

SDA1型内燃机车门板模具成型工艺分析及解决措施

邓敏，王会清，李满清，吴永鹏，卿龙

中车资阳机车有限公司 四川资阳 641301

摘要：分析了SDA1型内燃机车侧墙门板成型难点，提出了整体模具成型和局部模具成型两种工艺方案。设计一种可替换、组合式拉伸模具成型方案（局部模具成型方案），既能保证翻边角度，又能保证折弯高度，产品质量达到设计要求，从而高效又经济地解决了产品质量问题。

关键词：内燃机车；门板成型；组合式拉伸模具；翻边角度；折弯高度



工程师 邓敏

1 序言

SDA1型内燃机车门板为长方形结构，四角为R100mm圆弧，如图1所示。由于是外观件，因此对产

品的成型外观质量要求很高。门板四周带有12.5mm的翻边，在总装工序中该翻边用于压紧胶条，因为其尺寸将直接影响胶条的密封性，关系到机车在运行过程中是否漏雨，所以翻边角度和折弯高度极其重要。

2 提出问题

经查证，企业内部和同类企业类似结构的相关工艺，大多采用模具成型工艺或者拼接工艺。两种工艺方案的优缺点对比见表1。

由于本次制造的是出口国外的机车，对外观质量要求较高，因此采用模具成型工艺。在以往内燃机车的门板成型中，已投入过一套整体成型模具，内开档尺寸为1675mm×500mm。为使用该模具成型，需要将门板拆分为3个部分，拆分方案如图2所示。拆分后，拆分件P01（见图3）使用原模具成

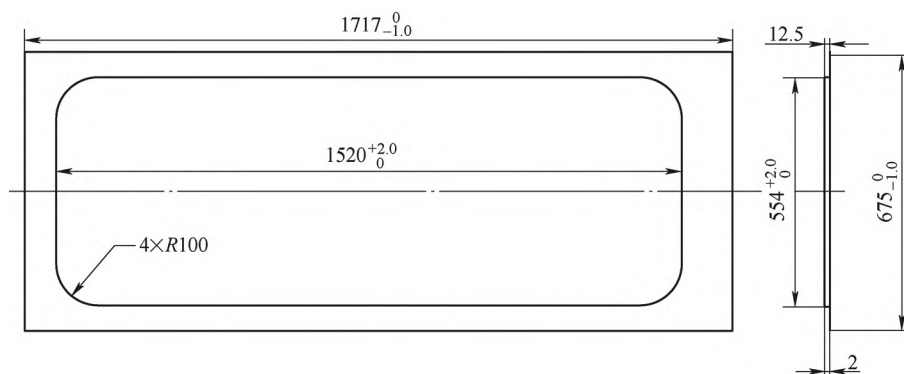


图1 某型内燃机车门板结构示意图

表1 模具成型工艺及拼接工艺优缺点对比

工艺方案	模具成型	拼接工艺
优点	产品一次成型，质量精度高，对操作人员技能要求低，外观美观	投入成本低，利用现有设备及工装就能完成所有工序
缺点	模具成本高，1套新模具成本约6~15万元	成型后需组焊，对成型和组焊焊接人员技能要求高；组焊成型后，因焊接变形而导致的次生质量问题多，不美观

型，主要工序流程为：激光→调平→模具成型→划线气割，按图4所示切割区域和切割线切割，将P01切割分成P01-1和P01-2，拆分件P02和P03的主要工序流程为：剪机→调平→折弯，最后将气割后的拆分件P01-1、P01-2、拆分件P02及拆分件P03焊接到一起组成门板。拼接如图5所示。

