

新型材料与材料科学

——现代技术、经济和社会发展的一个支柱

师 昌 绪

(中国科学院学部委员,中国科学院第一技术科学部主任)

材料是人类文明的物质基础,所以历史上曾以材料来划分时代,当前它又是技术进步的关键之一。没有半导体材料的工业化生产,便不可能有今天的计算技术;没有现代高温、高强度结构材料,便没有今天的航空和宇航工业;没有低损耗的光导纤维,便不会出现光信息的长距离传输,也就没有当前正在发展中的光通讯。反过来说,有很多新技术,因为材料不适应,便很难实现。以长距离输电为例,目前损耗很大,以致造成我国电力分布不均。如果有可在室温工作、价格低廉的超导材料,这种局面立刻就会发生改变。太阳能是取之不尽、用之不竭而又没有污染的一种能源,每秒射到地面的能量相当于全世界发电量的十几万倍,从能量密度来看,大约是每小时每平方米最高可有一度的电量。如果有价廉、长寿命、光电转换率高的材料,太阳能就可直接成为世界上的主要能源。磁流体发电的效率可达 60%,又可用廉价燃料,但是因为缺乏长寿命材料,至今仍处于试验阶段。在我们的现实生活中,也有很多情况是因为材料性能不稳定而造成产品质量低劣,使用寿命太短,严重地妨碍了我国现代化工业的发展。所以早在七十年代就有人把“能源、信息和材料”称之为现代文明的三大支柱。近年来,又把“信息技术、生物技术和新型材料”作为“新的产业革命”的重要标志。

新型材料就是指那些新近发展或正在发展中的、具有优异性能的材料,其主要特点是:第一,新型材料的发展是以材料科学为基础的,是一类知识密集和技术密集的新兴产业。它们多数是固体物理、固体化学、有机化学、冶金学、陶瓷学等学科的新成就的体现。第二,新型材料的发展与新工艺和新技术密切相关,在很多情况下,是通过极端条件形成的,如超高压、超高温、超高真空、极低温、超高纯、高速快冷等。自从航天飞机和空间实验室成为现实之后,在失重条件下制造新材料将成为可能。第三,新型材料更新换代快,品种和式样变化多。一般来说,生产规模小、经营分散,不象传统材料那样靠大规模和连续生产来维持竞争能力,新型材料则是靠优异性能和高质量而生存的。当然,传统材料和新型材料之间并没有明显界限,传统材料是新型材料的基础,而传统材料的进一步发展往往又可以成为新型材料。

材料科学是发展新型材料和改进及合理使用现有材料的学科基础。材料科学就是研究材料在开发、生产和使用过程中,材料的成分、组织结构与性能之间关系的学科。材料科学这个名词的提出,只是近 20 多年来的事,它是现代科学发展的结果。现代科学的特点是:技术的进步对基础研究的依赖愈来愈明显;科学与技术愈来愈趋于融合;不同学科间的传统界线愈来愈不明显,即学科间的交叉日趋紧密;实验室的结果到工业的生产周期愈来愈短。材料科学便是上述几种趋势的反映。所以,材料科学除了研究材料自身的问题以外,还包括材料在生产和制

