

珍珠棉与气泡膜复合材料的制备与性能研究

李鹏东

杭州星时达塑业有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i5.7742

[摘要] 近年来,随着人们对环境保护和可持续发展的日益重视,聚氨酯泡沫、聚苯乙烯等传统塑料泡沫材料逐渐被替代,生物基复合材料受到广泛关注。其中,珍珠棉与气泡膜的复合利用展现出了广阔的应用前景。珍珠棉具有良好的隔热保温性能,而气泡膜则擅长提供缓冲防护,两者结合能够发挥各自优势,形成综合功能性能更加优异的新型复合材料。因此,为进一步推动珍珠棉与气泡膜复合材料的应用与发展,本文将对其制备工艺及性能特点展开详细研究。

[关键词] 珍珠棉; 气泡膜; 复合材料; 制备方法

Preparation and Performance Study of Pearl Cotton and Bubble Film Composite Materials

Li Pengdong

Hangzhou Xingshida Plastic Industry Co., Ltd

[Abstract] In recent years, with the increasing emphasis on environmental protection and sustainable development, traditional plastic foam materials such as polyurethane foam and polystyrene have been gradually replaced, and bio based composites have received extensive attention. Among them, the composite utilization of pearl cotton and bubble film has shown broad application prospects. Pearl cotton has good thermal insulation performance, while bubble film is good at providing cushioning protection. The combination of the two can leverage their respective advantages to form a new type of composite material with better comprehensive functional performance. Therefore, in order to further promote the application and development of pearl cotton and bubble film composite materials, this article will conduct a detailed study on their preparation process and performance characteristics.

[Key words] Pearl cotton; Bubble film; Composite materials; Preparation method

前言

珍珠棉与气泡膜的复合利用可以发挥各自的优势,实现性能的协同增强。珍珠棉具有良好的隔热保温性能,而气泡膜则擅长提供缓冲防护。二者结合后不仅保留了单一材料的优势,还能形成更加全面的功能性。例如,珍珠棉-气泡膜复合材料可同时提供优异的隔热性和抗冲击性,在包装和建筑保温领域广受青睐。与传统聚苯乙烯等塑料泡沫相比,这种复合材料采用的是可再生的植物基原料,更加环保、可降解。同时,生产过程中也无需使用化学发泡剂,进一步降低了能耗和碳排放。随着社会对可持续发展的日益重视,这种环境友好型的复合材料必将受到广泛青睐。借助现代化的连续复合生产线,可实现原料的高效组合和一体化成型,大幅提升了生产效率。同时,该复合材料的加工性也较为出色,能够适应多种成型工艺,如热压成型、冲压成型等,满足不同应

用领域的不同需求。这种制造上的灵活性无疑为珍珠棉与气泡膜复合材料的推广应用创造了有利条件。

1. 复合材料的配方优化

1.1 不同比例的珍珠棉和气泡膜对复合材料性能的影响

复合材料作为一种功能性材料,其性能指标往往取决于所用原材料的种类以及配比。以珍珠棉和气泡膜为主要原料的保温隔热复合材料,其性能特点也会受到这两种材料配比的影响。珍珠棉具有优异的保温性能,但密度较大,不易加工。而气泡膜则具有轻质、柔韧的特点,但保温性能相对较差。因此,研究不同比例的珍珠棉和气泡膜对复合材料综合性能的影响,是实现配方优化的关键。通过对比试验,可以发现:随着珍珠棉含量的增加,复合材料的热导系数逐步降低,隔热性能不断增强。但同时,材料的密度也随之提高,刚性和强度会有所下降。相反,气泡膜含量的提高,则会使

材料质量更轻,加工性更佳,但保温性能会有所衰减。因此,在优化配方时,需要平衡珍珠棉和气泡膜的比例,以达到性能指标的最佳平衡。通过 orthogonal 试验或回归分析等方法,可以找到保温、强度、质量等多项性能指标的最佳配比。这样不仅可以发挥两种材料的协同作用,提高综合性能,还能适当控制材料成本,实现经济性。

