铁道机车车辆用制动软管总成套箍胀形模设计与应用

太原机车车辆配件厂　（山西　030003）　田建忠

摘要：为满足铁道机车车辆用制动软管总成套箍胀形后拔脱强度及气密性试验的要求，确保机车车辆风制动系统的安全性与可靠性，通过对套箍胀形的成型机理进行综合分析，设计出方便、快捷且高效的专用模具，通过实际应用，达到了产品的使用性能要求。

1. 套箍胀形质量要求

制动软管总成是铁道机车车辆风制动系统中的重要连接组件，用于机车与车辆、车辆与车辆编组时的快速连接与分解作业。制动软管总成由波纹连接器体、波纹接头与制动软管通过套箍胀形后压装在一起，根据技术要求，组装后的制动软管总成需满足拔脱强度≥9.7kN、气密性试验施压1 000kPa和保压10min无泄漏的质量要求。制动软管总成装配关系如图1所示。

2. 套箍胀形工艺的总体设计思路

针对制动软管总成套箍胀形后的技术要求，决定采用油压机配合专用模具进行一次胀形压装成型的工艺方案。模具总体设想为上下锥体自动收缩合拢结构，上模为内锥体中空结构，下模座安装8等分外锥体模块组合。

在上模下行过程中，通过其内锥体的作用，促使下模座上安装的八件带有外锥度的模块沿固定轨道向中心伸缩运动合拢，将套箍、制动软管与波纹连接器体或波纹接头压合在一起，当上模回程后，模块在弹簧的作用下自动复位。套箍胀形前，为使预组合在一起的工件准确定位，需采用螺旋拨块式自动对中机构，以防止胀形时由于工件位置不正确造成报废。

3. 套箍胀形成形机理分析

套箍是固定在波纹连接器体、波纹接头与制动软管之上的重要零件，套箍的材质选用08AL冷拔钢管，该材质具有良好的延伸性，适合做拉伸、挤压零件用。套箍胀形前需进行低温退火及酸洗，表面镀锌处理，胀形后不得将镀锌层拉伤。套箍胀形前后的尺寸要求如图2所示。

套箍胀形工艺是否合理将直接影响制动软管总成的使用性能和质量要求，如果胀形后未能达到如图2所示的尺寸要求，出现棱角、形状不规则以及拉伤套箍电

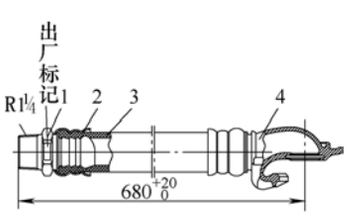


图1　制动软管总成装配图

1. 波纹接头 2. 套箍
3. 制动软管 4. 波纹连接器

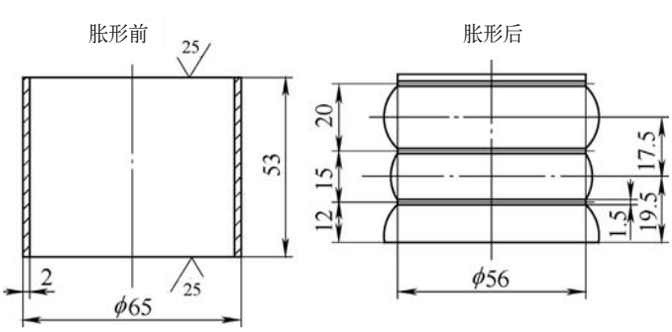


图2　套箍胀形前后尺寸要求

镀层等缺陷，使用时将会因受压不均匀而漏气，造成软管报废，减少使用寿命，因此有必要对套箍压装过程的成形机理进行分析与研究。

套箍压装过程中，模块迫使套箍沿圆周向中心收拢，形成三道箍形压痕，压痕处最小直径为ϕ56mm、宽度1.5mm，压痕之间凸起成弧形，在整个胀形过程中，金属受到挤压、拉伸和弯曲等变形，金属流动走向复杂，不确定因素较多。套箍与模块受压部位的接触形状设计是否合理，对成形后的产品质量有很大影响。如果几何参数选择不当，则有可能使成形后的工件出现棱角、形状不规则，甚至出现拉伤套箍表面等缺陷。因此，模块的几何形状、尺寸与套箍的受压接触面积是直接影响胀形组装质量的重要因素之一。