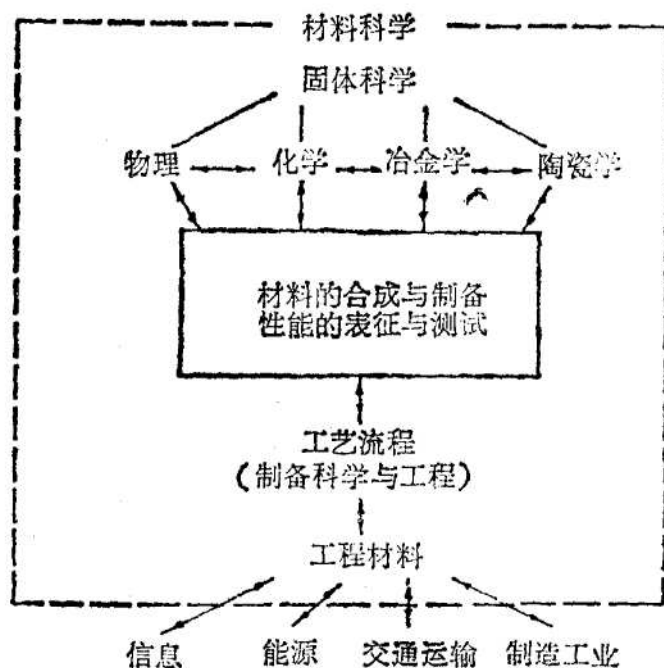
造过程中的工艺和工程问题,因而有人把材料科学又称为材料科学与工程;而且,材料科学必须和工程相结合,才能生产出合格的材料,才能使实验室的研究成果尽快地转化到生产中去。

右图说明材料科学所包括的范围及各种关系。

下面谈谈当前新型材料所包括的一些内容及材料科学中最活跃的某些领域,并对我国当前在发展新型材料方面提出一些肤浅的看法。

一 新型材料

和传统材料一样,新型材料也可以分为金属材料、有机合成材料、无机非金属材料 and 复合材料等几大类;从用途看,又可以分为结构材料和功能材料。结构材料主要是利用其力学性能,如建筑材料、制造交通运输工具所用材料等,发展的方向是高强度、高模量、高韧性,能在强腐蚀介质、高温、强磨损、强辐照或高频载荷条件下工作的材料。功能材料则是利用材料的光、电、声、磁、生物和化学等特性而完成特定功能的材料,如半导体材料、铁电、压电材料,激光材料、磁性材料等。这类材料种类繁多,要求高,知识和技术密集程度大,是新型材料中的发展重点。现分述如下:



(一) 结构新材料

围绕能源的开发,对高温高强结构材料的需求,交通运输机械的轻量化及建筑业的高速发展,当前结构材料发展的重点在于:

1. 高强度工程塑料将大幅度增加

近二十多年来,有机合成材料的发展速度在各类材料中是最快的,每年以 14% 的速度在增长。这类材料有以下特点: 第一,原料丰富,当前以石油、天然气为主,以后可用煤和生物作原料,生物是可以再生的,是用之不竭的;第二,有机合成材料有十分明显的优异性能,如比重只有钢的 1/6,便于做成各式各样的形状;第三,生产塑料所需能耗低,以单位体积计,聚苯乙烯为 100,水泥为 108,玻璃为 201,钢为 1061,铝为 1961,而且基建投资少、周期短。

当前正在通过合金化、结晶化和其它增强方式,发展强度与模量可与钢相比的工程塑料。如日本生长出来的聚甲醛胡须(厚 1—3 μ 、长 0.1mm),具有 30 倍于一般高分子的弹性模量,它与聚乙烯复合做成扩音喇叭,声音不失真。当然,工程塑料的重点,在于量大面广的结构材料。

2. 工程陶瓷或高效能无机结构材料是当前材料研究领域中的重点之一

陶瓷具有耐高温、耐腐蚀、耐磨损和比重小等优点,但有脆性和不易加工等致命缺点。高效能无机结构材料的主要特点是它的基本成分仍然依靠硅、铝、硼、镁、锆以及氧、氮、碳等地壳上丰产的元素,几乎不存在资源问题。然而它们与传统工程陶瓷的不同之处是要求愈来愈高的纯度,要求严格的组成控制、相成分控制与设计、和显微结构(包括表面、界面)控制等,以求

