70sAT尖轨跟端模锻工艺开发

史彦春，胡新伟

摘要：研发台湾70sAT尖轨跟端模锻模具及模锻工艺，利用有限元数值模拟软件Deform进行热成形模拟试验；再通过现场工艺试验模锻出合格的锻件毛坯。本课题研究对70sAT型尖轨模锻成形具有指导意义，并为其他同型模锻工艺的研发提供了宝贵经验。

关键词：AT尖轨；锻造；模锻；跟端；铁路道岔

尖轨作为铁路道岔产品中的重要部件，其尖端要进行机械切削加工以满足装配要求，为提高该件的成品强度，世界各国绝大部分采用AT（矮型特种断面）钢轨制造。为与线路连接，钢轨跟端要模锻成标准轨形状。AT轨跟端模锻工艺是道岔产品制造的关键技术之一。

1. 跟端模锻工艺设计

（1）概述　模锻是指在专用模锻设备上利用模具使毛坯成形而获得锻件的锻造方法，把金属坯料加工成棒材、板材、管材及各种机械零件、构件或日用器具，具有生产效率高、原材料消耗少，可有效改善金属材料力学性能和金相组织的特点，广泛用于工业生产中。锻件模锻成形过程是一个非常复杂的弹塑性大变形过程。设计流程如图1所示。

