

正交各向异性易碎复合材料层合板的设计与试验研究

魏凤春^{1,2} 张 军² 张 晓³ 张 恒²

(1. 河南工业大学材料科学与工程学院, 郑州 450052; 2. 郑州大学材料科学与工程学院, 郑州 450052;

3. 河南中原高速公路股份有限公司, 郑州 450052)

摘要 提出一种新型正交各向异性易碎复合材料结构,利用单向连续纤维板具有纵向拉伸强度高而横向易于被撕裂的特点,在制备好的单向板上垂直于纤维方向预制刻槽,然后将单向板正交复合而制备成正交各向异性易碎复合材料层合板,并对这种层合板作了承压试验与冲击试验。结果表明,所设计并制备的正交各向异性易碎复合材料层合板试样可承受一定的均布载荷,而在反向受到冲击力时,试样迅速沿着预制刻槽开裂,满足触发碎裂的设计要求。

关键词 易碎复合材料 正交各向异性 强度 刻槽

导弹发射箱盖的轻质化是减轻导弹运载工具质量的重要措施之一,而导弹运载工具的轻质化可以大幅提高导弹部队的机动性。由于复合材料具有轻质高强、耐腐蚀等众多优点,国外发达国家已采用结构简单的轻质易碎复合材料“薄膜盖”来代替传统的机械开盖和爆炸螺栓开盖等开启方式^[1-3]。这些“薄膜盖”在制造时预留薄弱区,导弹发射时只需要施加较小的集中力就可使盖子碎裂,反应非常迅速,提高了导弹部队的作战反应能力。周光明等^[4-5]也利用人为布置薄弱环的方法设计并制作了一种轻质穿透式薄膜盖,实物试验结果满足设计要求。

易碎复合材料的工作机制要求它既具有一定的强度和刚度以承受给定的工作载荷,又能够在一定的触发条件下即刻断裂。美国发明的易碎式穿通盖^[5]由多层玻璃纤维布浸渍环氧树脂组成。它利用玻璃纤维只在经线和纬线两个方向上容易撕裂,而在其它方向上不易撕裂的特性,在薄膜上进行刻槽以达到撕裂线的控制。笔者按照该方法在实验室进行了简单的试验,发现玻璃纤维布在经线和纬线两个方向上的确比其它方向容易撕裂,但所需撕裂拉力差别并不大,这给易碎穿通盖的工作可靠性带来一定的影响。单向连续纤维与树脂复合而成的单向板在纤维纵向有很高的拉伸强度和刚度,而在垂直于纤维的方向则强度很低,极易被撕裂。利用这一特性,可把单向板巧妙地设计组合成一种特殊结构的正交各向异性层合板。以该层合板为基本体制备的易碎穿通盖即可满足既能承载、又能在触发条件下碎裂的工作机制。

1 正交各向异性易碎复合材料层合板的设计

复合材料单向板在纤维纵向和横向的材料性能

差异很大。把单向板按一定的方法叠合成层合板,可以根据工作要求设计层合板的强度。正交各向异性层合板可以在全板面内实现材料在两个相互垂直的方向有相同的强度一直到强度相差几十甚至成百倍。从易碎复合材料的工作机制出发,并不希望这种情况出现,而是希望材料在某个局部、沿某个方向易于碎裂。由此,文中首先对单向板进行沿垂直于纤维方向制备刻槽,然后把带有刻槽的单向板按照一定的规律叠合成层合板,即可实现上述目的。