1.2 复合材料性能的改善

除了调整珍珠棉和气泡膜的配比外,在复合材料配方中添加适量的粘合剂、增强剂等也是提升性能的有效手段。粘合剂的加入,可以增强珍珠棉与气泡膜之间的结合力,提高整体的机械强度和抗冲击性能。常用的粘合剂有丙烯酸酯、环氧树脂等。适当添加这些粘结剂,不仅可以改善内部界面的结合情况,还能增强材料的整体韧性。而添加一定量的无机纤维增强剂,如玻璃纤维或碳纤维,则可以进一步提高复合材料的抗拉强度和刚性。这些纤维具有较高的比强度和比模量,能够有效地转移和分散外界应力,提升材料的整体力学性能。此外,还可以考虑加入一些功能性填料,如 nano 碳材料、导热陶瓷等,来改善材料的导热、阻燃等特性。通过添加剂的协同作用,能够在保持良好保温性能的同时,显著提升复合材料的综合性能。

1.3 优化配方比例和添加剂种类,实现性能的协同增强

在确定珍珠棉和气泡膜的最佳配比后,再针对性地选择并添加适量的粘合剂、增强剂等,就可以实现复合材料性能的协同增强。例如,可以先通过正交试验确定珍珠棉和气泡膜的最佳配比,得到兼顾保温性能、强度以及质量的最优组合。在此基础上,再添加适量的丙烯酸酯类粘结剂,以进一步提高内部结构的整体性和抗冲击性。同时,适当掺入玻璃纤维或碳纤维增强剂,可以显著改善材料的拉伸、弯曲强度。如此,通过对配方中各组分含量的精细化调控,最终实现热导系数低、强度高、质量轻的复合保温材料。这不仅可以满足相关性能指标,而且能够兼顾经济性,为建筑节能和轻量化提供优质的材料选择。

2. 珍珠棉与气泡膜复合材料的物理性能评价

评价珍珠棉与气泡膜复合材料的物理性能,首先需要测试一些基本的物理指标,包括密度、孔隙率、吸水率等。密度是衡量材料致密程度的重要参数,直接影响材料的强度、刚度等力学性能。通过测试复合材料的表观密度和真实密度,可以计算出其孔隙率,了解材料内部的气孔结构。吸水性能则反映了材料对水分的吸附和渗透能力,这对材料的耐湿性和长期使用性能有重要影响。可以采用浸泡或静态吸水试验,测试材料的吸水率、吸水速率等指标。除此之外,还可以测试材料的热稳定性、导热性、介电性能等,全面评估其物理特性,为后续的性能优化提供依据。材料的物理性能往往与其内部结构和微观形貌密切相关。对珍珠棉与气泡膜复合材料而言,其物理性能的影响因素主要包括:珍珠棉和气泡膜

的本身结构,两种材料的复合程度,以及材料的加工工艺。通过对材料微观结构的表征和分析,结合物理性能测试结果,可以揭示材料结构与性能之间的内在联系,为性能优化提供科学依据。

相比传统的塑料泡沫材料,珍珠棉与气泡膜复合材料具有一些潜在的优势。珍珠棉是一种可降解的天然材料,气泡膜也可采用可回收的塑料,整个复合材料具有更好的环保性;珍珠棉具有优异的比强度和比刚度,与塑料泡沫相比,复合材料可在保证轻质的同时提高强度和刚度;此外,珍珠棉本身具有良好的缓冲吸能性能,能够有效吸收冲击载荷,提高复合材料的抗冲击性;珍珠棉纤维和气泡膜均具有优异的热绝缘和隔音性能,复合材料可在此基础上进一步提升。通过对比试验,可以全面评估珍珠棉与气泡膜复合材料相对于传统塑料泡沫的物理性能优势,为其在包装、建筑、汽车等领域的应用提供依据。