（2）70sAT尖轨跟端产品结构　70sAT尖轨跟端是以70sAT轨为母材，在一端600mm

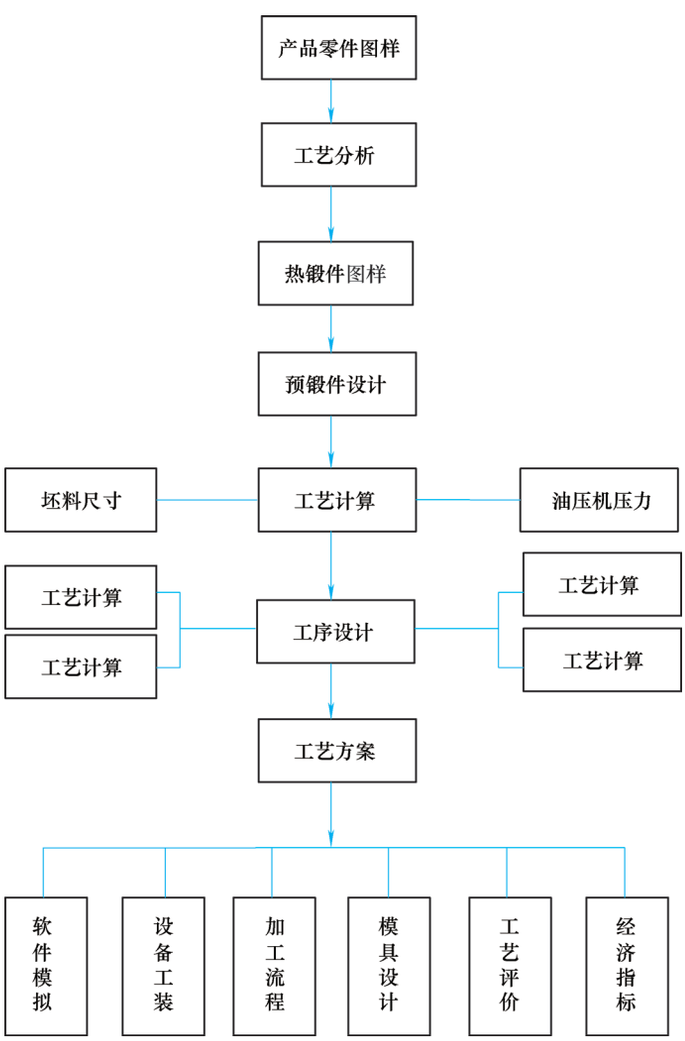


图1　设计流程

范围内，经模锻成为有450mm成形段和150mm过渡段的结构，如图2所示。

（3）70sAT尖轨跟端模锻数据对比及分析　通过对图3和表1、表2的分析，并结合其他资料，可以得知70sAT尖轨跟端模锻有以下特点：①此模锻产品结构较为复杂，轨头为对称结构，轨腰及轨底金属余量大，母材长肢轨底长度达到82mm，短肢轨底长度为58mm，截面不对称，形变量大，不易控制金属流向，成形过程中多余金属需合理排出。②该产品属于局部锻压，存在过渡区的问题。③母材为长大工件，仅成形段重量即60~65kg，毛坯料全重1300kg，属于较大型锻件，应采用大吨位压力机和较多辅助设备进行生产。④此锻件应用于台湾铁路线路，对外观、几何尺寸、材料组织、力学性能和工艺稳定性要求严格，应采用先进的加热设备和热处理设备。

（4）设计70sAT尖轨跟端模锻方案　通过上述分析，可知锻件形状复杂，需要进行若干工步模锻。为此，采用多模膛模锻。结合产品结构、现有设备及工装，设计了如下两种模锻方案，以供选择。

方案一：采用预锻、终锻两个工步成形，预锻将母材一次施压开坯，挤压轨腰，使轨腰部位金属展开，多余金属一部分流向轨头，另一部分流向轨底，轨腰高（鱼尾空间）增长，同时利用预锻模具合理控制母材轨底展开姿态，为终锻成形做好准备；终锻分多次施压，第一次施压，收缩长肢轨底，使长肢轨底金属及轨腰金属向短肢充形，第二次施压，轨腰成形，第三、四次施压，短肢轨底充形完毕，第五次施压整体充形完毕，多余金属预留至轨底。

方案二：利用母材与锻件轨高及轨腰高相差小，轨腰及轨底金属余量大，同时母材短肢轨底与锻件轨底尺寸差值小的特点，采用“先铣后锻”工艺。首先，用数控铣床将母材轨腰部分金属铣削去除，上下圆弧平滑过渡，然后进行模锻。同样设计预锻、终锻两个工步，预锻工步，对铣削后的母材进行开坯，多余金属流向轨头和轨底，因铣削去除金属，此时热状态钢轨展高较小，仍满足终锻模具进入工件鱼尾空间的需要，并通过预锻腰模合理控制轨底展开姿态；终锻分多次施压，第一次施压，进一步收缩长肢侧轨底，并使轨腰部分多余金属流向轨底，充形短肢侧轨底，第二次施压，将轨腰完全成形，第三次施压整体充形完毕。

（5）模腔结构设计及检测工具设计　设计理念：由于锻件形状复杂，变形量大，以及工件的特殊性，采用一般的模锻方

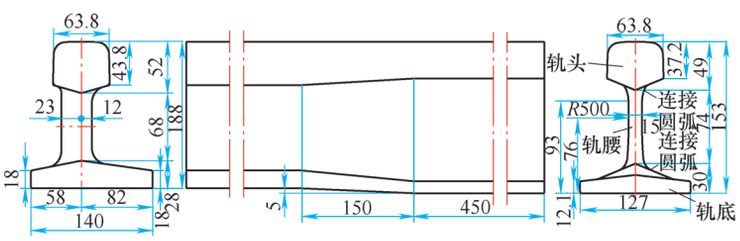


图2　70sAT尖轨跟端锻件成品

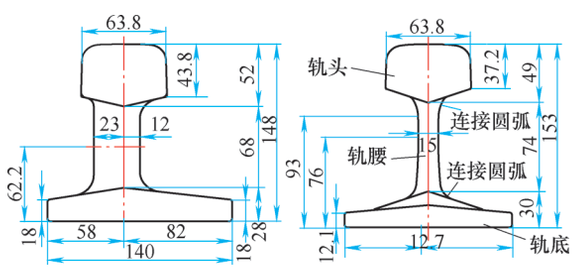


图3　日本标准的70sAT（左）和50n钢轨（右）

表1　70sAT与50n断面尺寸对比　(mm)

