

# 橡胶制品硫化内压及模腔内温度的影响因素探讨

吕秀凤,张 湘,唐飞宇,张俊荣,郭春杰

(株洲时代新材料科技股份有限公司,湖南 株洲 412007)

**摘要:**以注射成型橡胶-金属制品为例,研究橡胶制品硫化内压及模腔内温度的影响因素。结果表明:在橡胶制品注射成型中胶料起到介质的作用,平衡模腔内金属骨架等材料的升温速度;胶料的炭黑种类及用量、硫化体系、活化体系对橡胶制品硫化内压影响较大,对模腔内温度影响较小;胶粘剂M538与胶料的硫化匹配性良好;模具密封胶可以提高橡胶制品硫化内压,有利于提高橡胶制品的稳定性。

**关键词:**橡胶制品;注射成型;硫化内压;模腔;温度;模具密封胶

**中图分类号:**TQ330.6 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-5448(2018)06-39-04

众所周知,温度、时间、压力是橡胶硫化的三要素,缺一不可。但在橡胶制品研发过程中,通常会将硫化温度和硫化时间作为调整产品性能的主要工艺参数,而对于硫化压力,则认为一旦机台选定,压力就可以得到保障。

实际上,硫化压力和硫化内压有着本质的区别。硫化压力是指橡胶制品硫化时机台施加的压力,其目的是使胶料在模腔中充分流动以充满模腔,提高胶料与骨架材料的附着力和制品的致密性,防止制品产生气泡,改善制品的物理性能。硫化内压则与胶料填充量、机台压力、硫化温度等工艺参数密切相关,是指在橡胶硫化过程中,模具加热及硫化反应释放热量所带来的温度升高,使橡胶分子膨胀及自由体积膨胀带来的作用力,其对产品性能也同样重要<sup>[1]</sup>。在实际工作中也发现,胶料组分和模具密封胶也是影响硫化内压的关键因素。

本工作以两种注射成型橡胶-金属制品为例,对影响硫化内压和模腔内温度的因素进行验证性研究,以更好地了解产品硫化过程。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),牌号CV60,马来西亚产品;半补强炭黑N774,美国卡博特公司产品;炭黑N330,

天津海豚炭黑发展有限公司产品。

### 1.2 试验配方

1<sup>#</sup>配方:NR 100,炭黑N774 55,活性剂6,硫黄 4.5,促进剂CBS 0.6,加工助剂 1。

2<sup>#</sup>配方:NR 100,炭黑N330 40,活性剂6,硫黄 4.5,促进剂CBS 0.6,加工助剂 1。

3<sup>#</sup>配方:NR 100,炭黑N774 55,活性剂6,硫黄 2.2,促进剂CBS 0.7,促进剂DM 0.8,加工助剂 1。

4<sup>#</sup>配方:NR 100,炭黑N774 55,活性剂12,硫黄 4.5,促进剂CBS 0.6,加工助剂 1。

5<sup>#</sup>配方:NR 100,炭黑N330 55,活性剂6,硫黄 2.2,促进剂CBS 0.7,促进剂DM 0.8,加工助剂 1。

### 1.3 主要设备和仪器

K4型90 L密炼机,英国法雷尔公司产品;K-450型开炼机,宜兴阳昇机械有限公司产品;400 t注射机,衡阳华谊机械有限公司产品;MD-3000A型无转子硫化仪,高铁科技股份有限公司产品;50 t平板硫化机,萍乡无线电专用设备厂产品;HGXLPT2800型压力温度测试仪,西南自动化研究所产品;204F1型差示扫描量热仪(DSC),耐驰科学仪器商贸(上海)有限公司产品。

### 1.4 金属骨架表面处理

金属骨架表面处理工艺:超声波脱脂→干燥→喷砂→除尘→涂胶粘剂→烘干线干燥→包装。所用胶粘剂为M538。

**作者简介:**吕秀凤(1982—),女,山东菏泽人,株洲时代新材料科技股份有限公司工程师,硕士,主要从事减震降噪橡胶制品的研发工作。

**E-mail:**lvxf1@csrzc.com

### 1.5 试样制备

胶料采用密炼机混炼,混炼胶停放16 h后在开炼机上返炼,下片。用裁刀将适宜质量的胶料冷切成60 mm×9 mm的胶条,将胶条放入注射机进料口,按照 $160\text{ }^{\circ}\text{C}\times t_{90}$ 的条件在50 t硫化机上硫化。

