

文章编号: 1000-2278(2005)04-0273-07

新型环境材料——木质陶瓷的研究

张小珍 周健儿 梁华银

(景德镇陶瓷学院材料科学与工程学院, 333001)

摘要

本文综述了一类新型环境材料——木质陶瓷在国内外的研究进展。针对木质陶瓷制备过程的不同工艺路线、原材料选取、熔融浸渍体种类等方面做了详细论述,并介绍了木质陶瓷的微观结构。木质陶瓷具有优异的电磁屏蔽、温度-湿度传感、摩擦学性能等,以及特殊的结构特征。作为一种新型的结构和功能材料,其有着广阔的应用前景。本文最后总结了木质陶瓷的应用及其发展方向。

关键词: 木质陶瓷, 环境材料, 制备方法, 性能

中图分类号: TQ174.75 文献标识码: A

1 引言

20世纪90年代以来,在高新技术材料的研究中,出现了一个新的研究领域,即环境材料(Eco-materials)。环境材料要求传统材料具有更优良的环境适应性,也包括直接改善环境的材料^[1]。环境材料的典型特点是其先进性、环境协调性以及舒适性。木质陶瓷完全具备了这三大特点,是一种典型的环境材料^[2]。木质陶瓷是采用木材(或其它木质材料)在热固性树脂或液化木材中浸渍后经高温真空碳化而成的一种具有连通孔结构的新型多孔碳素材料,其中的木质材料在烧结后生成软质无定形碳,树脂生成硬质玻璃碳^[3]。自日本青森工业实验场的冈部敏弘博士等人于1990年采用木质废弃物(如废纸、木屑等)首次成功开发出木质陶瓷以后,木质陶瓷的研究就引起了学术界的普遍关注,经过十几年的不断努力,已取得较大进展。废弃的木质,如废弃木料、纸、农作物秸秆等,若不经适当处理,就会给环境带来负担;但若将其制成陶瓷材料,不仅对减少环境污染具有重要的意义,而且可以开发出新型环境友好型陶瓷材料^[3]。此外,木质陶瓷经粉化和处理后还可以用作活性炭^[4]。木质陶瓷具有很

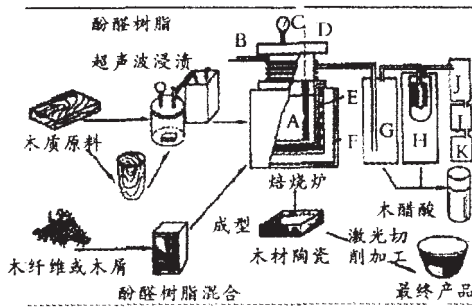
多优异的性能,如良好的电学性能、高比表面积、消声性能及优异摩擦学性能和耐腐蚀性能等。因此,在许多工业领域具有广阔的应用前景,如用作吸附剂、催化剂载体、隔热材料、自润滑材料、温度和湿度传感器、阻尼材料、电磁屏蔽材料,以及轻质结构陶瓷和可加工陶瓷材料等^[5-12]。本文针对木质陶瓷材料的研究现状、应用及发展趋势等做了详细论述。

2 木质陶瓷的制备研究

如何避免产生开裂和翘曲是木质陶瓷制备过程中的重要课题之一。在木材炭化过程中,由于水分蒸发以及纤维素、准纤维素和木质素等物质的高温热分解,开裂和翘曲随之而产生,为防止这种现象发生,可充填某些物质以强化木材的细胞壁。研究表明,渗透了树脂的木材在炭化时,其开裂和翘曲减少,同时具有较高的留着率。炭化后的树脂,其断面裂口呈玻璃状的贝壳花纹,所以称玻璃碳,其基本结构是由层状炭围绕纳米尺寸孔隙无序排列,具有三维结构的微孔^[13]。为获得可强化木材细胞壁玻璃碳,一般采用酚醛树脂、呋喃树脂或醇酸树脂等热固性树脂浸透木材,使之缓慢炭化和硬化或者直接用木塑复合材炭化^[3]。

2.1 木质陶瓷制备工艺流程

根据选取原材料、浸渍熔融体的不同以及不同的性能要求,木质陶瓷的制备可以有不同的制备工艺方法,但它们的共同特点是提高木质陶瓷材料的力学性能及设计合理的多孔结构等,常用木质陶瓷制备的一般工艺流程如图1^[13]所示。木材或木质纤维在酚醛树脂