达到远为优异而均匀、稳定的性能,从而改变或大大改善陶瓷材料的脆性。当前,最有前途的体系为氮化硅、碳化硅、塞隆(Sialon)以及各种形式增韧的陶瓷材料。

陶瓷材料的使用对象很多,由于其硬度很高,可用于刀具和模具;由于其膨胀系数小,用于机械制造,可以提高精度;由于其耐高温,可以提高热机的热效率。当前最引人注目、投资最大的是后一种,如用它来制造绝热发动机,可以取消冷却系统,热效提高 45% 以上,减少燃料消耗 1/3。在美国、日本和西德,每年投资总额约数千万美元,已达到台架试车并积累了万里行车的经验;但因脆性材料需要研究的基本问题很多,而提高工艺重复性和降低成本问题也很复杂,目前仍处于研制开发阶段,预计九十年代初会发生重要突破,必将对各类有关连的工业产生深远影响。

3. 复合材料是今后新型材料的发展重点

复合材料是由两种以上不同的材料组合而成的,它综合各组分的特点而形成新型材料。玻璃钢是现代复合材料的第一代,是四十年代发展起来的,六十年代进入成熟阶段。第二代为碳纤维增强树脂、芳纶增强树脂及碳化硅纤维增强树脂等,都是六十年代开始、七十年代发展、八十年代进入推广应用的。当前正在研究的是纤维增强金属(如硼纤维、碳化硅纤维或碳纤维增强铝、镁、钛)和碳-碳复合材料等,成为复合材料的第三代。这些复合材料都具有较高的比模量、比强度。所以,飞行器的速度愈高,复合材料的用量愈大,因为由于材料减重所得到的效益随飞行速度的提高而增加。以飞机而论,先进的教练机复合材料占 25—40%,战斗机占 40—50%,垂直起落战斗机占 60—65%。

复合材料的形式很多,这里不一一列举了。其中表面涂层涉及面最广,对抗磨损、耐腐蚀、延长疲劳寿命和改善物理性能有十分显著作用,这是很有发展前景的一类复合材料。

4. 新型建筑材料正在迅速发展

长期以来,钢筋水泥是最主要的建筑材料,但随着有机合成材料、复合材料、玻璃工业以及装饰金属材料的发展,建筑材料的组成已发生了明显的改变。当前,钢筋水泥的变化,主要是发展高强度、轻质水泥。如水泥浸入有机玻璃(Methylmethacrylate)以后,比重降低,透气度减小,抗压强度可提高 5 倍,并增加抗腐蚀能力,国外已大量推广。水泥中的钢筋代以高强纤维或片状材料以后,强化效果十分显著。这些都是正在发展中的建筑材料。

建筑材料的另一个方向是冶金炉渣、矿渣及脉石和煤渣的利用。变废为宝,既减少污染,又节约资源,因此普遍受到人们注目,有十分广阔的前途。尤其在我国,应列为发展重点,这对解决我国广大农村住房的建筑材料来源是一个很重要的途径。

5. 对金属结构材料的要求日益提高

随着新技术的发展和科学技术的进步,金属结构材料的品种、性能和质量不断在发展,用途不断在扩大。当前,主要围绕能源开发及交通运输机械的轻量化等,在老材料的基础上进行开发。首先是石油的开采和加工,由于油井深度不断增加,套管和抽油系统要求高强度、高韧性,而又耐腐蚀、耐磨损的金属材料。其次是航空航天工业的发展,需要比强度和比刚度更高、工作温度更高、使用寿命更长的高级材料,特别是随着飞行速度的提高,对材料的要求更为严格。因此,除了合金钢的继续发展以外,铝、钛等轻金属将会得到更快的进步。铝虽然是一种老材料,但随着新工艺的发展,其性能可能出现大幅度的提高,如含高锂的铝合金,过去由于严重偏析而变脆,但在采用快冷微粉制造工艺之后,可以得到比重更小、强度更高的铝合金。汽车是量大而广的交通工具,微小的改进,就会产生显著的经济效益,如轿车车身所用钢板的厚

