

玄武岩纤维及其复合材料的开发应用及市场推广

任东强（兴安盟石源玄武岩纤维工程技术研究院，内蒙古 兴安盟 137400）

摘要：玄武岩纤维复合材料是一种纯天然的无机非金属材料，被称之为 21 世纪的新材料。作为新材料产业中十分重要的一方面，本身和玻璃纤维相似，性能处于高强度 S 玻璃纤维和 E 玻璃纤维之间。颜色呈现金褐色。玄武岩纤维复合材料除了有着强度高优势之外，同时也具备电绝缘、耐腐蚀等诸多特征。玄武岩纤维的生产工艺决定了形成的废弃物，对环境产生的污染非常小。当产品废弃以后，能够直接从环境中加入，也不会造成任何的危害，是绿色且环保的材料。当前阶段，我国将玄武岩纤维复合材料当成了重点发展的一项纤维，达到了工业化工厂的目标。其中，无论是在纤维增强复合材料还是在隔热材料以及汽车行业等多项领域中，都加大了玄武岩纤维复合材料的应用力度。在本篇文章中主要论述了玄武岩纤维复合材料的具体研究情况，提出了该项材料未来发展前景。

关键词：玄武岩纤维；复合材料；开发应用；市场推广

现阶段，玄武岩纤维的基本原料表现为天然玄武岩，主要是从高温状态下破碎融化，经过拉丝漏板纺成的无机连续纤维是一种高科技纤维，也是我国重点研究的高新技术纤维之一。处于高温条件下，玄武岩纤维复合材料力学性能良好、耐腐蚀性强、弹性模量高，而且有着独特的电学性能，能够有效过滤玄武岩纤维复合材料，从土建复合材料、增强材料、过滤材料等多方面有着极高的应用前景。不过从实际情况来看，玄武岩也存在着诸多的缺陷，具体表现为表面特别光滑，无法和其他材料相互融合，而且玄武岩成分有着波动性的特征，如此一来也会使不同产地的玄武岩性能发生波动。不过玄武岩价格较低，绿色环保，在应用碳纤维等高性能纤维的过程中，可以利用玄武岩纤维加以替换，进而减少成本输出。基于此，加大对玄武岩纤维性能研究以及可用性能的挖掘、拓展和延伸使用范围是特别关键的。

1 对于玄武岩纤维复合材料的论述

当前阶段，天然和耐多项酸腐蚀的二氧化硅以及其他氧化物相互组合，形成了玄武岩纤维。通过高温熔炼，制作而成无机连续纤维，纤维外表十分光滑，呈现出了金属光泽，以层状结构单位为主，链状结构单位为辅，类似于平面结构。地球熔岩形成的玄武岩纤维包含了各种各样的化学成分。各项矿床化学成分含量变化程度大，而且化学成分含量对于玄武岩纤维性能有着直接性的影响。二氧化硅和氧化铝含量决定了纤维的机械性能以及化学稳定性，含铁氧化物则对纤维的导热性能和使用温度有着一定程度的影响，氧化钙和氧化镁的含量决定了纤维的耐腐蚀性和化学稳

