

求知文库

绿色科技全书

新材料技术 的应用



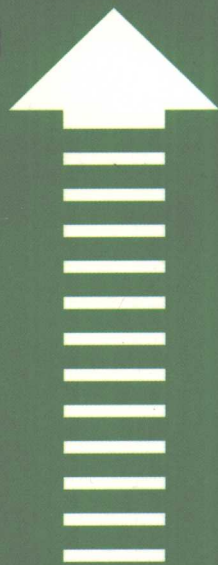
人创造环境，同样环境也创造人。

—— 马克思

袁晓宇 姜波南 王贵刚 / 编

LUSE KEJI
QUANSHU

远方出版社



求知文库·绿色科技全书

新材料技术的应用

袁晓宇 李波涛 王党丽/编

远方出版社

责任编辑:王月霞

封面设计:杨 静

求知文库·绿色科技全书

新材料技术的应用

编 者	袁晓宇 李波涛 王党丽
出 版	远方出版社
社 址	呼和浩特市乌兰察布东路 666 号
邮 编	010010
发 行	新华书店
印 刷	北京市朝教印刷厂
开 本	850 * 1168 1/32
印 张	480
字 数	4800 千
版 次	2005 年 9 月第 1 版
印 次	2005 年 9 月第 1 次印刷
印 数	5000
标准书号	ISBN 7-80723-078-9/G · 50
总 定 价	1200.00 元(共 48 册)

远方版图书,版权所有,侵权必究。

远方版图书,印装错误请与印刷厂退换。

前 言

世界范围内的城市化趋势所带来的城市环境保护问题，已成为各国政府和城市领导者关注的焦点之一。目前，我国城市大气污染日趋严重，已严重地影响到社会的发展和人们的生存环境，引起了党中央和国务院领导的高度重视。一方面大量消耗化石燃料获得能源，造成它们的储量日趋减少；另一方面化石燃料消耗过程造成严重的环境污染。这两方面原因使人们更多地研究可再生清洁能源，如太阳能、海洋能、风能、生物能等的开发利用。

能源是国民经济的命脉，是经济发展的基础。几十年来，我国的能源构成中，一直是煤炭占据主导地位。近年，随着石油、天然气和水能的开发利用，煤炭在能源构成中的比例有所减少，但其主导地位尚未改变，仍占总能源的75%，大量煤炭的开采及消耗使用，已成为空气污染的主要来源。因此，如何清洁高效地利用煤炭，是清洁能源行动的核心问题。

清洁能源行动要以政策为导向，以高新技术产品的开发、应用、推广为依托，抓住当前经济结构调整的有利时机，通过试点示范，采取各种有效的综合整治措施，促进清洁能源技术应用水平的提高，减少由能源生产及消费所带来的大气污染。

我国的能源需求日益增加，这为经济的满足这些需求以及避免重蹈发达国家的覆辙提供了一个机会。中国无论在未

开发的能源储备上或未开发的可再生资源上,都有潜力展示一个更具可持续性的能源前景。

我们希望这套《绿色科技全书》丛书能成为宣传能源科学的“准教育”,更重要的是培养学生如何关注能源,以及对能源的开拓思考,让他们从青年时代就立志开拓新能源,但我们是否完全做到了这一点,那就要让读者去评价了。

编 者

目 录

第一章 古树新枝话陶瓷	(1)
第一节 从石器到陶瓷	(1)
第二节 打不破的陶瓷	(11)
第三节 能透光的陶瓷	(17)
第四节 新奇的能量转换器——压电陶瓷	(24)
第五节 陶瓷应用的新天地	(32)
第二章 玻璃家族的新成员	(41)
第一节 名副其实的安全玻璃	(41)
第二节 异军突起的微晶玻璃	(50)
第三节 你亮我也亮的交通标志	(58)
第四节 神通广大的光导纤维	(61)
第三章 百花争艳的无机非金属涂层	(68)
第一节 忠实的卫士	(69)
第二节 化干戈为玉帛	(72)
第四章 金属园地中的奇葩	(78)
第一节 一发吊千钧的金属晶须	(78)
第二节 彩色不锈钢	(84)
第三节 像玻璃那样的金属	(90)

第四节	有“记性”的金属	(97)
第五节	金属中的“哑巴”	(103)
第六节	金属中的“变形能手”	(111)
第七节	未来的能源“仓库”	(115)
第八节	形形色色的多孔金属	(124)
第九节	奇妙的超导现象	(131)
第四章	有机高分子材料集萃	(140)
第一节	向海洋要淡水	(140)
第二节	树木的眼泪	(147)
第三节	使沙漠变良田的吸水树脂	(153)
第四节	从不粘锅说起	(157)
第五节	聚丙烯传奇	(162)
第六节	能导电的塑料	(167)
第七节	会爬杆的液体	(174)
第八节	“足球分子”	(180)
第九节	合成纤维的新篇章	(186)
第五章	从玻璃钢谈起	(193)
第一节	不是钢,胜似钢	(193)
第二节	层出不穷的先进复合材料	(200)
第三节	研制材料的新方法	(205)
第四节	向物质的微观世界进军	(210)
第五节	材料工程放异彩	(217)
第六节	21 世纪的突破	(228)