按该方案成型后，拆分件P01成型效果差，成型效果如图6所示，主要存在以下3个问题。

1) 通过此模具拉伸12.5mm的翻边，翻边角度达不到90°。

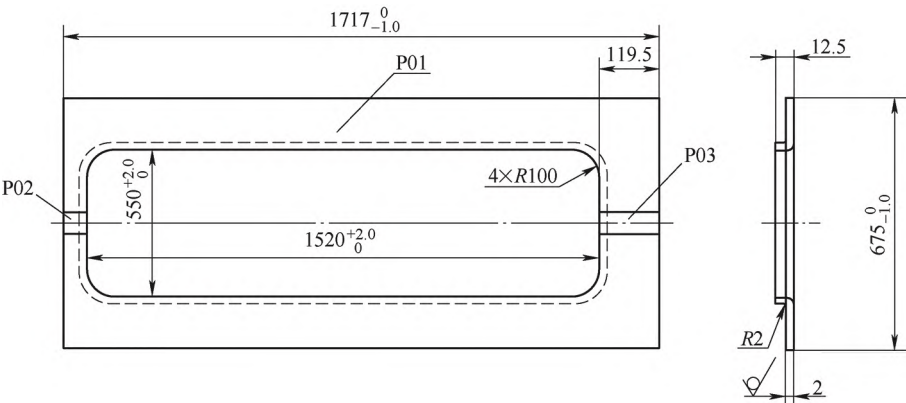


图2 采用原模具成型拆分方案

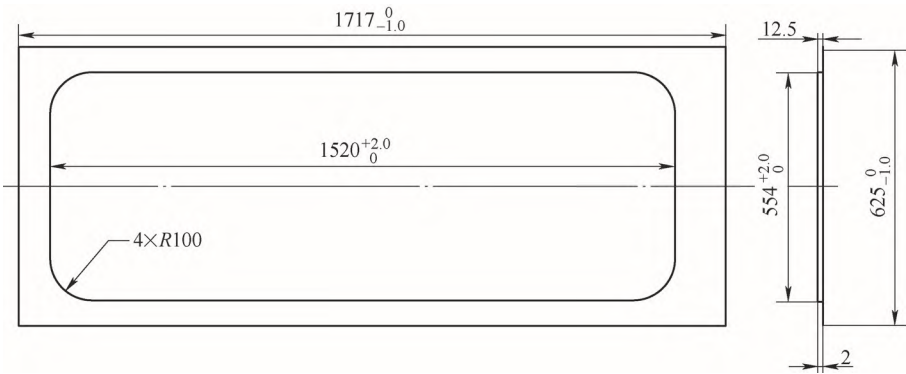


图3 拆分件P01示意

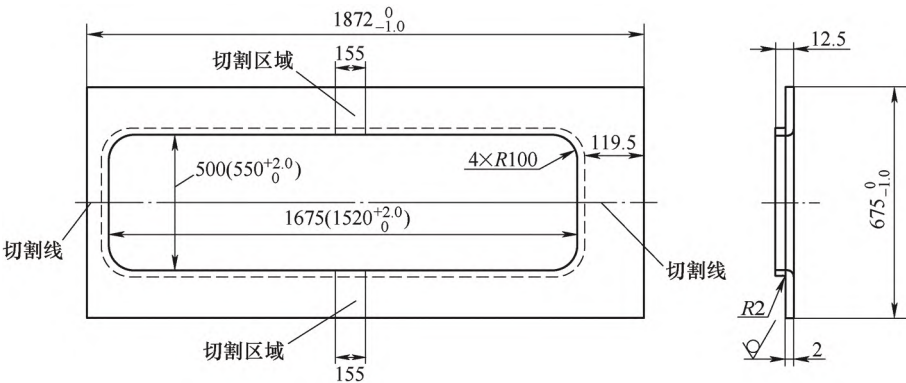


图4 划线气割示意

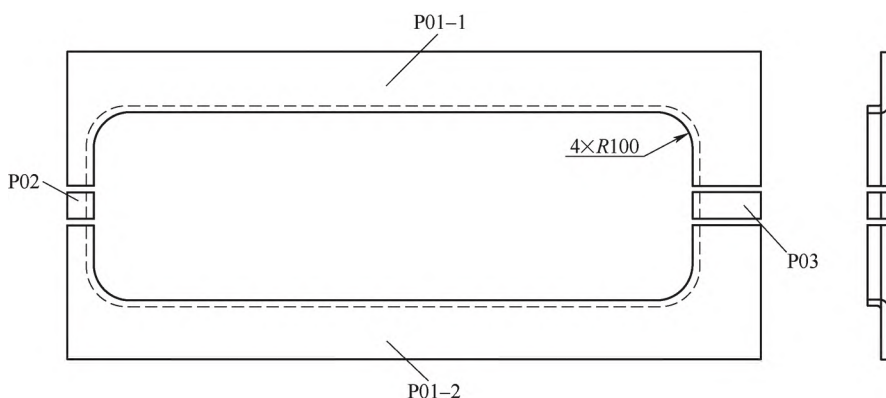
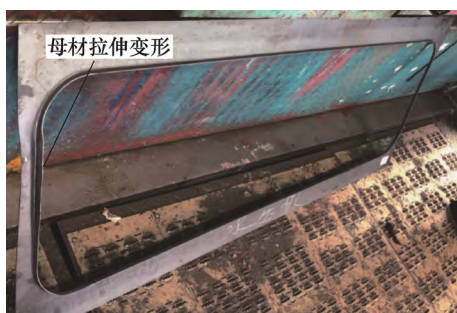


图5 拼接示意



a) 母材拉伸变形示意



b) 母材拉伤示意

图6 原整体成型模具门板成型效果

2) 翻边高度不一致，高度最大处15mm，最小处11mm，母材局部拉伸变形。

3) 蒙皮多处拉伤，母材受损。

3 原因分析

分析模具成型原理，拆分件P01成型效果差主要有以下3方面原因。

1) 该车由于减重，门板采用的是2mm厚板料，而原来整体成型模具设计时按照3mm板厚设计。压紧时上模、下模的间隙过大，导致翻边角度达不到90°。