由压强p与压力F、面积A的关系$p=F/A$可知，在压力不变的前提下，接触面积增大则压强减小，而压强减小将会使金属产生较小的变形，有效抑制金属的随意流动，防止皱折、裂纹等缺陷的产生。据此分析，我们得出模块中受压部位圆弧R的大小将直接影响到套箍成形的质量，R尺寸小，也就是接触面积小，则变形大，压力大，密封性虽好但外观易产生皱折；R尺寸大，接触面积大，则变形小，压力小，外观虽好但密封性差。如果此处设计为中空结构，虽能避免干涉现象，但无法有效地控制金属的变形与走向，使得成形后的外轮廓出现畸变现象。因此，根据理论分析和反复试验，确定了R圆角的合理尺寸，设计出模块的最终尺寸。为使模块合拢收缩时动作准确、可靠，要求其外形尺寸合拢后，圆周呈闭合限位状态。模块的结构形状如图3所示。

4. 套箍成形压力的分析

为达到产品技术条件规定的拔脱抗拉强度与气密性试验的性能指标，满足套箍胀形后压痕处最小直径为56mm、压痕宽度1.5mm的要求，同时考虑上下模的最佳闭合性能、摩擦阻力及空间尺寸，选定内、外锥体的锥度为1:2.5；经过计算，模具的闭合高度为260mm就可以达到套箍最小压痕直径的要求，为此需通过限位装置严格控制行程和闭合高度。成形压力是保证胀形后达到使用要求的关键参数，经过压力机调整进行试压，压强$p_{试}$=3MPa时达到了套箍成形的目的。为了保证足够的套箍成形压力，设定压强为$p\geqslant 1.2Pa_{试}$，就可以保证正常使用。

套箍胀形时模块的受力分析如图4所示。

模座内锥面斜度：$K=2\tan\alpha=1/2.5$，$\tan\alpha=1/(2.5\times2)=0.2$，$\alpha=11°18'35"$。模座对模块的正压力$F$可分解为径向推力$F_x$及轴向推力$F_y$。径向推力$F_x$产生的有用功$W$可表示为：$W=\int_0^{2x}\Sigma F_x dx$。$\Sigma F_x$表示沿圆周分布的所有径向力之和，单位为kN。dx表示模块的径向移动量，单位为mm。

轴向分力F_y作为不利因素，可通过提高接触面的加工精度、增加润滑来减小，模块向上的翘曲力可通过加装压盖与之抵消。

5. 夹持定位装置的确定

套箍胀形前预组装的产品装入下模内腔时，需要将制动软管对中夹持并对套箍进行准确的轴向定位，否则将影响组装效率及质量，还易造成压装偏心，无法满足压装后的性能要求，因此在模具设计时必须充分考虑夹持定位装置结构的合理性与可操作性。由于在下模座中还需要安装8等分收拢的模块，结构空间非常有限，而夹持定位装置除要求自动对中功能外，还要求定位要快速、准确和便捷，因此采用了螺旋拨块式自动对中装置，具体结构如图5所示。

使用时，预装配好的工件

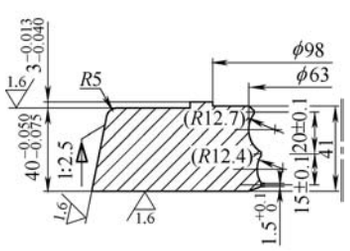


图3 模块结构图

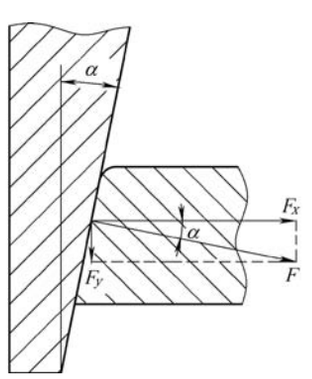


图4 模块受力分析图

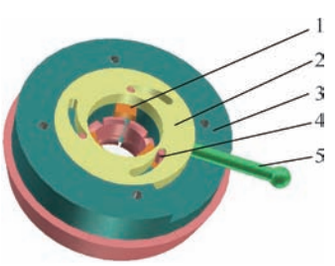


图5 螺旋拨块式自动对中装置
1. 滑块 2. 拨盘 3. 下模座 4. 销轴 5. 手把

装入模腔孔内，搬动手柄使其从右端起始位逐渐旋转至左端终止位，并带动拨盘一同转动。三个滑块装入开有向中心幅射的下模座的导向槽内，滑块上镶配的销轴同时装入转盘的螺旋槽内，当转盘转动时，由于滑块已装入导向滑槽内，销轴只能在拨盘的螺旋槽内随着螺旋角的升降带动滑块向中心位移，使得三个滑块同时张开或收缩，起到了夹紧或松开制动软管的自动对中功能，夹紧时为制动软管总成压装作好准备，松开时便于制动软管总成取出或为后续工件放入做好准备，同时套箍下端面落在滑块的上平面上进行轴向定位，确保了套箍胀形时的位置准确、满足要求。

