

## 新材料发展现状及 21 世纪发展趋势研讨会

[本刊讯] 材料是人类文明的基石,新材料则是国民经济现代化建设和高新技术的支柱。为促进我国材料科学与工程学的进步及发展,中国工程院化工、冶金与材料工程学部主办的第三届学术会议,以“新材料发展现状及 21 世纪发展趋势研讨会”为主题的全国材料科技界盛会,于 2001 年 9 月 17 日至 20 日在西安隆重召开。有 50 多名院士及近 600 位专家、学者出席会议。

著名学者师昌绪、王淀佐、严东生、李恒德、朱道本等数十名院士及 200 多位专家,就新材料的发展现状及 21 世纪的发展趋势,材料科学领域的研究前沿、热点及发展对策等做了大会报告和分会专题演讲。报告及演讲的内容丰富,视野广阔,反映现在,论及未来,百花齐放,异彩纷呈。堪称我国高层次的材料科学及工程技术盛会。

会议期间,同时开展了电子材料、纳米材料、中国材料发展现状及迈入新世纪对策的三个热点专题论坛,中国新材料发展计划的政府特别论坛,以及中国新材料产业政策与投资论坛。将研究开发、产业化与投资结合在一起的形式,是学术会议的一种创新,本次会议对我国材料科学与工程学技术的发展必将产生重要的影响。

本次会议得到了中国材料研究学会、国家科技部、国家计委、国家自然科学基金委、国家经贸委、西北有色金属研究院等单位的协办和积极支持,使会议获得了圆满成功。

※ ※ ※

## 新材料发展现状及 21 世纪发展趋势研探会论文摘要

为满足读者尽快了解会议主要论文的愿望,本刊近两期以摘要的形式刊出部分论文以飨读者;会议的部分重要论文亦将在本刊陆续全文发表。

编者

## 21 世纪上半叶的新材料与材料科学技术

分析了 21 世纪的时代特征,根据国际科学技术发展的态势对今后材料与材料科学技术发展的趋势提出以下几点看法:信息功能材料仍是最活跃的领域;能源功能材料在 21 世纪将取得突破性进展;生物材料在生命科学的带动下将有更大发展;智能材料与智能系统将受到更多重视;随着资源的日渐枯竭和环境的恶化,环境材料日益受到重视;高性能结构材料的研究与开发是永恒的主题;材料制备工艺与测试方法是制约材料能否得到广泛应用的重要因素,在材料研究与开发中占有重要的位置;纳米材料科学技术在 21 世纪初将受到普遍重视;21 世纪将逐步实现按需设计材料,同时对各种类型材料的发展前景进行了估计。

(国家自然科学基金委员会 师昌绪)

## 矿物的生物提取技术

### ——前景展望和研究任务

用浸出技术提取金属,预计在 21 世纪将有更大发展。与火法冶金相比,浸出技术的优点很多,诸如

适合处理低品位矿、表外矿；适于处理复杂矿和含 As 等有害元素的矿石；生产成本低，建设周期短，所用设备少，基建投资较省，适于交通不便的边远地区和小矿体开发；环境污染轻且恢复生态较快（无尾矿和有害气体排放）。

需深入研究的科研课题有：

- 1) 用生物工程技术（驯服、诱变）和基因工程研究高效能细菌、微生物，提高反应速度和浸出率；
- 2) 耐较高温度（从室温到 40℃，50℃，70℃ 左右或更高），耐酸碱，耐金属和有害物浓度的特殊菌种研究，驯化有选择作用的微生物；
- 3) 浸出过程的多界面反应研究，细菌-矿物表面吸附及作用，矿物-矿物之间的电化学作用，表面活性剂-微生物-矿物表面作用；
- 4) 微生物催化作用的机理研究，浸出过程热力学、动力学、界面电化学研究；
- 5) 微生物生长条件与冶金工艺过程的耦合匹配。