2) 上下模间隙过大，压边圈压紧力不足，拉伸时4条边受力不均，导致翻边高度不一致，母材局部拉伸变形。

3) 模具老旧，导致上模、下模相对运动时拉伤母材。

4 解决措施

通过现场分析图样及模具，认为现行产品质量要求高，现有方案无法满足要求。于是设计新方案，改变原来整体模具成型的思路，考虑采用折弯成型与局部模具成型相结合的方式。根据此思

路制定新的拆分方案，设计制作用于R100mm圆弧局部成型的模具。

4.1 拆分方案

门板新拆分方案如图7所示，拆分成4种零件，其中拆分件P01、P02和P04的工序流程为：剪机→调平→折弯。拆分件P03的工序流程为激光下料后采用模具进行成型。拆分件P03结构如图8所示。

4.2 模具设计

模具成型时，有弹性压边圈与刚性压边圈两种常用形式。弹性压边圈适用于一般的单动压机，其特点是压边力要随压机行程变化。由于弹簧和橡胶垫的压边力随拉延深度的增加反而增大，橡胶垫的这种现象更为严重，因此这类压边装置只能用于浅拉伸工艺^[1]。需要的成型门板拆分件P03高12.5mm，属于浅拉伸，模具设计时可采用弹性压边圈。设计的模具结构如图9所示，分为上模座、下模座和凹模等9个部分。

