

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.09.014

环氧树脂塑封过程残余应力研究

张锋,曹阳根,吴文云,安静,权非

(上海工程技术大学材料工程学院,上海 201600)

摘要:利用 Moldflow 和 Ansys 对环氧树脂塑封过程进行模拟,并且用应力偏光仪获得应力条纹,然后与模拟结果进行对比。结果表明,环氧树脂热固性塑料在完成塑封后,其残余应力基本呈均匀分布。然而由于条带和塑封体热膨胀系数不同,在条带和塑封体接触部位会形成应力集中。并发现塑封体的残余应力和塑封体与条带接触部位的最大残余应力会随着保压压力的增大呈线性降低趋势。残余应力的降低不仅能够保证尺寸精度,而且塑封件在使用时还能减少塑封体与条带开裂的可能性。

关键词:环氧树脂;残余应力;保压

中图分类号: TQ320 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)09-0055-03

Residual Stress Research of Epoxy Resin Encapsulation Process

Zhang Feng, Cao Yanggen, Wu Wenyun, An Jing, Quan Fei

(Shanghai University of Engineering Science, School of Material Engineering, Shanghai 201600, China)

Abstract : Moldflow and Ansys were used to simulate the process of epoxy resin encapsulation, moreover stress polariscope was used to get stress stripe and compare the simulation results. The results show that after the epoxy resin encapsulation is completed, the residual stress is equally distributed. However, due to the different heat expansion coefficient between the stripe and encapsulation body, the stress concentration is formed at the contact area of the stripe and encapsulation body. It is found that the residual stress of encapsulation body and the maximum residual stress of the contact area between the stripe and encapsulation body linearly decrease with the increase of the holding pressure. Residual stress reduction not only can guarantee the dimensional accuracy, but also can reduce the probability of cracking between stripe and encapsulation body in using.

Keywords : epoxy resin ; residual stress ; holding pressure

目前,塑料工业制造者越来越趋向于生产薄、轻、小以及环境友好的产品。然而在注塑过程存在的残余应力,却使得这一类的产品很容易产生收缩、翘曲等影响尺寸精度的不利效果。因此,应减少在注塑阶段的残余应力,尽可能保证注塑件的尺寸精度。注塑件的残余应力主要分为3种^[1-3]:流动残余应力、热残余应力和顶出残余应力。流动残余应力是由于在注塑阶段大分子相互缠绕从而使其在固化阶段有一种伸展的趋势,因而产生流动残余应力。热残余应力是由于在冷却阶段,零件表层和中间层凝固速度不一样而产生。而顶出残余应力是在脱模阶段在分型时产生的一种应力。这3种应力对注塑件影响最大的是热残余应力^[4],是注塑件变形的的主要原因。

笔者重点研究热固性环氧树脂(EP)在充填、保压、冷却阶段的残余应力,分析热固性塑料与热塑性塑料在残余应力分布方面的不同,并且找出保压压

力和残余应力之间的关系。在 Moldflow 和 Ansys 的基础上,开展实验研究进行论证。

1 模型建立及方案设计

塑封件 SSOP-20L 原型的模型如图 1 所示。它由两部分组成:条带(铜)和塑封料,塑封料是以 EP、固化剂、填料、促进剂、脱模剂、偶联剂、颜料等组份组成。在图中,有 4 个相同的方形塑封料封装体,其尺寸为:7.7 mm×5.3 mm×1.6 mm。

用 Moldflow 的微芯片封装模块进行模拟,工艺参数设定如表 1 所示,分析序列是填充、保压、翘曲,其中周期时间包括熔融时间 42 s,注射时间 10 s,固化和保压时间 228 s。在 Moldflow 中分析完之后将填充、保压、翘曲的结果导入到 Ansys 里再进行残余应力分析。以图 1 模型为基础,在 Ansys/Workbench 进行热固耦合分析,获得在冷却阶段的

联系人:张锋,硕士,主要从事超薄封装的工艺研究

收稿日期:2014-06-19

残余应力。基于上海工程技术大学自主研发的“IC 塑封模流道平衡实验分析系统”进行封装实验,最后用应力偏光仪检测残余应力条纹。

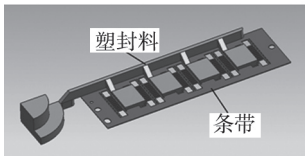


图 1 塑封件 SSOP-20L 原型模型图

表 1 工艺参数设定

水平	工艺参数		
	模具温度 / °C	周期时间 / s	保压压力 / MPa
1	160	280	10
2	160	280	15
3	160	280	20
4	160	280	25
5	160	280	30