需要研究发展的工业应用技术：

- 1) 浸出过程的酸/铁平衡，关系到耗酸量，过多铁进入流程的害处；
- 2) 堆浸渗透性与造粒技术，消除细粒的影响及适合的微生物营养条件；
- 3) 酸液喷洒方法（喷、滴），喷淋周期的合理确定，堆中含氧量测定及淋/歇周期控制；
- 4) 碳酸盐矿物耗酸，黄铁矿氧化溶解及目的矿物浸出耗酸的测定计算及控制；
- 5) 浸出液中 Fe/Cu 比的测定控制及富铜液循环使用，贫矿堆浸和废矿石浸出的联合使用经济学。建设现代化、高效率、高效益的示范厂。

（北京有色金属研究总院 王淀佐）

## 实现第三步战略目标发展我国的材料科学与工业

在 21 世纪的前 50 年，我们有可能保持适当高速度发展；与此同时，我们又必须面临人口、资源、能源、环境生态等多方面的挑战。

我们必须面对这些挑战，采取相应对策，走出一条适合于我国国情的可持续发展的道路。

材料是国家经济社会发展的支柱，同时材料生产是资源、能源消耗大户，又对生态环境产生直接影响。因此研究、制定适当材料科学与工业生产战略，实现可持续发展，对第三步战略目标的实现至关重要。

文章对我国在 21 世纪的进步和发展有重要影响的信息功能材料、生物医用材料、环境材料和纳米材料等几个领域做了分析和阐述，并对材料科学和工程的发展趋势做了估计和预测。

（中国科学院 严东生）

## 曼哈顿计划和材料

曼哈顿计划已过去近 60 年了，毫无疑问它开创了人类一个崭新的原子能时代。人们一直认为这个计划是物理学家们成功的杰作和典范，它对二次世界大战的迅速结束和大战之后的科学布局都产生了巨大的影响。但是，很少人了解和指出其中材料的作用。

从材料科学及工程看，曼哈顿计划可以说是一个庞大的物理工程计划，尤其是一个宏大的核材料及工程计划。整个工程的中心任务可以说就是研究和制造出核材料部件，把它们装配成一个整体，以实现物理上的设想。材料正是曼哈顿计划的中心和主题。报告从材料的角度就以下几个例子加以回顾和分析：

- 1) 第一颗原子弹（胖子）的关键是制取 60 多公斤的  $U^{235}$ ，而制取  $U^{235}$  的关键之一就是要制取出大

面积、高质量的气体扩散分离膜，当年美国曾组织了上千人的力量进行研制，几经挫折才获得成功。

2) 第二颗原子弹(小男孩)的关键是  $\text{Pu}^{239}$ ，它要由  $\text{U}^{238}$  人工生产。从发现  $\text{Pu}^{239}$  到制造出“小男孩”只用了4年多的时间，整个过程开创了反应堆工程，了解和解决了一系列核材料问题，特别是辐照效应和高压材料物理。

3) Po/Be 中子源的25秒装配。

4) 曼哈顿计划是一个核物理、核工程和核材料科学紧密结合的计划，这期间一个个物理上的新发现就提出了一个个新的材料研制的任务和课题；这一计划中科学和工程技术结合之紧是以月计和日计，铀和钚的铸件都是在炸弹投放的前几天才完成的，这完全表现了材料在其中的关键作用以及材料对整个进度的制约程度。

(清华大学 李恒德)

## 20世纪——钢铁冶金从技艺走向工程科学

工业革命之前，钢铁冶金属于一种技艺，其产品质量、品种，生产规模和成本主要取决于工匠的技术和能力。在过去100年中，钢铁生产的规模和效益有了惊人的发展，与之相关的基础科学和理论，如热力学、动力学、熔体理论、凝固理论和结晶学、金属学、传热学、弹塑性力学和流体力学及其数值计算方法等的不断发展，促进了钢铁冶金逐步走向科学化；机械、电机、电子、计算机、自动化、制氧、耐火材料与固体电解质材料等相关领域技术、装备和材料的发展，以及现代检测技术与计算机-信息技术为代表的过程控制手段在钢铁生产中的普及，为钢铁工业提供了先进的技术手段，加速了生产的现代化，是钢铁冶金学迈向现代工程科学的标志。现在，4 000  $\text{m}^3$  高炉、300 t 转炉和速度超过每秒百米的线材轧机等大型设备不断地生产出各种钢铁产品，其品种和质量满足了世界上绝大多数结构和功能材料的性能和尺寸要求。

