

高性能天然纤维复合材料及其制品研究与开发现状

肖加余 曾竟成 王春奇 梁重云 陈一民 张小静 娄斌武

(国防科学技术大学 长沙 410073)

(湖南华升益鑫泰股份有限公司)

摘要: 本文分析了麻类纤维和竹纤维的性能,指出麻和竹等高性能天然纤维具有复合材料的性能特点,可作为复合材料的增强剂;综述了国内外高性能天然纤维复合材料及其制品开发应用研究的现状,指出了开发研究这类复合材料及其制品的意义;最后,分析了其市场潜力,指出这类复合材料及其制品具有很好的发展前景。

关键词: 天然纤维 竹麻 苧麻 剑麻 黄麻 亚麻 大麻 复合材料

1. 高性能天然纤维的特点

(1) 麻和竹等天然纤维因其抗张强度比其他天然纤维高,可以称其为高性能天然纤维

麻类纤维包括一年生或多年生草本双子叶植物的韧皮纤维,如苧麻、亚麻等,和单子叶植物的叶纤维如剑麻、凤梨麻等^[1]。麻纤维微观结构具有独特性,它的细胞长度和宽度根据不同种类从 $0.5 \times 10^4 \mu\text{m} \sim 5 \times 10^4 \mu\text{m}$,宽度为 $20 \sim 50 \mu\text{m}$ 。它的横截面为有中腔的腰圆形或多角形,纵向有横节和竖纹。麻纤维主要

由纤维素、半纤维素、木质素和果胶等组成(见表1^[1]和表2^[2]),其机械性能随其生长条件和种植时间不同而变化,但因其组成和结构特点及连续长度较长等原因,在天然纤维类材料中具有较高的强度和可加工性,用于衣着、装饰或特殊产业制品,具有较好的吸湿性和透气性。麻类纤维的微结构表现出典型的复合材料特征,这说明麻类纤维是天然的复合材料。几种主要的麻类纤维与玻璃纤维性能的比较列在表3中^[3,4]。

表1 麻和竹等天然纤维的化学组成^[1]

纤维	密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	化学成分/%			
		纤维素	半纤维素	木质素	果胶等
黄麻	1.21	60	12	18	10
亚麻	1.49	67	11	2	20
剑麻	1.26	65	12	20	3
大麻	1.40	60	18	8	14
苧麻	1.54	75	12	2	11
竹	≤ 0.9	55	20	25	
麦杆	1.51	39	30	9	22
玻璃纤维	2.62				

表2 纤维素、木质素和半纤维素等的组成^[1]

组成物	单体组成	分子形态
纤维素	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$	线型高聚物
木质素	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	三维网状高聚物
半纤维素	多缩戊糖	线型高聚物

竹类等天然多相材料体系,按复合材料的广义定义,也属于复合材料范围^[5]。竹具有众多复合材料的特性。首先,竹具有复合材料的组成特点。从组成竹的分子的尺度来分析,竹由纤维素,木质素和半纤维

素组成(如表1所示)。从细观尺度分析,竹材是由作为承载元件的纤维(维管束厚壁细胞,长约 $1000 \sim 3000 \mu\text{m}$,直径约 $10 \sim 30 \mu\text{m}$)和起粘结和传载作用的基体(薄壁细胞)组成。竹材的承载能力主要靠由基体粘结起来的纤维提供。其次,竹具有各向异性这一典型的复合材料特性。竹材中的维管束厚壁细胞即竹纤维沿竹的轴向比环向排列较多,这使得其轴向的性能比其环向的性能要高。竹节部位纤维少,分布不规则,且空隙较多,其性能只有节间值的50%。竹外层有蜡状物,而内层细胞呈杂乱状。第三,与一般的复合材料不同,竹材还是一种天然的性能梯度分布复合材料。

* 第一作者:肖加余, Tel: (0731) 4505459, e-mail: jyxiao@nudt.edu.cn.