项目	头宽	底宽		腰厚	腰高	轨高
		长肢	短肢			
70sAT	63.8	82	58	35	68	148
50n	63.8	63.5	63.5	15	74	153
差值	0	−18.5	5.5	−20	6	5

表2　70sAT与50n断面面积对比　(cm^2)

项目	头部面积	腰部面积	底部面积	总面积
70sAT	29.9	26.46	32.17	88.53
50n	26.62	18.19	24.45	64.26
差值	–3.28	–8.27	–7.72	–24.27

法，均不宜开模。通过研究并结合现有的工装设备，采用专用的复合模设计进行模锻，结构形式如图4所示。用两块模具进行水平运动，使轨腰成形，称为腰模，同时细分为预锻腰模和终锻腰模；一块模具静止，使轨头成形，称为头模；一块模具进行垂直运动，使轨底成形，称为轨底模，细分为大轨底模和小轨底模。

确定加工余量和锻件公差：根据机加工要求及设备现状，确定跟端轨头顶面留3mm加工量，轨头两侧各留2mm加工量，多余金属留在轨底部位，经计算方案一轨底加工量约12mm，方案二轨底加工量约3mm。模锻过程中，会出现锻件氧化脱碳层、工装偏差、模膛尺寸偏差等情况，故依据标准对终锻件设定合理公差带，轨腰及轨底宽度方向免加工，轨腰高度公差±0.5mm，厚度公差－0.5+1mm，轨底宽度公差±1mm，轨头及轨底偏中公差0.5mm，其余部位机械加工，预留加工量。

考虑到金属的冷缩现象，热锻件比锻件尺寸应偏大，按一定比例计算，通过多年经验确定热缩系数为0.5%，成形后通过专用游标卡尺及专用检测样板控制热锻件尺寸，如图5所示。

2. 跟端模锻模具设计

（1）关键模具设计　分别针对方案一和方案二设计专用模锻模具。预锻模主要由头模、预锻长肢腰模、预锻短肢腰模组成（见图6）。头模设计需给轨头顶面及两侧预留加工量，兼容母材轨头并合理选择分模面，头模型槽两侧需设置飞边槽，确保轨头充形完全，为锻后顺利取出工件，头模两侧预设拔模斜度。预锻腰模设计需结合70sAT轨和50n轨的断面结构及锻件图样要求，合理确定预锻腰模型面，保证预锻后轨腰展高良好，同时让短肢轨底与长肢轨底合理上扬，确保终锻腰模能进入预锻后的毛坯工件。

终锻模结构与预锻模基本相同，与预锻工步共享头模，即工件放置在头模中不动，通过专用的换模装置来实现模锻工位的快速互换，终锻需要使用轨底模，达到半封闭模膛的目的，适当采用小轨底模，利用小轨底模分次撺压达到轨底局部成形然后整体成形的目的。轨底模与上模座之间采用滑道方式配合，可以送入模腔参与成形，也可拉出模腔配合模压（见图7）。