图1示出由带有预制刻槽的单向板交替垂直复合而成的复合材料层合板(复合时带有刻槽的面向上)。

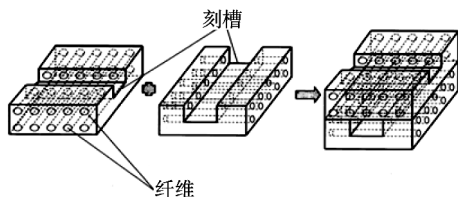


图1 带刻槽的单向板复合成复合材料层合板

如此交替复合在一起而得到的正交各向异性复合材料层合板由于预制刻槽的存在,其强度与没有预制刻槽的层合板相比有所降低。为了满足复合材料层合板的强度及密封性要求,可在上下分别复合一层无预制刻槽的单向板,并使其纤维方向与其下面一层带刻槽的单向板刻槽方向平行。根据正交各向异性层合板的应力应变关系,可以很方便地计算和校核工作载荷下带刻槽的单向板组成的层合板的强度。这样就可使整个层合板满足给定的强度要求。

图 2 示出按照该种方式复合在一起的正交各向异性复合材料层合板的碎裂迹线。当导弹发射时, 层合板受到导弹头锥的顶撞, 即可从其中心点 0 处开始破裂, 由于 A、B 两层单向板带有刻槽, 所以 A 层将沿着刻槽从 0 点向点 3 和点 4 碎裂, B 层将沿着刻槽从 0 点向点 1 和点 2 碎裂, 碎裂的范围将稍微超过导弹直径的边缘, 这样即可完成非爆炸触发碎裂机制, 使导弹安然通过。

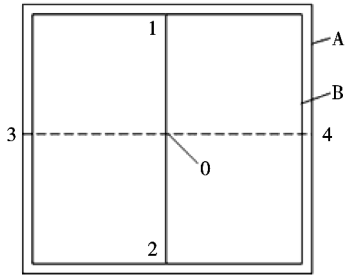


图 2 正交各向异性层合板碎裂迹线

2 易碎复合材料层合板工作载荷下有限元计算

采用正交各向异性层合板的计算公式, 并以试验测得的单向板的强度和刚度作为初始数据, 可以对所设计的易碎层合板进行工作载荷下的强度校核。文中仅制备了由两层预制刻槽的单向板组成的易碎层合板来进行模拟试验, 为了获得更精确的结果, 采用 ANSYS 有限元程序进行了数值分析。

2.1 有限元模型和网格划分

所建易碎复合材料层合板的模型尺寸为 100 mm × 100 mm × 0.2 mm, 材料为正交各向异性。单元类型采用三维层单元 SOLID46。SOLID46 是八节点三维实体单元 SOLID45 的一种叠层形式, 它用来建立叠层壳或实体的有限元模型, 每个单元允许有多达 250 层的等厚材料层, 或者 125 层的厚度在单元面内呈现双线性变化的不等厚材料层。图 3 为所建模型网格的划分情况, 采用自由网格划分, 并在上下两层预制刻槽处进行了网格细化。