一方面,从横截面竹环上可明显看出,竹材中的维管束厚壁细胞即竹纤维沿径向从内层到外层逐渐增多。纤维体积分数呈下述规律分布^[6]

$$V_f = 0.9 \exp[-2.2(b-r)/(b-a)] \quad (1)$$

式中,a 为竹环内径;b 为竹环外径;r(a ≤ r ≤ b)表示竹环内缘到外皮纤维层的垂直距离。如果用 V_f 和 E_f 分别表示其纤维的体积分数和杨氏模量, V_m 和 E_m 分别表示其基体的体积分数和杨氏模量, E_c 表示竹复合材料的杨氏模量,将竹皮部位($r=b$)的杨氏模量约 20GPa 视为竹纤维的杨氏模量 E_f ,而竹黄部位($r=a$)的杨氏模量约 1GPa 视为竹中基体的杨氏模量 E_m ,则依复合材料的性能混合率,有:

$$V_f + V_m = 1 \quad (2)$$

$$E_c = E_f V_f + E_m V_m = E_m + (E_f - E_m) V_f$$

$$= 1 + 18 \exp[2.2(b-r)/(b-a)] \text{ (GPa)} \quad (3)$$

另一方面,由于光合作用充分,与下部相比,竹材靠上部的纤维层较厚且排列整齐,纤维含量沿竹杆轴向自下向上增加,因此其强度和刚度也是沿竹杆轴向自下向上增加。

(2)麻和竹等高性能天然纤维具有较高的比强度和比模量,适合于做为复合材料增强剂

复合材料的特点之一是其高的比强度和比模量。所谓比强度和比模量分别就是其强度(σ)和模量(E)与其密度(ρ)的比值,如果强度和模量量纲用 MPa 和 GPa,而密度量纲用 g/cm^3 ,则比强度和比模量的量纲为长度量纲 m 或 km。表 3 和 4 表中 σ_{IT} 和 E_{IT} 分别表示纵向拉伸强度和模量)给出了麻和竹等高性能天然纤维与其他材料的比较。

表 3 麻类纤维与玻璃纤维性能的比较^[3,4]

性 能	剑 麻	亚 麻	黄 麻	苧 麻	大 麻	玻璃纤维
抗张强度/ $mN \cdot tex$ (MPa)	570(718)	480(715)	320(387)	700(1078)	480(672)	885(2300)
抗张模量/ $cN \cdot tex$ (GPa)	230(2.9)	118(1.8)	140(1.7)	210(3.2)	180(2.5)	2808(73)
断裂伸长率/%	2.2	1.8	1.5	1.8	2.2	3.2
比重/ $g \cdot cm^{-3}$	1.26	1.49	1.21	1.54	1.40	2.60
比强度/m	570	480	320	700	480	855
比模量/km	2.3	1.2	1.4	2.1	1.8	28

表 4 竹与其他材料比强度和比模量的比较^[7]

性 能	σ/MPa	E_{IT}/GPa	$\rho/g \cdot cm^3$	σ_{IT}/m	$E_{IT}/\rho/km$
单向玻纤聚酯板	450	41.3	1.8	250	22.9
高质量竹片	190	20.6	0.9	211	22.8

从中可以看出,虽然麻和竹等天然纤维的拉伸强度和模量都比玻璃纤维的低,但是,麻尤其是苧麻纤维的比强度与玻璃纤维的接近;竹的性能可与单向玻纤聚酯板和中碳钢媲美。由此可知,它们可以用作复合材料的增强剂。

(3)麻和竹等高性能天然纤维是一种丰富的、生长期短的可再生资源

这两种纤维在我国南方具有资源优势,苧麻是湖南省的特产,2000 多年以前其种植和加工技术已相当发达,这从长沙马王堆一号汉墓出土的文物可以看出。我国的苧麻产量占世界的 93%,而湖南的苧麻产量占全国的 40%,其加工能力、技术水平以及出口创汇位居全国第一。苧麻纤维性能在所有麻类纤维中是最好的,纤维强力高,纤维素含量大,是唯独可以单

纤维状态纺纱的麻类纤维,同时还具有吸湿散湿快和抗菌耐腐蚀的特点。竹在南方省份如湖南分布面积也很广,竹的多种加工研究,在湖南省已取得较大成绩,这些农林资源的工业利用可以推动发展中国家贫困地区的经济发展。与玻璃纤维(虽然价廉,但难降解)、碳纤维(价高,难降解)和 Kevlar 纤维(有机纤维,虽然能降解,但价高)不一样,麻和竹是一种价廉的可降解有机纤维,具有价廉、可回收、可降解、可再生等特性,其工业利用利于环境保护和可持续发展。

2 高性能天然纤维复合材料及其制品的研究开发工作正在得到重视

2.1 国外对麻和竹等天然纤维复合材料及其制品的研究开发工作开展较早较多

欧洲关于这方面的研究以德国^[8,9]、英国^[10]、丹

麦^[11]和意大利为主^[12]。以德国 BASF 公司的研究工作为例^[8,9],采用黄麻、剑麻和亚麻纤维作为增强材料,与聚丙烯等热塑性塑料复合,制备出天然纤维增强热塑性塑料毡复合材料(NMTS),其重量范围可以从 500~1800g/m²变化,厚度在 2~13mm 范围内变