度一般为0.8毫米,采用高强钢板以后可减少0.1毫米,燃料可节约10%。所以当前的发展趋势是:除了采用高强钢以外,铝和塑料在汽车中的比例在不断提高。

总之,尽管对结构陶瓷和高强有机合成材料需求的呼声很高,但在本世纪内,金属结构新材料仍将占主导地位。

(二) 功能新材料及新元件

在以信息为核心的新技术革命中,功能材料占有特殊重要的地位。1982年日本通产省的调查表明,在133种重点发展的材料中有60%以上属于功能材料。功能材料和元件是密切相关的,材料不但是元件的基础,其特点只有通过元件的性能才能表现出来。功能材料的种类极其复杂,现仅就其中最主要者分述如下:

1. 半导体材料

硅是最关键的半导体材料。单晶硅是集成电路的基础,非晶硅是太阳能利用中最有希望的光电转换材料。随着集成度的增加,对单晶硅的要求日益提高,向着大直径、高纯度、高均匀性和无缺陷方向发展。硅片的尺寸愈大,材料的有效利用率、电路的成品率和劳动生产率就愈高,从而成本就可大幅度地下降,如从3英寸到4英寸,成品率可增加2.5倍,而材料的成本只增加30%;所以世界发展趋势是每四年增大直径1英寸,国际上直径为6英寸的硅片已投入生产。从纯度来看,市售高纯硅的杂质浓度为0.1ppb,实验室就更高了。为了得到更均匀、无缺陷的硅单晶,空间凝固引起更多人的注意。

使太阳能转换为电能的材料很多,其中以非晶硅最有前途,因为非晶硅可大面积涂敷,光吸收系数高,只需1微米厚,材料消耗仅为单晶硅的二万分之一,从而成本很低。当前大面积转换效率仅8%,如达15%,则可和火力发电相竞争了,这对我国广大农村和大西北来说有十分重要的意义。

半导体材料中,除了硅以外,还有一类是化合物,如砷化镓,用它做集成电路,电力消耗小,电子迁移速度高,工作温度宽,可用作高频和微波器件及能耗低,速度快的器件,可能成为下一代高速计算机的一种材料。消耗电力小这一点很重要,因为硅集成电路的极限可能就是受发热的限制,如集成度达几万K时,每个元件产生的热量足以使硅片熔化,所以用电力消耗仅为硅的1/10的砷化镓就有优越性了,当然发展导热能力强的基片材料也是一个可行的途径。发展约瑟夫森元件,不但耗电量小(只有千分之一),而且在液氮温度下工作,当然也就不存在发热的问题了。

2. 信息记录材料

信息记录材料是计算机外围设备的关键,是软件及信息库的基础。没有大容量、高密度和高速存取的信息记录材料,就没有现代信息库,当前广泛应用的是磁记录,正在发展中的是光记录。

光记录是以激光为光源、以各种不同类型的薄膜作为光信息存储材料。以磁光材料为例,其密度高、寿命长、保真度好、无噪音,可以进行反复录放和抹除,是正在发展中的一种记录方式。磁光材料可分为两类:一是非晶态,如GdCo、CdFe、TbFe、GdFeBi等。这类材料功耗低,可大面积制作;另一类是多晶薄膜,如MnAlGe、MnGaGe和PtMnSb等合金,优点是热稳定性好。

还有一种记录方式是缩微技术,存储量大、价格便宜、保存期长,但比较费事。

上述三种记录方式各有优缺点,互相补充,同时并存。

3. 传感器用的敏感材料

敏感材料就是利用材料对电、光、声、力、热、磁以及不同气氛或湿度所发生的性能变化而做成传感器,其灵敏度决定着控制的精度。材料的细微结构和纯度有决定性的影响,功能材料的性能的灵敏度和稳定性是关键。敏感材料种类繁多,多半是无机化合物。

4. 光导纤维

光导纤维通讯的基本原理是把声音变为电信号,由发光元件(如 GaP)变为光信号,由光导纤维传向远方,再由接受元件(如 CdS、ZnSe)恢复成电信号使受话器发出声音。这种光通信的容量至少比同轴电缆大 20 倍,中继距离长、节约资源(1公里同轴电缆需铜 1.1 吨、铅 3.7 吨),重量轻、易施工,不受电磁干扰,保密性好,各国竞相发展。

