

轮胎定型硫化机铣削式热板加工工艺研究

刘前卫

(桂林橡胶机械有限公司, 广西 桂林 541002)

摘要: 介绍对轮胎定型硫化机新型铣削式热板进行的加工工艺研究, 通过加工试验论证各种加工方式铣削底板流道的区别, 对比出最优加工方案, 并对装夹方式进行自主设计研发, 引入较为先进的磁力装夹技术, 较好的解决了板型零件立式装夹难题; 引入焊接机器人自动焊接技术, 降低劳动者工作强度、稳定焊接质量; 通过工序集中方式对热板整体的加工工艺进行优化改善, 大幅减少工序步骤、提升加工效率及零件精度。

关键词: 硫化机; 铣削式; 热板; 加工工艺

中图分类号: TQ330.47

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)09-0046-06

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.09.010

轮胎定型硫化机主要用于将轮胎加热至一定温度, 使橡胶材料在加热、加压条件下与硫化剂发生化学反应, 从而使橡胶分子链交联成网状结构, 提高轮胎的强度、耐磨性和抗老化性能。这是轮胎制造中的关键步骤, 决定了轮胎的最终性能和使用寿命。热板作为轮胎定型硫化机的重要部件之一, 其主要功能是向模具和轮胎提供所需的热能, 还肩负着承担模具压力的任务。由于热板在工作过程中内受蒸汽压力外受模具压力, 因此需要采取合理的结构设计来确保在设计的使用寿命内实现其功能。

传统的热板结构为焊接迷宫式, 中间有流道供蒸汽循环通过。具体结构由底板、盖板、筋板、内环、外环、圆块、槽型块及接头板等八个种类二十几个零件组成, 依靠焊接将各零件连接在一起。由于零件种类及数量较多, 从下料、拉手件加工到组对焊接, 工作量大, 工艺流程复杂, 整体周期偏长。

1 新型热板结构

近年来越来越多的硫化机制造企业使用铣削式热板结构。所谓铣削式就是蒸汽循环的流道由整板铣削出来。铣削式热板由底板、盖板两个零件组成, 大大减少了零件的种类和数量, 减少拉手件加工的同时也大量减少了焊接量, 最大限度的简化制造流程和工人劳动强度。

2 铣削式热板加工工艺研究

2.1 传统热板与铣削式热板加工工艺对比

传统热板加工工艺流程见图1所示。铣削式热板加工工艺流程见图2所示。

为了不降低热板在硫化机中的传热及抗压性能、不改变模具连接方式及尺寸, 新型铣削式热板的整体形状及尺寸与传统热板基本保持一致。从图1、图2的工艺流程图可以看出, 热板整体的加工工艺完全相同, 区别只在于前期工艺, 即拉手件的加工及热板的组对焊接。铣削式热板结构简单, 零件数量大大减少, 极大的简化拉手件加工、组对焊接工序步骤及工作量, 可以有效的降低工人劳动强度, 缩短热板生产周期。铣削式热板批量生产的重点在于底板的铣削工艺, 需要缩短铣削时间, 降低加工成本。

2.2 铣削式热板底板加工工艺研究

底板由一块整板铣削出蒸汽循环流道, 铣削方式一般有两种, 数控刨床加工和数控龙门加工中心加工。以某规格热板为例, 底板流道深度为25 mm, 数控机床的高速铣削刀具的切深一般不超过2 mm, 再加上底板毛坯本身的不平度2 mm, 即至少需要加工15层才能将流道铣削至25 mm深。

作者简介: 刘前卫 (1985-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事轮胎定型硫化机生产制造工艺研究及工艺设计管理。