化,针刺强度介于 20~40 针/cm²,比 GMTS(玻璃纤维增强热塑性塑料)轻 17%,而且不损失其翘曲性,加工方法也比较简单,生产成本较低^[8,9]。德国麻类纤维增强复合材料的主要种类、主要用途、研究开发者和使用者见表 5^[8,9]。

表 5 麻类纤维增强复合材料^[8,9]

产品	主要用途	研究开发者	主要使用者
黄麻/聚丙烯	轿车内饰件、吸噪音板、备用轮罩、提高 NVH* 指标等	BASF	Mercedes Benz、Ford、
剑麻/聚氨酯泡沫	轿车内饰件、车门内饰板、吸噪音板、提高 NVH* 指标等	BASF	Audi、Toyota、Rover 等型号

* NVH 是指表征轿车降噪、减、适度的综合指标。

亚洲以印度^[13]等国的研究工作为主,采用黄麻、剑麻和亚麻纤维和竹纤维作为增强材料,与热固性和热塑性聚合物复合,制成天然纤维聚合物复合材料制品,已开始工程应用。

2.2 国内已经开展了麻和竹等天然纤维复合材料及其制品的研究开发工作

国内已经开展麻类纤维复合材料及其产品研究开发工作的有如西北纺织学院^[14](苧麻纤维增强不饱和聚酯树脂)、中山大学^[15](剑麻纤维增强不饱和聚酯树脂)和国防科技大学^[16](苧麻纤维增强聚氨酯

泡沫和热塑性塑料)等单位,主要还在研究阶段,至今还没有很多工程应用。

国内连续竹增强复合材料目前以板材为主。连续竹增强复合材料主要以模压板材为主,以竹片为增强相,多以脲醛树脂或酚醛树脂为粘结基体相,其产品的成型制备方法、主要用途和主要研制者列在表 6^[17,18]中。其中,竹管道,夹芯竹地板和竹纤维仿形编织加 RTM 制备非平板结构件技术^[17],结合了制备高性能聚合物复合材料及其构件的技术,有可能将竹复合材料制品的工业应用水平提高一步。

表 6 连续竹增强复合材料产品^[17,18]

产 品	主要成型方法	主要用途	研究开发者
竹材胶合板	软化,展开,涂胶,热压	车辆,建筑,造船	南京林业大学
竹编胶合板	编织,涂胶,热压	家具面板,建筑模板	浙江省
竹蔑胶合板	剖竹,涂胶,装模,热压	汽车地板	浙江省龙游县
复塑竹帘胶合板	竹帘,浸胶,复塑,热压	建筑模板	中南林学院
竹材旋切片	软化,旋切,加韧,热压	建筑装饰,家具面板	浙江省松阳县
强化竹材	向竹维管束内真空浸强化剂	丝织梭子,结构材	浙江省竹子中心等
竹地板	铣刨,涂胶,拼排,热压	家居装饰	湖南、浙江等省
竹纤维板	类似于木材纤维板	家具基材	中国林科院木材所
竹型材	竹片拼排加纤维缠绕	型 材	北京航空航天大学
竹管道	竹片拼排加纤维缠绕	管材,杆材	国防科技大学
非平板结构件	竹纤维仿形编织加 RTM 技术	竹游艇,器皿等	国防科技大学
竹环夹芯竹地板	竹地板加蜂窝夹芯结构技术	家居装饰	国防科技大学

3 研究高性能天然纤维复合材料的意义已被充分认识

(1) 高性能天然纤维复合材料可促进其他产业发展,利于保护环境和可持续发展

麻纤维复合材料及其制品的应用开发研究在国外已经开展得比较深入,已有较广泛的工程应用,在国内才刚刚起步。世界主要用作复合材料增强剂的

非织造布产量 1996 年总产量超过 220 万 t, 90 年代年均增长接近 10%, 是世界纺织工业中发展速度最快的行业。世界人均非织造布产量美国已达 3.5kg/人年,而在我国还只有 0.19kg/人年^[19]。这一方面说明了差距,另一方面也说明发展空间还比较大。竹复合材料及其制品的应用开发研究国内已经作了一些工作,但还有待于进一步深入,特别是有待于进一步