定性。从中来看，各项区域的玄武岩特征伴随着不同化学成分含量呈现出了不同的区别。

1.1 化学性能

通过比较玄武岩纤维复合材料和以往传统类型的无机纤维复合材料可以看出，前者产生的优势更高，有着较强的防腐性能。相关人员专门对玄武岩纤维复合材料酸碱腐蚀以后的表面形态和性能重点探究，了解到了经过盐酸腐蚀以后。处于第一阶段，因为纤维表面的碱性氧化物和盐酸形成了反应，生成水和可溶盐。玄武岩纤维表面出现了裂缝现象，外表受到了轻微的破坏。第二阶段纤维表面裂缝位置被经过盐酸进一步腐蚀的玄武岩纤维生产难融物附着，从而出现了部分愈合。第三方面，因为纤维内部物质溶于盐酸，形成了表面片状物脱落现象，加剧了纤维表面的腐蚀程度。纤维断裂强力的变化和形貌变化处于一致状态，先急剧下降，然后缓慢提升，到达一定值以后断裂。强力由于纤维受到腐蚀而再次降低。玄武岩纤维复合材料拉伸强度的变化是先急剧性下降，然后缓慢下降，最后处于平缓状态。经过强碱腐蚀的玄武岩纤维，因为主要成分和反应形成可溶于强碱溶液的硅酸盐，因此纤维表面在腐蚀过程中产生了层状脱落后，脱落后渗透了碱液，继续呈现出腐蚀状态，形成坑状结构。碱腐蚀破坏程度远远高于酸腐蚀破坏程度，拉伸强度全面降低。处于模拟海水条件下对玄武岩纤维进行处理强度和没有经过处理的纤维强力下降了 5%，适合应用于海水处理中。

1.2 热学和力学性能因为环境温度发生了改变

对玄武岩纤维的拉疲劳性能没有任何的影响，不

过将会影响到玄武岩纤维增强素质及复合材料的疲劳性能,温度持续向上,降低了树脂粘结性能,复合材料的疲劳性能下降。有关人员专门进行研究,获取了玄武岩纤维复合材料的疲劳损伤刚度退化模型。基于室温状态下材料的疲劳寿命和材料,在不同温度环境下的静态强度,能够了解到处于相应温度环境下复合材料的疲劳寿命。玄武岩纤维作为复合类型的材料,有利于提高材料的断裂韧性,拉伸性能,弯曲性,当对玄武岩纤维不饱和聚酯树脂复合材料层压板进行制备过程中,明确了解到了复合材料层间拉伸强度和断裂韧性都有了明显提高。通过研究玄武岩纤维增强抗拉力学性能可以了解到,伴随着温度的上涨,玄武岩纤维和机体处于劣化状态,试件的抗弯承载力线性降低,从以往多重开裂破坏模式发展为了单一裂缝破坏,在 800℃之下处理 1h 残留的抗弯强度只剩下 1.67Pa。通过环氧树脂图像改性的时间,处于 600℃以下的条件下可以增强抗弯强度,当超出 600℃以后将会大范围下降。织物层数能提高试件高温后的力学性能,但温度越高,提升效果越低,600℃以上基本没有提升效果。碱砂浆基体的试件比硅酸盐水泥砂浆试件的耐高温性更好。通过对比玻璃纤维增强复合材料高温以后的拉伸力学性能,了解到玄武岩纤维增强复合材料的拉伸性能非常差,剪性能良好。两者的拉伸强度和剪切强度伴随着温度的上升而下降,不过弹性模料不会发生的变化。

1.3 电磁学性能

玄武岩纤维复合材料介电常数比较小。和玻璃纤维,石英纤维相比较来看,接电损耗相差程度不是特别大。北森和电磁波反射损失以及材料的空间分布有着明显的联系,但是不和厚度成正比,有关人员使用了石墨烯对玄武岩纤维织物展开双层涂层整理,了解到了织物力学性能伴随着涂层厚度的增加而随之变强。不同涂层厚度的织物对不同频率的电磁波产生的影响不一样。2mm 涂层对频率为 0MHz~1500MHz 电磁波的极化能力、对 0MHz~40MHz 的屏蔽能力、对 700MHz~1500MHz 的损耗能力和对 1250MHz~1500MHz 的衰减能力最强。1.5mm 的涂层分别对频率 0MHz~700MHz、0MHz~1250MHz 的损耗能力、衰减能力最强。