A 原料试样;B 冷凝管;C 压力表;D 温度计;

E 加热器;F 绝热材料;G 水箱;H 冷阱;

I 活性炭过滤层;J 空气过滤层;K 真空泵

图1 木质陶瓷制备工艺流程

Fig.1 Preparation process of woodceramics

脂内浸泡或混合,然后送入焙烧炉中在惰性气体的保护下高温炭化得到木质陶瓷,经切割加工后得到制品^[13,14]。

目前常采用的工艺路线还有^[15,16]:(1)木材→干燥→热解→渗硅(1400~1600℃)→Si/SiC复合陶瓷。(2)木材→在含硅和铝化合物的溶液中浸泡→硫化(45℃)→热处理→(Si-、Al-)木质陶瓷等等。

2.2 原材料的选取

木质陶瓷的生产原料可以是天然木材、竹材、木纤维、木屑等,也可以是废弃木材、废纸、甘蔗渣、果渣或果核等,最近有文献报道还可用稻壳、木粉等作原料^[17~20],这决定了木质陶瓷的生产成本非常低廉,也正适应了当今材料科学研究中有效开发废弃物料的再生利用,保护环境,节省资源的研究发展战略。但最初采用的天然木材及制品的组织结构存在各向异性,因此烧结后成品尺寸精度低。为克服这一缺陷,后多采用中密度纤维板(MDF,一般气干密度0.70g/cm³,含水率8%左右),这样原料只有板面与板厚方向的性质区别。也可采用间伐材,经削片、破碎后与粉状酚醛

树脂混合制成板材,再经高温焙烧制成木质陶瓷;或以胶合板为原料生产木质陶瓷。

以废弃印刷纸、废纸板为原料,经粉碎、干燥到含水率2%,施用8%的酚醛树脂胶(以固体树脂计算),当原料设计密度为0.70g/cm³即可制得性能优异的木质陶瓷^[17]。以椴木木粉为原料、酚醛树脂为浸渍液制备木质陶瓷的工艺可克服以往木材陶瓷物理性质显著的各向异性特点,并且使复杂形状木质陶瓷的制备不再困难^[20]。以白松、桦木、青冈木和五合板为原料,酚醛树脂乙醇溶液为浸渍液,在N₂保护下制得的木质陶瓷的性能的研究表明:白松易于浸渍,但产品性能稳定性差,强度、密度和硬度较低,电阻率大;青冈木、五合板浸渍性差,浸渍液浓度对试样的性能的影响不如其它树种明显;桦木易于浸渍,烧结后的密度、强度、硬度都较高,电阻率较低^[21,22]。

2.2 浸渍熔融物的选取

研究者^[3]最初采用酚醛树脂、呋喃树脂和醇酸类树脂等热固性树脂浸渍中密度纤维板进行木材陶瓷化。烧结炭化后,能形成较好的玻璃碳,起固化增强作用。这类木质陶瓷就具有了许多碳素材料的性能特点,如:质轻、耐热、耐磨和导电等,而且价格适中,合成方便、游离醛少,燃烧后只生成CO₂和H₂O副产品,具有良好的环境协调性。此后,为了制备性能特点与结构更优的木质陶瓷材料,众多研究者又采用了多种不同的浸渍熔融物,如液化木材、无机熔融硅、正硅酸乙酯(TEOS)、金属等物质。日本研究者考虑到木质陶瓷循环再利用等因素,采用了一种液化木材(它是一种将木屑与酚类化合物混合,在加入酸的条件下高温热溶解得到的物质)为浸渍物^[23]。与酚醛树脂相比,在保证木质陶瓷高强度的前提下,液化木材可以采用较低浓度的酚类化合物,充分利用木材当中的木醋酸、木焦油等成分。这样制成的木质陶瓷被认为是一种优良的环保型陶瓷材料。在原材料体中,熔融体的浸渍率是影响木质陶瓷性能的一个重要指标。

