

全钢子午线轮胎活络模具传热性能分析

胡海明, 李新荣*, 王 芹

(青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061)

摘要: 根据实际温模载荷, 利用有限元分析软件对9.00R20和12.00R20全钢子午线轮胎活络模具进行传热模拟分析。结果表明: 原模具花纹块表面上侧温度比下侧温度高, 最高温度出现在花纹块中间偏上位置; 弓形座角度减小, 花纹块表面温差增大; 改变上盖闭滑板结构、中套气室位置、花纹块与弓形座配合方式及弓形座材料, 花纹块表面温差变化不大, 但是花纹块厚度对花纹块表面温差影响较大。

关键词: 全钢子午线轮胎; 活络模具; 花纹块; 传热; 温差; 有限元分析

中图分类号: TQ330.6⁺7; O241.82

文章编号: 1000-890X(2019)07-0547-04

文献标志码: A

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2019.07.0547

硫化是轮胎生产的最后一道工序, 在硫化阶段模具花纹块与胎面在胶囊压力下贴合并传热。轮胎模具在温模结束后型腔表面各点温度并不相同, 花纹块表面温差对胎面性能有重要影响。随着国内外汽车行业向绿色化、高速化发展, 轮胎模具结构也在不断发生变化, 由以前的两半模具发展到现在的活络模具, 并且结构还在不断改进和创新^[1-2]。

张柏军^[3]对轮胎模具进行温模阶段分析得出模具型腔表面温度达到平衡所用时间。胡海明等^[4]运用ADINA软件分析了弓形座结构对温模阶段型腔表面温度的影响。刘迎等^[5-6]运用ANASYS软件分析得出合体模具结构及热力耦合下温模阶段型腔表面温度的影响因素。

目前国内外对轮胎模具温度研究较少, 企业多数以手动测量或者以热电偶测试轮胎模具型腔表面温度, 测量结果不准确; 运用有限元软件对轮胎模具温模阶段进行模拟分析, 不仅能有效避免人工测量带来的误差, 也可避免意外事故的发生。

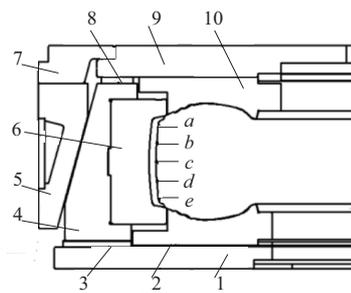
本工作对变结构的全钢子午线轮胎活络模具进行温模模拟分析, 所得结论可对设定硫化温度及设计模具结构提供参考。

作者简介: 胡海明(1964—), 男, 山东临沂人, 青岛科技大学教授, 硕士, 主要从事模具CAD的教学与科研工作。

*通信联系人(17863970670@163.com)

1 轮胎模具温模参数设置

本工作取1/10的全钢子午线轮胎模具结构, 运用三维软件UG建模并将其转化为ABAQUS软件所识别的x-t文件。进行正确温模分析后, 取花纹块表面分布均匀的5个点(见图1的a—e点)测其温度, 并改变轮胎模具相关结构, 与原模具比较温模后温差大小。



1—底座; 2—下侧板; 3—底座滑板; 4—弓形座; 5—中套; 6—花纹块; 7—上环; 8—上盖闭滑板; 9—上盖; 10—上侧板。

图1 花纹块表面所取5点示意

瞬态传热分析需设置材料密度、比热容及导热系数^[7-8]。为简化轮胎模具所用材料, 除弓形座采用QT450-10球墨铸铁及耐磨板(底座滑板和上盖闭滑板)采用Q235-A钢外, 其余部件材料均用45#钢。所用材料参数如表1所示(其中40cr合金调制钢为弓形座对比材料)。

全钢子午线轮胎模具温模时间设置为4.5 h, 初始增量步和最小增量步分别设为0.01和 1×10^{-5} h,

表1 传热分析所需材料参数

项 目	QT450-10 球墨铸铁	Q235-A 钢	45#钢	40cr合金 调制刚
密度/(Mg·m ⁻³)	7.06	7.86	7.89	7.87
比热容×10 ⁸ / [kJ·(kg·K) ⁻¹]	5.1	4.4	4.5	4.6
导热系数/ [W·(m·K) ⁻¹]	47	43	48	44