如今，钢铁的提取、冶炼、成型和加工过程已完全可以按照人的意愿进行控制。例如：

1) 炼铁过程不再是“黑箱”，根据直接还原或熔融还原原理开发的非高炉炼铁新技术，正成为传统炼铁流程的竞争者。

2) 通过改变炼钢过程的热力学条件对高温反应方向和限度进行定量调节和控制，典型案例如冶炼超低硫钢的程序喷吹(粉)技术，不锈钢冶炼的脱碳保铬技术，铁水和钢液的脱磷技术，夹杂物工程技术等。

3) 基于金属凝固理论和传输理论而发展起来的连铸技术，实现了钢铁生产的高效率和低成本，近年来近终型连铸技术更成为研究和开发的热点。

4) 轧钢技术在现代力学和物理冶金理论的指导下向着尺寸的高精度化和组织的高性能化发展。

展望21世纪，钢铁冶金将成为低能源消耗、低资源消耗和对环境友好的绿色工业，生产超纯净、超细晶和超均质的高性能产品；新技术、新工艺、新流程的开发应用则使生产过程更合理，资源环境更优化，产品质量更完美，进而发展成为一门成熟的工程科学。

(上海大学 徐匡迪)

## 先进结构材料在航空工业中的进展与展望

高性能结构材料是现代科技发展和国民经济建设的重要支柱，航空材料是结构材料科学领域中富有开拓性和创新性的一个重要分支，是发展现代飞机和航空发动机的物质基础和先导，是衡量一个国家的工业化和科学技术的综合水平的重要标志之一。

文章根据现代飞机和发动机的需求和发展动态,对飞机和航空发动机使用的结构材料的发展趋势和重点发展项目进行了简要的评述。在飞机结构材料中,阐述了高强铝合金、高强钛合金、高强度结构钢和新型树脂基复合材料等在机身结构中的发展趋势;在航空发动机结构材料中,重点讨论了定向与单晶高温合金、粉末高温合金、高温钛合金;高温金属间化合物和高温结构复合材料等在高推比发动机中的应用和发展趋势。

根据我国航空材料的现状和差距以及背景项目对材料的需求,提出了在 2010 年前现代飞机和高推比发动机的发展目标和对策。

(北京航空材料研究院 颜鸣皋)

## 高分子材料科学研究动向及发展展望

对高分子材料合成技术,成型加工研究趋向,绿色化技术等方面的近期国际动向和我国现状进行了分析讨论,为能赶超国际先进水平,适应我国国民经济和国防建设高速发展的需要,对在新世纪开始应重视的有关通用高分子材料高性能化新技术、新原理研究,高性能和功能高分子材料的研究,发展纳米复合新技术,油田开发用高分子材料,聚合物成型理论和技术研究,废弃高分子材料回收处理与再生利用等 6 个方面提出了建议。

(高分子材料工程国家重点实验室(成都)/上海交通大学高分子材料研究所 徐 僖)

## 电子晶体学的发展及其在材料科学中的应用

回顾了电子衍射和透射电子显微学的发展,着重介绍当前各种有关的结构分析技术,包括不同模式的电子衍射、高分辨电子显微术、电子全息术、原子衬度像、X 射线能量和电子能量损失谱等,并举例说明这些技术在材料科学中的应用;介绍了结合电子衍射和高分辨电子显微学所发展的电子晶体学图像处理技术,举例说明此技术在测定新材料中微小晶体的未知结构和原子分辨水平的晶体缺陷中的应用。

(中国科学院物理研究所 李方华)

## 21 世纪的新材料——分子材料

新材料的出现往往来自于科学家对物质特殊物理、化学性质的研究结果。目前,人们已合成了近千万种有机化合物,并且每年还在以合成数万种新的有机化合物的速度在增长。在如此众多的有机化合物中究竟有哪些物理化学性质为人们所感兴趣,又怎样提供了其利用机遇呢?国际上分子材料这一领域的研究非常活跃,各国都纷纷地把它列入高技术领域的新材料发展规划之中。各大公司也都在这领域投入了大量的人力、财力展开了激烈的竞争。总的来说,分子材料的研究还处于探索阶段,人们对有机固体的电子行为认识还有限,有关的基础问题还待进一步解决。尽管如此,分子材料定会在今后的实践中显示出独特的优越性,成为新一代的功能材料。

