

材料与社会^①

Collyear, John^②

(英国材料学会)

摘 要

该文是英国材料学会第一任理事长Collyear, John 爵士, 于1992年9月21日在首都科学会堂, 为中国有色金属学会及材料科学工作者所作的演讲全文。它深入浅出地从材料和经济, 可能性与现实, 材料学会三个方面, 畅叙了材料科学与工程在经济繁荣中的重要性、现状与未来, 变机遇为现实的途径, 以及材料学会所面临的挑战。

关键词: 材料科学与工程 现状 机遇 面临的挑战

很荣幸能在北京作这次演讲。我是英国材料学会的第一任理事长, 为有机会就如何进一步促进材料的商业、科学和工程方面的发展概述我个人的见解感到非常高兴。

我对于中国的材料科学和材料工程知道得不多, 希望在我离开中国时, 会对此有更多的了解。本次演讲主要谈的是英国的情况, 但我认为, 其中主要部分在全世界都是很重要的。

演讲分三个部分:

(1) 工程材料在经济繁荣中的永恒重要性和未来的发展机遇;

(2) 使这些机遇获得成功所需采取的步骤;

(3) 材料学会在这意义深远的伟大前景中的作用。

1 材料和经济繁荣

材料技术是使经济和社会发展的关键性先导领域。新的高性能材料及其新颖的加工工艺

使得工业具有竞争优势, 从而占领世界市场。这些产品提高了医疗护理水平, 增强了基础设施项目的安全性, 使交通、运动和娱乐设施更安全舒适, 以及更有利于进行环保。英国的家庭、学校、政府很少有人懂得这些, 商业界可能更甚。为了帮助大众懂得哪种技术确实能提高社会生活水平, 科学家和工程师采取必要行动是非常重要的。而社会也应鼓励有才智的孩子成为科学家和工程师, 并将保证提供足够的资助以确保材料获得可靠和新的应用。合理的使用和不断了解、改进材料的用途是很重要的。的确, 懂得在不同条件下材料的行为和性能需要丰富的知识; 我们还必须认真考虑以材料和其它技术为基础的经济活动的环境效应; 为要精心和合理地利用自然资源, 我们必须创造回收的机会。正是通过更好更有效地使用材料, 我们才能改善生活水平、节约能源、解决污染和保护环境。

最新的例子包括用于汽车壳体的聚合物, 它是一种强度高、质量轻的材料, 可使油耗降

^① 于1992年10月26日收到。

^② 考利尔, 约翰爵士生于1927年2月19日, 他在材料界功勋卓著, 于1986年6月被英国女王授予爵士勋称。1992年英国材料学会成立后当选为第一任理事长。同年9月20~29日应中国有色金属学会的邀请访问中国, 正式签署了两学会间的合作协议。本文是他在访华期间于9月21日下午在北京科学会堂所作报告的全文。

低5%，也使尾气排量相应减少。另一个例子是用碳纤维绳索固定海上采油(气)平台。这种绳索比钢丝绳轻5倍，使油和气的开采可以达到更深的水域，从而增加了英国及世界油和气的可用贮量。

在西方历史上，考古时代的划分是以人们学会制造和使用材料为依据的。开始是石器时代，然后进入铜的金属时代，随后是青铜器时代、铁器时代和钢时代。钢既是工业革命的组成部分，又促进工业革命的发展。从此，通过采用科学方法建立起一系列工业，包括改进合金化和掺杂工艺，改善和创造新的加工方法，把两种或两种以上不同材料复杂地组合起来，以及将上述这些综合在一起的方法，使材料渐渐地发展得更精细了。我认为我们正在进入一个空前的新材料和新工艺的发展时期。科学和工程的推动相结合，再加上用户的需求，有希望在材料应用上获得显著的进步以造福人类。

首先考虑科学和工程的推动作用。材料科学和材料工程正从传统的匀质材料向机械性能好的复合材料、夹层材料和涂层材料发展；以及向功能材料发展，如用于微处理机、存贮器、超导体和其它体系等的材料。传统上不同的学科，冶金、陶瓷、橡胶聚合物、玻璃工艺学和固体物理正相互趋合，并与工程相结合，形成了交叉学科和系统概念；并且随着应用量子力学的发展，对材料的主要物理性能有了普遍了解。我们已达到了开始用量子力学解释工程性能的阶段，如解释晶体固有的脆性和韧性。在我们面前正展现出一个统一的科学，它从元素周期表和薛定谔方程开始，直到实用材料和工程应用。

在加工过程中，由于应用廉价的计算能力，并依靠材料本身的发展和对基础科学的深入了解，发展起了数学模型，从而加速了从实验室通过中试实验到达生产的过程，促进了加工工艺的优化，改善了加工过程的控制，导致成本降低，质量提高和备运时间缩短。这些技术不仅用于复合材料和超塑性形变的新领域，还用于传统领域如：铸造、焊接、淬火和轧

制。

现在考虑用户需求的重要性，即用户想要什么及肯花钱买什么。下面给出4点说明。

(1) 能源的不断涨价以及环境问题。这意味着高比刚度和轻型材料成为设计和选择材料的关键因素，不仅对于航空航天发动机如此，对于汽车也是如此；这种材料也正进入到以前选择材料的保守领域，例如：桥梁和体育场馆等。