6. 套箍胀形模设计方案

根据套箍胀形的要求，设计出制动软管总成套箍胀形模的总体结构如图 6 所示。模具安装时，上模装在油压机压头上，上、下模自行合拢后将下模底座固定在油压机工作台面上。

工作时，预组装的制动软管总成装入下模模腔内，操作手把，定位装置自动对中夹紧制动软管并对套箍进行轴向定位，此时启动油压机，上模下行，通过上模内锥体促使安装在下模座中的八等分模块向中心合拢，对套箍进行胀形挤压，当上模下行到与定位块接触时，表明胀形已到终止位置，此时需保压10秒左右，之后上模回程，模块在复位弹簧作用下回到原位，为下一次工作循环做好准备。

为了直观地反映出模具的结构原理，画出模块复位原理三维效果如图 7 所示，图中限位盖进行了1/4切割，8等分模块的其中1件移出原位，显示出复位弹簧的位置，使得内部结构更加清晰。

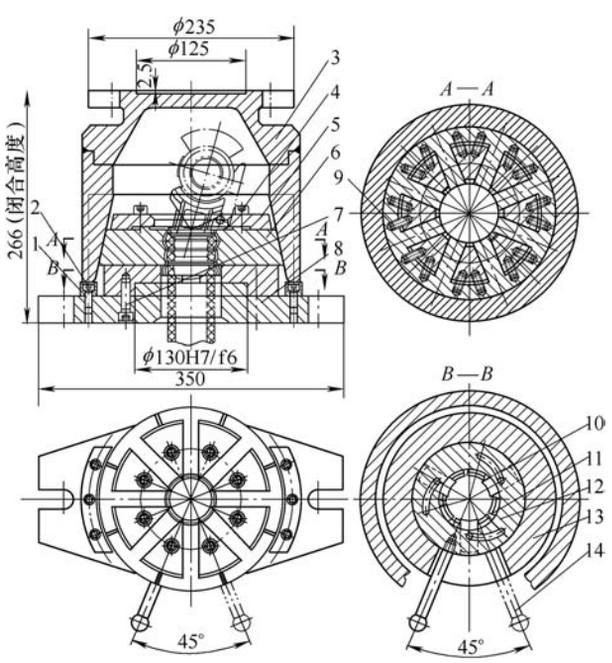


图6 制动软管总成套箍胀形模结构图

1. 定位块 2. 内六角螺栓M8×20 3. 上模 4. 内六角螺栓M10×30
5. 限位盖 6. 模块 7. 内六角螺栓M10×35 8. 底座
9. 复位弹簧 ϕ 1.6×8×35 10. 拨盘 11. 滑块 12. 销轴 13. 下模座 14. 手把

从图中可以看出，限位盖下部有内止口结构，其作用是为了限制模块复位后从模具中脱落，同时还可防止模块向中心收拢时倾摆。

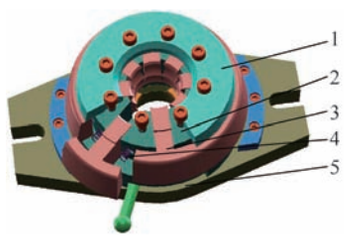


图7 模块复位原理三维效果图

1. 限位盖 2. 下模座 3. 模块
4. 复位弹簧 5. 底座

7. 结语

制动软管总成套箍胀形工艺方案实施后，满足了产品组装性能的要求，体现了科技引领的示范作用，对确保机车车辆制动系统的安全、可靠运行起到了积极的作用，具体来讲有以下特点：

（1）由于采用了锥体自动收拢模块成形的原理，使得工作效率大幅提升，满足了批量化生产的要求。

（2）螺旋拨块式自动对中装置的设置，实现了在有限的空间内自动对中和轴向定位的功能，简化了模具结构，方便了现场工人的操作。

（3）模具结构简单、制造方便以及实用性强，对同类产品的胀形具有一定的推广参考价值。

参考文献：

[1] 王文斌．机械设计手册 [M]．北京：机械工业出版社，2007.
[2] 杨江河，魏永良．现代模具制造技术 [M]．北京：机械工业出版社，2006.

MW （收稿日期：20170528）