



池
俊
编
译
《
新
材
料
技
术
及
其
应
用
》
化
学
技
术
杂
志

新材料技术及其应用

中国建筑工业出版社

本书共分三篇，第一篇介绍新型金属、陶瓷、高分子材料、电子材料及复合材料的最新成就，第二篇介绍按功能分类的新材料，如热学、磁学、光学、化学和生物、机械等功能材料，第三篇介绍新材料产业的概况，以大量的数据、应用实例和特点介绍了新材料在技术开发中的作用，剖析了新材料开发的现状及今后的课题。可供化工、冶金、建材、机械、国防、医学等各部门从事材料研究、开发和生产的科技人员阅读。

MOL文库

新素材テクノロジー&アプリケーション

化学技術誌 MOL編集部 編

オーム社

* * *

新材料技术及其应用

陈国权 池文俊 译

池文俊 校

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 8³/₄ 字数: 196 千字

1989年10月第一版 1989年10月第一次印刷

印数: 1—3,570 册 定价: 6.30元

ISBN7—112—00744—5/TU·531

(5834)

译 者 的 话

翻开人类文明的历史，可以发现人类的历史曾以当时使用的材料种类划分的，如石器时代、青铜器时代、铁器时代。现在有人说，80年代是新材料革命的时代。有人把材料与能源、信息并列为现代技术社会的三大支柱。足见材料在人类生产活动和人民生活中的作用和地位。

现代新技术的发展与新材料的进展休戚与共，人们愈来愈关注着新材料的进展。为此，我们把本书介绍给读者。本书第一篇以5类新材料的最新成就开门见山地为读者勾划出当代新材料的轮廓；第二篇以正在读者身边广泛应用的、又为我们开拓未来美好前景的功能材料为主题，把新材料分成7大类34小类，分别以功能的定义、主要用途和选用的材料浅显地加以阐述；第三篇以大量的数据、应用实例和特点介绍了新材料在技术开发中的作用，剖析了新材料开发的现状，最后分析了新材料产业的特点及今后的课题。

本书的特点之一是以大量新材料应用实例使一般读者能从中看到新材料在新技术中应用的现状和前景，讲述的34种功能的基本概念，使读者从功能知识的角度对新材料有一概要的认识；特点之二是全书收集了许多80年代日本以及日本与世界先进水平比较的数据，主要材料的厂商、特点和应用，对新材料今后发展的预测，新材料与新技术的关系，对新材料产业特点的剖析，可供专业读者参考；特点之三是图文并茂，形象易懂，大量的数据、用途、特点等列成表格，

以较少篇幅，提供较多的信息。

本书第一篇、第二篇第1~5章由陈国权译，第二篇第6~9章、第三篇由池文俊译，全书由池文俊总成。

由于译者学疏才浅，经验不足，加之时间有限，推敲不周，谬误之处在所难免，敬请读者予以赐教为盼。

译 者

1987.11于上海

目 录

第一篇 新材料入门

第1章	新金属材料	2
第2章	电子材料	18
第3章	精细陶瓷材料	33
第4章	高性能高分子材料	50
第5章	复合材料	62

第二篇 按功能分类的新材料

第1章	激增的新材料市场	72
第2章	热学功能材料	75
第3章	机械功能材料	89
第4章	磁学功能材料	98
第5章	电子和电学功能材料	104
第6章	光学功能材料	111
第7章	化学和生物功能材料	133
第8章	其他功能材料	148
第9章	新材料实现时期的预测	150

第三篇 新材料产业

第1章	新材料在技术开发中的作用	158
1.1	技术革新和新材料	158
1.2	新材料的概况	164
第2章	新材料开发的现状	175
1.1	精细陶瓷	175

2. 有机高分子材料.....	194
3. 新金属材料.....	216
4. 复合材料.....	232
第3章 新材料产业的特点和事业的课题.....	258
1. 新材料产业的特点.....	259
2. 新材料事业的课题.....	268