采用熔融无机硅作为浸渍物,利用烘干的木材或木屑在真空密闭高温炉中高温热解,经渗入熔融无机硅,生成了耐高温的高强度碳化硅质陶瓷材料,它成功的将木材的自然结构性能和陶瓷的耐高温性能结合了起来^[24,25]。采用TEOS作为陶瓷先驱体浸渍剂的主要成分,加压(0.2~1.0MPa)注入软质木材试样中,经

热处理制得的木质陶瓷, 可实现二氧化硅填充内部孔隙, 增加制品密度的效果; 二氧化硅与纤维素之间的键合交联或包裹, 不但提高木质陶瓷强度, 而且增加了硬度^[23]。

为提高树脂等浸渍物在木质体中的浸渍率和均匀性, 达到增加木质陶瓷致密度及强度等性能的效果, 可采用高压超声浸渍法, 其浸渍率可提高到 10%^[26], 或先将木质碎屑和树脂混合后, 热压成板材烧制制备木质陶瓷^[3], 这种方法明显改善了树脂在密度板中的浸渍率与分布均匀性, 提高了木质陶瓷的力学性能。树脂浸渍率与木质陶瓷的密度密切相关, 但树种不同所受影响的程度亦不同^[14]。

3 木质陶瓷的显微结构

木质陶瓷的结构受烧结温度、浸渍比例和烧成时间等多种因素的影响。木质陶瓷的孔壁由两种炭化层组成, 一种是由木材的主要组成物质——木质纤维素转化而来的无定形碳层; 另外一层就是酚醛树脂转化而来的玻璃碳层, 存在于木纤维上或木纤维之间。因此, 木质陶瓷是无定形碳(木材炭化而成)和玻璃碳的复合体。以椴木木粉为原料、酚醛树脂为浸渍液制备的木质陶瓷微观结构如图 2 所示, 玻璃碳已在木粉生成的无定形碳之间架桥, 并在局部出现颗粒状或长链状的玻璃碳聚集体, 三维的碳网络结构已很完善^[20]。当温度低于 1000℃ 时, 它们在木质陶瓷中难以区

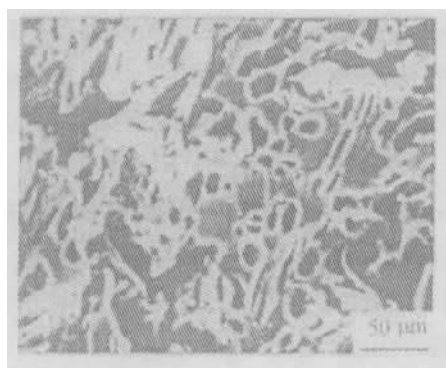


图 2 木质陶瓷的显微结构

(酚醛树脂与木粉质量比为 80/100, 1100℃ 烧成)

Fig.2 SEM photograph of woodceramics at 1100℃ and 1500℃ with mass ratio of phenolicresin to wood powder=80/100

分, 但当温度达到 1500℃ 以上时, 这两种碳的石墨化程度明显不同, 玻璃碳是典型的难石墨化物质。木质陶瓷的密度随酚醛树脂浸渍量和炭化温度变化而变化。随着树脂浸渍率的增加, 木质陶瓷密度将增加, 而内部微孔尺寸将减小。

不同温度下烧成时, 木质陶瓷在结构上并没有明显变化, 木质纤维的形状及相互缠结的方式并没有改变。但不同温度下单个木质纤维的直径缩小率与垂直方向(Z轴)的尺寸变化率一致^[27]。

4 木质陶瓷的性能

4.1 力学性能^[11, 28-30]

木质陶瓷制备过程中的树脂浸渍率和炭化烧结温度是影响木质陶瓷力学性能的主要因素, 力学各向异性则与木材纤维取向有关。烧结温度较低时, 木质陶瓷表现出一定的塑性行为, 随着温度的提高, 弹性模量和弯曲强度先是降低, 然后升高, 材料逐渐变脆。随着树脂浸渍率的提高, 力学性质不同程度上得到提高, 弹性模量最大值可达 5GPa 以上, 而抗压强度最大值可达 80GPa, 材料的脆性增加速度加大, 且压缩强度的各向异性呈下降趋势。木质陶瓷的抗压强度随树脂的浸渍率增加而增大, 这主要是由于浸润细胞壁的树脂炭化后转变为玻璃碳, 能够承担较高的弯曲应力。树脂炭化后对木材横向的增强作用大于对纵向的增强作用, 并且由于横向压缩作用垂直于木材纤维方向(作用力方向为径向或切向), 细胞受压后的变形与断裂受到了浸渍树脂后的细胞壁和内核抑制作用。木