在液压机力 F 的作用下，凹模和压边圈同时相对凸模向下运动，从而产生挤压。板料放在凹模和凸模之间，受挤压产生塑性变形，翻边90°，边高12.5mm。

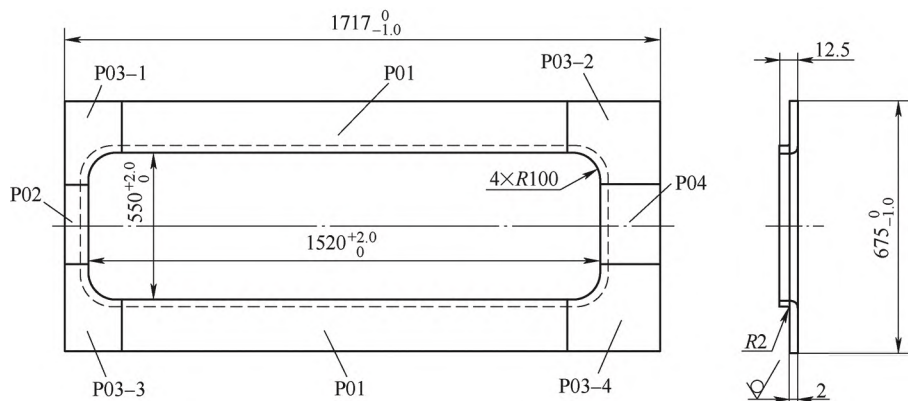


图7 门板新拆分方案

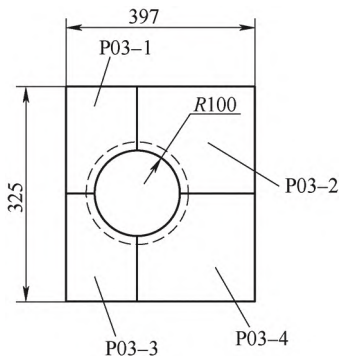


图8 P03结构示意图

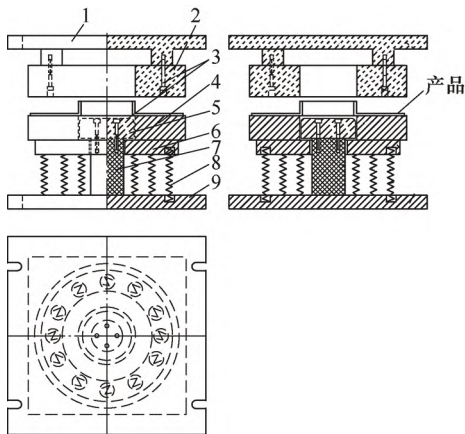


图9 成型模具结构示意图

1—上模座 2—凹模 3—内六角圆柱头螺钉 4—压边圈
5—凸模 6—卸料装置 7—凸模安装座 8—弹簧 9—下模座

关键尺寸为：凹模内腔直径202mm，压边圈内腔直径202mm，凸模直径201mm。凸模直径设计为201mm，而所需R圆弧的直径为200mm，之所以相差1mm，是由于考虑板料受挤压后外力作用消失，会有一定的回弹^[2]。

4.3 模具制作

由于模具制作要求高，产品周期要求短，新投

模具不满足生产需求且费用高，故综合考虑后采用现有模具进行改造，在现有模具上进行加焊垫块，利用现有模具的弹簧来产生压边圈需要的力。现有模具如图10所示。

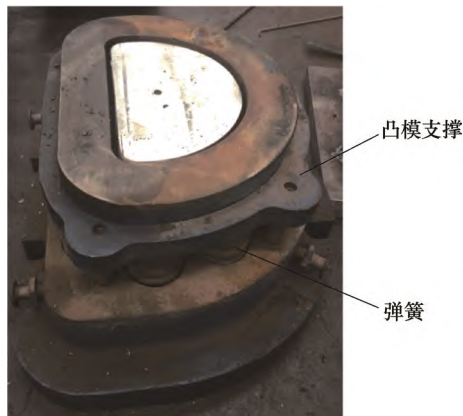


图10 旧模具下模结构示意图

模具改造采用5CrNiMo材质（板厚30mm），5CrNiMo属于常用的模具钢材料，具有较高的强度和硬度^[3]，且疲劳性能好，是常用的冷作成型模具原材料。需改造的物料包括凹模、凸模和压边圈，如图11所示。凹模加工保内圆直径202mm，压边圈加工保内圆直径202mm，为便于安装，焊接4个螺孔座，凸模加工外径201mm，利用淬火提升表面硬度。

模具改造后的结构如图12所示，凹模通过环形阵列的若干内六角螺栓与上模座灵活安装连接，凸模通过环形阵列的若干内六角螺栓与凸模安装座灵活安装联接，压边圈可灵活安放在卸料装置上，使用时放上需成型板料即可成型。