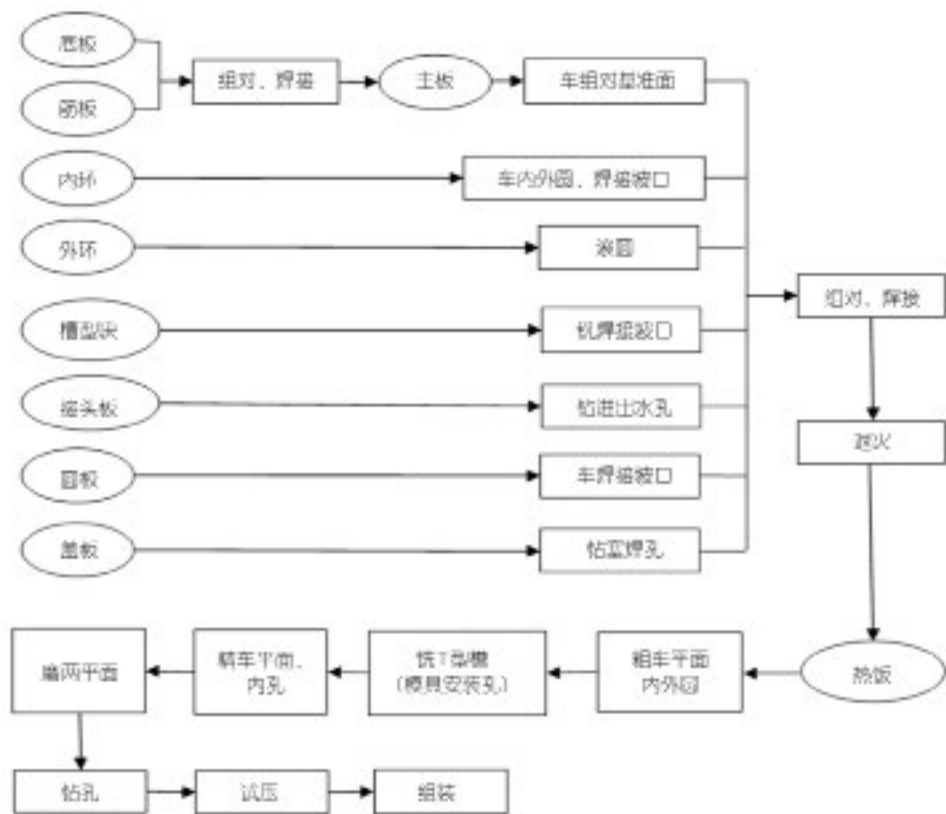


图1 传统热板加工工艺流程图

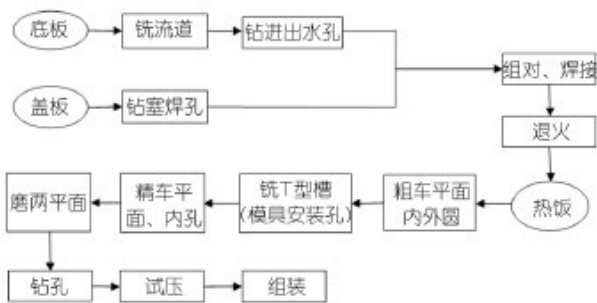


图2 铣削式热板加工工艺流程图

为对比出哪种机床更适合底板的加工，所有加工试验采用统一刀具、统一加工切削参数。试验加工切削参数详见表1。加工试验采用的刀具为山特维克品牌 $\Phi 63\text{ mm}$ 的419型面铣刀，可装5个419 N型刀片，每个刀片5个刀刃。

表1 试验加工切削参数表

参数类型	转速 $/(r \cdot \min^{-1})$	进给 $/(mm \cdot \min^{-1})$	切深/mm
数值	1 100	3 500	1.7

2.2.1 数控镗床加工试验

数控镗床加工的优点在于工件为竖直状态装夹，铁屑会自动往下掉，流道内不会积聚铁屑，也就不会

对刀具产生额外的损伤。缺点为装夹相对困难，装夹时间较长，装夹过程中压板锁紧前工件倾倒的安全风险增大。

由于铁屑会自动往下掉，并带走大部分加工热量，零件受热变形较小。加工冷却方式不管是风冷还是水冷，对排屑几乎没有影响，且不会存在刀具的非正常损伤，所以刀具寿命只受冷却方式的影响，加工试验选择0.6 MPa的风冷方式。

2.2.2 数控龙门加工中心加工试验

数控龙门加工中心加工的优点在于工件为水平状态装夹，装夹简单，装夹过程中安全风险较小。缺点为铁屑排放困难，随着流道越铣越深，铁屑会越来越的积聚在流道内，加速刀片的磨损，且可能损伤刀体。所以加工冷却方式就显得极为重要，既要对刀具进行冷却，还肩负着清理铁屑的功能，最好是能将铁屑排出工件之外。加工试验选择0.6 MPa的风冷和2.0 MPa的水冷方式两种。