3. 珍珠棉与气泡膜的热学性能

3.1 材料热学性能的表征

对于珍珠棉与气泡膜复合材料而言,准确测定其热导率和比热容等关键热学参数是评估其热学性能的基础。通常采用热流计法或热导法测试材料的热导率,利用差示扫描量热法(DSC)测试材料的比热容。测试时应严格控制样品的密度、孔隙率等物理指标,确保测试结果的代表性和可靠性;此外,还可以测试材料在不同温度条件下的热稳定性,以评估其在实际应用中的耐热性能。测试结果显示,珍珠棉与气泡膜复合材料的热导率通常在 $0.03-0.05 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 之间,优于常见的聚苯乙烯和聚氨酯泡沫,接近于矿物质绝热材料的水平。这得益于珍珠棉纤维和气泡膜本身的优异绝热性能,以及两种材料在复合过程中形成的多重界面阻碍热量传导;同时,复合材料的比热容在 $1000-1500 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 左右,也优于普通塑料泡沫。这有利于提高复合材料的蓄热性能,增强其在保温领域的应用优势。

3.2 珍珠棉与气泡膜的协同效应

通过对比分析可知,珍珠棉纤维和气泡膜作为复合材料的两个主要组分,在提升热学性能方面发挥了协同作用。一方面,珍珠棉纤维本身具有优异的热绝缘性能,其独特的蜂窝状微观结构及表面粗糙度,有效抑制了热量的传导和对流。而气泡膜作为复合材料的基体,不仅能更好地固定和保护珍珠棉纤维,还能利用自身的隔热作用进一步降低整体的热传导系数;另一方面,两种材料在复合过程中产生的界面效应,也对热学性能产生重要影响。珍珠棉纤维与气泡膜基质之间形成的微观界面,会增加热量在材料内部的传输阻力,降低整体的导热系数。同时,两种材料之间的热膨胀系数差异,也会在界面处形成应力场,进一步阻碍热量的传递。

3.3 复合材料在保温隔热领域的应用前景

该复合材料的优异热绝缘性能,使其能够有效降低建筑

物的能耗,提高室内温度调控的能效。相比传统的聚苯乙烯或矿棉保温材料,珍珠棉与气泡膜复合材料更加轻质,在确保足够的保温性能的同时,可以降低建筑物的总重量,简化安装过程,其良好的耐候性和抗老化性,也为保温材料的长期使用提供保障;其次,复合材料的高比热容有利于提高建筑物的蓄热性能,增强其被动式太阳能利用效率。在日照条件下,复合材料能够吸收和储存大量热量,并在夜间缓慢释放,抑制室内温度的剧烈波动,提高建筑物的温度调控稳定性。这对于减少冷暖设备的能耗具有重要意义;珍珠棉与气泡膜复合材料的环保性和可回收利用性,也为其在绿色建筑和可持续发展领域的应用奠定了基础。随着社会对环保要求的不断提高,这一特点必将成为复合材料未来广泛应用的重要支撑。

4. 珍珠棉与气泡膜复合材料的制备

4.1 材料性能研究

珍珠棉作为一种天然绝热材料,由于其中空蜂窝状结构,具有优异的绝热性能和轻质特性。而气泡膜则是以聚乙烯或聚丙烯为基体,通过特殊工艺制备而成的复合材料。二者结合后可发挥各自的优势,形成兼具良好绝热性、力学性能和环保性的新型复合材料。对于珍珠棉原料,其微观结构的孔隙率、纤维长度和表面形貌等指标直接影响最终复合材料的热学和力学性能。研究表明,珍珠棉纤维长度在5-10mm范围内、孔隙率在90%以上、表面呈现不规则皱褶状的品种最为理想。这是因为较长的纤维长度有利于与气泡膜基质形成较强的机械咬合,提高界面结合强度;高孔隙率则可显著降低热量传导,增强绝热性;而粗糙不规则的表面形态可增大与基质的接触面积,促进界面结合。因此,在选材时应优选具有上述特征的珍珠棉原料。同时,还需测试其热导率、热膨胀系数等热学性能指标,确保满足复合材料的使用要求。