(国家自然科学基金委员会/中国科学院化学研究所 朱道本)

## 功能陶瓷研究及发展趋势

功能陶瓷包括铁电、压电、介电、热电、半导体、导电和磁性等陶瓷材料,它广泛应用于电子信息等

近代高新技术领域。文章主要介绍铁电、压电等几种功能陶瓷材料及片式电容器、片式电感器、压电陶瓷驱动器与超声马达, 多层压电变压器等片式元件的研究进展; 简要评述功能陶瓷材料及其新型元器件的发展趋势与前景。

(清华大学 李龙土)

## 稀有金属材料进展

稀有金属材料的种类和应用领域十分广泛, 其中难熔金属 (Ti、Zr、Hf、W、Mo、Ta、Nb) 和稀土金属是用量和生产规模较大的一类金属材料。近年来, 在金属的熔炼和成型加工技术, 新合金研制以及工程应用等领域取得了若干重要进展。W、Mo、Ta、Nb 一直是最主要的高温结构材料和高密度材料; 稀有轻金属钛及其合金以其高的比强度、抗腐蚀和无磁的特性, 已经成为现代舰艇耐压壳体、军用飞机、导弹与火箭、声纳、核动力系统以及航空航天、海洋开发、交通与化工的理想结构材料; 实用超导技术中的 NbTi、Nb<sub>3</sub>Sn、YBCuO 与 BiSrCaCuO 超导体, 新能源技术的核燃料, 燃料电池电极材料, 储氢材料, 光电信息技术中磁性材料、发光材料和各种敏感材料、形状记忆合金, 都是以稀有金属为原料的合金、陶瓷或复合材料。稀有金属材料已成为高技术 and 国民经济的重要支柱材料之一。从这种意义上看, 稀有金属也是一种世界各国都极为重视的战略物资。

科学技术和工程科学的进步要求稀有金属结构材料朝着高比强、耐高温、低成本的方向发展, 并在原子或分子水平上预测和控制材料的结构、性能和失效临界参数; 微型化、高密度集成和智能化是功能材料发展的主要趋势。在纳米技术和生命科学蓬勃发展的强劲推动下, 稀有金属材料正在信息技术、生物医药等领域开拓新的应用领地。

我国是稀有金属材料的生产大国, 在难熔金属和稀土资源方面拥有相当的优势。在面对经济全球化和知识经济激烈竞争的时代, 需要从战略的高度来关注稀有金属这一特殊材料未来的发展前途。

(西北有色金属研究院 周 廉)

## 当前材料发展中的重要问题

在制定国家重大基础研究规划和“十五”高技术新材料发展规划, 以及在国家发明奖和科技进步奖的评审中, 在我们的材料研究中, 总结出材料研究的 5 大特点有关的问题。文章论述了我国材料研究工作在世界上所处的地位, 分析了与世界上差距产生的原因。通过空间材料研究的实例, 从自行设计制作 7 m 石英透明落管, 用红外热像仪捕捉液滴, 到后来在“神州 2 号”上做实验, 叙述了自行研制仪器、自制设备的重要性。

材料研究与工艺稳定是密不可分的重要问题, 但是许多人对材料是怎样生产的工艺很不了解, 只注重电镜、探针等高精尖仪器研究材料的局部和细节, 可以用光学金相做工作, 必需进行的硬度、X 光工作都以为没有水平, 更不重视材料怎样能应用和怎样产业化。非但如此, 更严重的是没有人关心物理、化学、力学性能的测试和试样的加工等问题。鼓励自制设备、自制仪器这些能够促使新材料发展和应用的工作也没有引起足够关注。呼吁国家应该有通畅的经费渠道支持这部分工艺和与材料相关的测试与技术工作。

(中国科学院金属研究所 李依依)