最大允许温度增量值为10℃。设置上盖上表面及底座下表面温度为150℃,中套气室温度为160℃,利用预定义场设置初始温度为20℃。

UG建模省略对温模影响较小的孔与倒角。网格划分时除弓形座因形状复杂运用四面体网格划分外,其余部件均用体切分命令划分为六面体网格,并设置网格属性为热传导;为方便接触面选取,运用面接触管理器设置接触面之间导热系数,当距离在0~0.1mm时,导热系数设为43W·(m·K)⁻¹,距离大于0.1mm时,导热系数设为0。

2 结果与讨论

2.1 9.00R20轮胎模具温模模拟分析

2.1.1 原模具

9.00R20轮胎原模具温模结束后模拟结果如图2所示。在温模4.5h后图1所示*a*—*e*点温度分别为153.665,154.163,154.254,153.940和153.344℃。

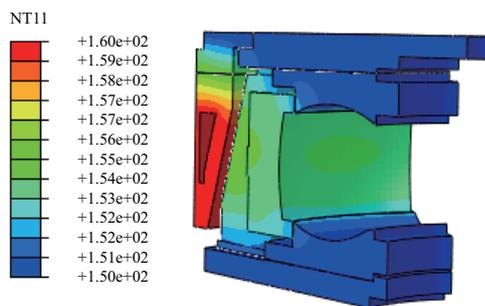


图2 9.00R20轮胎原模具温模模拟结果

可以看出:模具型腔内各点温度并不相同,上下侧板温度接近热板温度;花纹块表面温度低于中套气室温度,*a*与*e*点温差为0.321℃,花纹块表面上侧温度高于下侧温度,最高温度(*c*点)与最低温度(*e*点)相差0.91℃。

2.1.2 结构改变模具

2.1.2.1 上盖闭滑板变为扇形

闭滑板常用类型为矩形与T形。合模后热板

热量通过上盖经闭滑板传至弓形座悬臂,上盖闭滑板改为扇形后接触面积增大,温模模拟结果与图2相似;以同样方式测得在温模4.5h后图1所示*a*—*e*点温度分别为153.731,154.219,154.289,154.079和153.597℃。

可以看出,*a*与*e*点温差为0.134℃,花纹块表面上侧温度比下侧温度略高,最高温度(*c*点)与最低温度(*e*点)相差0.692℃。

2.1.2.2 弓形座角度改变

弓形座角度由32°改为25°,温模模拟结果与图2相似;以同样方式测得在温模4.5h后图1所示*a*—*e*点温度分别为153.605,154.176,154.201,153.858和152.971℃。

可以看出,弓形座角度变小后,花纹块表面*a*—*e*点温度与原模具相比略有变化,*a*与*e*点温差为0.634℃,花纹块表面上侧温度高于下侧温度,最高温度(*c*点)与最低温度(*e*点)相差1.23℃。在不影响轮胎最终硫化质量的同时,弓形座角度减小可增大材料利用率。

2.1.2.3 中套气室位置移动

不改变中套气室大小而将其上下移动,所得温模模拟结果与图2相似,中套气室位置移动对温模4.5h后图1所示*a*—*e*点温度的影响如表2所示。

表2 中套气室位置移动对温模后*a*—*e*点温度的影响/℃

位置移动	<i>a</i> 点	<i>b</i> 点	<i>c</i> 点	<i>d</i> 点	<i>e</i> 点
上移	153.834	154.204	154.312	153.915	153.546
下移	153.694	154.273	154.308	154.013	153.418

从表2可以看出:中套气室上移后,花纹块*a*与*e*点温差为0.288℃,花纹块表面上侧温度高于下侧温度,最高温度(*c*点)与最低温度(*e*点)相差0.766℃;中套气室下移后,*a*与*e*点温差为0.276℃,上侧温度高于下侧温度,最高温度(*c*点)与最低温度(*e*点)相差0.89℃。