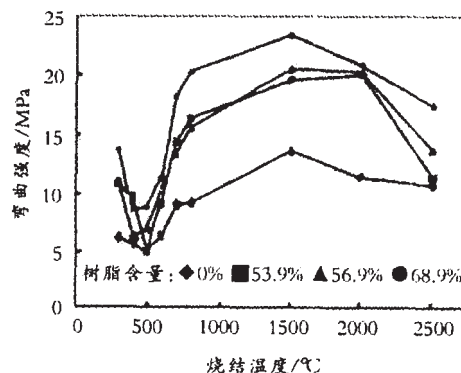


图 3 弯曲强度与烧结温度的关系

Fig.3 Effect of sintering temperature on flexural strength

表 1 油润滑时摩擦性能与载荷的关系

Table1 Relationship between tribological properties and load in oil lubricated condition

载荷 N)	50	100	150	200	250	300	350
摩擦系数 μ)	0.17	0.13	0.10	0.09	0.08	0.06	0.06
磨损率 $\times 10^{-8}\text{mm}^3/(\text{N}\cdot\text{m})$)	10.9	6.8	4.6	3.9	3.1	2.7	2.0

材细胞沿树木纵向呈细长管状,存在显著的各向异性。炭化后其纵向压缩断裂是由于细胞壁翘曲而产生的,径向和切向的压缩断裂是由于细胞壁的弯曲引起的。弯曲强度与烧结温度和浸渍率的典型关系如图 3 所示。烧成温度在 300~500 间时,木材的热解作用造成局部缺陷对弯曲强度影响较大,弯曲强度随温度上升而下降;达到 500 后,高分子物质经缩合作用形成芳香环多核结构,分子偶合程度增加,酚醛树脂开始形成玻璃碳,从而使弹性模量和弯曲强度都随温度上升而增加,因此在 500~800 间,弯曲强度迅速增大,此后增速变缓,至 1500 时达到最大值。

现有木质陶瓷的断裂韧性很低,约在 $0.15 \sim 0.3\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 的范围,与冰相似,但其断裂应变随含浸率及烧结温度的降低而升高,为 1%~10%左右,远高于冰、水泥、SiC 等脆性材料,如果工艺适当,其断裂应变甚至可高于铝材。

4.2 摩擦性能^[8,10,27,31]

木质陶瓷具有独特的摩擦学特性,其摩擦系数几乎不随对磨材料的种类、粗糙度、润滑剂和滑动速度的影响,一般稳定在 0.1~0.15 之间,在一定的接触压力范围内,磨损速率很低,不到 $10^{-8}\text{mm}^3/(\text{N}\cdot\text{m})$,在应用上具有独到的特性,但随荷重的增加而有所下降。表 1 给出了油润滑条件下木质陶瓷的摩擦系数、磨损率与载荷的关系。从表 1 可知,木质陶瓷的摩擦系数和磨损率随着载荷的增加而逐渐降低。木质陶瓷的多孔结构,使润滑油难以形成明显油膜,润滑油主要起冷却作用,这与金属材料靠在摩擦面间形成油膜来减小摩擦形成了鲜明的对比。因此在与耐热材料对磨时,其摩擦系数几乎不受对磨速度的影响。同时石墨的剪切强度不随表面、内部而变化,因此对磨材料的粗糙度也不影响摩擦系数。但由于荷重的增加将导致木材陶瓷表面间隙的减少,从而多少体现出油膜的效果。

4.3 电磁屏蔽性^[6,19,32]

木质陶瓷具有导电性,能够抑制电波的穿透,木质陶瓷也是多孔结构材料,能引起较大的介电损失,从而具有优异的电磁屏蔽效能。(一般电磁屏蔽材料的屏蔽效率为 30~60dB,而以废纸屑为原料的木质陶瓷的电屏蔽效率 100Hz 时为 30dB,300Hz 以上时为 40~43dB)。研究还发现,炭化温度在 600 时,由中密度板制备的木质陶瓷基本不具有电磁波吸收特征;炭化温度在 650~700 时,木质陶瓷在频率为 7GHz 时具有优良的电磁波吸收性(约 50dB);炭化温度在 750~800 时,木质陶瓷在频率为 0.8GHz 时的电磁波吸收约为 40dB,并且随着炭化温度的升高,吸收性降低;可见炭化烧结温度对木质陶瓷的电磁屏蔽性有较大的影响。

