

数值模拟技术在轮胎成型过程中的应用

高明, 于飞, 谷宁, 吴春婧

(三角轮胎股份有限公司, 山东 威海 264200)

摘要:以有限元分析软件 Abaqus 为仿真计算平台, 模拟 215/35R18 轮胎第 1 段到第 2 段成型的全过程, 探讨成型过程中的定型压力、卡盘作业宽度和贴合鼓直径等成型参数对成型轮胎胎坯形状的影响, 并得到成型后胎坯的数值模型。该模型可应用于后续开展的预定型及硫化传热分析的研究。

关键词:轮胎; 成型; 有限元仿真

中图分类号: TQ330.6+6; TQ330.4+6 **文献标志码:** B **文章编号:** 1006-8171(2014)04-0237-03

成型工艺是将半成品部件通过成型机制成胎坯的过程, 是轮胎生产中的重要工序。半钢子午线轮胎的成型方法主要有二次法和二次法。本研究以有限元分析软件 Abaqus 为仿真计算平台, 进行轮胎成型过程的仿真分析工作, 模拟第 1 段到第 2 段成型的整个过程, 对成型过程中的定型压力、卡盘作业宽度和贴合鼓直径等工艺参数对成型质量的影响进行对比。结果表明, 本软件的仿真分析结果具有很大的技术价值和应用前景, 成型过程仿真可以辅助技术人员进行成型工艺条件的确定, 并对总施工表的合理性进行验证。同时, 本研究成果得到的数值模型经过处理已用于后续开展的硫化定型及硫化传热项目。

据了解目前普利司通和固特异等公司均已经开展轮胎成型过程仿真的研究工作, 但在国内还鲜有轮胎企业或科研机构开展该项课题的研究。由于该项目需要对生胶的本构关系及实验手段进行深入研究, 并在此基础上开发生胶的本构方程和合适的实验, 国内轮胎企业大都不具备该项技术和实验方法及手段。鉴于上述原因本研究使用通用的熟胶模型, 开展针对轮胎材料本构模型的研究工作, 试图利用最短时间找到适合的材料本构方程, 提供一个成型过程的仿真方法, 数据仅供参考。

作者简介:高明(1979—), 男, 山东费县人, 三角轮胎股份有限公司工程师, 学士, 主要从事轮胎力学研究工作。

1 成型部件处理

1.1 轮胎成型过程概述

成型工艺是将各部件组合压实的过程, 如图 1 所示。二次法成型分为第 1 段和第 2 段成型, 第 1 段成型是将气密层和胎体在成型鼓上成型, 将钢丝圈复合件固定到扣圈盘上进行反包, 然后根据定位将胎侧成型到反包后的组合件上, 最后滚压压实形成第 1 段胎筒; 第 2 段成型是把第 1 段胎筒固定在法兰盘上, 充气后将带束层和胎面复合件定型滚压成为胎坯。成型过程中涉及的机头宽度、贴合鼓直径、拉直距离、定型距离和定型压力等工艺参数是决定胎坯质量的关键因素。

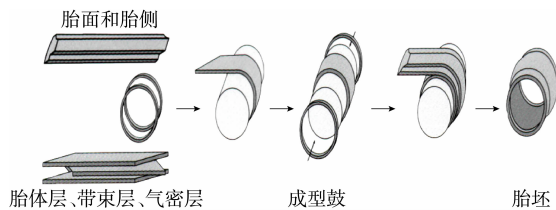


图 1 轮胎成型过程示意

1.2 成型过程中的问题及本课题的任务

由于成型工艺调整较为频繁, 设备精度对胎坯质量起决定性作用, 第 2 段传递环垂直度、圆度和定型卡盘同轴度等对轮胎均匀性影响较大。二次法成型存在的主要缺陷是不易保证扣圈时 2 个钢丝圈复合件的同心度, 胎体帘布容易在钢丝圈底部打褶, 导致胎体反包高度不一致, 反包端点不齐; 第 2 段成型时若手动安装胎筒, 胎筒中心和胎面带束层复合件中心不容易对正, 致使硫化后成

品轮胎的动平衡和均匀性水平较低。

目前轮胎成型过程涉及参数较多,工艺调整最为频繁。成功实现针对轮胎成型过程的仿真对轮胎制造企业具有重大意义,可获得技术和质量效益,得到真正意义上的数字化胎坯,从而更好地控制成型过程,调整成型工艺参数。在产品设计阶段实现对轮胎成型工艺参数的控制,甚至对后续的轮胎硫化工序各参数进行优化匹配。