第一章 古树新枝话陶瓷

第一节 从石器到陶瓷



大自然的馈赠

说起陶瓷,在人们的心目中,也许会联想到缸、罐、钵、壶等日用器皿,它们的用途仅是充当厨房用具、餐具、卫生设施或艺术饰品。那么,陶瓷究竟是怎样起源的?严格地说,什么是陶瓷?现代的先进陶瓷与传统陶瓷有哪些区别?陶瓷的未来是怎样的?要回答这些问题,还得先让我们来考察一下陶瓷的世代变迁。

我们人类是从哪儿来的?按照科学的观点,人类是由一种称为古猿的古代动物进化而来的。但人类与动物有着本质

的区别,区别之一就是:人能制造工具,具有改造大自然的本领。

要制造工具,首先得有制造工具的材料。人类最早用来制造工具的材料是大自然所馈赠的石头。原始人类把石头打磨成各种形状,用于砍劈、切削、钻凿,来同大自然搏斗,以求生存。在人类发展史上,这段时期称为“石器时代”,大约开始于 250 万年前。

石器时代有新旧之分。在旧石器时代,人类使用的石器工具比较粗糙,也有少量的骨器工具。那时的社会生产方式是采集和渔猎,即采集自然生长的植物,捕捉和猎取自然生长的鱼类和飞禽走兽,作为维持生命的食物。可见那时人类对大自然的慷慨馈赠,只不过是将它们设法获取而已。



陶器:材料技术的发端

旧石器时代的这种生产与生活方式大约持续了 200 多万年。在这一时期中,人类逐渐对大自然的馈赠感到不满足了,他们要“得寸进尺”了。于是大约在 1 万年前,人类发展史上的新石器时代开始了。

由于对采集的现成植物和渔猎的动物不甚满意,在新石器时代初期,人类开始主动种植植物和驯养动物。他们使用

的石器工具也打磨得比较精致了,甚至制造了装有木柄的石斧。但是所使用的材料仍然是大自然所馈赠的石头和木头。石头虽硬,但较脆,要打磨成一定形状的工具很费事,而木头的使用范围也有一定限度。于是,以粘土为原料,经过火烧而制成的陶器产生了。

陶器的产生是人类发展史上的一块里程碑。恩格斯把陶器的出现作为新石器时代开始的标志。

陶器是人类最早不用大自然的现成材料而制成的器具,制陶技术可说是最古老的材料技术,是人类材料技术的发端。在制陶技术的基础上,我国古代劳动人民又发明了制瓷技术。因此,我们介绍材料技术,还是先从陶瓷谈起。



万年古树

早在1万多年前的旧石器时代末期,人类已会在用树枝条编成的容器上涂抹粘土,晒干后用来盛物,但这种容器既不牢固又怕浸水。在一些偶然的机,例如森林着火,这种容器经受了火烧。人们发现,其内部的树枝条烧成了炭,留下了坚硬的、耐火的坯料。也许,这就是古代陶器的雏形。后来,人们有意识地把粘土搓捏成形,烧制成器皿,用来盛水,存放、烧煮食物等,或烧制成渔猎工具,如刀、斧、渔网锤等。这就是最

古老的制陶技术，所以制陶技术发展到现在，已有1万多年的历史，真可谓是一棵“万年古树”。

我国是世界上最早生产陶器的国家。用现代先进技术对在河北徐水及江西万年出土的考古发掘物进行鉴定，证明我国大约在1万年前就已有陶器生产。后来，我国的制陶技术不断发展，形成了黑陶、白陶、彩陶等多个品种。

陕西临潼出土的秦始皇兵马俑，被人们称作“世界奇观”，它们就是在烧成的陶胎上进行彩绘而制成的，称为彩绘陶，其工艺水平令世人叹为观止。我国现代陶器的产地以江苏宜兴最为著名。



“两兄弟”

陶瓷实际上是陶和瓷“两兄弟”的总称。瓷是陶的“弟弟”，但年龄要小好几千岁。比起“哥哥”来，“弟弟”身材轻盈，玲珑剔透，肌肤光泽细腻，性格刚强，不渗水，不透气，耐高温，抗腐蚀，人见人爱，可谓“天之骄子”。