2 玄武岩纤维复合材料的市场应用推广情况和前景

由于玄武岩纤维透射电磁波和吸收电磁波的性质,

相关人员把玄武岩纤维长丝纱当成透波层,把蜂窝状的玄武岩长丝和聚氨酯硬质泡沫形成截面为三角形的吸波层,可以反射电磁波的碳纤维长丝当成反射层。三维立体结构有着稀薄性和厚度小、成本低、绿色环保等一系列优势,相关人员研究了新型的水泥基吸波材料,主要是在透骨料和接电损耗吸波材料中,既可以提升材料的韧性,同时也可以增强助力吸波性。新型玄武岩纤维力学性能特别好。从酸性或者碱性以及盐溶液中浸润并且减切成小段的玄武岩纤维,加入造孔剂材料,混合均匀搅拌制作成球形颗粒,和机体材料均匀混合形成,制得很多玄武岩纤维的孔洞,增加了内孔的比表面积以及吸音效果良好的吸音材料。

2.1 在土木建筑中的应用

玄武岩纤维主要是应用有着力学性能和耐热性能的材料,或者采取玄武岩纤维处理,再利用建筑废弃物。在古建筑修复过程中,传统的糯米灰浆由于早期强度低、收缩率不高,在应用过程中受到了限制,而将玄武岩纤维添加到糯米浆中,制作出来的玄武岩纤维整体性能极高,可以提升灰浆的力学性能,收缩力有所改善。相关人员使用偶联剂改性的纳米二氧化硅,采取上浆与玄武岩纤维通过表面均匀涂覆进行复合,然后采用环氧树脂通过手工铺料,和表面粗糙度提高的玄武岩纤维紧密结合,制备获取纳米二氧化硅/玄武岩纤维增强环氧树脂层状复合材料。复合材料降解温度提高 10℃,抗弯强度和抗拉强度比环氧树脂材料高,在 95℃的湿热条件下老化,强度损失均较小。这些优异性能使得复合材料在建筑材料有着非常高的优势体现。或者采取人为方式利用固体的建筑废弃物,使用玄武岩纤维平纹织物对不同的废弃物进行约束,发现经单层平纹织物约束的砖渣颗粒峰值荷载和混凝土颗粒的峰值荷载均随粒径增大而降低。在这其中,建筑废弃砖渣颗粒在平纹织物约束下具有更稳定的平台段和明显的压实应变,是很好的吸能结构。同时多层玄武岩纤维织物能够全面提高废弃砖渣颗粒的吸能和峰值荷载,不过因为没有明显的压实应变和平台阶段,所以不属于良好的吸能结构。

2.2 过滤及水处理材料

多孔、表面光滑、截面为圆形规整的玄武岩纤维,密度小、比表面积大,使得它可以作为过滤材料、水处理材料,用于化学冶炼、电力水泥、食品等行业产生的粉尘、气体、颗粒的过滤和污水处理应用,再加之耐高温、耐酸碱物质,对高温烟气、酸碱性物质均

可以有效过滤和去除。相关人员专门探究了对表面经过处理的玄武岩纤维滤料的过滤性能和表面形态,发现处理后起初过滤透气性好,阻力增加慢,然后伴随着过滤的不断进行,滤料表面开始堆积了较多的粉尘,阻力增加变快,但是玄武岩纤维滤料过滤效率依旧良好。

通过应用玄武岩纤维纱线和聚四氟乙烯纱线并线复合纱线所织机织布为基布,将聚四氟乙烯膜或聚氨酯膜或聚酰亚胺膜涂抹表面,制备出可用于高温过滤烟气及尘土颗粒的玄武岩纤维机织布过滤材料。另外,以玄武岩纤维为主体,让聚苯硫醚包住玄武岩纤维,而后以包覆后的纤维与耐热纤维在基布上形成滤层,再复合聚四氟乙烯,得到不变形、寿命长、强度高,能在 400℃~450℃连续工作的玄武岩滤袋。对新型无机微米级纤维填料和细菌间的附着情况使用扩展 DLVO 理论构建了动力学数学模型,同时在处理生物接触氧化反应池的合成市政污水时,使用改性玄武岩纤维作为填料,发现玄武岩纤维填料对微生物有强附着力,枯草芽孢菌在填料表面牢固粘附,可大幅去除 COD、氨氮和总氮,可长期维持改性玄武岩纤维的生活接触氧化反应的稳定运行,可在环境工程领域推广应用。