2 成型过程部件建模

2.1 网格划分及处理

本研究主要针对第1段和第2段轮胎成型过程进行仿真建模,因此需要对所有部件进行网格划分。第1段成型时胎体复合件网格模型如图2所示,第2段成型时胎面复合件网格模型如图3所示。在进行胎体复合件的网格划分时需要特别注意的是在胎侧靠近胎圈位置的贴合部分网格需要细化,同时采用网格自适应技术,可达到较好的胎体复合件贴合效果。

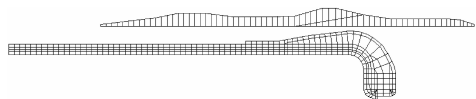


图2 第1段成型时胎体复合件网格模型



图3 第2段成型时胎面复合件网格模型

2.2 胎体复合件及胎面复合件的定位

胎体复合件主要根据胎体成型鼓的外直径进行定位,胎面复合件主要根据与传递环内直径的相互关系进行定位。胎体与胎面复合件的定位中心均为胎体鼓旋转轴的轴心,定位完成后胎体和胎面复合件在模型中的定位如图4所示,图中的(0,0)点为成型鼓的几何中心。

2.3 第1段成型结果处理

第2段成型仿真所需模型来自第1段仿真结果,本研究的思路是将第1段成型后得到的模型轮廓及复合件进行网格重画。编制后处理程序读取第1段仿真结果中的坐标数据,再利用程序将数据重新生成几何图形,然后将第1段几何数据和胎面复合件的几何图形重新定位并进行建模,这样可以保证得到网格形状良好的模型,避免因

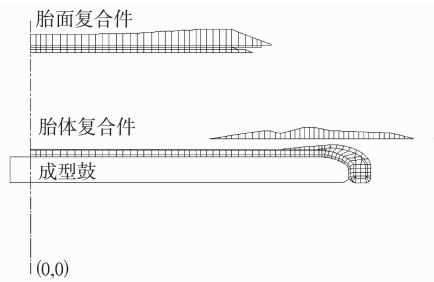


图4 胎体与胎面复合件在模型中的定位

为多次的网格重画及自适应使模型收敛困难。第1段成型结果经过网格处理后的数据模型如图5所示,胎侧与胎体之间接触边界位置的网格重新划分,并得到质量较好的网格模型。

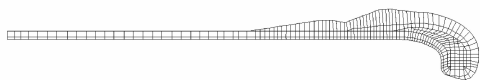


图5 第1段成型结果经过网格处理后的数据模型

3 结果分析

第2段成型仿真得到的胎坯形状如图6所示,由于本构方程的局限,对成型过程仿真数据进行力学等特性分析意义不大,因此本研究的主要目的是得到轮胎定型硫化仿真的胎坯模型,并探讨定型压力等工艺参数对成型胎坯形状的影响。将成型仿真的模型数据进行处理,得到了用于轮胎硫化定型及传热分析的胎坯网格,如图7所示。

3.1 卡盘作业宽度对成型效果的影响

卡盘作业宽度是轮胎第2段成型过程中的重要参数,对成型后的胎坯形状有一定影响,是成型时技术人员经常调试的成型参数之一。仿真得到不同的卡盘作业宽度对成型胎坯形状的影响,如图8所示。从图8看出,当卡盘作业宽度增大时,成



图6 第2段成型仿真得到的胎坯形状

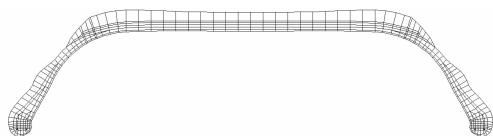


图7 用于轮胎硫化定型及传热分析的胎坯网格

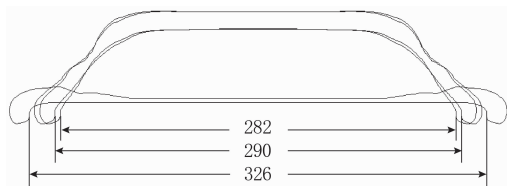


图8 不同卡盘作业宽度对成型胎坯形状的影响

型后的胎坯形状发生了变化,卡盘宽度越大,成型后胎坯的高度越大,胎坯高度增大且在胎肩位置弧度变小,这样的胎坯更利于硫化过程中的胶囊展开,且有利于减少硫化过程中窝气现象;卡盘宽度过大可能造成胎体反包高度的减小,从而影响轮胎胎侧刚度和造成端点部位损坏。因此在成型过程中应合理选择卡盘宽度,尽量减小该参数的调整梯度,否则可能对轮胎的动平衡和均匀性产生影响。