### 1.6 测试分析

(1) 模腔内温度:在模具密封良好的条件下进行,测试注胶和不注胶情况下金属骨架芯轴、金属外套(见图1)和橡胶制品的温度随时间的变化。

(2) 硫化内压:硫化内压测试在模具密封良好的条件下进行,在模具中模开设内压测试孔,用于插入压力传感器(见图2)。在硫化时间内,压力传感器测试胶料膨胀压力,记录橡胶制品硫化内压随硫化时间的变化。

(3) 硫化特性:采用无转子硫化仪测定胶料的硫化工艺参数,测试温度为 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 邵尔A型硬度:按照相应的国家标准进行测试。

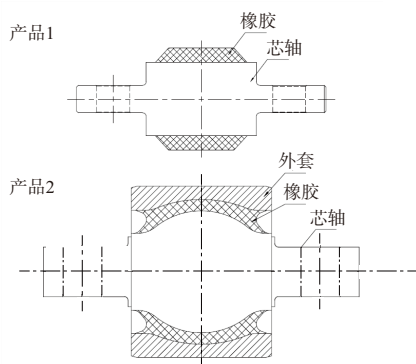


图1 产品结构示意

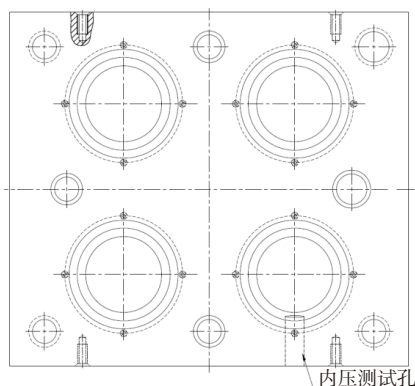


图2 硫化内压测试模具示意

## 2 结果与讨论

针对图1中产品1,注射机螺杆和料筒温度均设置为 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,硫化机上下平板温度均设置为 $(175\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,硫化时间为30 min,注胶量为200 g。

### 2.1 注胶对芯轴和外套温度的影响

空模及注胶条件下模腔内芯轴和外套的温度随时间的变化曲线见图3。

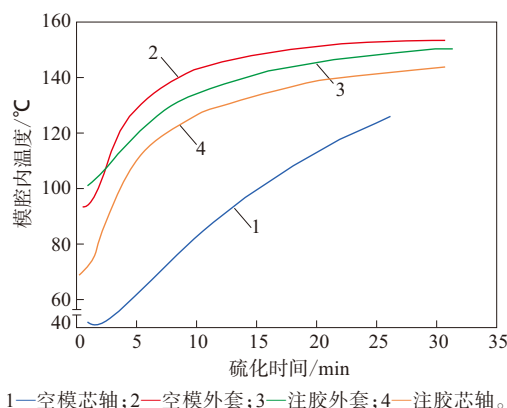


图3 芯轴和外套温度随时间变化的曲线

从图3可以看出,空模测试时,芯轴温度一直处于直线上升状态,在23 min时,温度仅 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,而外套温度在3.7 min时达到 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,18.8 min时达到 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,之后保持平衡。这可能是因为芯轴放入模具后,不注胶的状态下中间部位处于悬空状态,仅依赖于芯轴两端和模腔内的热空气升温,所以升温速度较慢,而外套则直接与模具接触而加热,升温速度较快。但是注胶之后,芯轴温度上升速度明显加快,在7.5 min时达到 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,22 min达到 $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,之后逐渐升温在30 min时达到 $148.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;外套升温速度则明显降低,在5 min时达到 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,13.8 min时达到 $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,之后逐渐升温最终在30 min达到 $150.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这可能是因为胶料注射到模腔内的温度一般在 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,起到介质的作用,使温度较低的芯轴升温加速,而温度较高的外套升温速度降低。从而使胶料与芯轴和外套的温度变化在时间上达到平衡。

### 2.2 胶料主要组分对橡胶制品硫化内压和模腔温度的影响

测试炭黑种类和用量、硫化体系以及活性剂用量对胶料硫化特性和橡胶制品硫化内压、模腔温度的影响,结果分别见表1和图4。

表1 不同配方胶料的硫化特性和硬度

| 项 目                                     | 配方编号           |                |                |                |                |
|-----------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                         | 1 <sup>#</sup> | 2 <sup>#</sup> | 3 <sup>#</sup> | 4 <sup>#</sup> | 5 <sup>#</sup> |
| $F_L / (\text{dN} \cdot \text{m})$      | 1.94           | 2.95           | 2.70           | 2.19           | 3.04           |
| $F_{\max} / (\text{dN} \cdot \text{m})$ | 25.10          | 23.11          | 21.18          | 26.54          | 24.53          |
| $t_{s2} / \text{min}$                   | 2.02           | 1.92           | 1.18           | 2.27           | 1.13           |
| $t_{90} / \text{min}$                   | 6.17           | 6.07           | 3.28           | 6.95           | 3.78           |
| 邵尔A型硬度/度                                | 56             | 56             | 56             | 56             | 62             |