## 高性能镁合金研制开发及应用中的若干重要问题

镁及其合金材料因其密度小,具有很高的比强度和比刚度,抗震动和电磁屏蔽性能好,在与钢、铝和工程塑料等传统材料的竞争中,开始显现出某些独到的优势,如能很好解决加工、耐蚀和热稳定性等问题,镁合金将是 21 世纪高技术领域最有潜在应用前景的结构材料。

由于 3C (computer, communication, consumer electronics products) 产品生产的急剧增长,宇航、汽车工业轻量化的迫切需求以及节能和环保的压力,世界许多国家和地区正在加紧对镁和镁合金的开发和研究。我国是镁资源的大国,西部开发为中国镁业的发展及其应用提供了最佳的机遇。高性能镁合金研制、发展及推广应用已成为当今材料科学与工程领域备受关注的热点之一。

文章评述了当前国内外镁合金的发展状况及研究趋势,结合中科院金属所的研究成果,着重讨论了今后高性能镁合金研制中的若干重要科学技术问题:

1) 超轻高塑性 Mg-Li-X 系合金。锂是最轻的金属,它在镁中有很高的溶解度, Mg-14%Li 合金其密度只  $1.38 \text{ g/cm}^3$ , 且从难变形的六方结构变成立方结构,其塑性变形能力明显提高。开发超轻高塑性 Mg-Li-X 合金可能是个重要的研究方向。我们的初步实验结果表明,在相同条件的挤压过程中,随着锂含量增加 Mg-Li-X 系合金所需压力远小于商用镁合金 AZ31;随着含锂量的增加,材料硬度增加,经轧制硬化后的板材 AZ31 具有相近的力学性能,比强度明显提高。合金的耐蚀性的提高还有待进一步的研究。

2) 挤压镁合金 AZ31 的超塑性。目前大量镁合金零件是压铸件,为了进一步扩大应用,要突破这个限制,因此,镁合金机械成型的可能性至关重要。过去 10 年有关超塑性的研究集中在晶粒细化方面,对镁合金超塑微观机制的看法也不一致。文章介绍了中科院金属研究所近期具有初始大晶粒 ( $50 \mu\text{m}$ ) AZ31 进行不同应变率的高温拉伸实验,诱发出 241% 超塑性的实验结果,讨论了它的温度、速度条件和形变机理。

3) 热强镁-稀土合金。镁合金高温强度差,加入稀土元素可提高其性能,在  $350^\circ\text{C}$  可具有较高的蠕变抗力,位错攀移可能是提高蠕变速率的原因。正在探讨固溶强化和析出硬化的机制。镁和稀土都是我国富有资源,相关研究更有特殊的意义。

4) 镁合金腐蚀与防护。镁合金电偶序低,自发腐蚀的倾向很强,又不易形成稳定的钝化膜,是进一步扩大应用的障碍。研究优化表面处理工艺和腐蚀机理,探索并最终提出户外及潮湿环境中可靠的防护技术一直是个十分重要的课题。镁合金点蚀、双金属腐蚀、应力腐蚀和腐蚀疲劳相关的研究及数据库的建立正在日益受到重视。介绍了中科院金属所在 AZ80 镁合金化学镀镍及 AZ31D 镁合金无铬化学转化膜及阳极氧化方面所取得的新进展。

(中国科学院金属研究所 柯伟 徐永波 刘路等)

## 改性石墨用作锂离子电池负极

通过浸渍的方法在天然鳞片石墨表面包覆不同厚度的酚醛树脂,然后在  $\text{N}_2$  保护下于  $1000^\circ\text{C}$  碳化 1 h 制得改性石墨材料,应用 SEM, XRD 及恒电流充放电等技术研究所得改性石墨材料的表面物理形态、微晶结构及在不同电流密度下的充放电性能。结果表明,包覆在石墨表面的具有无定形结构的酚醛树脂碳能够有效阻止石墨在充放电过程中发生层状剥落,从而提高了石墨材料的循环稳定性,即使在大电流情况下仍然保持了良好的充放电性能。

(中国科学山西煤化所 李宝华 李开喜 吕春祥等)