提高产品质量和应用水平。高性能天然纤维复合材料制品,可以广泛应用于汽车、建筑、船舶、家居装饰和工业品包装等行业。开展高性能天然纤维复合材料及其制品的应用开发研究,对充分利用我国丰富的天然纤维资源优势 and 已有的复合材料技术优势,改造传统的农林业和工业产业,加强环境保护,坚持可持续发展道路,提高新材料技术对我国国民经济增长的贡献率,具有重大意义。

(2) 高性能天然纤维复合材料可为天然纤维开辟新的应用领域,提高其应用效率和附加值

麻纤维复合材料及制品的应用开发研究在国外已经开展得比较深入,已有广泛的工程应用和较大的商业利润。在国内这一研究尽管才刚刚起步,但这已经意味着传统的麻纺工业革命即将开始。长期以来,苧麻纺织行业(包括亚麻、大麻等)一直是生产坯纱坯布出口,产品附加值小、技术含量低。特别是当遇到世界经济危机或贸易壁垒限制时,对工厂的生产经营都产生较大影响。最近几年麻纺行业在开拓内销市场和开发新产品方面下了很大功夫,并且初见成效,但最终都没有跳出服饰用纺织品的框框。从国外纺织业的发展情况看,服用纺织品、装饰用纺织品和产业用纺织品已经达到三足鼎立的局面,而我国服用纺织品仍占 70% 的地位^[20]。这一方面影响了纺织行业经济效益,另一方面也阻碍了纺织行业良性发展。据了解,到下世纪,产业用纺织品的纤维耗用量将占纤维总量的 40%~50%,在国际贸易中的比重将由目前的 10%~15% 提高到 30%~40%^[20]。我国苧麻产量占世界的 93%,如果能够通过高新技术,更好地开发和利用苧麻纤维,找到新的应用领域,提高其应用效率和附加值,对麻纺行业乃至整个纺织行业技术进步、结构调整、效益增加是一个很大推动。同时对充分利用我国丰富的天然纤维,如苧麻、大麻、剑麻、黄麻、亚麻纤维,和竹藤纤维资源,以工业技术革命带动和促进农业的发展,提高纺织、材料产业和农林业对我国国民经济增长的贡献率,具有重要意义。

4 高性能天然纤维复合材料制品具有好的市场前景

4.1 国外情况

高性能天然纤维复合材料研究国外近两年才开始,但应用发展非常之快,这主要是取决这种材料的人类亲和性、环保友好性和可持续发展性。一方面天然纤维复合材料也是纤维复合材料发展方向之一,另一方面,以非织造布用做复合材料增强相,也是纺织

品应用的趋势之一。下面以此为例说明之:

(1) 发展速度

世界纺织品中,用做复合材料增强材料的非织造布用量,自 80 年代以来逐年增长,具体情况如表 7 所示^[19]。非织造布是世界纺织工业中发展速度最快的行业。预计这一发展趋势将延续到下世纪^[19]。

表 7 用作复合材料增强相的纺织品—非织造布的产量^[19]

年 份	非织造布产量	占世界纺织品	年均增长率
	/ 万 t	总量 / %	/ %
1986	100	8	8
1989	130		
1992	150		
1994	180	10	10
1996	> 220		

(2) 应用领域

建筑和土工材料: 建筑用膜材: 包括屋顶防水材料、道路施工材料、水利工程材料、环保工程材料等, 如用特种专用纤维生产的高级油毡复合材料, 其性能大大超过传统的沥青油毡, 寿命长 5~10 倍^[21]。这类产品的发展潜力很大。国外已经得到广泛应用, 如巴黎火车站月台上的永久顶棚、沙特阿拉伯妇女运动场的永久遮阳棚、建筑物入口处的天棚等^[21]。

汽车及装饰用材料: 汽车用材: 内饰件、吸噪音板、充气安全袋及轮胎帘子布等, 能大幅度提高 NVH 指标(是指表征轿车降噪、减振、提高乘坐舒适度的综合指标)。装饰用材: 高档膜材, 如精干麻、纱线等增强热塑性膜, 用于高档环境装饰。这类产品的发展潜力很大。

过滤材料: 广泛用于环保、化工、医药、食品等行业的气体、液体过滤, 可提高使用寿命, 降低生产成本。还有超过滤、耐高温等特殊功能滤料。

包装用材料与其他方面: 包装用材: 用低档麻纺织品制成的低档复合膜材用于一般工业品的包装。其他: 电缆包覆材料、电池隔板、磁碟衬料以及一些特殊功能的填充料与元件, 如防辐射、保温密封、耐高温、防紫外线等, 已成为高科技新材料的组成部分。