第一篇 新材料入门

“更坚固、更轻巧、更便宜”——人类在20世纪的历史进程中不断地向这个命题提出挑战,为适应时代的需要,人类陆续地开发出新的材料。按领域不同,“更小型、更快速、更轻薄、更舒适”可以说是我们始终想解决的永恒的课题。

再次经历的石油价格猛涨、资源民族化的呼声,和以“微机革命”为代表的电子学革命的不断发展等,近几年来经济和社会的剧变,都在加速对新材料的需要。由这种背景引出80年代也可称为“新材料革命”的时代。本篇试图为勾画“新材料”轮廓汇总一份资料。

新材料的种类繁多、用途广泛。本篇将其集中到新金属材料、电子材料、精细陶瓷、高功能高分子材料和复合材料等五个领域,以其中的代表性的新材料来予以阐述。

第1章 新金属材料

【形状记忆合金】

1. “记忆力”最强的镍钛脑

人脑和计算机的“记忆力”还不及金属丝！被称为形状记忆合金的这种特殊合金，具有举世不可思议的性质，即使将它揉成一团，一旦达到某一温度，它便能在瞬间恢复到原来的形状。

形状记忆合金是在60年代初期发现的，当时美国海军研究所在开发新型舰船材料过程中，发现镍和钛的合金具有记忆形状的性质。这种合金简称为NT合金，该研究所取镍和钛的词首，命名为“镍钛脑”（Nitanon）。

首先将经预加工成某一形状的这种NT合金，在 $300\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 高温下热处理数分钟至半小时，这样NT合金就会记住被加工的形状。以后在室温下即使形状怎样地变化，一旦将它靠近打火机火焰之类 100°C 以上的温度时，它就会恢复成原来被加工过的形状。

为什么金属会记住形状呢？虽然结构尚未完全探明，但还是可以作某种程度的推测。金属的结晶状态，在被加热时和冷却时是不同的，虽然外表没有变化，然而在一定温度下金属原子的排列方式瞬间会发生突变，这称为“相变”。在各种相变中马氏体相变的特殊物质引起形状记忆效应。

具有这种形状记忆效应的合金，除镍钛脑合金外，先后

还发现铜-铝、铜-锌、金-镉、镍-铝等20种左右，其中“记忆力”最好的要算是镍钛脑。雷切姆公司取得海军研究所的基本专利，用它制造数十万只 F-14 战斗机燃料管的接头，几乎没有事故和次品发生。

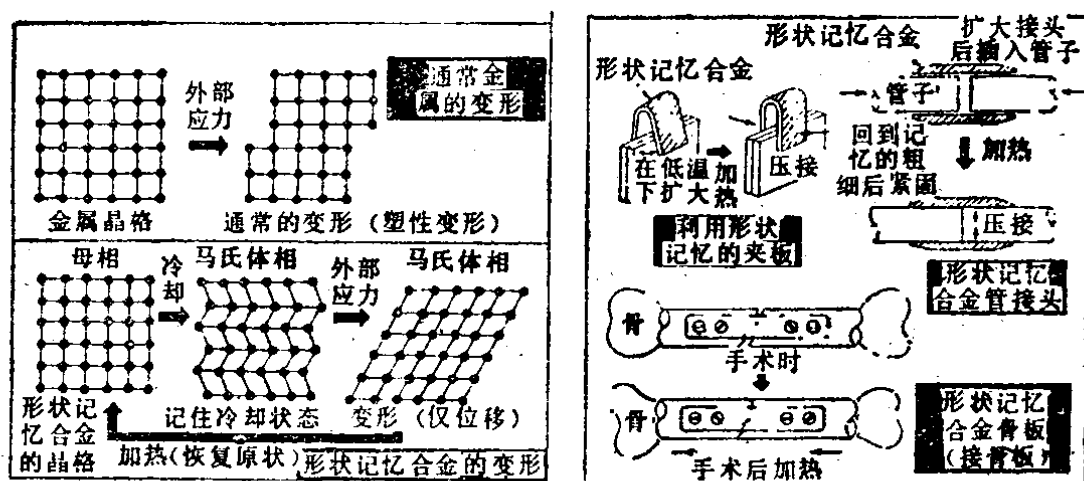


图 1 形状记忆合金的原理及其应用实例

2. 日本的研制先驱者古河电工公司

在日本，古河电工公司为开发先驱、转让美国海军的专利，开发NT合金是与美国海军同时期的，因而毫无顾忌自负“NT合金的技术储备为世界第一”。美国的基本专利到1975年3月期满，实施专利到1982年3月也将期满，正期待着今后施展本领的时机。