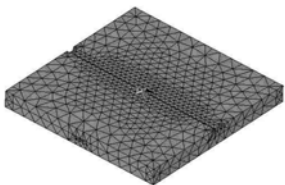


图 3 有限元网格划分

2.2 边界约束条件和载荷处理

将带有预制刻槽表面向下易碎复合材料层合板的两支承担上施加零位移约束, 在上表面施加均布载荷。约束及载荷的施加如图 4 所示。

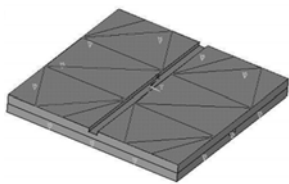


图 4 边界约束和载荷的施加

2.3 承压能力计算结果

图 5 示出易碎层合板均布载荷作用下等效应力场等值线图。从图 5 可知, 易碎层合板在承受 0.3 MPa 均布载荷时的最大拉应力为 36.6 MPa。

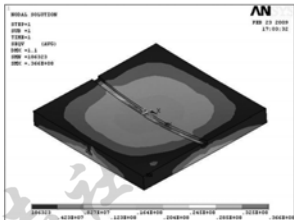


图 5 易碎层合板均布载荷作用下等效应力场等值线图

3 易碎复合材料层合板触发载荷下的碎裂机理

正交各向异性复合材料层合板在制备时要做好标记, 标识出预制刻槽面, 以便安装时把预制刻槽面向外。装配时将层合板周边固定, 在触发载荷下, 层合板中心受到撞击力作用。根据材料力学可知, 受到集中力的一面产生压应力, 另一面(预制刻槽面)则受到拉应力的作用。受到拉应力的一面由于预制刻槽的存在, 在刻槽根部尖角处产生应力集中, 使之与没有预制刻槽的面相比, 受到较小的拉应力即可沿着刻槽碎裂, 完成非爆炸触发碎裂的工作机制。图 6 示出层合板受到集中力作用的示意图。

图 7 为结构受到集中力时的有限元分析结果。由图 7 可知, 刻槽处存在应力集中。当应力达到极限值后, 必然沿着刻槽裂开, 从而完成触发碎裂的工作机制。

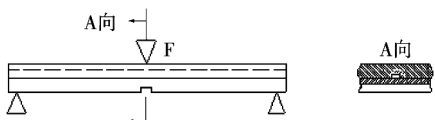


图 6 正交各向异性易碎层合板受力示意图

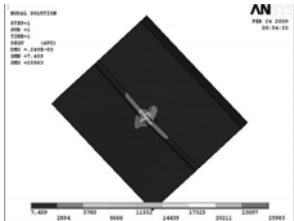


图 7 易碎层合板集中力作用下等效应力场等值线图

4 易碎复合材料层合板冲击碎裂模拟试验

4.1 模拟试验试样的制备

单向连续纤维复合材料板的制备采用连续玻璃纤维缠绕成型工艺,缠绕成型后的单向板完全固化后脱模,然后沿垂直于纤维方向预制刻槽。

把预制刻槽后的单向板与另一单向板光面进行打磨精加工后用环氧树脂粘贴在一起,常温下固化,制备成正交各向异性层合板结构。

4.2 工作压力试验

试验中将层合板试样固定在工作台上(预制刻槽面向上),试样上面覆盖与其形状吻合的压头。试验中采用外置压力传感器测定压力,逐渐增大压力并记录,观察试样承压情况。为了进行后面的冲击试验,均布载荷的施加最大值以不破坏试样为准,通过声发射仪来检测试样在承压过程中是否有损伤产生。试验装置如图8所示。



图8 层合板试样承压试验图

把所测得的数据经过转换后导入 Origin 软件中进行绘图,得到的正交各向异性复合材料层合板承压试验压力一位移曲线图,如图9所示。从图9可知,各向异性复合材料层合板在受到均布载荷的情况下,其压力与位移基本上呈线性变化。根据最大压力值与试样的表面积可以算出试样所能承受的均布载荷为0.025 MPa。

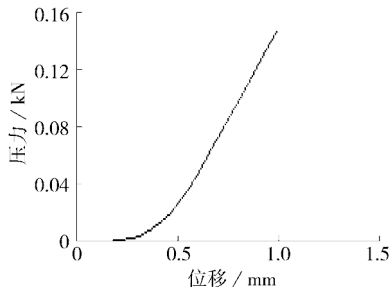


图9 各试样压力-位移曲线图

4.3 冲击试验

为了验证正交各向异性易碎层合板试样受到较小的冲击等触发条件时能否按照所设计的方式迅速碎裂,笔者进行了冲击试验,采用落重冲击试验方法。冲头质量为2.5 kg,冲头部分为 $\phi 3$ mm的半球

面。试样周边简支(预制刻槽面向下),冲击点与方形支架的中心在同一垂线上,可通过调整冲头高度得到不同的冲击能量。冲头上装有加速度传感器,通过电荷放大器、采集仪将数据输入计算机,最后通过数据转换可得使试样碎裂的冲击力。

