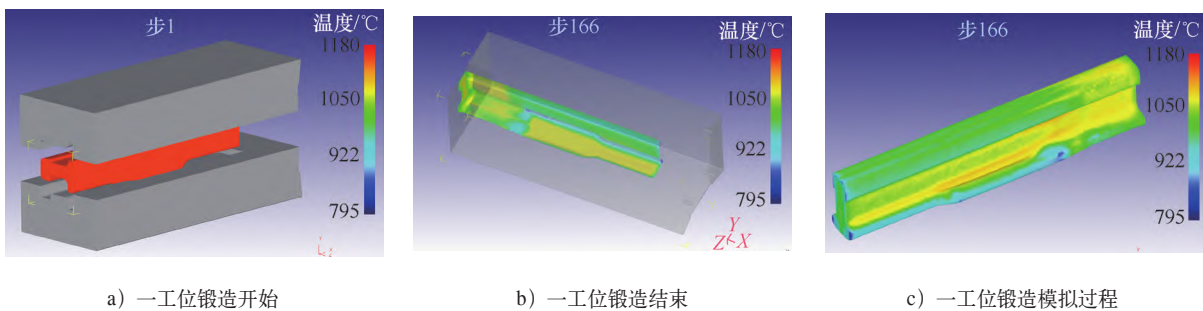


图12 一工位锻造后变形图

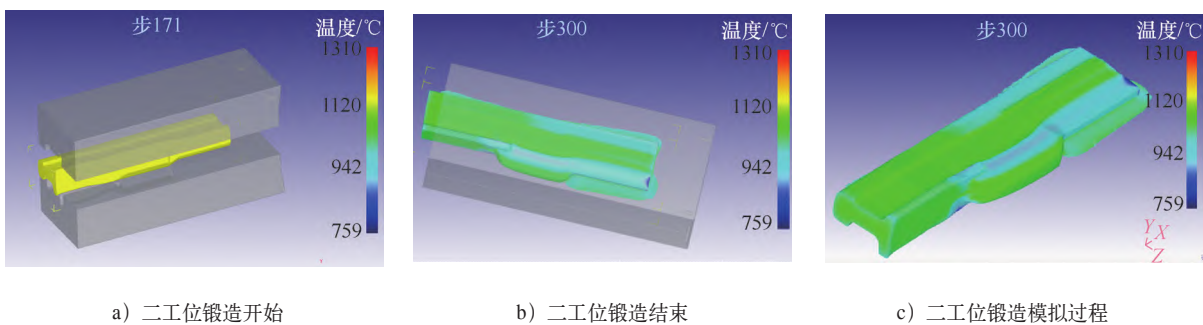


图13 二工位锻造后变形图

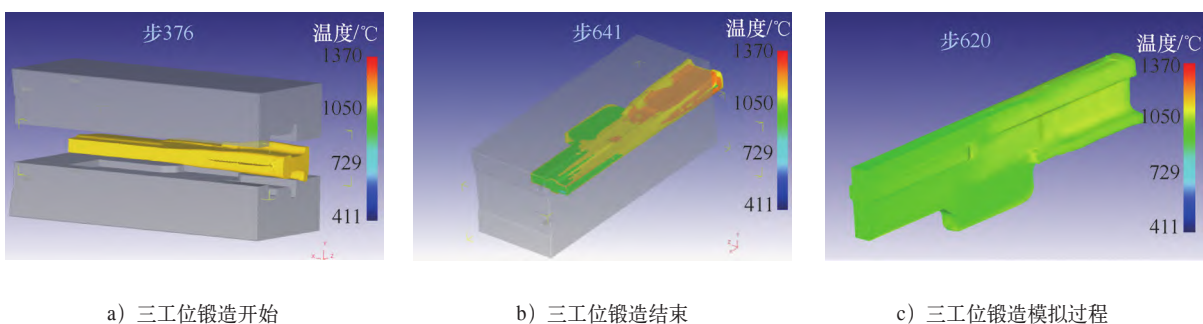


图14 三工位锻造后变形图

加工后,将前端750mm范围加热到1130℃,采用“三火三压”对一工位、二工位、三工位进行锻

造,现场锻造过程如图16所示。锻造过程中最大载荷为5000t,经检验,锻后轨件质量满足使用需求。

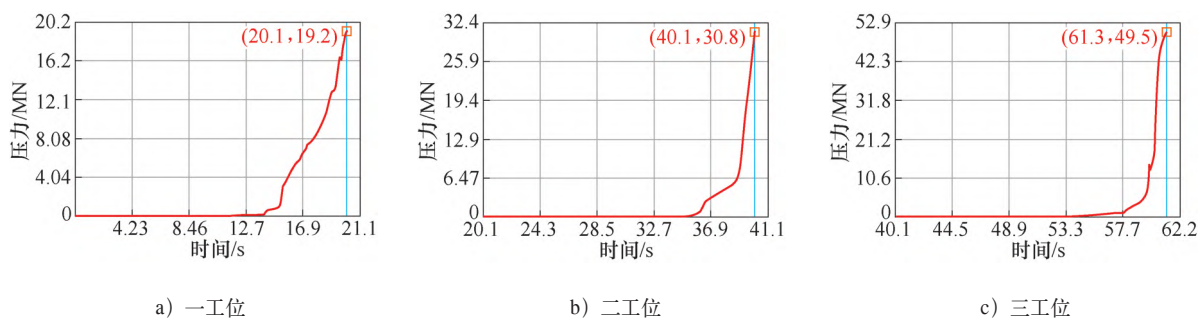


图15 各工位锻造模拟过程中模具载荷



图16 现场锻造过程

8 结束语

1) 从模拟试验可看出,这种新型长心轨凸缘模具型腔设计方案是切实可行的,操作方便,能够解决滑模锻造模具锻造工艺复杂、频繁更换模块的难题,且整体模具成形工艺尺寸精度高。

2) 轨件在3个工位的变形过程中,金属流动分配合理,锻造模拟过程中未出现折叠及缺肉现象。

3) 模具载荷随着形变的增加而增大,在3个工位变形过程中,模具最大载荷为49500kN。

4) 成功利用公司现有的5000t压力机生产线进行了长心轨凸缘实物锻造试验,产品质量满足需求。

参考文献:

- [1] 邹小魁,朱东方.可动心轨辙叉咽喉处结构优化对长心轨强度的影响[J].铁道标准设计,2011(4):9-11.
- [2] 关铁.铁路提速道岔长心轨转换凸缘模锻成形工艺研究:“中国机械工程学会全国青年学术会议”论文集[C].北京:中国机械工程学会,1998.
- [3] 辛燕松,樊小平.75kg/m钢轨12号可动心轨辙叉单开道岔加工工艺研究[J].铁道技术监督,2008

(8):34-36.

- [4] 李志群.一次加热AT轨跟端锻造工艺研究[J].铁道建筑技术,2014(4):142-148.
- [5] 于宝东.铁路道岔新型60AT轨跟端模锻模具设计[J].热加工工艺,2005(8):42-44.
- [6] 宋建华.60AT尖轨跟端模锻成型工艺数值分析及优化[D].天津:天津理工大学,2012.
- [7] 逯璐.热冲压模具钢热性能及淬火工艺的数值模拟[D].大连:大连理工大学,2012.
- [8] 李革,贾宝华,姜旭.百米U75V钢轨矫直前冷却过程变形的有限元分析[J].特殊钢,2010,31(3):14-15.
- [9] 钱利锋,侯英玮.U75V钢流动应力的实验研究[J].锻造技术,2009,34(5):132-135.
- [10] 侯丙盛.60AT尖轨跟端锻造过程有限元模拟与分析[D].太原:太原理工大学,2012.

MW 20241022