4.2 国内市场需求分析

(1) 国外天然纤维复合材料技术飞速发展, 应用领域不断拓展, 促进我国生产技术的提高和市场需求增加。世界主要国家纺织材料作为复合材料增强剂用的非织造布人均年产量如表 8 所示。从表 8 可以看

出,我国非织造布的人年均产量,远低于美国、西欧和日本。这一方面说明了我国的差距,另一方面也说明在我国发展空间还比较大。

(2) 我国“十五”期间主要用作复合材料增强剂的非织造布市场需求预测,见表 9。

表 8 用作复合材料增强相的纺织品—非织造布的人年均产量比较

国 别	美 国	西 欧	日 本	中 国
非织造布产量/kg/人年	3.5	1.7	1.7	0.19

表 9 我国“十五”期间主要用作复合材料增强剂的非织造布市场需求预测

应用领域	潜在市场	目前市场	目前市场占有率/%
絮填材料/kt	400 ~ 500	70	15 ~ 20
屋顶油毡/10 ⁶	300	15	5
过滤材料/10 ⁶	80	10	12
农用材料/10 ⁶ m ²	5000	50	1
合成革基材/10 ⁶ m ²	75 ~ 100	8	8
土工布/10 ⁶ m ²	500	50	10
汽车用材料/10 ⁶ m ²	50	5	10
医用材料/10 ⁶ m ²	600	50	10

表 9 的预测数据说明,主要用作复合材料增强剂的非织造布应用市场前景看好。综上所述可知,随着“十五”以及 2015 年现代化建设的到来,以及人民生活水平的不断提高和产业应用领域的不断拓展,纺织材料用作新型天然复合材料增强剂的这一趋势将更加明显,新型天然纤维复合材料及其制品必将获得更大发展。

4.3 初步效益分析

(1) 直接经济效益初步分析。国外新型天然纤维复合材料之所以迅速发展,除开它本身具有独特的性

能和广泛的应用领域,其根本的一条是这类产品可赚取高额利润。譬如普通纺织品每平方米一般几美元,而高性能天然纤维复合材料每平方米(不到 1kg)售价高达 50 美元,产品附加值成倍提高。

作为高性能天然纤维复合材料主要原材料的天然纤维和聚合物的国内参考价格列在表 10 中。可见苧麻在麻类中具有价格上的优势。设想即便取高档的原料配置(如苧麻细纱),制成的高档天然纤维复合材料的价格,也会在 50RMB/kg 以下,如果是膜材,折成单位面积的价格,与国外的相比,仍然低得多。

表 10 高性能天然纤维复合材料主要原材料价格分析

麻纤维品种	参考价格/RMB · kg ⁻¹	聚合物品种	参考价格/RMB · kg ⁻¹
苧麻原麻(Ramie grades)	5	聚乙烯(PE)	<20
苧麻精干麻(Degummed Ramie)	12	聚氯乙烯(PVC)	<10
麻条(Ramie tops)	20	聚偏氟乙烯(PVDF)	
苧麻细纱(Ramie yarns)	30	聚丙烯(PP)	<20
黄麻(Jute)		聚氨酯泡沫(PUF)	14 ~ 20
剑麻(Sisal)		酚醛树脂(PH)	<20
亚麻纱(Flax yarns)	60	通用不饱和聚酯树脂(UP)	6 ~ 8
大麻纱(Hemp yarns)	40	普通环氧树脂(EP)	20

结合前述的市场需求分析,这种新型复合材料制品,具有潜在的、非常可观的经济效益。

开展高性能天然纤维复合材料及其制品的研究,能推动农林副业的发展。苧麻是我国特产,一年三

熟,是农村附加值比较高的经济作物。开展苧麻纤维复合材料及其制品的应用开发研究,尽快形成新的产业,形成新的经济增长点,可以促进农村经济发展,加快我国老、少、边、穷地区的脱贫致富。能推动纺织行

业由传统型向高科技型的转变。可以为纺织品除了主要用作人类衣着以外,开辟新的应用领域,提高其附加值。利于环境保护和走可持续发展道路。材料科学发展的趋势之一,是材料的环境友好性研究。人工材料的自然降解、材料的回收再利用,是材料的环境友好性研究的主要内容。有机天然纤维复合材料及其制品的开发应用,充分利用自然资源,不对环境构成污染,符合这一趋势。