4.4 其它性能

木质陶瓷的电阻率随温度的升高而线形下降,显示出与半导体材料相同的负温度系数,这与金属或准金属的情况相反。因此,木质陶瓷可以作为温度传感器的材料,其成本很低^[9,18];木材陶瓷的电阻率与烧结温度也密切相关,随着烧结温度的升高,电阻率下降,木质陶瓷从绝缘体过渡到导体,尤其是烧结温度在 700~900 以下,木材陶瓷的导电性有急剧的变化,而超过这个范围后,其导电性随烧结温度上升的变化并不显著,表现出半导体的性质;木质陶瓷电阻率随相对湿度的增加而线性降低(10%~70%),这种线性关系的出现主要是在于特殊的木质陶瓷表面结构^[9]。研究发现,厚度为 4mm 的木质陶瓷在相对湿度 15%~70%范围内,其电阻率与湿度之间有极好的线性关系。将木材陶瓷置于潮湿的空气中 20 分钟或干燥的氮气环境下 10 分钟,在其表面发生水分子的吸附和解吸现象,因而木质陶瓷可用作湿度传感器^[26]。

木质陶瓷的比热容比合金高,接近橡胶、陶瓷和石英等的比热容^[18]。以中密度纤维板为原料制备的木质陶瓷比热容与温度的关系如图 4 所示^[27],在 800

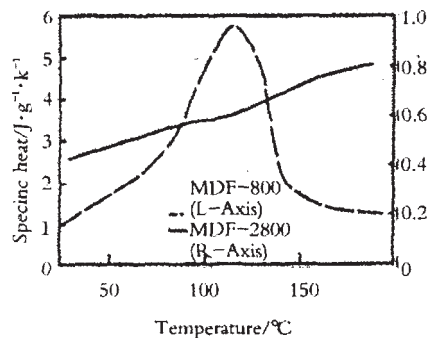


图 4 木质陶瓷比热容与温度的关系

Fig.4 Temperature dependence of specific heat capacity of woodceramics

烧结制得的木质陶瓷,其比热容在 130 以下时随温度的升高而增大,室温时为 $1.0\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$,到 130 时达到最高,为 $5.5\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$,此后,吸热脱水反应结束,比热容值迅速下降,并在 150 之后趋于平缓。这个峰值的出现是由于多孔木质陶瓷中发生了脱水反应。通过热重-差热联合分析(TG-DTA)表明,烧结温度越高的木材陶瓷,热分解重量损失峰值出现时的温度越高。同样以中密度纤维板为原料,在 2800 烧结得到的木质陶瓷,其比热容没有出现任何峰值,从室温的 $0.5\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 增加到 2800 时的 $0.94\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$,其比热容几乎随温度呈线性增加,说明 2800 烧结的木质陶瓷具有较高的热学稳定性。

木质陶瓷还具有优良的远红外性能,在 650 烧结的中密度纤维板木材陶瓷,其远红外放射率是黑体的 80%左右,与黑体相似,远高于一般金属,也与别的陶瓷材料有显著区别。在波长为 $5\mu\text{m}$ 时,放射率达到峰值^[33]。由于人体多靠远红外线获取热量,因此,木质陶瓷极具发展成房暖材料的潜力。

5 木质陶瓷的应用

木质陶瓷拥有的独特的力学、电学和热学性能,以及优良的远红外发射功能、优异的生物相容性、良好的中子减速能力和较大的振荡衰减因子等,使其具有广阔的应用前景,既可作为湿度——温度传感材料、电磁屏蔽材料、电子封装材料、房暖材料、高温过滤材料、催化剂和固定化载体、吸声和隔热材料等功能材料,也可用作轴承轴瓦、高速列车刹车材料、轮胎