2 结果与讨论

2.1 热固性塑料应力分布

图 2 是塑封料在 Moldflow 中的充填时间图。图 3 是经过充填、保压、翘曲分析,然后导入到 Ansys 得到的残余应力图。图 4 是直接由 Ansys / Workbench 进行流固耦合模拟冷却阶段的残余应力图。比较图 3 和图 4,可以发现它们的应力分布有着很大程度的相似,塑封过后塑封体的残余应力分布均匀,但在塑封料与条带相接触的部分形成应力集中,这进一步说明了热残余应力是影响塑料件质量的主要原因。在 CAE 模拟的基础上开展实验,获得应力条纹。应力条纹如图 5 所示。实验的结果论证了热固性塑料 EP 塑封后,残余应力主要集中于与条带相连部分。

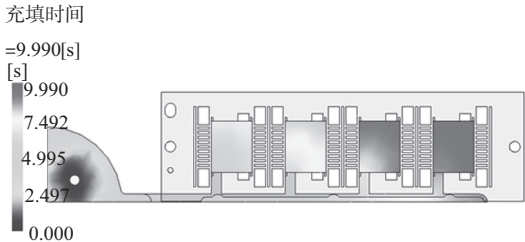


图 2 注塑时间

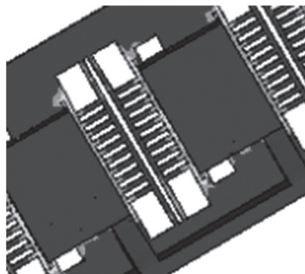


图 3 残余应力



图 4 冷却阶段残余应力

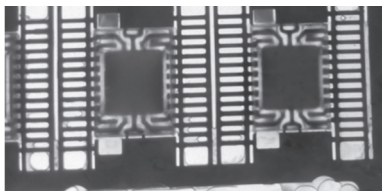
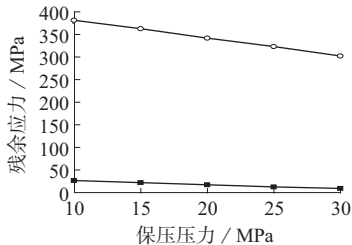


图 5 应力条纹

这 3 张图的结果与 M. D. Azamank 等^[5]研究的热塑性塑料残余应力分布明显不同,热塑性塑料生成的注塑件,其残余应力在表面和中间比较大。造成这种区别的主要原因是:热固性塑料玻璃化转变温度 (T_g) 比较高,在高温时就已经凝固,而热塑性塑料是在低温凝固,这两者有明显的区别。在凝固阶段,塑封模具的温度相对很高,熔体的温度与模具的温度基本一致,在这样的情况下凝固时不会产生收缩速度不一致的情况,所以在凝固阶段,热固性塑料的残余应力分布均匀。而热塑性塑料在凝固时,熔体与模具的温度明显不一致,所以会导致表层和中间层凝固速度不一样,表层凝固速度更快,从而造成残余应力分布不均,且在特别的点会形成应力集中。在冷却阶段,由于热固性塑料是从高温冷却到常温,并且条带和塑封料的热膨胀系数不同,条带与塑封料接触的位置会形成应力集中,这在模拟和实验中都能很清晰地看出。

2.2 工艺参数对残余应力的影响

依据表 1 的参数设定进行 CAE 模拟,获得两组残余应力的值。第一组是塑封体上的平均残余应力(每一次都选择三个点然后求平均值),第二组是塑封体与条带接触部分最大的残余应力。图 6 为残余应力与保压压力的关系图。



○—塑封体平均残余应力; ■—塑封体与条带接触最大残余应力

图 6 残余应力与保压压力的关系图

从图 6 可以发现,塑封体的平均残余应力随着

保压压力的增大而减小,且呈线性降低趋势。当保压压力比较小,在固化阶段,保压压力会分布在流动路径上导致高而持续的残余应力。当保压压力越大^[6-8],塑封体复合物能够进行更完整的玻璃态转变,残余应力的分布会逐渐集中于中间部位,而且中间部位的残余应力也呈降低的趋势。塑封体与条带接触最大残余应力也呈线性降低趋势,这是由于保压压力增大,会使塑封体中的复合物分子之间更加紧密。EP的热膨胀系数是 3.8×10^{-5} ,条带热膨胀系数是 1.75×10^{-5} 。在冷却阶段时,不管是条带还是塑封体都会产生收缩,由于复合物分子更加紧密,并且EP的热膨胀系数比条带热膨胀系数大,就会使条带与塑封体接触部分残余应力下降。