形状记忆合金的应用范围广，除了可用于温度控制装置、集成电路引线、汽车零件（缓冲器等）装置与机械零件之外，由于其与生物体的相容性好、耐蚀性强，还可用于骨折部位的固定、人造心脏的人造肌肉、牙齿矫正等医用材料，引人注目。尚在研究制造热机，是利用材料随温度变化在瞬间回复时产生的力。

但是，令人失望的是NT合金的成本高，每kg高达10～

30万日元。最近着手研制廉价的铜系形状记忆合金。三菱金属、神户制钢所、住友特殊金属等日本金属材料制作厂商都把铜系看作是“普及型形状记忆合金的最佳候选品”而致力其的开发。

【贮氢合金】

1. 以美国为首到处开发

石油危机以来，氢能作为无公害能源资源，且在地球上的蕴藏量极其丰富，如何有效地加以利用。已引起人们的关注。但是氢的贮存是个难题。以气体形态贮存需用很重的高压钢瓶，为要液化须有 -253°C 的超低温。而且，不管何种方法都不太安全。因而，作为能够方便地贮存而又无爆炸危险的方法，贮氢合金崭露头角。

贮氢合金在其结晶间隙中贮存着很多氢原子，因而无须用高压钢瓶就可以贮存液氢。此法安全可靠且十分经济。该合金在冷却或加压后吸取氢形成金属氢化物，同时放热。反之，加热或减压后又还原为金属氢，同时吸热。

当然，不是任何金属都能贮氢的。可贮氢的代表性的合金有：铁-钛、钛-锰等钛系合金，镁-镍等镁系合金、镧-镍等稀土类系合金等三类。其中铁-钛系合金价格最低廉，且有可反复使用之优点。但是须在高温高压下经麻烦的预处理。镧-镍系合金能在常温常压（1.5个大气压）下释放出氢，贮存能力亦大，问题是镧的价格昂贵，资源不足。镁-镍系合金价廉且贮存量，缺点是在 250°C 以下不释放氢，且活化预处理麻烦。总之，无论哪一种合金都有其长处和短处。

1968年美国的布鲁克海本国立研究所最早发现有贮氢功

能的贮氢合金——镁-镍合金。继而在1970年荷兰的飞利浦公司相继开发了镧-镍合金，1974年美国的布鲁克海本研究所又开发了铁-钛合金。美国的MPD公司采用该研究所的技术工业生产贮氢合金，并已能系列化生产14种贮氢合金，号称是世界上最大的规模（占市场的50%）

典型贮氢合金的含氢率及其分解温度 表 1

金属氢化物	含 氢 率 (Wt%)	分 解 温 度 (°C)
LiH	12.6	855
CaH ₂	4.7	790
MgH ₂	7.6	284
MgNiH ₄	3.6	253
TiH ₂	4.0	650
TiFeH _{1.3}	1.8	18
TiCoH _{1.5}	1.4	110
TiMn _{1.5} H _{2.14}	1.6	20
TiCr ₂ H _{3.6}	3.4	90
LaNi ₅ H ₆	1.3	15

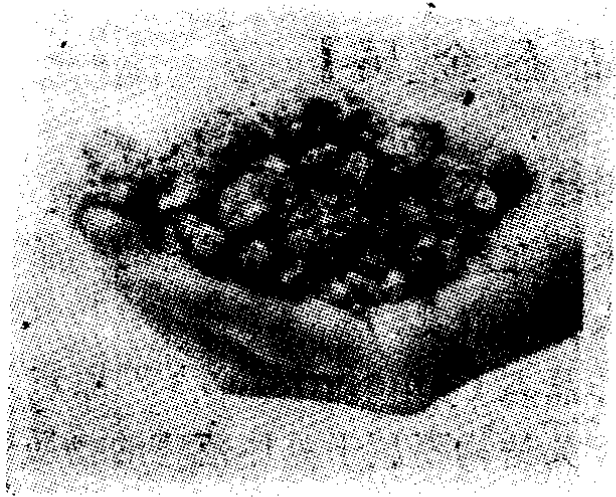


图 2 贮氢合金 (Ti-Mn系)