制瓷技术是在制陶技术基础上逐渐发展而形成的。从制陶到制瓷，主要是在以下三方面技术上取得了进展。

(1)精选原材料。瓷器是以含铝成分较多的高岭土为原料烧制而成的。

(2)改进窑炉,提高烧成温度。

(3)发明和利用釉。釉是以石英、长石、粘土等为原料,烧结在陶瓷表面的玻璃质薄层。

我国早在 3000 多年前的商代,就已出现了上釉的原始瓷器,烧成温度在 1200°C 以上。经过 1000 年的改进和提高,到了东汉(公元 25~220 年),位于今浙江绍兴、余姚一带的越窑首先发明了用 1300°C 以上高温烧成的上釉青瓷。瓷器是中华文明的象征。在许多拉丁语系国家中,“瓷器”和“中国”都以 CHINA 这同一种字母拼音表示。汉代以后,我国的制瓷技术已发展到非常高的水平,出现了许多名窑和名瓷。古人用这样的诗句来赞扬越窑出产的美丽青瓷:“九秋风露越窑开,夺得千峰翠色来。”素有“瓷都”美称的江西景德镇所烧制的薄胎瓷器,更被誉为:洁如玉,明如镜,薄如纸,声如磬。

以上这些称为传统陶瓷,也就是利用瓷石、粘土、长石、石英等无机非金属天然矿物为原料,经粉碎、混和、磨细、成形、干燥、烧成等传统工艺制成的产品,现在人们主要用作日用器皿和建筑、卫生制品。



先进陶瓷

20 世纪 20~30 年代以来,传统陶瓷遇到了严重的挑战。

首先是科学技术的发展,对陶瓷提出了越来越高的要求。例如,电力工业远距离输电线的建立,要求有耐几十万伏高压的绝缘性能良好的陶瓷材料;汽车工业要求有耐高温、高压和高电压的供气缸点火用的火花塞及其他高性能的汽车零件材料;电子工业要求有大功率集成电路用的陶瓷基片以及其他功能元件所需的材料;火箭、导弹、宇宙飞船等空间技术产品要求提供耐极端高温的高强结构材料和各种功能陶瓷。

其次是传统陶瓷在性能上的致命弱点——脆,使得它在工程应用面前望而却步,不得不让位于金属材料。

陶瓷除了脆以外,还有其他一些弱点,人们发现这主要是因为陶瓷结构中存在较多的玻璃相。玻璃相的组织比晶体疏松,是陶瓷中的薄弱环节,它在一定温度时会软化,降低了陶瓷的耐热性。玻璃相中还含有杂质,这就降低了陶瓷的许多性能。

在显微镜下观察陶瓷材料,可以发现主要有三种结构,即晶体相、玻璃相和气孔。晶体相是陶瓷的基本结构,它是由陶瓷化合物的原子按一定规则排列而形成的晶体结构。玻璃相是由陶瓷各组成物和杂质的原子无规则排列而形成的非晶态结构,因这种结构同玻璃的显微结构相似,故称为玻璃相。陶瓷的性能同其显微结构密切相关。

挑战是对极限的超越,挑战孕育了新的起点。科学家经过大量的试验研究,特别是对陶瓷结构进行显微分析,认识到

如果能降低陶瓷中玻璃相的含量,甚至制造出几乎不含玻璃相、由许多微小晶粒结合而成的结晶态陶瓷,其性能将会大幅度提高。为此,人们不断提高原材料中氧化铝的含量,加入许多高纯度的人工合成化合物去代替天然原料,并对制备工艺作了许多改进。后来发现,完全不用含硅酸盐的天然原料,也可以制成性能很好的陶瓷。

于是,在本世纪 40~50 年代,陶瓷世家中一类新型陶瓷——“先进陶瓷”诞生了。这类先进陶瓷到目前还在不断发展之中,可谓“万年古树”上新长出的茂盛枝叶。

所谓先进陶瓷,是以高纯、超细的人工合成的无机化合物为原料,采用精密控制的制备工艺烧结而成的,比传统陶瓷性能更加优异的新一代陶瓷。

先进陶瓷又称为高性能陶瓷、精细陶瓷、新型陶瓷或高科技陶瓷。

陶瓷的概念有狭义、广义之分。从狭义上说,陶瓷是用无机非金属化合物粉体,经高温烧结而成的,以多晶聚集体为主的固态物质。

狭义的陶瓷概念中不包括玻璃、搪瓷、水泥、耐火材料、金属陶瓷等。

从广义上说,陶瓷泛指一切经高温处理而获得的无机非金属材料,包括人工单晶、非晶态、狭义陶瓷及其复合材料、半导体、耐火材料及水泥等,像美国就用 ceramic(陶瓷)一词来