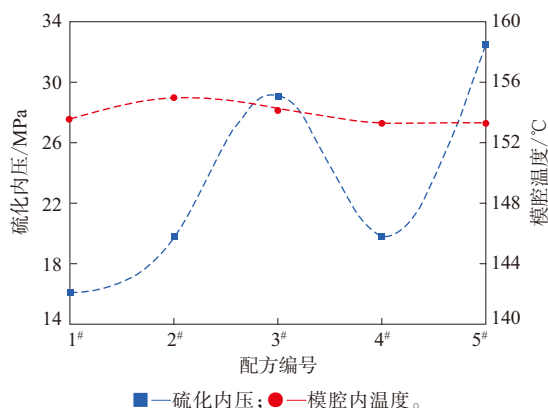


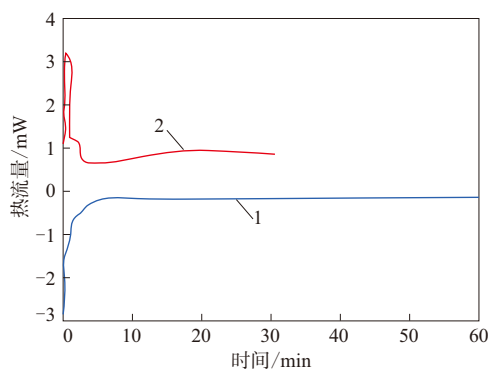
图4 不同配方胶料的橡胶制品硫化内压和模腔温度

从表1和图4可以看出,1<sup>#</sup>,2<sup>#</sup>配方胶料的 $t_{s2}$ 和 $t_{90}$ 相差不大,在硬度相同的情况下,2<sup>#</sup>配方胶料的橡胶制品硫化内压值高于1<sup>#</sup>配方胶料。推测可能是因为炭黑N330的粒径小,在胶料受热膨胀过程中摩擦生热较多。3<sup>#</sup>配方胶料橡胶制品硫化内压值明显高于1<sup>#</sup>配方胶料,也就是说,相对于硫化体系1(4.5份硫黄和0.6份促进剂CBS)胶料,硫化体系2胶料(2.2份硫黄、0.7份促进剂CBS和0.8份促进剂DM)可以产生较高的内压。结合硫化体系2的 $t_{s2}$ 和 $t_{90}$ 都明显较短的现象,认为硫化速度快的胶料产生的硫化内压大。对比1<sup>#</sup>配方胶料和4<sup>#</sup>配方胶料发现,加倍使用活性剂会使胶料焦烧时间和硫化时间稍微延长,硫化程度相对增大,对橡胶制品硫化内压有一定影响。不同配方胶料的橡胶制品硫化模腔温度差异不大,这表明研究因素对模腔温度的影响很小。

### 2.3 胶粘剂M538的热分析

胶粘剂M538在不同温度下的DSC曲线见图5。

从图5可以看出,在120℃下,胶粘剂M538在60 min内未能反应,而150℃下则在1~2 min完成反应,所以胶粘剂M538的反应温度在120~150℃



反应温度:1—120℃;2—150℃。

图5 胶粘剂在不同温度下的DSC曲线

之间,而NR的适宜反应温度是143℃<sup>[2]</sup>。因此,胶粘剂M538与胶料的硫化匹配性良好。

### 2.4 模具密封胶对橡胶制品硫化内压的影响

采用图1中产品2(采用1<sup>#</sup>配方胶料)进行硫化内压和产品刚度测试发现,模具密封胶有利于提高硫化内压,且密封胶好的模具生产的产品刚度较大。胶料硬度相同时,采用密封胶的模具的产品径向刚度从110 N·mm<sup>-1</sup>提高到140 N·mm<sup>-1</sup>,且刚度性能稳定,这与穆洪帅等<sup>[3]</sup>的研究结果一致。说明硫化内压对提高产品质量有很大的帮助。