2. 日本在世界上首次研究“风力利用”

与美国等相比，日本在贮氢合金方面研究开发的历史较短。但是，从事这方面生产和研究的企业和研究机构数目是惊人的。

在民间企业中，松下电器产业公司于1974年开发了钛-锰合金，与松下合作的大同特殊钢公司实现工业生产；日本重化学工业公司、与美国的MPD公司合作的昭和电工公司和日本真空技术公司一起在日本最早开发了贮氢钢瓶；积水化学工业公司受新技术开发事业团委托开发了冷暖气设备系统。其他还有三菱化成、山阳特殊钢、久保田铁工等公司分别在各应用领域取得了成果。

此外，在研究开发方面，美国的布鲁克海本研究所和联邦德国的戴姆勒·奔驰公司等研制出氢汽车。在日本除了住友集团的共同氧公司利用贮氢合金（由中央电气工业公司制造并提供）进行氢汽车的行车试验外，科学技术厅在世界上首次着手进行把风能转变为热能贮存于贮氢合金而加以利用的研究开发工作。

【非晶态金属】

1. 坚硬耐蚀的“理想新金属”

长期以来被称为“理想新金属”的非晶态金属（合金）终于正式进入实用阶段。

所谓“非晶态（amorphous）”原意为“无定形”，从结晶学角度为结构不属于晶体范畴的物质的总称。amorphous一般译为“非晶态”，也有译为非晶体（non-crystalline）或无序系统（disordered system）等。

望文生义可理解为：所谓非晶态金属具有原子排列上为长程无序的随机结构。而我们日常接触的金属都是有序的晶体结构。

非晶态金属的特点是：①抗拉强度高于 300kg/cm^2 ；②ビッカース硬度为1000，耐磨性出众；③能耐盐酸腐蚀；④磁学性质优良。它还具有高强度钢、不锈钢、硅钢等的一切性质，确是一种理想的金属。但它也存在一些缺点，如难以加工、不能焊接、厚度有限、超过 400°C 就要析晶。今后的课题就是要克服这些缺点。

非晶态金属是把熔融金属以每秒10万~100万 $^\circ\text{C}$ 的速度剧冷，使金属来不及析晶，强制保持其液体状态凝固而成。

除了这种液态急冷法外，还可利用半导体领域常用的溅射法制得。还可通过将电离气体离子撞击材料，使其释放原子后冷凝而成。

在液态冷却法中广泛推行的一种方法是，用喷嘴把熔融金属喷射在高速旋转的冷却辊上，急冷而制成连续薄带。有用一个辊单面冷却的单辊法和双面冷却的双辊法。最近在改进双辊法的基础上出现了三辊法（索尼公司开发），其辊的旋转速度可与新干线火车的速度相当。在一瞬间就可制造出几百

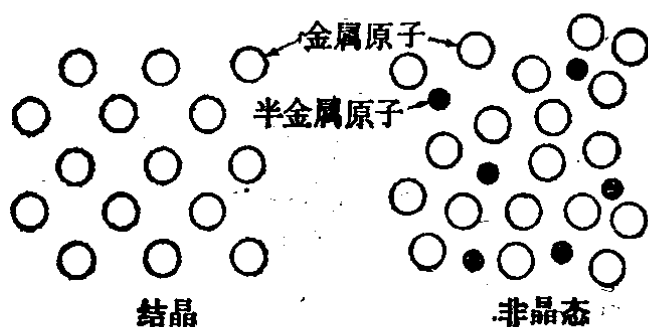


图3 晶体和非晶态结构的不同



图4 用单辊法制作的非晶态金属带

个辊单面冷却的单辊法和双面冷却的双辊法。最近在改进双辊法的基础上出现了三辊法（索尼公司开发），其辊的旋转速度可与新干线火车的速度相当。在一瞬间就可制造出几百

	方 法
由 气 体	真空蒸发法、溅射法、化学气相反应法
由 溶 液	无电解电镀法、电解电镀法
由 熔 体	喷枪法、活塞砧法、离心急冷法、双辊法、单辊法、泰勒法、 旋转液中纺丝法、喷射法、火花烧蚀法、等离子喷镀法
由 固 体	离子注入法、中子照射法、电子束照射法