光导纤维是高纯石英掺杂 P、Ge 等元素而制成的,光损耗已接近理论值,即每公里 0.25 分贝。当前正在发展中的多组分玻璃纤维,熔点低、易生产、价格低、损耗也低(2.5 微米波长时为 0.1 分贝/公里,4.4 微米波长时为 0.01 分贝/公里),很有发展前途,但强度低是其主要问题。

还有塑料光导纤维,每公里的损耗为 100—200 分贝,但纤维质地柔软,价格便宜,在短距离内,用途十分广泛。

5. 功能高分子材料

人们都知道,有机高分子材料是无磁性和不导电的,但是正在发展中的新型高分子可望得到象铜一样的良导体,和铁一样的铁磁体。虽然目前还有很大差距,导电高分子的导电率只有铜的 1%,磁性高分子也只是刚刚有苗头,但化学家的注意力已移向这个方面,估计到二十一世纪可能有重要的突破。人们还认为,有机化合物也是高临界温度超导体的希望所在。

其次是光学功能高分子,它包括的种类也很多,最关键的是制造大规模集成电路用的抗蚀剂,要求非常精细的分辨率(在 0.1 微米以下);还有正在开发中的高感光性的高分子,希望能得到与卤化银相媲美的感光度。

第三是具有分离功能的高分子材料,它对节能、节约资源效果十分明显,如气体分离膜,可用以回收合成氨尾气中的氢,增产可达 5%;从空气中分离出 95% 的纯氮,可用作惰性保护气体或水果、蔬菜的保鲜;可使空气提高氧的浓度,以提高燃烧效率,如当氧含量提高到 40% 时,可提高燃效 20—30%;可用于海水淡化,其能耗仅为电渗析法的 1/8,为多级闪蒸法的 1/15。还有很多类型的分离膜,用以分离液体中的不同组分,如从海水中富集铀(海水中含铀 3.3ppb)。

第四为生体功能高分子,如人工脏器和整形材料,优点是抗凝血性好。还有生物膜、生物酶催化等生物模拟材料都是当前十分活跃的领域。预计在二十一世纪内人的许多机能,包括人工肌肉、人工神经都可能有所突破,这对智能机器人和生物计算机的发展有促进作用。

6. 功能金属材料

当前最引人注目的有以下几种:

第一是非晶态金属。这是五十年代末美国人通过液态金属的激冷 (10^5 — 10^6 度/秒) 而首先获得的,是当前新型材料最活跃的领域之一。这类材料具有良好的磁学性能,已大量用作磁性材料。由于其导磁率高,用于变压器,其铁损比高级硅钢片还要低好几倍,有人认为它有可能成为软铁和硅钢片以后的第三代软磁材料。此外,这种材料还有很多待开发的用途,如它有很高的强度和硬度(抗张强度达 300 公斤/平方毫米),有较高的耐腐蚀能力等。但是这种材料厚度受到限制,也不能焊接,温度太高(如 400℃)时就会结化。目前国外不能连续生产,成本有可能大大下降。

第二是超导金属。自 1911 年荷兰人发现汞在液氢温度下的电阻为零的超导现象以后,一直把它当做一种物理现象,只是到了近些年才发展出有实用价值的 NbTi、Nb₃Sn 等工业产品,这些材料的临界温度都很低,只有在液氢温度才有超导性能,局限性很大。当前在已发现的材料中, Nb₃Ge 算是温度最高的了($T_c = 23.2^\circ\text{K}$)。即便如此,在许多需要大电流的场合都离不开这种材料,如磁悬浮列车、磁流体发电、高能加速器、核聚变反应器等;此外用于超导电机、超导输电、超导储能等,也都是有前途的。当前,探索能在液氢和液氮温度以上工作的超导材料是新型材料最活跃领域之一。有人预测,到廿一世纪初这个目标可能实现。