## 面临重大突破的生物医学材料科学与产业

当代生物医学材料已处于实现重大突破的边缘, 不久的将来将可能设计和制造整个人体器官, 生物医学材料及其制品产业将发展成本世纪世界经济的一个支柱性产业。

运用生物学原理, 设计结构仿生的生物材料, 并赋予其诱导组织和器官再生的生物功能, 是本世纪生物医学材料发展的方向和前沿。主要研究集中在两个方面: 工程化组织和器官, 即修复和替换人体结构的活体器件; 药物和生物活性物质靶向控释载体和控释系统。目前的研究基本处于基础阶段, 但已展示出光明前景。通过材料自身材料学因素控制和优化设计而不外加活体细胞或生长因子, 赋予材料诱导组织再生的功能, 已成为一个新的研究热点。

深化材料生物相容性的认识是当代生物材料科学发展的基础。其研究着重于深化影响组织生长发育及康复的生物化学信号等生物学因素和植入体形态、多孔结构、生物力学性质等非化学因素及其相互作用对细胞-组织-材料相互作用的认识及试验和表征材料结构, 表面/界面和评价生物相容性的方法和模型。

先进的合成工艺和制造方法是本世纪生物医学材料科学和工程研究的又一个重点。生物稳定材料, 可生物吸收材料, 支架材料和用于细胞、基因和药物治疗的智能材料受到特别的关注; 研究核心是提高生物稳定材料的稳定性和生物活性材料的“活性”。

2000年全球医疗卫生费用已达2万余亿美元, 其中医疗器械产品约占10%左右。迄今为止, 自体组织和异体组织器官的移植虽然仍是人体最有效的也是最主要的组织、器官修复和替换手段, 但是, 自体组织移植数量有限, 且需开辟第二术野, 异体组织器官移植存在免疫性问题, 供体也十分有限。组织工程的发展, 虽为人体组织和器官的修复展示了美好前景, 但尚处于基础研究阶段, 其中最活跃的骨组织工程制品, 预计2006年市场仅达2250美元左右。克隆技术的发展虽可为人体组织、器官移植开拓新的供体来源, 但技术问题解决之前, 政治的和伦理道德问题的解决尚需时日。当代生物医学材料产业仍是常规材料居主导地位, 估计2000年全球医疗器械市场已达1650亿美元。医疗器械市场中生物医学材料及制品约占40%~50%。上世纪90年代医疗器械平均年增长率为11%左右, 预计1999—2004年将有所增高, 其中发展中国家增长最快, 例如, 除日本外的亚洲地区将从2000年占世界市场份额17%的280亿美元, 增长至2005年占世界市场份额的25%。医疗器械中矫形外科修复材料和制品的世界市场年增长率可达26%(1999—2005年); 人造皮肤、组织粘合剂及术后防粘连制品年增长率可达45%, 心血管系统修复材料亦是高速增长的一个领域。

生物医学材料持续增长的动力主要来自3个方面:

人口老龄化。例如澳大利亚2000年17%以上人口大于65岁, 2005年将增至20%, 与此相应, 人工心瓣膜、心脏起搏器等心血管系统材料和器械将从5600万美元增至8000万美元。

中青年创伤的增加。创伤已成为一个社会问题。我国创伤住院年增长率达7.2%, 高居住院人数第2位; 美国1998年用于骨骼-肌肉系统损伤患者的治疗费高达1280亿美元, 仅骨缺损患者就达123万, 其中80%需用生物医学材料治疗。

高新技术的注入。预计工程化组织和器官上市, 可开拓800美元的市场; 2007年4种治疗老年病和肿瘤等基因控释产品上市将新增市场150亿美元。微创治疗已是当代医学发展趋势, 其中在位构建分子构架并进一步与基因治疗结合, 是生物医学材料研究的一个热点; 涂层及表面改性技术是一个蓬勃的发展领域。

21世纪生物医学材料产业的支柱, 在相当长时间内仍将是常规材料, 但其前沿研究的进展, 将开拓更为广阔的市场空间, 并为常规材料的改进和提高导向。预计15~20年生物医学材料产业可达到药物市场的份额。

(四川大学 张兴栋)