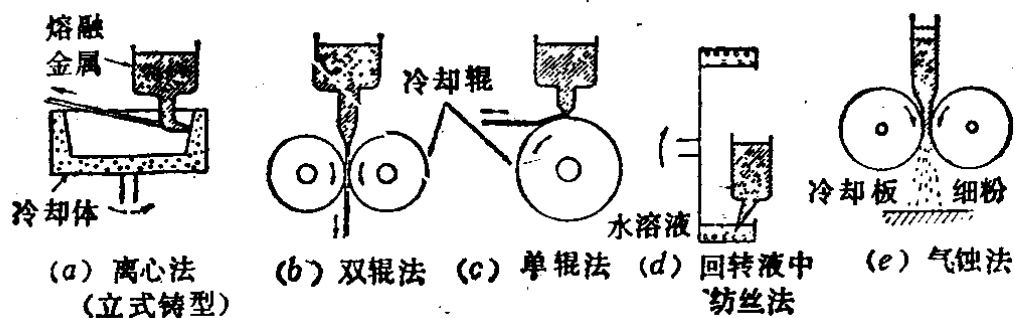


图 5 非晶态金属的制法。连续地将熔融金属喷射在冷却辊上急冷凝固大量生产非晶态金属薄带、细丝、粉末。

(a)、(b)、(c)法能生产薄带；(d)法生产细丝；(e)法生产粉末

米的带状制品。

急冷，并非能使任何金属成为非晶态。合金要比单一金属容易制成非晶态。据报导，非晶态材料有铁磷、铁硼等金属和非金属系、铜锆、钛镍等金属和金属系。其中现在已实用的有美国联合化学公司的金属玻璃和东北大学金属材料研究所的非晶态金属，前者以磷硼系为原料，后者以硅硼系为原料，两者可谓非晶态金属之先驱。

2. 日本各公司积极进行实用性开发

非晶态金属开发之后，日立金属公司受新技术开发事业团的委托致力研究确立厚度为 25 μ m、宽度为100mm^① 的世

① 原文为100m，应为100mm——译注。

界最高水平的制造技术。正着手开发非晶态金属的企业数目已达到二位数。除了本公司独自开发外，三井石油化学等4家三井集团公司的企业引进美国联合化学的技术，成立合资企业“日本非晶态金属公司”。

非晶态合金第一个实用的制品是磁头。1980年4月索尼公司采用本公司开发的非晶态金属在世界上首次研制成编码唱机的拾音器心座，此外，TDK公司引进美国联合公司的技术生产音频用磁头。松下电器产业公司受新技术开发事业团的委托开发计算机用磁头。非晶态合金第二个实用制品是变压器的铁芯。据说其电耗可从过去的硅钢片铁芯的 $\frac{1}{3}$ 减到 $\frac{1}{5}$ ，如果推广可大幅度节能。在日本，新日本制铁公司受新技术开发事业团的委托，从1981年开始用3年时间着手研制用非晶态金属制变压器铁芯，川崎制铁公司也以用于铁芯材料为主要目标，正在开发独家制品。

【超 导 材 料】

1. 抓住有效利用能源的关键

超导可以说是有效利用能源的重要材料。某种金属及其化合物，冷却到接近绝对零度时，其电阻为零，这种状态称为超导现象。在此状态下，无功率损耗，在导体中流过大电流，同时会产生强磁场。

超导的应用领域颇广，如用于①以节能为目标的发电机、输电电缆、贮能等电力系统的超导化；②核聚变、磁流体发电等新能源；③深入利用强磁场如高能物理和各种加速器、磁浮列车、磁分离等的新技术；④开发采用约瑟夫森器件的大型超导计算机；⑤核磁共振等医疗领域等。