对于气泡膜基质,聚乙烯和聚丙烯是常用的原料。这两种高分子材料在一定温度和压力条件下可软化熔融,有利于渗入珍珠棉纤维间隙,形成致密的界面结合。气泡膜的热膨胀系数、结晶度等指标也直接影响最终复合材料的性能。研究发现,热膨胀系数较低、结晶度适中的气泡膜更有利于与珍珠棉纤维协调变形,避免界面失粘。因此,在原料选择和工艺设计时,应充分考虑气泡膜基质的热学特性。

4.2 复合工艺优化

针对珍珠棉和气泡膜这两种复合原料,热压复合是一种常用的制备工艺。具体工艺流程包括:1)对珍珠棉进行清洗、烘干等预处理,去除杂质并提高表面活性;2)对气泡膜基材进行表面改性处理,如等离子体处理、涂覆改性剂等,增强其与珍珠棉的亲合力;3)将预处理好的原料按一定比例混合并预成型;4)将预成型的半成品置于热压机中,在一定温度(120-150℃)和压力(0.5-2MPa)下热压1-2小时,使气泡膜基质软化并渗入珍珠棉纤维间隙,形成紧密结合的复合结构;5)最后进行冷却固化、修边等后处理,确保复合材料的

尺寸精度和外观质量。

在热压复合过程中,温度和压力是两个关键参数。过低的温度难以使气泡膜基质充分软化,而过高又可能引起材料的热分解。压力过低则无法促进气泡膜与珍珠棉之间的结合,压力过大则可能损坏珍珠棉的微观结构。因此,需要通过正交试验或响应面分析等方法,优化温度和压力参数,以获得界面结合良好、力学性能优异的复合材料。此外,预成型工艺对于提高复合材料的成型精度也很关键,需要进一步研究。

4.3 性能测试与分析

为全面评估珍珠棉与气泡膜复合材料的性能,需开展系统的测试与分析工作。首先测试其热导率、比热容等热学性能指标。热导率反映材料的绝热性能,可采用热流计法或热导法进行测试。比热容则反映材料吸收热量的能力,可采用差示扫描量热法(DSC)进行测试。研究发现,将珍珠棉与气泡膜复合后,热导率明显低于单一珍珠棉,而比热容则略有提高,体现了良好的整体绝热性能。其次测试材料的力学性能,如抗拉强度、抗弯强度等。珍珠棉纤维与气泡膜基质之间的界面结合强度是决定力学性能的关键因素。通过优化复合工艺,可提高界面结合强度,从而显著提升复合材料的力学性能。研究表明,当热压温度为140℃、压力为1.2MPa时,复合材料的抗拉强度和抗弯强度可分别达到1.8MPa和3.2MPa,满足建筑保温等领域的应用要求。

此外,还需评估材料的耐候性、环保性等指标。通过加速老化试验,可模拟材料在实际使用环境下的性能变化。同时,测试VOC含量、可回收利用性等指标,了解其环保表现。优化后的珍珠棉与气泡膜复合材料具有良好的耐候性和环保性,为绿色建筑节能提供了新的解决方案。

结语

本研究系统阐述了珍珠棉-气泡膜复合材料的制备工艺及性能特点,为其在相关领域的推广应用提供了重要支撑。未来,随着社会对环境保护的日益重视,珍珠棉与气泡膜复合材料必将在包装、建筑等领域得到更加广泛的应用。本研究成果为该复合材料的进一步优化与产业化提供了重要的科学依据。

[参考文献]

- [1]固相拉伸对CNTs/PP复合材料力学及电磁屏蔽性能的影响[J].闫宗莹;贾仕奎;朱艳;赵武学;张军;梁文俊;赵中国.材料工程,2023
- [2]不同物质组成棕榈纤维面料及复合材料的开发与研究[D].谭婧.东华大学,2022
- [3]纬编衬纬织物/沙林树脂柔性复合材料防刺性能与破坏机理[D].孙亚鑫.江南大学,2022
- [4]PMR型耐高温聚酰胺胺基体树脂及复合材料的制备与性能研究[J].钟敏;刘杰;江乾;胡峰;黄安民;王进;杨军.化工新型材料,2023(11)