玄武岩纤维光热膜在太阳光照射下可进行高效连续的水蒸发,对有机染料、油水混合物、海水淡化的去除率均为 99%,故其可在水处理、水净化、海水淡化方向进行应用。玄武岩纤维的表面光滑,呈现出化学惰性,和其他基体粘结性差,从一定程度上影响着具体应用。基于此,必须做好改性,拓宽它的应用范围。比如,使用经氨基反应制备出的两种新型表面改性剂,分别对玄武岩纤维进行改性,然后制备改性玄武岩纤维增强尼龙 66 复合材料。发现改性后的复合材料热稳定性优异、与尼龙 66 相容性好,与玻璃纤维尼龙 66 复合材料相比,无缺口冲击强度、拉伸强度和弯曲强度良好。

2.3 市场推广

从 2022 年全国玄武岩纤维行业发展环境、上下游产业链、国内外基本情况、区域市场、竞争格局等角度进行分析,系统、客观的对我国玄武岩纤维行业发展运行进行了全面分析,展望了 2023 年中国玄武岩纤维行业发展趋势。玄武岩纤维因自身具备优异的力学性能、耐高温、耐酸碱、绝缘性及隔热隔音性,因此从军事、高温过滤等领域具有广阔的应用前景及

发展潜力。玄武岩纤维作为我国重点发展的四大纤维之一,目前已出台多项国家标准和行业标准,为产业的发展拓宽空间创造条件。玄武岩连续纤维性能优异,在汽车配件、电子电器等领域得到应用,市场需求较高,目前已经形成了较为成熟的产业链。2022 年我国玄武岩纤维产能在 6.0 万 t 左右,产量 2.74 万 t,产能利用率约 45.7%。2022 年我国玄武岩纤维销售收入 4.31 亿元,进口金额 0.01 亿元,出口金额 1.21 亿元,国内玄武岩纤维市场容量 3.11 亿元。我国生产的玄武岩纤维产品主要是以混凝土增强和沥青增韧产品为主。

在航空航天、汽车、体育等高强度件的制备过程中所需产品产能不足。针对玄武岩纤维增强复合材料的研究,主要是以玄武岩纤维与基体材料复合后的性能分析为主。玄武岩纤维价格远远低于碳纤维材料,但是玄武岩纤维的价格还高于一般的玻璃纤维。未来一段时间内开发与改善低成本的玄武岩制备装置、工艺和方法依旧是技术发展的主要方向。所以,需要创建健全技术创新和标准体系,积极研发产业化关键技术,加大政策引导,强化要素保障等。

3 结语

以上所述,由于玄武岩纤维本身具备热学、力学、电磁学等特性,和其他高性能纤维相比较而言成本低,玄武岩纤维未来的应用领域十分广阔。不管是军工、民工还是基建还是作为滤袋、军事设备的结构材料以及过滤材料、隔音隔热材料,玄武岩纤维及其复合材料都有用武之地。目前在产业用纺织品上,玄武岩纤维开始崭露头角,但在日常服饰中,玄武岩纤维使用较少。未来发展期间,可以利用其电磁学、耐热性等性能,朝着智能纺织品方向应用,为服装纺织品注入新的生机。

参考文献:

- [1] 魏红,杨力,岳冬梅,等. 乙烯基树脂型浸渍剂对玄武岩纤维和玻璃纤维复合材料的影响 [J]. 玻璃纤维,2023(1):20-25.139.
- [2] 李京军,朱建刚,朱聪. 掺橡胶颗粒的玄武岩纤维轻骨料混凝土力学性能研究 [J]. 混凝土,2023(6):76-79.

作者简介:

任东强(1975-),男,汉族,陕西延安人,大学本科,研究方向:玄武岩纤维制造,纤维设备研发。