

# 涂层转移法精密铸造技术在子午线轮胎模具制造中的应用

丁文江 翟春泉 徐小平 卢晨

(上海交通大学材料工程系 200030)

杨光大

(上海轮胎橡胶集团公司 200002)

**摘要** 子午线轮胎模具计算机辅助快速制造系统是由CAD技术、快速成型技术、涂层转移法精密铸造技术、材料技术等多项高新技术组合而成的一项独特的先进制造技术,该系统充分利用液态材料成型任意性和高再现性的特点,具有适应性强、重复性好、加工周期短、制造成本低的特点。

**关键词** 子午线轮胎模具,快速成型,精密铸造,计算机辅助设计

子午线轮胎的飞速发展,促进了子午线轮胎模具制造技术的发展,传统的机械加工制造轮胎模具的方法正在被精密铸造的方法取代。目前,国际国内大都采用石膏型精密铸造方法制造轿车子午线轮胎铝花块,采用陶瓷型精密铸造方法制造载重子午线轮胎球墨铸铁花块。上述工艺的控制环节多,石膏型精密铸造的主要缺点是石膏的膨胀及收缩会引起尺寸变化而造成精铸铝花圈的尺寸超差,而且烘烤周期长,对轮胎花纹结构敏感;陶瓷型精密铸造的缺点是尺寸精度低,难以清理。因此,研究和开发一种能克服上述缺点的工艺技术,对子午线轮胎模具制造具有十分重要的意义。

上海交通大学材料工程系开发出了具有我国自主知识产权的子午线轮胎模具计算机辅助快速制造系统。此系统充分利用液态材料成型任意性和高再现性的特点,具有适应性强、重复性好、加工周期短和制造成本低的特点。目前该系统已为上海轮胎橡胶集团公司加工制做了桑塔纳轿车用的子午线轮胎模具,其应用前景十分广阔。

## 1 涂层转移法精密铸造工艺过程

传统的铸造方法是型芯从芯盒(或硅胶模)内取出后,为了进一步提高其表面光洁度,在型芯表面刷、喷、浸或流淌涂料(图1-a),这种方法能改善铸件表面光洁度,但由于难以涂刷均匀,或在边角处堆积,或在表面残留刷痕,很难达到子午线轮胎模具生产的要求[一般要求表面粗糙度 $< 5\mu\text{m}$ ,尺寸精度 $(500 \pm 0.2)\text{mm}$ ]。根据我们的测定,无论工艺如何控制,喷或刷的涂层厚度波动至少为 $0.3\text{mm}$ ,子午线轮胎模具精度很难控制。

另外,喷涂料时,由于型砂的强烈吸水作用,涂料在型芯表面堆积,涂层是自由形成的粗糙表面,难以达到子午线轮胎模具要求的表面光洁度。

涂层转移法精密铸造彻底克服了上述缺点(基本方法见图1-b)。它先将涂料用适当的方法涂在模型上,然后在涂料上面填充造型材料,固化后,涂层自发地转移至型芯表面,脱去模型后便得到上好涂层的型芯。由于涂层完整地复制了模型表面的形状和光洁度,子午线轮胎模具表面光洁度和尺寸精度都得到了保证,而且足够厚的涂层提供了良好的耐火度和强度。这种方法的优点显而易见:与石蜡铸造相比,没有蜡模的变形,可以