2.1.2.4 弓形座与花纹块无腰带配合

弓形座与花纹块配合方式分为有腰带与无腰带两种类型,如图3所示。原模具采用有腰带弓形座与花纹块配合(配合面为*A*、*B*和*C*),现改为无腰带配合(配合面为*D*和*E*),温模模拟结果与图2相似;以同样方式测得在温模4.5h后图1所示*a*—*e*点温度分别为153.675,154.194,154.292,154.040

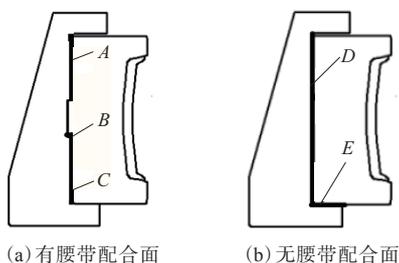


图3 弓形座与花纹块配合面示意

和153.476℃。

可以看出,改变弓形座与花纹块配合接方式,对花纹块表面温度略有影响,花纹块a与e点温差为0.199℃,花纹块表面上侧温度略高于下侧温度,最高温度(c点)与最低温度(e点)相差0.816℃。

2.1.2.5 弓形座材料改变

原模具弓形座材料为QT450-10球墨铸铁,具

有一定的抗温度急变性;弓形座材料改为40Cr合金调制钢,其具有良好的综合力学性能与缺口敏感性低的特点,可用于交变载荷工况,在温模4.5h后图1所示a—e点温度分别为153.649,154.145,154.237,153.924和153.331℃。

可以看出,弓形座材料为40Cr合金调制钢时,花纹块a与e点温差为0.318℃,花纹块表面上侧温度高于下侧温度,最高温度(c点)与最低温度(e点)相差0.906℃。

2.2 12.00R20轮胎模具温模模拟分析

结构改变为12.00R20轮胎模具结构,材料参数如表1所示,温模模拟结果与图2相似,测得在温模4.5h后图1所示a—e点温度及温差如表3所示。

从表3可以看出,12.00R20轮胎模具c与e点温

表3 12.00R20轮胎模具花纹块表面a—e点温度及温差

项 目	a点温度	b点温度	c点温度	d点温度	e点温度	a与e点温差	c与e点温差
原模具	154.542	155.352	155.505	154.923	154.099	0.443	1.406
结构改变模具							
扇形上盖闭滑板	154.436	155.254	155.420	154.856	154.039	0.397	1.381
25°弓形座	154.460	155.265	155.461	154.909	153.738	0.722	1.722
中套气室上移	154.618	155.380	155.437	154.767	154.250	0.368	1.187
中套气室下移	154.354	155.336	155.397	154.989	154.199	0.155	1.198
弓形座与花纹块无腰带配合	154.561	155.386	155.694	155.161	154.333	0.228	1.361
40Cr合金调制钢弓形座	154.550	155.358	155.446	155.700	154.116	0.434	1.330

差比9.00R20轮胎模具温差略大,且25°弓形座最高温度(c点)与最低温度(e点)相差最大。

3 结论

(1) 9.00R20轮胎模具花纹块厚,温差较小;12.00R20轮胎模具花纹块薄,温差较大。

(2) 弓形座角度对花纹块表面温差影响较大。

(3) 轮胎模具胎肩处温度比胎面处低。

(4) 要得到符合硫化工艺要求的模具型腔温度分布,合理设计模具部件结构并准确设定加热源分布方式是关键因素。

参考文献:

[1] 胡海明,夏鹏健,毛焯新,等.斜平面轮胎模具中套滑板磨损分析及

对轮胎胶边的影响[J].橡胶工业,2018,65(8):953-956.

[2] 姜馨.我国轮胎模具行业的发展状况与未来趋势[J].橡塑技术与装备,2014,40(3):12-16.

[3] 张柏军.基于数值模拟分析的轮胎活络模具结构优化[J].控制工程,2013,20(4):688-690.

[4] 胡海明,李新荣,赵昕.弓形座结构对轮胎模具温度场的影响[J].模具技术,2017(2):16-18.

[5] 刘迎,赵永瑞,潘川.轮胎模具整体结构的设计与数值模拟[J].模具工业,2017,43(7):20-24.