（2）Deform软件热成形模拟情况及方案选定　根据多年模具设计及现场实践经验、参照设备工装参数，并查阅相关文献资料，设定热模拟参数（见表3、表4）。

针对方案一热模拟及结论：

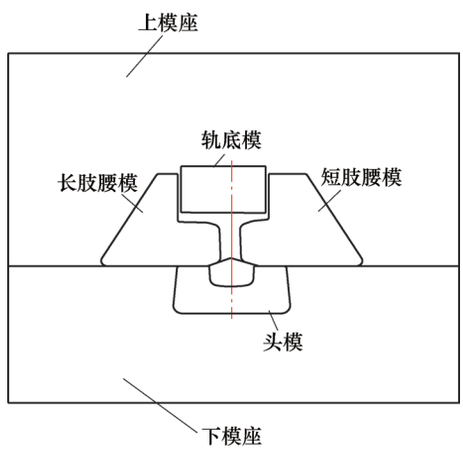


图4　模膛结构

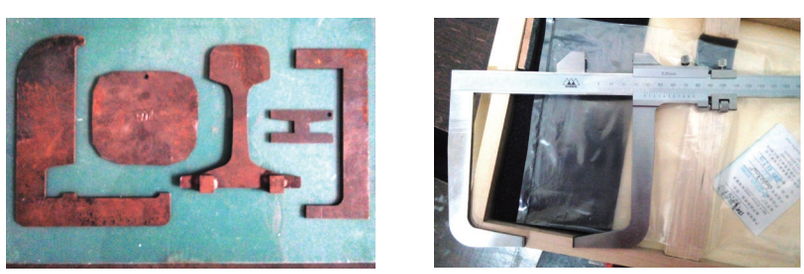


图5　锻件检测工具

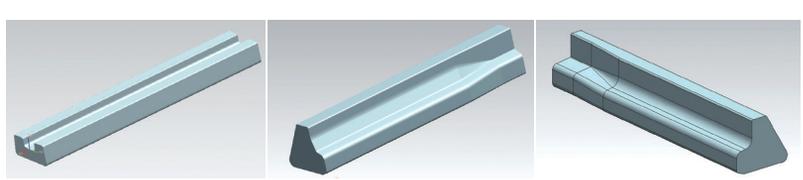


图6　头模及预锻腰模

热模拟过程中出现了严重的轨头两侧及轨底飞边，并伴有严重的网格折叠及锻件折叠报错现象，导致模拟无法进行，说明锻件成形无法完成（见图8）。

针对方案二：模拟过程顺利，轨头及轨底飞边符合预期，未出现锻造工艺常见的折叠类缺陷，模拟后的锻件切面与所需成品锻件形貌基本相同，待加工部位金属余量充足（见图9）。

综合Deform软件的热模拟情况，确定采用方案二为最终方案。模锻工艺流程如图10所示。

（3）整形力校核　整形过程分为预锻和终锻两个模具工位，分别对两个工位进行整形力校核。

如图11、图12所示，成形压力相近可按公式（摘自《锻造工艺学》王祖唐编）计算

$$P_0=K_1K_2\sigma_sF$$

式中　P_0——工步最大锻造力；

K_1——应力速度系数，

K_1=1.3；

K_2——变形条件和摩擦条件影响系数，K_2=4；

σ_s——终锻温度金属热强度，取σ_s=40MPa；

F——锻件与作用力垂直面上的投影面积。

预锻成形时

$Q\approx1.3\times4\times40\times108.4\times$（150+600）=16910kN

终锻成形时

$Q\approx1.3\times4\times40\times[(108.4+116.4)/2\times150+116.4\times600)]$=18034kN