第三是形状记忆合金。这是利用金属的可逆马氏体相变而发展出来的一类材料,目前最常用的是镍钛合金。这种金属材料有广阔的用途,如管接头、牙齿矫正、控温装置等。其中影响最大的可能是用来制造热力发动机,利用液体中不太大的温差,可使水轮机不停地旋转,这样为海水温差或太阳能的利用开辟新的途径。具有形状记忆效应的合金体系很多,除镍钛外,还有金镉、镍铝系列,铜与锌、铅、镍、金、锡等都有这种效应,惟铜基合金容易“健忘”,需要深入研究。

第四是吸氢合金。有些合金系,如镧镍、铁钛、镁镍和钛锰等具有一种特性,就是冷却或加压能吸氢生成氢化物,反之,加热或减压又会分解,放出氢来。能贮的氢量,一般来说,可与合金同体积的液氢量相比。氢是热值高而无公害的能源,人们用贮氢瓶代替汽油箱来开汽车,反复进行试验之后,认为技术上是可行的,但成本太高。这种吸氢材料还有以下可能的用途:因为氢化物分解过程中吸热,可以用于空调致冷;利用氢同位素的不同分解压,可以用来分离核聚变用的重氢;利用合金的吸氢放氢过程,可以使氢纯化到 10^{-6} 。

第五是新型永磁合金。高性能永磁合金在仪表和微电机工业中占有十分重要地位。最早的永磁合金是磁钢,接着是铝镍钴,到了六十年代又出现高性能的钐钴合金,到八十年代初日本人发展的钕铁硼算是当前磁能积最高的永磁合金了。本来制作钕铁硼合金需要较纯的原料,对钕的纯度要在 95—99% 左右。最近我国研究结果表明,采用混合稀土(以 Nd 为主混合稀土)同样可以冶炼出高性能的合金,而其成本却大大降低了。

7. 材料与元件的制备密切结合,通过精细加工,发展出崭新的新材料和新元件。

前面所列举的功能材料多是先有材料而后制成元件,也有一些是在现有材料的基础上利用新技术制成另一种新材料的,如许多表面涂层都是如此,利用等离子喷涂、真空溅射、化学气相沉积及离子注入等。当前有些要求更高的电子元件已进入原子精密加工阶段,利用分子束的外延生长(MBE)和金属有机气相沉积(MO-CVD)可以以单层原子的精度进行加工,用以发展超晶格元件和 3 维电路等。所谓超晶格就是人为地把任意两种以上的原子排列成好象完整晶体那样整齐的晶格,这是自然界中不存在的全新材料。如在 GaAs 基片上把镓、铝、砷原子层交替堆积而成为一种高电子迁移率的晶体管,这种元件比现在的超大规模集成电路有更高的速度、更高的密度、更高的可靠性和更多的功能。因为目前的二维电路有趋向于饱和的趋势。如果使电路结构近似于人脑的 3 维结构,不仅可以打破上述界限,制造出超高速、高密度的集成电路,而且还可以做出具有传感功能的多功能集成电路元件。

总之,随着科学技术的进步,材料的发展愈来愈快,如石器时代经历了若干万年,青铜时代则只有两千年,铁器时代不过一千多年,而现代化的钢铁时代仅有一百多年的历史(从十九世纪五十年代的转炉和平炉炼钢的发明算起)。当前正处于金属、有机和陶瓷时代的并存和交替时期,材料科学正在逐步把它们统一起来。

二 材料科学

材料科学是近二十多年来才发展起来的一门应用科学,它是固体物理、固体化学、物理化学、有机化学、冶金学、陶瓷学相互交叉和渗透的结果。其主要研究内容包括以下几方面:

(一) 材料在合成与加工过程中的科学基础

新工艺促进新型材料的发展,20 多年来,真空技术的不断进步,使半导体材料的外延生长和金属有机气相沉积成为可能,它们要求的真空度达 10^{-10} 以上。

材料的生产工艺十分复杂,影响因素也很多,因为许多基本现象不清楚,有不少是属于半经验性的。如成核过程是许多技术流程的重要环节,诸如快速凝固,气相沉积,超细粉末的制备,有机胶体溶液的沉积等等。另一基本现象是原子通过界面的传输,如细小颗粒的长大与兼并,粉末的烧结等。金属与陶瓷材料的晶粒细化以及晶粒与晶界相的控制等,使这些材料的性能可以大大改进。

有机高分子要解决的问题更多,诸如半晶态高分子的显微结构,高分子中第二相的作用,热固高分子的结构特点与制备过程的关系,都是有待解决的问题。毫无疑问,这些问题的深入了解,将对有机高分子制造工艺的开发有十分重要的作用。

(二) 材料的组成、结构与性能间的关系

这方面的研究对创造新材料和挖掘现有材料的潜力有非常重要的意义。从新型材料的发展趋势来看,以下几点是材料科学的前沿。

1. 材料的表面与界面的结构与性质。可以看出,不论材料复合、外延生长还是材料的磨损与腐蚀等都与材料的表面性质和界面状态有关。晶界与界面对材料性能的影响就更为广泛,因此,这门学科是当前最活跃的领域之一。

2. 低维材料的形成、结构与性质。超微粒子(0 维,几个原子聚合体)、纤维(1 维)和薄膜(2 维)是新型材料的重要形式。

3. 非晶态材料的形成、结构与稳定性。非晶态金属和非晶态硅是目前新型材料发展的重点。

4. 各向异性材料的结构与性质。复合材料和层状化合物都是各向异性材料。

5. 瞬态和亚稳态材料的探索在超高压条件下形成的金刚石、金属氢,及其它特殊条件下形成的材料多处于亚稳或非平衡态,有很多科学问题需要解决。

6. 完整晶体中杂质原子及微观缺陷的行为和作用。

7. 各种材料特异性能的开发与表征。

(三) 材料的损毁过程

材料的损毁方式主要有三,即断裂、腐蚀与磨损;对有机高分子来说还有老化与燃烧等。研究材料的损毁过程,不但对发展新材料有指导作用,也是合理使用材料及进行寿命估算的基础。

腐蚀与磨损虽然是老科学,但由于实际需要与科学的发展,近年来又变得活跃起来。强度

与断裂一直比较活跃,自从晶体缺陷理论,特别是位错理论提出以后,对许多强度问题和断裂现象得到了比较满意的解释。但由于处理缺陷交互作用,在数学上十分复杂,在实验上难以得到验证,工程材料的形变与断裂一直处于半定量的描述。近年来,随着电子计算机的发展,采用连续理论和原子水平分析相结合的方式,有了一定的进展。但对有机高分子和陶瓷材料来说,可能更复杂一些,因为这些类型的材料,链合力与金属不同,是不可忽视的因素。

(四) 实验技术及新仪器的发展

材料科学的发展很大程度上决定于新仪器和新实验技术的采用。首先是材料的表征技术,主要是利用超高真空和束流技术,把一束光子或粒子打在样品上,根据能量、极化与角分布的特点而设计成分析仪器。再一种就是利用电磁辐射(如利用同步加速器产生的辐射)及高功率激光而发展出来的仪器,分析精度可达 10^{-8} 的水平。其次是发展实时、不接触的无损探伤技术和设备。特别对脆性材料来说,尤为重要,因为微小裂纹就可能导致早期破坏。最近发展的层析扫描分析技术,能确定损伤缺陷的位置和形状,很有发展前途。为了满足生产的要求,应大力发展在线无损检测技术。第三是电子计算机的应用,它不但用做控制和数据的存储,而且用它完成过去无法完成的复杂计算工作,如利用基本热力学数据可以计算出多元相图;用有限元法可以解出十分复杂的应力分布和应变场;用计算机有可能解决材料的微观缺陷及其与基体各种组成的交互作用,从而有可能实现合金设计和分子设计。