泛指无机非金属材料。

先进陶瓷按化学成分可分为氧化物陶瓷、氮化物陶瓷、碳化物陶瓷、硼化物陶瓷、硅化物陶瓷、氟化物陶瓷、硫化物陶瓷等。

按性能和用途,先进陶瓷大体上又可分为先进结构陶瓷和先进功能陶瓷两大类。

先进结构陶瓷是指以其优异的力学性能而用于各种结构部件的先进陶瓷,主要用于要求耐高温、耐腐蚀、耐磨损的结构,如机械密封装置、轴承、缸套、刀具等。日本企业家和陶瓷专家为改变人们对陶瓷易碎的印象,用增韧氧化锆陶瓷制成剪刀和水果刀,作为礼品赠送或廉价出售,称之为永不卷刃、永不生锈、永不磨损的刀具,取得了戏剧性的宣传效果。

先进功能陶瓷则是指利用材料的电、磁、声、光、热等性能或其耦合效应,来实现某种使用功能的先进陶瓷。例如,压电陶瓷可利用机械压力产生电效应,故用于制造内燃机点火系统、电子打火机点火元件和炮弹引爆信管等。先进功能陶瓷具有品种多、价格低、功能全、更新快等特点,在民用、军用和高新技术等领域中都有广泛的应用。



第三次飞跃:纳米陶瓷

本世纪 60 年代以来,具有优良性能的先进陶瓷不断涌

现,使得陶瓷在生产应用方面发生了质的变化。如果说,以前传统陶瓷尚处于辅助材料地位的话,那么现在先进陶瓷已初露锋芒,正和金属材料、有机高分子材料并驾齐驱,甚至在许多工业领域中逐渐取得了主要材料的地位。这主要是因为先进陶瓷较其他材料表现出更多的具有实用价值的独特性能,如具有高温强度、耐腐蚀、电绝缘及其他功能和性能。在空间技术、原子能技术、激光技术、计算机技术等新兴科技领域,对各种先进陶瓷材料的需求日益增长;而高新技术的发展,特别是现代测试技术和先进仪器的发展,为深入研究先进陶瓷提供了客观条件。例如,以前主要用光学显微镜来研究陶瓷的内部结构,现在则可以采用电子显微镜,尤其是近年来高分辨电镜和分析电镜技术的发展,使人们能进入更深层次的微观世界来研究陶瓷材料,并且取得了令人瞩目的成就。

科学技术的发展永远不会停止,陶瓷技术的发展当然也永无止境。在陶瓷的世代变迁中,如果把从陶器发展到瓷器称为第一次飞跃,从传统陶瓷发展到先进陶瓷称为第二次飞跃,那么目前正面临着从先进陶瓷发展到纳米陶瓷的第三次飞跃。

纳米陶瓷是指显微结构具有纳米量级水平的陶瓷材料。

这里,显微结构是指借助于各种显微分析仪器所观察到的材料的内部组织。先进陶瓷的显微结构主要是由许多晶粒组成的多晶体结构。目前绝大部分先进陶瓷的显微结构处于

微米量级水平,即晶粒尺寸为1~10微米,在1立方厘米体积中约有 10^{10} 个晶粒。纳米陶瓷的显微结构则更加细微,具有纳米量级水平,即晶粒尺寸为1~100纳米,在1立方厘米体积中约有 10^{19} 个晶粒。由此可知,纳米陶瓷较先进陶瓷其晶粒细小得多。

纳米是一种长度单位,符号为nm。在国际单位制中,长度的基本单位是米,符号为m。其他长度单位都与米有一定的换算关系,例如, $1\mu\text{m}$ (微米) $=10^{-6}\text{m}$ (米), 1nm (纳米) $=10^{-9}\text{m}$ (米)。一根头发丝的直径约为70~80微米,故1纳米还不到头发丝直径的万分之一。

可别以为这仅仅是数量上的变化,这种显微结构的微细化会引起陶瓷在性能上的质变。在纳米陶瓷中,1立方厘米体积中存在 10^{19} 个晶粒边界(称为晶界),晶界上的原子占晶体总原子数的50%,它们受到周围原子的相互作用,其排列组态既不同于晶体(晶体内原子规则排列),也不同于非晶态(非晶态如玻璃,其中原子呈短程有序、远程无序的排列),这种新的原子排列组态给纳米陶瓷带来了许多新性能。纳米陶瓷晶粒细化,有助于晶间的滑移,从而导致了超塑性;也因为晶粒细化,材料中的气孔和其他缺陷尺寸减小,可获得少缺陷甚至无缺陷的陶瓷,其力学性能大幅度地得到提高。总之,纳米陶瓷使陶瓷的原有性能得到很大的改善,以致在性能上发生突变,甚至出现新的性能或功能。