$P\approx1.3\times4\times4\times127\times850$

=22454kN

经上述计算并参考方案二热模拟受力情况（见图13），得

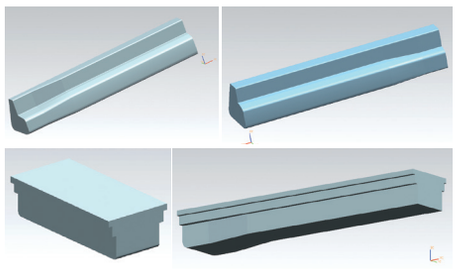


图7　终锻腰模及轨底模

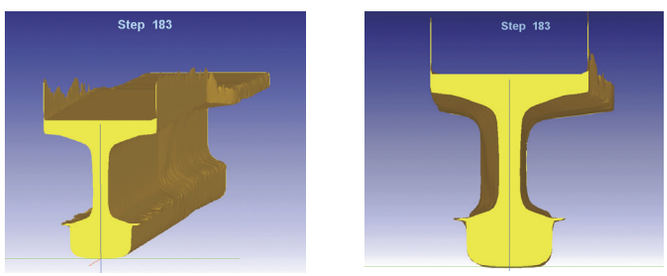


图8　方案一热模拟情况

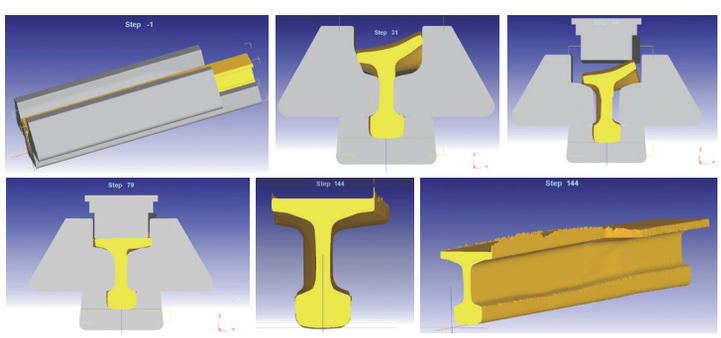


图9　方案二热模拟情况

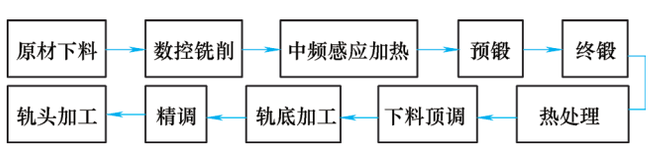


图10　模锻工艺流程

表3　预锻参数设定

工步	下压次数	材料	始锻温度/℃	摩擦因数	腰模速度/mm·s^{-1}	腰模最终距离/mm
预锻	1	U75V	1150	0.3	11.547	18

表4　终锻参数设定（括号内为方案二参数）

工步	下压次数	材料	始锻温度/℃	摩擦因数	腰模速度、轨底模速度/mm·s^{-1}	上下模间距/mm	腰模最终距离/mm
终锻	4（2）	U75V	1150	0.3	11.547、20	220	15-15.5

出压力机吨位完全满足模锻成形要求（模锻设备为60MN油压机）。

3. 工艺试验及结果分析

（1）工艺试验过程　利用60MN热模锻油压机（见图14），对70sAT轨跟端模锻工艺进行生产试验。锻前加热设备为中频感应加热炉，加热后将母材迅速放置在头模型槽内，进行预锻。预锻后，轨腰长高，轨头成形，轨底长肢被收短，短肢扬起，符合预期。用换模设备快速变换为终锻工位，加入轨底模合模整形；重新加热，快速放入头模型槽，压轨腰，再推入大轨底模，进行最终整形。

（2）检查各部尺寸及取样试验　按照相关标准对锻件各部尺寸进行检验，除预留机加工余量部分外，其余免加工项点全部满足标准要求（见表5、表6）。清理表面后进行检测，未发现裂纹及折叠缺陷，试验圆满成功（见图15）。

4. 结语

此模锻工艺采用了复合模设计理念，尽所能利用现有设备及工装，降低研发成本，实现了复杂断面的两次模锻成形，成形后外观质量及断面尺寸符合标准要求；采用电磁感应加热炉对工件进行加热，使工件模锻过程存在时间差，避免了模具在散热不完全的情况下反复工作，提高了模具使用寿命；跟端模锻后，采用新式吹风热处理的方式进行热处理，热处理后模锻部位金属性能达标，可进行此类锻件的批量化生产。