2.2.2.1 风冷加工方式

在加工试验过程中，随着流道铣削深度的加深，铁屑无法全部被吹出，逐渐在流道内堆积，加工至第

12 层时, 刀体表面已有两处被铁屑挤压造成的损伤。
试验加工过程见图 3。

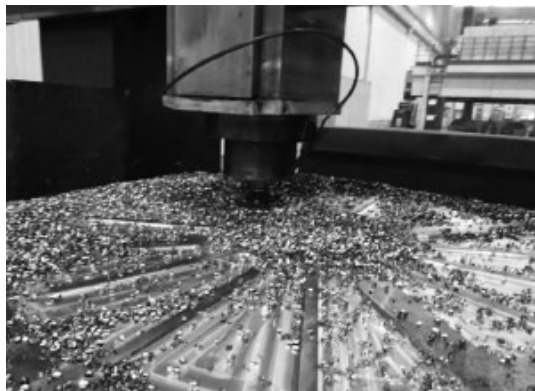


图 3 数控龙门加工中心风冷加工方式

2.2.2.2 水冷加工方式

在加工试验过程中, 随着流道铣削深度的加深, 铁屑无法被冷却液冲出, 型腔中积满了冷却液和铁屑, 加工至第 10 层时, 刀体表面已有被铁屑刮伤的痕迹。试验加工过程见图 4。



图 4 数控龙门加工中心水冷加工方式

2.2.2.3 数控镗床与数控龙门加工中心加工工艺对比

通过加工试验对比, 在同样的加工参数下, 数控镗床加工的排屑效果最好, 刀具寿命最长, 刀体表面损伤最小, 工件变形也在可接受的范围内, 所以数控镗床更适合铣削底板流道, 但还需继续解决装夹难的问题。加工试验结果对比见表 2。

表 2 加工试验结果汇总表

	数控镗床	数控龙门加工中心	数控龙门加工中心
冷却方式	0.6 MPa 风冷	0.6 MPa 风冷	2 MPa 水冷
刀片寿命	360 min	240 min	180 min
刀体损伤	无损伤	铁屑挤压造成两处损伤	铁屑刮伤刀体表面
装夹方式	使用弯板立式装夹	平放装夹在附件工作台上	平放装夹在附件工作台上
排屑效果	及时掉落, 无任何铁屑堆积	铁屑堆积, 需每 10 min 清理一次	铁屑和冷却液堆积, 需每 10 min 清理一次
刀具温度	最高温度 80 °C	最高温度 40 °C	常温 25 °C
工件变形	平面度 0.75 mm	平面度 1.95 mm	平面度 0.5 mm

2.3 数控镗床加工装夹方案研究

由于各种规格硫化机的热板直径大小不一, 底板为直径 $\Phi 1100 \sim 2250$ mm、厚度 45~60 mm 的板型零件, 镗床加工此类零件的传统装夹方式为使用弯板工装, 将零件吊装贴紧弯板, 再锁紧压板; 此操作过程时间较长, 零件倾倒的安全风险增大; 且加工面积几乎是整个平面, 压板位置被极限压缩甚至需要挪压板二次接刀加工; 底板毛坯本身存在不平度, 还会造成装夹变形、加工过程中震刀的问题。

经对比各种装夹方式, 最终选择自主研发设计专用磁力夹具系统。该系统包含自制定位工装和固定在自制工装上竖直放置的成套电永磁吸盘, 吸盘上安装有数量众多的浮动磁块。只需将工件吊至靠近吸盘, 落在下方的定位块上, 快速自动找正工件, 充磁、退磁即可实现快速装夹、松开, 较好的解决了装夹时间长、压板无处摆放的难题, 降低工人劳动强度的同时,

减少安全风险; 且浮动磁块的使用, 有效改善装夹支撑的均匀性, 减少加工过程中的震动, 工件在自然状态下被吸紧, 可有效减少装夹变形, 提升工件精度, 为后面的组对、焊接工序提供保障。

该专用磁力夹具系统, 不仅可用于底板的铣削, 还可用于热板整体或其他板型零件的加工, 替代传统的弯板装夹工装, 摒弃传统的拧螺钉打压板操作, 有效降低工人劳动强度, 提升工件精度。