4.4 模具成型验证

模具改造完成后，编辑拆分件P03程序，按折

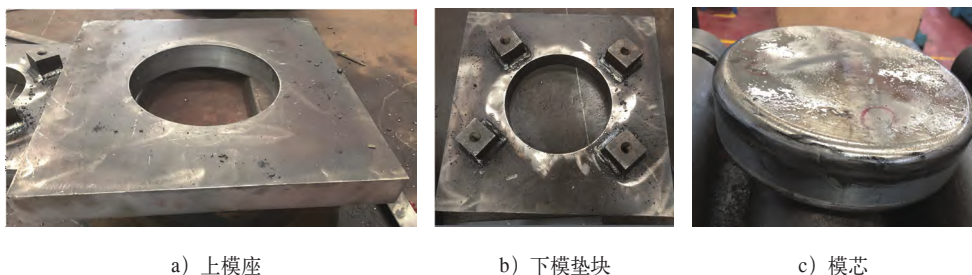


图11 需改造的物料



图12 旧模具改造后示意

弯筒易展开方式对内圆12.5mm边高展开。展开后的外形尺寸为397mm×325mm，内圆直径183mm（成型后内圆直径200mm），如图13所示，图中点划线代表折弯线。

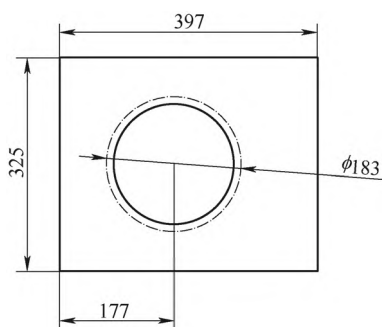


图13 拆件P03展开

采用模具成型，成型后对翻边角度和高度进行检测，共检测6个点，翻边角度均为90°，翻边高度最大值13mm，最小值12.5mm，差值0.5mm，满足设计需求且成型后母材完好无损，外观美观，实体成型效果如图14所示。

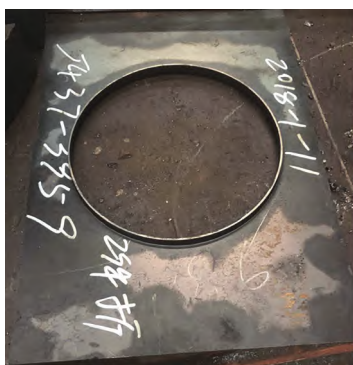


图14 成型效果

5 结束语

内燃机车侧墙门板采用文中所述的门板结构，折弯角度不够和折弯边高不足一直是困扰我们的问题，若将内燃机车门板板厚改为2mm，会使问题更加突出。本文通过改变工艺拆分方案和设计一种可替换、组合式的拉伸模具，解决了门板成型质量差的问题。采用此方法有以下4方面优点。

1) 采用改造后的模具使翻边90°和折弯边高12.5mm得到有效保证，产品质量大幅提升。

2) 改进拆分方案后，门板拆分成4块，需要使用模具成型的面积变小，降低了模具成型定位的操作难度，提高了加工效率。

3) 增加了模具在各内燃机车产品之间的通用性。如图9所示，该新型带压边圈拉伸模具共用模具结构的第一、第三部分，只需要更换第二部分，就可以实现不同形状、尺寸规格产品的成型。不仅模具通用性强，适用于生产不同类型的产品，而且能大幅度降低模具的制作成本，便于模具核心部位（第二部分）的维修保养工作。

4) 投入成本低，整套模具改造花费1万元，仅占新投模具费用的1/10，适用于企业小批量多品种产品的生产。

参考文献：

- [1] 王运炎, 朱莉. 机械工程材料[M]. 3版. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 刘俊生, 庞利平, 贺炜. 带偏心轮压边装置的冲压模[J]. 锻压技术, 2008 (4): 96-97.
- [3] 童高鹏. 5CrNiMo模具钢的热处理新工艺研究[J]. 热加工工艺, 2016, 45 (12): 170-173.

MW 20240426