1911年荷兰的昂尼斯发现在 -269°C 的超低温液氮下,汞的电阻变为零的超导现象,所谓电阻为零就是电流流过导体时能量完全不会转化为热而逸散掉,在有大电流流过的地方,发热、电流损失确是个大问题。因此超导的发现可以说是划时代的一大发明,但要把它付诸实用必需经50年漫长岁月的努力。问题的关键是超导材料的开发。超导材料依其发生超导现象的温度不同有“临界磁场”、“临界温度”、“临界密度”三个临界值。临界温度越高,临界密度和临界磁场越大,则材料的利用价值越高。

为此,各国纷纷寻求理想材料而进行研究开发,到60年代才刚刚显露出实用化的端倪。在这50年间弄清25种元素有超导现象,并发现这些元素制的合金和金属间化合物的超导材料约有1000种。

一般来说,铌三锡、铌三锆等化合物系材料的临界温度和临界磁场比铌钛等合金系材料高2倍以上,但是令人大伤脑筋的是这些材料硬度极高,弯曲和拉伸的加工性差。因此,现在实际使用的主要还是价廉,加工方便的铌钛。最近,日本科学技术厅的金属材料研究所对于难加工的化合物系材料也研制出克服其脆性的铌三化合物的新超导材料。

2. 与美国争雄的日本技术水平

实用化的先驱得推美国的西屋电气公司,该公司于1973年研制出5 MVA的超导电机。尔后1976年富士电机和三菱电机公司共同研制出6 MVA的超导电机。随后,西屋公司、通用电气公司及日本的三大重型电机公司(日立制作所,东京芝浦电气、三菱电机)在大容量超导电机的开发上展开了争雄的拉锯战。

除发电机外,在国营铁路的磁浮列车计划方面由三家重

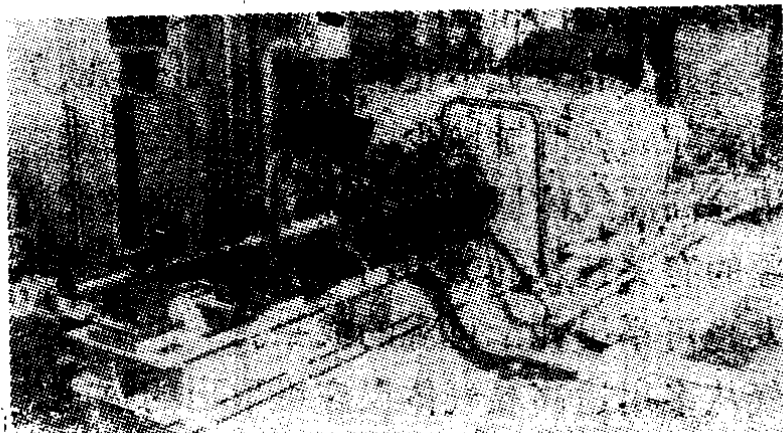


图 6 世界最大的超导电机(6250kVA)

型电机公司、昭和电线电缆、古河电工等电线制造厂商协作研制。在开发原子能发电站的核聚变反应堆“JT60”中，由三家重型电机、日本电气、电气兴业、古河电工、日立电线，住友电工等公司协作开发超导磁铁和线圈。

达到世界一流水平的日本的技术，不但超导发电机，而且在超导电动机、超导输电、超导贮能、磁浮列车、磁流体发电、核聚变等广泛应用领域富于成效。打开21世纪大门的实用超导材料，在日本问世的可能性亦很大。

【超 耐 热 合 金】

1. 近10年开发成果可观

望文生义，超耐热合金是耐超高温的新合金。一般来说，它的主要成分是镍和钴，是兼具耐蚀性和高强度的材料。随着喷气发动机和燃气轮机的问世，它成为引人注目的材料。石油危机后要求热机高效率化和以开发新能源为契机，它再次受到青睐。

日本在第二次世界大战后暂时不准生产喷气式飞机的特