2.4 铣削式热板焊接工艺研究

热板传统的焊接方式为使用 CO_2 气体保护焊手工焊接, 操作者劳动强度大, 焊接质量容易受操作者技能水平、身体状态、心理因素等影响, 不够稳定。选择引入焊接机器人自动焊接技术, 替代传统的手工焊接, 大大减少操作者劳动强度, 稳定焊接质量, 降低岗位对操作者技能水平的要求。

2.4.1 焊接机器人焊接工艺参数研究

焊接机器人的焊接工艺参数对焊缝的质量起着决定性作用，因此，对热板焊缝进行焊接工艺参数试验，通过几组不同的焊接工艺参数对比实际焊接

结果，确定热板各个焊缝的各层焊接工艺参数。热板的焊缝均为角焊缝形式，焊接试验工艺参数如表 3、表 4 所示。

表 3 铣削式热板焊接试验工艺参数表（方案一）

焊缝名称	层数	道数	焊缝类型	电流 /A	电压 /V	焊速 / $(\text{mm}\cdot\text{min}^{-1})$	焊丝干伸长 /mm	摆动频率 /Hz	摆动范围 /mm	左停时间 /s	右停时间 /s
槽口焊缝	1	1	直线 +								
圆弧	250	26	400	20	1.5	2	无	无			
槽口焊缝	2	1	直线 +								
圆弧	250	26	300	20	1.5	2	无	无			
槽口焊缝	2	2	直线 +								
圆弧	220	26	300	20	1.5	2	无	无			
圆孔焊缝	1	1	圆弧	280	30	240	22	2	3	0.2	0.2
圆孔焊缝	2	1	圆弧	300	34	240	22	1.5	4	0.2	0.2
内外环缝	1	1	圆弧	240	28	300	22	2	2	0.2	0.2
内外环缝	2	1	圆弧	300	34	240	22	1.5	4	0.2	0.2

表 4 铣削式热板焊接试验工艺参数表（方案二）

焊缝名称	层数	道数	焊缝类型	电流 /A	电压 /V	焊速 / $(\text{mm}\cdot\text{min}^{-1})$	焊丝干伸长 /mm	摆动频率 /Hz	摆动范围 /mm	左停时间 /s	右停时间 /s
槽口焊缝	1	1	直线 + 圆弧	250	28	240	22	1.5	2	0.3	0.3
槽口焊缝	2	1	直线 + 圆弧	250	28	240	22	1.5	2	0.3	0.3
槽口焊缝	2	2	直线 + 圆弧	220	24	240	22	1.5	2	0.3	0.3
圆孔焊缝	1	1	圆弧	250	24	350	18	2	2	0.1	0.1
圆孔焊缝	2	1	圆弧	300	32	180	18	1.5	5	0.2	0.2
内外环缝	1	1	圆弧	250	24	300	18	2	2	0.2	0.2
内外环缝	2	1	圆弧	300	32	160	18	1.5	5	0.2	0.2

按上述焊接工艺参数焊接，焊后检查发现方案 2 的焊缝下榻较多，外观较差。经分析，焊丝干伸长较长，焊接电弧不稳定，此外焊接速度相对于焊接电流电压而言偏小导致焊接熔池下趟，焊后焊缝下榻。方案 1 焊后焊缝外观优于方案 2 的焊后焊缝外观，经检查员检查后符合焊缝要求。将角焊缝试板剖开后检查焊缝内部质量也合格，最终确定选择方案 1 的焊接参数。

2.4.2 焊接变形控制研究

传统热板是两面对称位置都有焊缝，为控制焊接变形，需来回打翻，两面轮流焊接。而铣削式热板的焊缝集中在一个面，焊接热输入都在一侧，焊接后会往一个方向上变形，变形量更大、更难控制，所以铣削式热板焊接的重点在于控制焊接变形。为了验证焊接变形的具体数值，在不打压板、只焊接外圈焊缝的情况下，测量热板外圈的变形量大于 10 mm。在实际生产过程中，焊缝编程是在焊前热板毛坯平整的状态下一次编程完成的，热板的焊接变形会使外圈翘曲向上 10 mm，而机器人程序记忆的焊接位置低于实际的焊接位置会发生干涉甚至碰枪，机器人则无法一次自动完成所有焊缝的焊接。若是压紧外圈，焊枪会与压板干涉，无法一次性的连续焊完外圈，且热板焊后需