防滑链、可加工陶瓷以及医学植入构件等结构材料^[27]。

与其它多孔陶瓷相比,木质陶瓷在生物催化剂和化工分离方面具有更大的优越性。木质陶瓷典型的孔径分布有单峰式和多峰式两种。单峰式的孔径分布适宜用作过滤器,以保证过滤器的选择性;多峰式的孔径分布对多功能细胞载体和生物催化剂支撑件的设计具有重要意义,如小孔可用于固定催化剂或微生物,而大孔用于介质的传输与分离,可以同时实现催化和分离的双重功效,且效率远高于管状膜,也为大小不同的多种细胞或酶固定在同一载体上并实现各自功能提供了可能性。

6 总结和展望

木质陶瓷的出现为设计新型多孔陶瓷提供了一条极具潜力的途径,作为新兴的环境材料,木质陶瓷的研究在国际上方兴未艾。木质陶瓷的研究对减缓生态环境日益恶化和废旧木材的重新利用,无疑会获得显著的社会效益和经济效益。

从木质陶瓷的研究现状发现,木质陶瓷已不再是起初单纯的树脂与木材炭化后生成玻璃碳和无定形碳的复合体,它正在不断发展成为不同基质材料体的新型结构功能材料,如 SiO_2 、 SiC 、 TiC 等^[34]。这主要是由于在不同工艺条件下采用了不同的浸渍熔融体与基体材料发生反应的结果。这样,不同基体材料又将赋予木质陶瓷新的功能特点,进一步拓展它的应用领域。今后木质陶瓷的研究将不仅会在浸渍溶剂的选配、原材料结构模板的设计等方面有所发展,更重要的是它为材料学的发展提供了一种新的研究理念。研究利用天然生长的植物结构,采用浸渍不同的有机物和无机物以及不同的工艺过程控制措施,进行新型结构陶瓷等多种材料的优化设计,并研究木质陶瓷与不同金属,在不同复合工艺的复合机制下形成陶瓷/金属等复合材料的组织与结构特性、功能特性之间的关系,将为制备实用化、结构功能一体化的先进陶瓷/金属复合材料提供可靠的理论依据和有效的制备方法和途径。