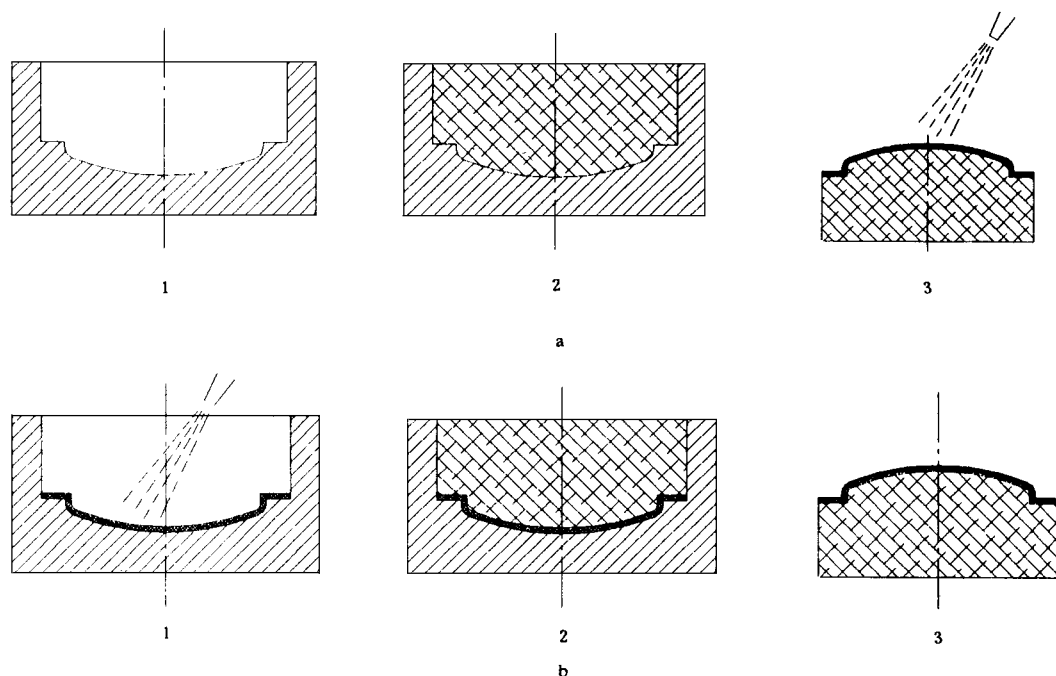


图1 传统铸造法和涂层转移法工艺流程示意图

明显提高铸件的尺寸精度;与石膏型精密铸造相比,没有石膏膨胀和收缩引起的尺寸变化及耐火度低,可以铸造铜、铁和钢铸件;与陶瓷型精密铸造相比,没有陶瓷型难以清理、尺寸精度低的缺点。涂层转移法精密铸造可以得到表面质量高,尺寸精度好的优质铸件,

生产周期短,成本低。

## 2 子午线轮胎模具精密铸造技术工艺过程

子午线轮胎模具精密铸造系统的主要工作流程见图2。

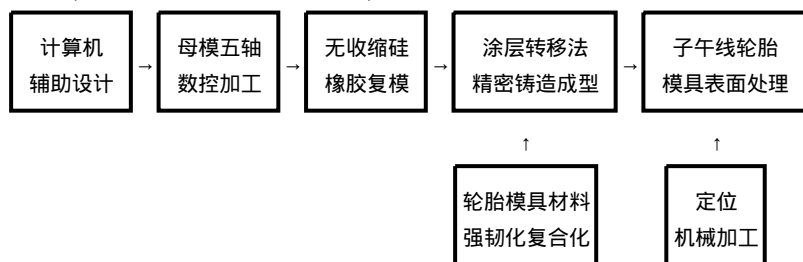


图2 子午线轮胎模具涂层转移法精密铸造系统工作流程

### (1) 计算机辅助设计

根据轮胎厂提供的图纸,在计算机上进行子午线轮胎模具花纹块的设计和几何造型,确定分割线、收缩余量及加工余量,将生成的母模处理成数控加工指令文件,送达五轴加工中心,快速加工子午线轮胎模具母模。

### (2) 母模五轴数控加工

由于子午线轮胎的胎面为两个双曲面,再加上复杂的向心花纹沟,因而必须用五轴数控铣床加工。为加快母模的加工速度,母模采用切削性能良好的合成树脂材料,加工好的树脂母模,经三坐标测量无误后,即进行无收缩硅橡胶复模工序。

### (3) 无收缩硅橡胶复模

所采用的硅橡胶是无收缩加成型硅橡胶。如果硅橡胶一旦产生收缩,所有的尺寸都会发生变化,将会导致前功尽弃,因此硅橡胶的复制及保存均应在恒定的温度范围内进行。

#### (4) 涂层转移法精密铸造

将涂料喷涂在硅橡胶模上,然后在振动造型设备上充填造型材料,固化后,涂层自发地由硅橡胶模转移至铸型表面,脱去硅橡胶模后便得到上好涂层的铸型,硅橡胶模的尺寸及表面光洁度都完整地复制在铸型上,经过 200 °C 烘烤 2h 后,进行铸型的拼装,将液态金属浇铸后,即完成了精密铸造,其中的液态金属根据需要,可以是钢,也可以是球墨铸铁、合金铸铁或铝合金。