水压试验合格，焊缝接头数量应越少越好。

根据出现的焊接变形问题，参考以往手工焊接变形控制经验，选择采用扣对的方式，通过工艺拉筋连成一体，焊接完成退火消除焊接应力以后再打开。具体操作为将两件热板的焊缝朝外，无焊缝侧贴合扣对在一起，外圆、内孔均增加若干工艺拉筋，焊接工艺拉筋不高于底板平面，避免干涉焊缝，退火消除应力后再使用破弧气刨清除工艺拉筋分开两件热板。

2.4.3 试验结果

使用表 3 方案 1 的焊接参数及两件扣对焊接方案对热板进行焊接，焊接变形在允许范围内，焊接时间为 4 h/件，焊缝外观检测合格，水压试验也合格，达到了预期的目标。

2.5 铣削式热板整体加工工艺研究

从图 2 的铣削式热板加工工艺流程可以看出，传统的热板整体加工工序步骤较多，流程复杂，加工机床种类多，中间周转次数也多，优化提升空间较大。在零件结构已定型的前提下，工艺优化提升的首选方案为工序集中方案。所谓工序集中是指每道工序尽可能多的加工内容，从而使加工内容集中在少数的几个工序中。这种生产方式有利于减少工序数量、简化生

产计划和生产组织工作,减少零件的周转,提高生产效率。

要想达到工序集中的生产方式,高效的数控机床

起到关键性的作用。初步工艺方案有三个,方案一为立式车铣复合加工中心,方案二为使用数控镗床以铣

表 5 工序集中加工方案对比

	立式车铣复合加工中心	数控镗床	数控龙门加工中心
装夹	容易	借助磁力夹具系统,装夹容易	容易
排屑	容易	容易	容易
加工效率	车功能时,效率高 铣功能时效率稍低,钻孔效率偏低	以铣代车,效率高	以铣代车,效率高
技改投入	铣 T 型槽需定制加强铣功能,成本高	较高	相对较低

代车,方案三为使用数控龙门加工中心以铣代车,各方案对比详见表 5。

从表 5 可以看出,以铣代车方案性价比较高,可以优先考虑在数控镗床和数控龙门加工中心上进行加工试验,验证以铣代车的效果。

2.5.1 数控镗床加工试验

借用加工底板流道的磁力夹具系统,在数控镗床上顺利完成热板的全部加工,铣完的热板平面度为 0.05 mm,平行度为 0.1 mm,满足图纸要求,无需再上磨床磨两个平面,进一步减少工序步骤,节约加工成本,缩短生产周期;其他所有精度尺寸也符合图纸要求。经过程序优化,最终加工时间为 12.8 h,达到预期目标。

2.5.2 数控龙门加工中心加工试验

2.5.2.1 装夹方案的确定

热板整体的加工为高精度零件加工,借鉴已有的底板流道加工磁力夹具系统经验,热板在数控龙门加工中心上也可以使用专用磁力夹具系统,大幅提升装夹效率;且热板为整个平面加工,使用磁力夹具系统无需挪压板二次接刀加工;浮动磁块的使用,有效改善装夹支撑的均匀性,使热板在自然状态下被吸紧,有效减少装夹变形,提升热板加工精度。

2.5.2.2 加工试验

通过在数控龙门加工中心上进行热板以铣代车加工试验,铣完的热板平面度为 0.04 mm,平行度为 0.08 mm,满足图纸要求,无需再上磨床磨两个平面,进一步减少工序步骤,节约加工成本,缩短生产周期;其他所有精度尺寸也符合图纸要求。经过程序优化,最终加工时间为 12.5 h,达到预期目标。