图10示出冲击试验测得的冲击力时程曲线。将测得的数据经过转换,可得到使试样冲击破坏的最小冲击力为79 N。

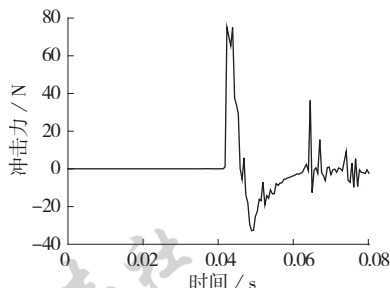


图10 试样冲击力时程曲线

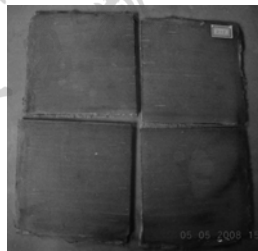


图11 冲击后开裂的试样

图11为冲击破坏后的试样照片。从图11可清晰地看到试样的碎裂模式。模拟试验结果表明,正交各向异性易碎复合材料层合板试样在冲击力作用下可以迅速沿着预制刻槽开裂,满足设计要求。

5 结论

利用单向连续纤维板在纤维纵向有很高的拉伸强度和刚度,而在垂直于纤维的方向则强度很低、极易被撕裂的特点,设计并制备了一种正交各向异性易碎复合材料层合板。该层合板由单向板正交复合而成。为了满足非爆炸触发碎裂工作机制的要求,在单向板上垂直于纤维的方向预制了刻槽,使结构在冲击力的作用下可沿着刻槽迅速碎裂。

模拟冲击试验结果表明,所设计并制备的各向异性易碎复合材料层合板既具有一定强度、可承受工作压力,又可在较小冲击力的作用下迅速碎裂,满足设计要求。

参考文献

- [1] 金钊,陈思庄.舰空导弹垂直发射系统发展概况[J].航空导弹,2006(1):23-27.
- [2] William J D. Frangible fly through diaphragm for missile launch

canister: US, 4498368[P] . 1985-02-12.

[3] Boeglin P H, Chigot C R. Plate glass fitted with an explosion cut-ting device: US, 4333381[P] . 1982-06-08.

[4] Wu J H, Wang W T, Kam T Y. Failyre analysis of a frangible lami-nated composite canister cover[J] . Proe Inst Mech Eng, 1999, 213(3) : 187 - 195.

[5] 周光明, 袁卓伟, 王新峰. 整体冲破式复合材料薄膜盖的设计与试验研究[J] . 宇航学报, 2007, 28(3) : 708 - 709 .

DESIGN AND EXPERIMENT OF THE ORTHOTROPIC FRAGILE COMPOSITES

Wei Fengchun^{1,2}, Zhang Jun², Zhang Xiao³, Zhang Heng²

(1. Materials Science and Engineering School, Henan University of Technology, Zhengzhou 450052, China;
2. Materials Science and Engineering School, Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China;
3. Henan Zhongyuan Expressway Co. Ltd., Zhengzhou 450052, China)

ABSTRACT A new structure of orthotropic composites was proposed. According to the characteristics of unidirectional compos-ites which tensile strength along the fiber direction was much higher than that along the direction vertical to the fiber, a groove was made perpendicular to fiber direction, and then the orthotropic fragile composite laminate was prepared by these unidirectional plies with grooves. The results of the compressive test and the impact test showed that the orthotropic fragile composite laminate could bear given uniform pressure, and would rapidly fracture along the pre-cast groove under impact.