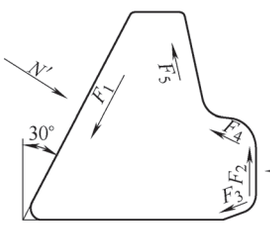


图11　腰模受力示意

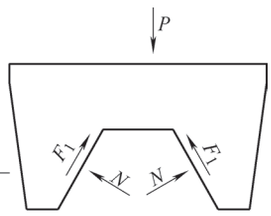


图12　上模座受力示意

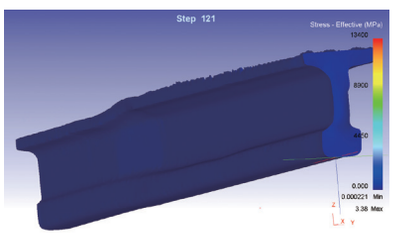


图13　方案二热模拟成形力



图14　主要工艺设备



图15　热锻件及成品锻件

表5　热状态各项点实测值　（mm）

项点	轨头宽	轨底宽	轨腰厚	轨高	鱼尾空间	偏中	外观质量
数值	67.9	127.8	15.4	160	+0.5	0.5	良好

表6　机械加工后各项点实测值　（mm）

项点	轨头宽	轨底宽	轨腰厚	轨高	鱼尾空间	偏中	外观质量
数值	64.2	127	15.1	153.4	+ 0.1	0.2	良好



江铃驱动后桥半轴热锻模具材料改进

杨志日

1. 驱动后桥介绍

目前，我公司生产的驱动后桥半轴定义为：在差速器与驱动轮之间传递动力的实心轴，其内端与差速器半轴齿轮连接，外端则与驱动轮的轮毂(或制动鼓\制动盘等)相连（见图1）。

驱动后桥半轴作用：从差速器传来的转矩经半轴、轮毂等，最终传递给车轮，是传动系中传递转矩的一个重要部件。半轴除传递转矩外，还要承受垂直力、侧向力及纵向力所作用的弯矩，属于汽车行驶过程中的安全件，在汽车行驶过程中发挥着非常重要的作用。半轴毛坯的优劣直接影响后续加工的符合性、半轴本身强度，最终影响到汽车行驶性能等。

2. 问题的提出

我公司热锻设备为徐州三缘锻压设备有限公司制造的DWY99-200B型卧式摆辗机，半轴热锻工序使用锥模套、组合冲头、成形下模、组合凹模、预镦下模、成形冲头等模具，模具材料均为5CrNiMo，生产温度为1000~1200℃，且是在不断冷热的过程中使用，如此高的温度已经超过了5CrNiMo材料的回火温度，致使模具各项力学性能减弱，并降低模具的使用寿命，甚至磨损变形严重（甚至开裂），导致产品尺寸及壁厚不均，使用5CrNiMo材料的模具不能有效保证尺寸的稳定性，从而不能保证最终产品的可靠性，模具磨损变形后需多次进行修模，增加了非生产时间，无法进行大批量生产。

3. 问题的分析

5CrNiMo材料具有良好的韧

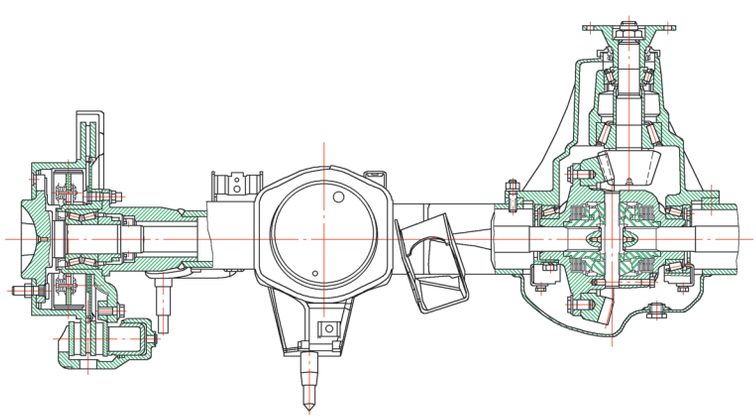


图 1

参考文献

[1] 崔忠圻.金属学与热处理[M].北京：机械工业出版社，1991.

[2] 国家铁路局. TB/T412-2014.标准轨距铁路道岔技术条件[S]. 中国铁道出版社，2015.

[3] 闫洪、周天瑞.塑性成形原理[M].北京：清华大学出版社，2006.

[4] 王祖堂.锻压工艺学[M].北京：机械工业出版社，1983.

[5] 中国机械工程学会塑性工程学会.锻压手册[M].北京：机械工业出版社，2008.

[6] 谢水生，李雷.金属塑性成形的有限元模拟技术及应用[M].科学出版社，2008.

作者简介：史彦春、胡新伟，中铁山桥集团有限公司。

MW 20170118