3 结论

(1) EP热固性塑料在完成塑封后,其残余应力基本呈均匀分布,而热塑性塑料件残余应力在表面和中间比较大,这两者有显著的区别。

(2) 冷却后,由于条带和塑封体热膨胀系数不同,在条带和塑封体接触部位会形成应力集中。

(3) 塑封体的残余应力和塑封体与条带接触部位的最大残余应力会随保压压力的增大呈线性降低趋势。残余应力的降低不仅能保证尺寸精度,且使用塑封件时还能减少塑封体与条带开裂的可能性。

参考文献

- [1] 王韬,颜悦. 注塑件残余应力数值模拟分析及工艺优化[J]. 塑料工业,2012,40(12):42-45.
Wang Tao, Yan Yue. Numerical simulation analysis and process optimization of the plastic residual stress[J]. China Plastics Industry, 2012, 40(12):42-45.
- [2] Weng C, Lee W B, To S, et al. Numerical simulation of residual stress and birefringence in the precision injection molding of plastic microlens arrays[J]. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2009, 36:213-219.
- [3] Azaman M D, Sapuan S M, Sulaiman S, et al. An investigation of the processability of natural fibre reinforced polymer composites on shallow and flat thin-walled parts by injection moulding process[J]. Materials and Design, 2013, 50:451-456.
- [4] 李阳,赵朋,李德群,等. 三维塑料注射成形热残余应力及收缩模拟[J]. 高分子材料科学与工程,2010,26(10):159-162.
Li Yang, Zhao Peng, Li Dequn, et al. Thermal residual stress and shrinkage simulation of the three dimensional plastic injection molding[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2010, 26(10):159-162.
- [5] Azaman M D, Sapuan S M, Sulaiman S, et al. Numerical simulation analysis of the in-cavity residual stress distribution of lignocellulosic(wood) polymer composites used in shallow thin-walled parts formed by the injection moulding process[J]. Materials and Design, 2014, 55:381-386.
- [6] 奚国栋,周华民,李德群. 注塑制品残余应力数值模拟的研究[J]. 中国机械工程,2007,18(9):1111-1116.
Xi Guodong, Zhou Huamin, Li Dequn. The residual stress research of numerical simulation of injection molding products[J]. China Mechanical Engineering, 2007, 18(9):1111-1116.
- [7] 崔海坡,邓登,程恩清. 同一 PCB 板上不同封装结构的热应力分析[J]. 电子元件与材料,2013,32(2):58-61.
Cui Haipo, Deng Deng, Cheng Enqing. The thermal stress analysis of different encapsulation structure on the same PCB[J]. Electronic Components and Materials, 2013, 32(2):58-61.
- [8] Dragan K, Toma K, Janez M S, et al. The impact of process parameters on test specimen deviations and their correlation with AE signals captured during the injection moulding cycle[J]. Polymer Testing, 2013, 32:583-593.

我国塑料光纤发展现状的 3 方面表现

塑料光纤高透明聚合物如聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、聚碳酸酯作为芯层材料,PMMA、氟塑料等作为皮层材料的一类光纤(光导纤维)。不同的材料具有不同的光衰减性能和温度应用范围。塑料光纤不但可用于接入网线的最后 100~1000 m,也可用于各种汽车、飞机、等运载工具,是优异的短距离数据传输介质。

我国目前塑料光纤发展的现状主要表现在 3 方面:

一是塑料光纤的应用标准、产业联盟、产品开发与应用的导向存在着缺乏指导、缺乏交流、市场导向不明确的问题。这些问题带来了很大的投资盲目性,也导致了现今存在着“知道未来是好项目,但目前无市场无效益”的局面;二是塑料原料技术、制纤制缆技术、光器件开发与制造技术相对落后,尚需与海外企业合作开发,引进消化吸收;三是还没有真正意义上的“有规模的企业”,特别是通讯通信类塑料光纤、

光器件市场规模尚小,整个市场规模尚不足 10 亿元。

虽然塑料光纤在我国已有 10 年的发展历史,但目前国内对塑料光纤的认识仍不足,特别是在技术工程设计方面。而对光器件的设计与应用认识也很不足,这就造成了塑料光纤、光器件与市场的严重脱节,这也是不能规模应用的主要原因。若要规模应用,首先要消化吸收塑料光纤与光器件的技术,比如说可以引进国外先进技术消化吸收;其次要推进产业化,特别是在汽车、电力、家居管理、物联网等领域的开发应用,形成市场规模,而这个市场规模应该在千亿以上。

随着科技的发展,塑料光纤的应用领域越来越广,其市场的发展会越来越广阔。国外在塑料光纤的应用开发上已取得了较大的成果,且不断加大新的应用研究投入,因此产业更应就塑料光纤的研究和发展予以密切注视。总之,随着科技的高速发展,塑料光纤的应用领域会越来越广,必将给光通信带来一场新的革命。(慧聪塑料网)