2.5.3 试验结果

在数控镗床和数控龙门加工中心上都可以使用磁力夹具系统高效的加工出符合图纸要求的热板,且无

需再上磨床磨两个平面,进一步减少工序步骤,节约加工成本,缩短生产周期;最终加工时间都在 13 h 以内,达到预期目标。生产可根据产能情况灵活安排加工机床。

3 结论

铣削式热板比传统热板结构简单,零件数量从八种类型二十几个零件减少到两个零件,工艺流程大大简化。针对新型铣削式热板从拉手件加工、焊接、整体加工等各个工序进行全流程工艺研究,通过加工试验验证数控镗床加工底板流道的优越性,有效解决了排屑的难题。经过加工程序的优化,将某规格底板流道的铣削时间缩短至 4 h/件,降低加工成本。引入焊接机器人替代传统的手工焊接,降低工人劳动强度、提升焊接效率;采用工序集中的方法,将热板的加工时间由原来的多工序 21 h 缩短至一道工序 13 h 以内完成全部加工,提高加工效率、降低生产成本、减少周转次数。引入并推广使用磁力装夹技术,大大减少工人劳动强度,提升工件装夹效率和加工质量。

从图 5 优化后的铣削式热板加工工艺流程图可以看出,与优化前的加工工艺相比,工序步骤大大减少,将热板的生产周期从 15 天减少至 7 天,引入先进的数控加工技术,提升企业智能制造水平,增强企业的技术实力和市场竞争力,使企业在激烈的市场竞争中占据有利地位。

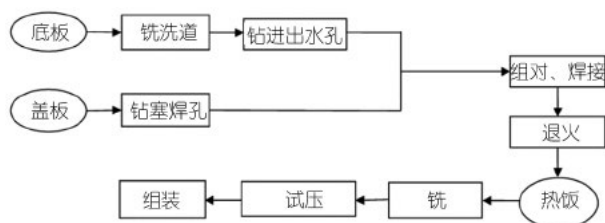


图 5 优化后的铣削式热板加工工艺流程图

Liu Qianwei

Abstract: This paper introduces a study on the processing technology of a new milling-type hot plate for tire molding curing presses. Through processing experiments, the effects of different processing methods on the milling bottom plate flow channel were explored, and the optimal processing plan was determined through comparison. At the same time, a clamping method was independently designed and developed, introducing advanced magnetic clamping technology to effectively solve the problem of vertical clamping of plate-type parts. In addition, automatic welding technology using welding robots was adopted to reduce the labor intensity of workers and stabilize the welding quality. Through a process concentration method, the overall processing technology of the hot plate was optimized and improved, greatly reducing the number of process steps and improving processing efficiency and part accuracy.

(R-03)

Cambodia's tire exports exceeded 659 million US dollars in the first half of the year

柬埔寨海关与税务总局发布的数据显示，轮胎产品正迅速跻身出口主力阵营，显示出该产业在全球市场中逐步扩大影响力。

对此，柬商务部国务秘书兼发言人班速威杰指出，轮胎出口的快速增长是政府推动出口多元化和制造业升级的积极成果。他表示，发展新兴制造产业、拓展区域与国际市场是柬埔寨提升经济韧性和外汇创收能力的重要战略方向，而汽车轮胎产业正逐步成长为国家工业发展的支柱之一。

据柬埔寨商业部统计，2024 年柬埔寨汽车轮胎出口额达 8.7 亿美元，较 2023 年的 3.8 亿美元，增长了 129%。轮胎制造业正在迅速成为柬埔寨经济增长的重要驱动力，尤其是在橡胶产业的发展上发挥着关键作用。

目前，柬埔寨已吸引5家外国轮胎制造企业设立生产基地，所有企业均来自中国。已有3家轮胎厂投入运营，分别是位于柴桢省巴域市的赛轮轮胎、西哈努克省的通用轮胎，以及桔井省的双星轮胎。

此外,2025年1月,万力轮胎柬埔寨生产基地举行了奠基仪式。该项目位于柴桢省新巴域特区,分为两期建设,其中一期投资约2.39亿美元,总占地面积约32公顷。建成后,年产600万条半钢子午线轮胎的生产能力将逐步实现。另外,柬埔寨发展理事会(CDC)去年批准正道轮胎投资项目,预计年产600万套半钢子午线轮胎及120万套全钢子午线轮胎,并已于2024年实现投产。2025年1月9日,正道轮胎二期“年产150万套全钢子午线轮胎”项目完成备案,预计投产后柬埔寨基地总产能将提升至870万套。

(R-03)