KEYWORDS fragile composite materials, orthotropic, strength, notch groove

沙伯基础 PBT 树脂代替钢材料应用于汽车

沙伯基础携手 IAV 为新能源汽车开发先进解决方案,整合不同公司的技术专长而实现优势互补。

为配合混合动力车、插电式混合动力车和电池电动车的环保优势,需要通过减轻其他方面的重量来抵消电池组的额外重量,而一般中等大小汽车的电池组重量高达 300 kg。沙伯基础的 Noryl 聚苯醚树脂和 Valox 聚对苯二甲酸丁二醇酯树脂等热塑性材料可以代替电池框架和外壳所用的钢。这些树脂还具有耐化学药品、耐高温、尺寸稳定和阻燃等特点。

沙伯基础的 Ultem 聚醚酰亚胺树脂具有耐高温性和阻燃性,而 Valox PBT 树脂则耐高温、耐化学药品。对于混合动力电动车辆而言,电压越高,电磁干扰/射频干扰(EMI/RFI)的屏蔽对于控制来自不同电子组件如换流器、电子控制装置和电池管理系统的干扰就越重要。沙伯基础的 LNP Faradex 复合材料具有出色的 EMI/RFI 防护特性,而且轻于金属覆盖层或金属镀膜。

与内燃机将热量供应到车辆内部相比,新能源车辆则依靠电池电量进行加热和空调冷却,这就使得避免电池的大电流放电变得异常重要。Lexan 聚碳酸酯车窗解决方案可提供 5 倍于玻璃的保温性能,此外, Lexan 专业红外吸收规格的树脂能通过在高温或晴天的情况下,减少热负荷量传送到汽车内部,以最大化地优化空调使用。

(互联网)

石化行业“十二五”预计年均增长 14%

石化行业“十二五”规划确定的发展目标为全行业经济总量保持稳定增长,工业总产值的年均增长率保持在 14% 左右;到 2015 年,石化工业总产值将达到 16 万亿~18 万亿元。“十二五”期间,我国石油和化学工业处于大有作为的战略机遇期,编制石化行业“十二五”规划的指导思想是,适应国内外的形势变化,以市场为导向,大力调整产品与产业结构,增强自主创新能力,推进节能减排,提高资源和能源的利用效率,促进行业实现长期、平稳、较快发展。

行业“十二五”规划应明确结构调整的方向和重点,提出石油和化学工业重点扶持的新兴产业,进一步增强传统产业的比较优势;把握科技创新的制高点,重点开发化工新材料、节能环保以及与新能源、生物医药等战略性新兴产业配套的新技术,提高高端化学品的自给率,并进一步完善技术创新体系,全面提升科技成果转化的能力。

正在编制中的石化行业“十二五”规划将在二氧化碳排放,固体废弃物综合利用,单位增加值的能耗、物耗、水耗,资源综合利用率以及新技术推广、新工艺研发等方面,提出具体的措施和指标。

(互联网)

鉴别 PET 塑料的方法

1、先闻味道,PET 的味道不同一般塑料,用打火机烧一下,然后会闻到非常芳香和舒适的味道(随便烧个瓶子来闻闻),如果 PET 里含有其他成分,味道就很刺鼻。有种瓶子里面含有 SEBS 的成分就不能用。

2、看烧起来的部分,如果过分发黑或者油滴的很快,多数熔点不正常,这在 PET 薄膜片中常有。

3、拉丝,烧着的时候在打火机上拉一下丝,看丝拉的长不长,然后把拉出来的丝拉断,看中间的断点,丝是不是卷成小圈状,卷的越多说明熔点高。不过一般如果是瓶片,应该都不会有什么大问题。最关键的一点是分辨其中是否含有 PVC,这可是 PET 的致命伤。首先多取样,然后平铺在阳光充足的地方,PVC 在阳光下呈淡蓝色。如果对折当中会有白色的折痕。以上是肉眼鉴别,准确性有限,主要看经验。还有种比较实用更好的方式,买个烤箱把温度调到 250℃就在那里烤上半小时,如果货含有 PVC 的话,表面会有非常多的黄色斑点;如果熔点不够就会很快融化。其实 PET 还包括很多品种,比如国外工厂的 PET 粉碎薄膜、浆块料、长度小于 30 cm 的卷膜等。特别介绍, PET 卷筒在整个市场都是非常缺少的货源,一般长度在 80~120 cm 以上,厚度在 3~5 丝的薄膜价格是非常高的。

(互联网)