#### (5) 模具材料的强韧化和复合化

子午线轮胎模具材料(金属合金)的强韧化是指利用在合金中添加元素或结晶核心,改变凝固过程或热处理等手段提高模具材料的性能。

子午线轮胎模具材料的复合化是指在合金中添加其它材料,组成复合材料,如添加陶瓷颗粒提高耐磨性,添加石墨提高自润滑性

和添加空心陶瓷纤维提高透气性等,改变和提高模具材料的性能。

#### (6) 定位机械加工

将经稳定热处理后的金属花圈确定定位中心,进行必要的机械加工,完成模具的装配及检测。

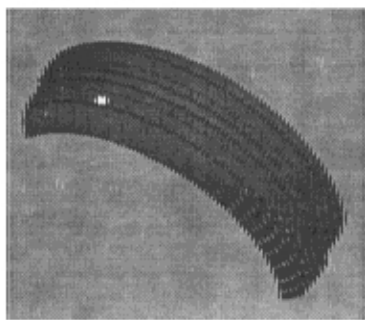
#### (7) 模具的表面处理

子午线轮胎模具在使用过程中,由于橡胶硫化时易在模具表面粘连,因此,一般在硫化 2 000 条轮胎后,要对模具中的花块、胎侧板进行清理,费时、费工,而且容易磨损模具。为此对轮胎模具进行表面处理,经处理的轮胎模具工作寿命至少为 1 万条次,最长达 1.5 万条次。

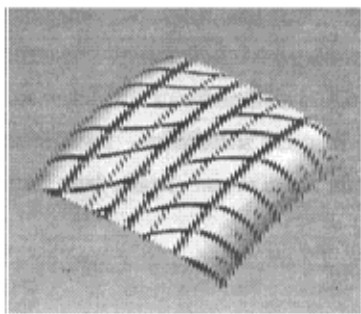
涂层转移法制作的子午线轮胎模具精度见附表,计算机造型见图 3,实物见图 4。

附表 子午线轮胎模具达到的精度

| 模具尺寸范围/mm  | 模具精度/mm   | 表面光洁度/ $\mu\text{m}$ |
|------------|-----------|----------------------|
| 10~ 200    | $\pm 0.2$ | 3.2                  |
| 200~ 500   | $\pm 0.3$ | 6.3                  |
| 500~ 2 000 | $\pm 0.5$ | 6.3                  |



a



b

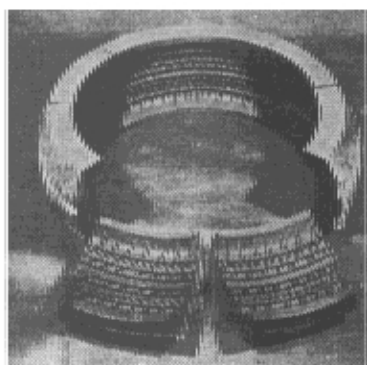
图 3 子午线轮胎模具的计算机造型图

a—轮胎计算机造型效果图; b—轮胎模具母模加工造型图

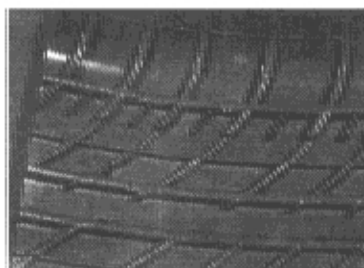
### 3 结语

子午线轮胎模具快速制造系统是由计算机辅助设计技术、五轴数控加工技术、无收缩硅橡胶复模技术、涂层转移法精密铸造技术、

合金强韧化和复合化及表面处理技术等多项高新技术组合而成,已经在子午线轮胎模具的生产中得到了应用,生产周期短,制造成本低,完全可以取代石膏型和陶瓷型铸造轮胎模具生产工艺,应用前景十分广阔。



a



b

图 4 涂层转移法精密铸造的子午线轮胎模具

a—轮胎模具整体; b—轮胎模具局部

收稿日期 1997-02-10

## Application of Coat Transfer Precise Casting Technology to Manufacture of Radial Tire Mold

*Ding Wenjiang, Zhai Chunquan, Xu Xiaoping and Lu Chen*

(Shanghai Jiaotong University 200030)

*Yang Guangda*

(Shanghai Tire and Rubber Group Co. Ltd. 200002)

**Abstract** The fast manufacturing system of radial tire mold in which CAD, fast cast form technology and material technology are combined is a unique advanced manufacturing technology. The system takes advantage of arbitrary and repeatable characteristics of liquid materials for forming resulting in good suitability, short manufacture period and low cost.

**Keywords** radial tire mold, fast forming, precise casting, CAD

### 日本轮胎用橡胶量趋减

据日本汽车轮胎协会公布的预测, 1997 年日本的轮胎用橡胶总需求量将为 106 万 t, 将比 1996 年减少。新车用轮胎将随着成品车生产的减少而减少, 出口用轮胎生产也将因为原材料价格上涨而下降。

该协会预测, 今年新车轮胎生产用橡胶量预计为 20.6 万 t, 出口轮胎用橡胶量预计为 43.2 万 t, 将分别比去年减少 2% 和 1.7%。随着汽车使用量的增加和车龄的增长, 预计供修理轮胎用橡胶量将增加 0.8%。

(摘自《中国化工报》, 1997, 2, 24)