3.2 定型压力对成型胎坯的影响

轮胎成型过程中的充气定型压力也是影响胎坯形状的重要参数,为保持合理的胎坯形状,从而获得硫化时良好的动平衡及均匀性指标,需要选择合适的充气定型压力。根据工艺要求,在成型过程中我公司一般选取0.08~0.13 MPa的定型压力,为了研究不同定型压力对轮胎胎坯形状的影响,分别选取0.09和0.11 MPa对模型进行了仿真计算,胎坯的成型形状如图9所示。定型压力为0.11 MPa时,成型后胎坯的胎冠宽度比0.09 MPa时增加,同时胎坯的外直径也有一定的增加,且在胎冠部位外扩。经分析认为,增大成型时定型压力得到的轮胎胎坯形状相对较大,但

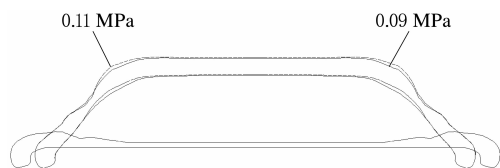


图9 定型压力为0.09和0.11 MPa时轮胎胎坯的成型形状

由于胎体的压延密度不变且总长度变化较小,增大定型压力成型后胎侧以上位置的胎体帘线密度会减小,胎坯形状变大使得带束层及胎体帘线中的预应力增大,硫化后轮胎的胎体和胎侧刚度会相应提高,因此,在成型过程中应该选择合适的定型压力,以更好地控制轮胎刚度及匹配特性。

3.3 胎体贴合鼓直径对成型胎坯的影响

轮胎成型贴合鼓直径是经常调试的成型参数之一,为了验证其对胎坯形状及变形趋势的影响,分别分析了贴合鼓直径为489及491 mm时胎坯的成型形状。不同贴合鼓直径对成型胎坯形状的影响如图10所示,虚线为贴合鼓直径为491 mm的胎体复合件及胎坯成型后形状。从图10中可以看出,贴合鼓直径为491 mm时成型后胎坯的外直径增加,胎冠宽度增大并外扩,成型后的胎坯形状整体变大。

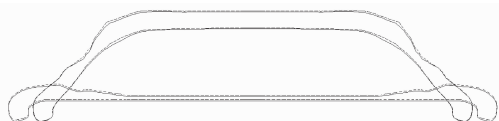


图10 不同贴合鼓直径对成型胎坯形状的影响

4 结语

本研究采用数值模拟方法对轮胎成型过程进行仿真分析,建立了胎面及胎体复合件数值模型,对影响胎坯成型形状的部分成型参数进行了分析。由于生胶本构关系及材料试验手段的缺乏,本研究只针对成型过程仿真方法进行初步探讨,并试图解决计算过程中网格收敛问题。本研究生成的数值模型已用于我公司的硫化定型仿真工作,并考虑在硫化温度场仿真中使用。本方法得到的胎坯模型还可用于胎体质量大小的控制,与OE(原装轮胎)配套进行相关的参数优化工作。

第7届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会论文

防弹轮胎及其制备方法

中图分类号:TQ336.1;U463.341 文献标志码:D

由山东永泰化工有限公司申请的专利(公开号 CN 103483649A, 公开日期 2014-01-01)“防弹轮胎及其制备方法”,涉及的防弹轮胎配方由丁苯橡胶、天然橡胶、白炭黑、碳纳米管、超细弹

簧钢丝、纳米二氧化硅、氧化锌、硬脂酸、抗氧化剂、操作油、硫化剂和促进剂组成。采用该配方生产的防弹轮胎具有耐磨、抗击穿、耐老化、易操控和抗褪色能力强等优点,即使被子弹或尖锐物体击穿,轮胎仍能运转,不影响车辆的正常行驶。

(本刊编辑部 马 晓)