参 考 文 献

- 1 山本良一. 环境材料. 王天民译. 北京: 化学工业出版社, 1997:1- 11
- 2 党静云. 环境材料的发展势在必行. 山东建材, 1999,(1): 20- 21
- 3 Okabe T, Saitok. Development of woodceramics. Yamamoto R. Proceedings of the 3rd IUMRS International Conference of Materials. Amsterdam: Elsevier Science B V, 1994:681- 684
- 4 Hata K, Okabe T, et al. Influence of laser beam irradiation conditions on the machinability of medium density fiberboard impregnated with phenolic resin. J. Porous Mat., 2000,7 (4): 483- 490
- 5 Kasai K, Shibata K, Saito K, et al. Humidity sensor characteristics of woodceramics. J. Porous Mat., 1997, 4(4) : 277- 280
- 6 Shibata K, Okabe T, Saito K, et al. Electromagnetic shielding properties of woodceramics made from wastepaper. J. Porous Mat., 1997, 4 (4) : 269- 275
- 7 Zhang D, Xie X Q, Fan T X, et al. Morphology and damping characteristics of woodceramics. J. Mater. Sci., 2002, 37 (20) : 4457- 4463
- 8 Xie X Q, Fan T X, Sun B H, et al. Dry sliding friction and wear behavior of woodceramics/Al - Si composites. Mater. Sci. Eng., 2003, A 342 (1- 2) : 287- 293
- 9 Suda T, Kondo N, Okabe T, et al. Electrical properties of woodceramics. J. Porous Mat., 1999, 6 (3): 255- 258
- 10 Akagaki T, Hokkirigawa K, et al. Friction and wear of woodceramics under oil and water lubricated sliding contacts. J. Porous Mat., 1999, 6(3):197- 204
- 11 Xie X Q, Fan T X, et al. Increasing the mechanical properties of high damping woodceramics by infiltration with magnesium alloy. Compos. Sci. Technol., 2002, 62(10- 11):1341- 1346
- 12 Fujino T, Calderon- Moreno J M, et al. Phase and structural change of carbonized wood materials by hydrothermal treatments. Solid State Ionics, 2002,151(1- 4):197- 203
- 13 Toshihiro Okabe, Koji Saito. Development of Woodceramics. Advanced Materials 93, V/A: Ecomaterials
- 14 Azuma Y, Kawamura S, Chiba T. Development of Woodceramics Manufacturing Device. The Third International Conference on Ecomaterials, Tsukuba, Japan, 1997
- 15 蔡宁等. 无机材料学报, 2001,16(4):763- 767
- 16 王西成等. 材料研究学报, 2000,14(1):51- 55
- 17 Takayuki Okayama, Toshihiro Okabe, Kouji Saito. Manufacturing Method of Woodceramics from Waste Paper. The Third International Conference on Eco- materials, Tsukuba, Japan, 1997
- 18 Hiroyuki Endo, Kiyotaka Shibata, Kiyokazu Kasai. Fundamental Properties of the Bambooceramics. The Third International Conference on Eco- materials, Tsukuba, Japan, 1997
- 19 Kiyotaka Shibata, Toshihiro Okabe, Kouji Saito. Electromagnetic Wave Shielding Properties of the Woodceramics Made from Wastepaper. The Third International Conference on Ecomaterials, Tsukuba, Japan, 1997
- 20 钱军民, 金志浩, 王继平. 酚醛树脂 / 木粉复合材料制备木材陶瓷结构变化过程研究. 复合材料学报, 2004, 21(4):18- 22
- 21 Shin Itakura, Toshihiro Okabe, Kouji Saito. Properties of Phenolic Resin Treated Wood Manufactured by Ultrasonic Wave Resin Impregnation Method. The Third International Conference on Ecomaterials, Tsukuba, Japan, 1997
- 22 马荣, 乔冠军, 金志浩. 木材陶瓷的制备与性能研究. 西安交通大学学报, 1998, 32(8):57- 61
- 23 孙炳合, 张荻, 范同祥等. 木质材料陶瓷化的研究进展. 功能材料, 2003, 1(34):20- 22
- 24 国外信息快报. 河北陶瓷, 1997, 25 (2):32
- 25 国外信息快报. 新材料产业, 2001, 26 (9):42
- 26 Kakishita Kazuhiko, Toshikazu Suda. Woodceramics as Humidity Sensor. The Fourth International Conference on Ecomaterials, Gifu, Japan, 1999
- 27 谢贤海, 张狄等. 结构功能一体化材料——木质陶瓷的发展及其应用. 功能材料, 2001,(32): 121- 123
- 28 Fushitani M etc. Bending Strength Properties and Hardness of Woodceramics. ibid, 365- 368
- 29 Otsuka M, Okabe T, Saito S. Effect of Cell Structure on the Compressive Strength of Beech Based Woodceramics. ibid, 369- 372
- 30 Araki S, Hata K, Tsuji J. Thermal Shock Resistance and its Reliability of Woodceramics. The Third International Conference on Ecomaterials, Tsukuba, Japan, 1997
- 31 Akagaki T etc. Friction and Wear Properties of Woodceramics at High Sliding Velocity. ibid, 133- 136
- 32 Nobukazu Kondo, Toshikazu Suda, Toshihiro Okabe. Woodceramics Thin Films. The Third International Conference on Ecomaterials, Tsukuba, Japan, 1997
- 33 Takashi Hirose, Masami Fushitani, Toshihiro Okabe. Study on Improvement of Strength Performances of Woodceramics. The Third International Conference on Ecomaterials, Tsukuba, Japan, 1997

34 Qian J M ,Wang J P, Jin Z H,et al. Preparation of macroporous
SiC from Si and wood powder using infiltration reaction

process. Mater. Sci. Eng., 2003, A358 (122) :304- 309

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF WOODCERAMICS- A NEW ECO- MATERIAL

Zhang Xiaozhen Zhou Jianer Liang Huayin
(Jingdezhen Ceramic Institute, 333001)

Abstract

Recent research progress of a new eco- material, woodceramics, was reviewed. Different preparation processes, selection of raw materials and varieties of impregnating agents were discussed in detail. Because of its unusual electromagnetic shielding properties, sensitivity to temperature and humidity and abrasiveness, as well as unique microstructure, woodceramics will be widely applied as structural and functional ceramics. Finally, prospects of its research and application were predicted.

Keywords: woodceramics, eco- materials, fabrication methods, property