## 3 结论

(1)在橡胶制品注射成型中,胶料可以起到介质的作用,平衡模腔内金属骨架等材料的升温速度。

(2)胶料的炭黑种类及用量、硫化体系、活化体系对橡胶制品硫化内压影响较大,对模腔内温度影响较小。

(3)胶粘剂M538与胶料的硫化匹配性良好。

(4)模具密封胶可以提高橡胶制品硫化内压,有利于提高橡胶制品的稳定性。

### 参考文献:

- [1] 程志,吴卫东.硫化工艺对轴箱弹簧硫化内压及性能的影响[J],特种橡胶制品,2014,35(6):51-54.
- [2] 杨清芝.实用橡胶工艺学[M],北京:化学工业出版社,2005:19.
- [3] 穆洪帅,翟继芹.硅橡胶制品硫化内压的影响因素及设计要点[J].世界橡胶工业,2015,42(11):27-30.

收稿日期:2017-11-30

## Factors Influencing Internal Pressure and Mold Temperature of Rubber Vulcanization

LYU Xiufeng, ZHANG Xiang, TANG Feiyu, ZHANG Junrong, GUO Chunjie

(Zhuzhou Times New Materials Technology Co., Ltd., Zhuzhou 412007, China)

**Abstract:** The factors influencing the internal pressure and mold temperature of rubber vulcanization were studied by taking the injection molding of rubber-metal product as an example. The results showed that during the injection molding process rubber compound played the role of heat transfer medium which balanced the heating rate of the metal skeleton materials in the mold. It was found that the type and amount of carbon black in the rubber compound, vulcanization system and activation system of the compound had a big influence on the internal pressure of the molding process, but only a little influence on the temperature inside the mold. Adhesive M538 showed good curing matching with the rubber compound. Use of mold sealant could increase the internal pressure during the vulcanization and improve the stability of the vulcanized rubber products.

**Key words:** rubber products; injection molding; curing internal pressure; mold cavity; temperature; mold sealant

### 米其林高端摩托车轮胎正式进驻中国市场

中图分类号:U463.341<sup>+</sup>.6 文献标志码:D

2018年4月10日,米其林宣布其旗下高端摩托车轮胎产品正式进入中国市场,其阵容覆盖运动、运动休旅、巡航等多种类型,此举将丰富我国摩托车爱好者的骑行体验,并凸显米其林发力中国高端摩托车轮胎市场的信心与实力。

我国作为摩托车生产和消费大国,2017年摩托车产量和出口量实现双增长。同时,国内消费者对高端摩托车的需求日益攀升。

“米其林洞察到了这一潜在趋势,决定将米其林摩托车轮胎系列产品引入中国,为摩托车爱好者提供高品质轮胎和服务。”米其林(中国)投资有限公司总裁方诺德(Bruno de Feraudy)先生表示,“今后,我们将依托专业实力和创新科技,助力中国摩托车轮胎市场的发展,为爱车一族打造超越预期的骑行体验。”

得益于丰富的摩托车赛事经验与赛场科技,米其林研发团队经多年橡胶配方优化及产品测试,确保了旗下摩托车轮胎产品能满足多种骑行需求。

米其林发布了4款高端摩托车轮胎。

(1)运动轮胎:米其林Power RS摩托车轮胎采用源自赛车轮胎技术的双配方轮胎设计,具有卓

越的地面抓着性能,可以提供非凡的骑行体验。该轮胎还采用了米其林ACT+技术(可适应胎体技术),使得胎冠的弹性可保证直线加速的精准性,而胎肩的支撑则能保障良好的弯道稳定性。

(2)运动休旅轮胎:米其林Pilot Road 4摩托车轮胎采用了米其林XST+技术(X-沟槽技术),在寒冷、潮湿等严酷路况下都具有优异的地面抓着性能和刹车性能。

(3)巡航轮胎:米其林Scorcher系列摩托车轮胎作为哈雷摩托的原配轮胎,采用创新的橡胶配方,在干湿路面上均具备优越的抓着性能;采用柔性胎体,即使在蜿蜒路面上也能让爱车展现良好的舒适性与操控性。

(4)多用途休旅轮胎:米其林Anakee III摩托车轮胎采用独特的倒角形沟槽与锯齿状沟槽设计,可以增大轮胎接地面积,提供出色的地面抓着性能;无论单人驾驶或搭乘同伴,均能保证卓越的操控表现。

未来3年,米其林计划在中国与500多家经销商门店展开合作,并逐步建立米其林品牌形象店,以完善和拓宽销售渠道,为摩托车爱好者持续提供优质的产品和服务。

(本刊编辑部)