[6] 刘迎,赵永瑞,潘川.热分析与热力耦合分析的轮胎模具温度场分布[J].模具工业,2017,43(10):1-5.

[7] 江青松,柳和生,熊爱华,等.纤维增强薄壁注塑件翘曲变形耦合有限元分析[J].北京化工大学学报(自然科学版),2017,44(2):103-107.

[8] 何文斌,曾攀,张磊,等.基于有限元的400MN大型模锻压力机温度场分析[J].机械工程学报,2015,51(2):30-36.

收稿日期:2019-01-12

Analysis of Heat Transfer Performance of Flexible Mold for All-steel Radial Tire

HU Haiming, LI Xinrong, WANG Qin

(Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China)

Abstract: According to the actual temperature load, the finite element software was used to simulate the temperature field of flexible mold for 9.00R20 and 12.00R20 all-steel tires. The results showed that the temperature on the upper side of the pattern block surface was higher than that on the lower side, and the maximum temperature appeared on the upper middle of the pattern block. With the decreasing of the bowstring angle, the surface temperature difference of the pattern block increased, and it changed little by changing the structure of the upper cover, the position of center air chamber, the matching between the bowstring and pattern block, and the material of bowstring base. However, the thickness of the pattern block had great influence on the surface temperature difference of the pattern block.

Key words: all-steel radial tire; flexible mold; pattern block; heat transfer; temperature difference; finite element analysis

新型绿色浸渍材料和环保新技术发展大会在无锡召开 2019年6月13—15日,由中国化工学会橡塑绿色制造专业委员会和中国橡胶工业协会骨架材料专业委员会联合举办的新型绿色浸渍材料和环保新技术发展大会在无锡召开。业内专家、学者以及相关企业的技术人员和管理者170余人参加。

开幕式由中国化工学会橡塑绿色制造专业委员会副主任委员许春华主持,中国石油和化学工业联合会原会长李勇武、中国工程院院士欧阳平凯、中国化工学会副秘书长戴国庆、无锡宝通科技股份有限公司董事长包志方,中国化工学会橡塑绿色制造专业委员会主任委员张立群分别致词。

中国科学院院士费维扬在《创新驱动、推动绿色低碳发展》的报告中提出化工过程强化是一个重要的发展方向,技术创新所带来的实际经济效益源自新技术与基础工业的巧妙结合。通过产学研政金结合,协同创新,必将推动我国化学工业的绿色低碳发展。

随着各国环保法律法规的健全,绿色轮胎政策的落地实行,绿色环保型橡胶骨架材料浸渍剂成为各大工厂及研究机构关注的热点领域。蔚林新材料科技股份有限公司总经理王志强分享了《绿色环

保型浸胶液(WL-PU08)的研制与开发》的体会。目前橡胶骨架材料的粘合体系多采用间苯二酚-甲醛-胶乳(RFL)浸渍剂,该粘合体系自1935年开发以来一直沿用至今,是橡胶与纤维粘合最有效、最经济的粘合体系。但RFL浸渍剂以间苯二酚、甲醛等为原料,以氨水为终止剂,对相关操作人员健康影响很大,已被工信部列入被替代品。WL-PU08浸胶液以特种氨基树脂为核心材料,复配封闭性异氰酸酯、丁吡胶乳等材料组成,不含甲醛和间苯二酚,不使用氨水等,无毒无害,贮存期长达半年,无需进行现场合成及配制;其粘合试样断裂强力、H抽出力、断裂伸长率、附胶量等主要性能指标达到或超过RFL浸渍剂的水平,完全可以替代RFL浸渍剂,现已形成万吨级商业化产品规模。

太极实业新材料有限公司教授级高级工程师许其军介绍了RF-FREE环保型浸胶液的开发。新型RF-FREE环保型浸胶液配方无甲醛和间苯二酚,直接调配后使用。目前已开发了两代环保浸胶液配方,其产品性能均与RFL浸渍剂相当。

会上,贝卡尔特亚洲钢帘线技术中心、玲珑轮胎股份有限公司和山东胜通钢帘线有限公司等分别介绍了环保新材料和新技术的开发及应用。

(本刊编辑部 储 氏)