以上所述,仅说明材料科学的部分发展趋势。随着科学技术的发展,新的实验装置和新型材料的出现,材料科学技术也会增添新的内容。

三 我国发展新型材料应采取的措施

为了满足新技术发展的需要,各工业发达国家无不对新型材料予以足够的重视。如日本把新材料、新功能元件和生物技术作为三大基础技术,从 1981 年到 1990 年十年间共投资一千亿日元以上,涉及近 30 个国立研究所,80 家企业。法国 1981 年度新材料投资上百亿法郎,其中 30 亿用于研究,70 亿用于开发。美国科学研究经费渠道很多,仅以国家基金会为例,在数理科学中,用于材料的经费占 27% 左右;从全国来看,美国大约有 1/3 的科技人员从事与材料有关的工作。

我国在新材料方面,20 多年来已取得了很大的成就。重要标志之一就是基本保证了我国国防工业所需的新材料,经济效益也很大。特别在培养人才方面,我国每年金相热处理专业的毕业生,就有几千名,超过了美国。但是就总的来说,还存在不少问题:首先是我国新材料仿制多、创造少;其次是我国新材料质量低、稳定性差、成本高,在国际上没有竞争能力;第三是研究、生产和使用脱节,部门间界限分得太清,造成实验室成果过渡到生产的比例很低,推广周期太长;第四是管理跟不上,低水平重复多,进展慢,浪费大。

为了改变这种局面,保证新材料的顺利发展,尽快地缩小与世界先进水平的差距,满足我国国防建设及新技术发展的需要,必须采取坚决措施:

1. 加强领导和组织协调工作

由于新材料的研制与使用涉及面广,分散于不同部门或地区,问题也比较复杂,因而必须加强领导和组织协调工作。对某些重大而复杂的项目,应采取招标的办法以确定承担单位或

个人。项目负责人必须是办事公道及有组织能力的专家,项目负责人负责将项目解剖成课题,择优选拔课题承担单位并落实到人。

2. 为了加速新材料的研制与推广过程,应该成立若干中间试验基地,新材料研究、发展、生产和使用的联合体,测试协作网,情报网和数据库。在不同地区建立微观结构分析、无损检测、物性测试、力学性能测试及超纯分析协作网。这样既可避免过多的投资,又可发挥每个单位的专长。

3. 发展新材料必须重视材料科学。其理由是:首先,新材料是一种知识密集、技术密集的产物,必须重视与材料有关的基础研究,才能有所发现、有所创新。其次,材料科学是提高质量、降低消耗、降低成本和有效使用材料的基础。第三,材料科学是消化国外引进技术的基础。第四,发展材料科学是解决在材料领域中存在的在相同水平上大量重复的重要措施。因此,除了以较多的人力从事研究新材料在生产和使用中的问题以外,对某些具有重大意义的材料科学前沿要予以足够的重视及合理安排。

4. 发展新材料必须重视人才培养。必须尽快地把较大的精力转移到培养人才上来,加速培养具有现代知识、思想活跃的科技人才和管理人才,这将对我国能否在本世纪末达到现代化及下世纪步入经济强国之林起到决定性作用。事实上,当前我国从事有关材料及材料工艺专业人员的数目并不少,如能充分发挥他们的作用,是够用的。但是关键在于学生质量,必须加强学生的基础训练,提高思考能力,启发他们的创造性,培养他们解决实际问题的能力和做到合理分配。对在职科技干部和工人也要提高他们的水平,否则,即使有较高水平的科技人员也难以发挥作用。

最后,谈一谈新型材料与传统材料的关系。如前所述,新型材料与传统材料并没有明显的界限,二者互相促进,互为补充。特别在我国,传统材料不但不是“夕阳工业”,而且是有待发展的工业。因此,当前我们的重点还是放在传统材料质量的改进,成本的下降,产量与品种的增加上。新型材料除了保证我国新技术和高技术的发展以外,要探索具有我国特点,有更优越性能和功能的新材料。因为新材料上不去,发展新技术必然要落空。