5 结 论

麻和竹等高性能天然纤维具有复合材料的性能特点,可作为复合材料的增强剂。国外高性能天然纤维复合材料及其制品开发应用研究起步较早,已经有了比较广泛的工程应用,国内目前还处于研究阶段。开发研究这类复合材料及其制品,对充分利用自然资源,坚持环境友好,走可持续发展的道路和改造传统的农林业,提高其附加值,同时提高纺织物除衣着、装饰用以外的工业用份额,从而,促进传统纺织工业的高技术化改造等具有积极的意义。这类复合材料制品将具有较大市场潜力和很好的发展前景。

参考文献

- 姚穆等主编. 纺织材料学. 北京:纺织工业出版社,1988
- N. S. Hon David, Polymer News, 13(5), Gordon and Breach Science Publishers, U. S. A., 1988:134 ~ 140
- 姜繁昌等. 麻类纤维理化性能研究. 苕麻纺织科技, 1995, 18(5), 6:6~9
- 姜繁昌等. 剑麻纤维可纺性能研究. 苕麻纺织科技, 1997, 20(3):5~12
- 周祖福等. 复合材料学. 武汉工业大学出版社, 1996
- 冼杏娟, 冼定国, 叶颖薇. 竹纤维增强树脂复合材料及其微观形貌. 科学出版社, 1995
- Jingcheng Zeng, Jiayu Xiao et al. Yacht Prepared From Bamboo Woven Preform Reinforced Polyester via RTM, ICCM - 12, July, 1999, Paris
- Modern Plastic Industry, Vol. 23, No. 5, 1994, 23(5):69
- Vedat Ozsanlav, Specific application of jute/ synthetic blends, China Textile and Apparel, Feb/ Mar, 1999, 40
- Garkhail, S. K., Meurs, E. Et al. Thermoplastic composites based on biopolymers and natural fibers ICCM - 12, July, 1999, Paris
- H. Lilholt et al., Natural composites based on cellulosic fibers and polypropylene matrix - Their processing and characterization, ICCM - 12, July, 1999, Paris
- A. Vazquez, V. P. Cyras, J. M. Kenny and S. Iannace. Processing and properties of biodegradable composites based on mater - BI and sisal fiber, ICCM - 12, July, 1999, Paris
- Prakash Yadav, Ajay K. Nema, Anurag Nema & S. K. Nema. Physico - mechanical characterization of jute fiber composites with thermoset resin, ICCM - 12, July, 1999, Paris
- H. M. Wang, Y. Q. Sun et al. Exploring of a new natural fiber composite - - Ramie fabric/UP composite, ICCM - 12, July, 1999, Paris
- 曾汉民等. 剑麻纤维增强玻璃钢靠背椅性能研究. 玻璃钢/复合材料, 1999, (4):29~31
- 肖加余, 曾竟成等. 重视高性能天然纤维复合材料性能研究与制品开发. 山东泰安:中国复合材料学会第三次全国会员代表大会, 1999
- 吴旦人主编. 竹业开发. 湖南科技出版社出版, 1995
- 曾竟成, 王兴业, 肖加余, 刘凤荣. 我国竹复合材料及其制品的现状, 竹的工业利用研讨会, 国际竹藤组织(INBAR), 北京, 1997, 12
- 全国非织造布科技信息中心. 纺织工业高新技术的应用与展望. 中国纺织科技信息研究所编, 北京 1996, 10
- 曾跃民等. 发展产业用纺织品. 推动纺织科技进步. 中国纺织报, 1999年6月23日第三版
- 蓝天. 复合涂层织物显威于新型建筑. 中国纺织报, 1999年6月11日第三版

STATUS OF RESEARCH AND DEVELOPMENT FOR THE NATURAL HIGH PERFORMANCE FIBER REINFORCED COMPOSITE AND ITS PRODUCT

Xiao Jiayu Zeng Jingcheng Wang Chunqi

Liang Chongyun Chen Yimin

(National University of Defense Technology)

Zhang Xiaojing Lou Binwu

(Hunan Huashan Yixintai Co. Ltd)

Abstract: In the present paper, the behaviors of some natural fibers including ramie, sisal, jute, hemp, flax and bamboo fibers were analyzed. The analysis showed that these natural fibers have some typical characteristics of composites and can be used as the reinforcements in composites. The status of research and development for the natural high performance fiber reinforced composite and products was reviewed. The significance for R & D of this composite and products was shown. Through the potential market investigation, it was pointed out that this kind of composite and products possess some fine prospects.

Key words: natural fibers bamboo ramie sisal jute flax hemp composite

收稿日期:1999-09-23