(2) 小到克甚至微克的少量材料可以决定大型和(或)复杂设备件的操作性能和特点。硅的微电子学是已有的典型例子。其它还有，例如：高密盘唱机上的激光二极管或通讯系统中的光导纤维。也有些产品，生产材料本身的费用只占产品费用的很少部分，有时小于1%，在生物医学领域有很多例子，从牙刷到髋关节移植、眼镜架和心脏膜，附加价值很高，来源于要求高性能和长寿命。其中一个例子是植入物，材料的费用是第二位，当然也并不是完全无关紧要的。在这类材料中具有潜力的是超导体。它可以在导电过程中基本上不损失能量。主要的促进因素是含钇和钡的铜基氧化物的发现。它在90 K具有超导性，比液氮沸点温度高13 K。这些材料的进一步发展将会产生新的用于运载工具的发动机和悬浮系统、优良的电力传输线、高速计算机，并可使医学核磁共振扫描器大量使用。

(3) 提高使用性能的问题。飞机、直升飞机和最近的宇宙飞船工业推动了高比模量(刚度大)和高比强度(强度高)材料的发展。为了增加强度同时减轻重量，已使用了蜂窝结构和复合材料结构。传统的杜拉铝已让位于含有少量锂及能超塑性形变的铝合金。它的使用可使现代大型飞船每年节约上万升的燃料。飞机的机架和气体涡轮机已采用钛合金，从而提高了强度、耐热性和抗腐蚀性，它也用于化学工业，代替不锈钢。

任何时候，飞机发动机的性能受材料强度和承受温度的限制。通过用钛和镍，逐步代替铝和钢，减轻了重量、提高了操作温度，从而

使现代发动机的推力与重量比达到 10:1, 并加速其在军事发动机上的应用。进一步改善性能将依赖于纤维增强金属和陶瓷材料的发展, 这种材料将用于压缩机和涡轮机叶片乃至整个发动机。然而, 新的高强度材料, 不仅用于那些人们熟悉的高性能部件上; 也进入体育界甚至非最高水平的竞赛上。在田径、网球、橡皮球戏、自行车、冲浪、皮划和赛船以及滑雪运动中, 越来越强调在娱乐的同时不受伤。就运动鞋来说, 当脚后跟着地时, 只要加短时的、30~40 g 的力, 就有相当于体重的 2~3 倍的力传送到脚的其它部位。所以现代的运动鞋具有聚合物和橡胶的复杂结构, 以达到理想的减震、耐穿和保护的效果。网球和橡皮球戏使用的球拍已不再用木制框架, 而代之以纤维增强的聚合物结构; 从而增加了力量, 提高了橡皮球戏的安全和减少网球运动员肘病的发生。在最近的奥林匹克运动会上, 4 000 m 个人追逐赛的胜利者—克雷斯·鲍德曼骑了一辆设计新颖的自行车, 它的整体支架用树脂基碳纤维增强复合材料制造, 刚度大; 脚踏链盒和座子用钛合金制造。它是由于新材料的开发才可能提出的、富有设计想象力的一个十分成功的例子。

(4) 关于环境和地球上有限自然资源的新观念。现在来考虑再生问题。为了获得性能好、寿命长的产品, 使元器件更复杂, 包括层状结构、蜂窝结构、涂层和多种材料的组合等; 这样一来就使得材料的分离和再生更困难。材料工程师和设计师面临的主要课题是, 他们是否要逐渐离开“从摇篮到坟墓”的方法。在这种方法下, 资源陷入对金属或聚合物的传统再生循环, 降低级别重新使用。我们应该逐渐转向“从摇篮到摇篮”的方法, 目的是再用来生产出同样的部件。这就需要在初始设计阶段发生变化, 例如要使得产品更易于拆开和分离或给复合材料标上化学成份。同时, 在加工过程中, 科学家和工程师要遵守向大气、水和陆地上排泄废物的严格法律。为了避免加工过程中发生的问题, 要强调改变如今人们常用的

“从管子一头排放出去”的解决办法。

在环境问题上, 国际协定趋向于更严格。它由已执行了一段时间严格标准的国家提出, 这些国家在谈判中起很大作用。显然, 他们也将是自己和其它国家技术市场上的领导者。在英国, 我们懂得有必要保持工业界和决策者间的良好接触, 从长远观点出发确保国际标准和技术的发展。同时, 对迫在眉睫问题的讨论应包括实施“英国环境保护行动计划”。对此, 执行者需要采用最有效的技术而不承担额外的费用。最近, 标准的权威机构 BSI 已经颁布了 BS7750 标准, 它是一个新的英国环境管理系统标准, 为各个单位规范自己的环境行为提供了一个制度, 所采用的是可以进行审查并发给证书的质量系统方法。BS7750 也可以用于使工业自身预先作好准备, 以接受由欧洲检查委员会提出的生态审查条例。

不言而喻, 钢仍然是很重要的。在已建设的世界上, 它和水泥一样是最重要的结构材料。钢的年产量通常为 $7\sim 8\times 10^8\text{t}$, 而且地壳中含有丰富的铁及钢中需要的大多数合金元素。一些预言家推测, 在下个世界纪初, 钢的总需求量将减少, 但要记取的是钢仍将是航行领域的常用材料。钢具有优良的综合性能, 即良好的强度、韧性和焊接性能, 并已建立了再生和重新使用的工业, 保证它将继续用于建造大型结构, 如: 轮船、采油平台和建筑物。新的生产方法已制造出一系列低合金高强度钢、烘烤硬化钢、超洁净钢和先进的涂层钢, 用于汽车工业可减轻重量, 从而提高燃料效率, 提高质量和降低成本, 可以使式样新颖, 并有良好的抗腐蚀性能以延长使用寿命。矿石直接还原的新技术对环境是有益的, 已发展起来的这种工业可以大量节能。毫无疑问, 进一步的发展将使钢的利用重新走俏。

碳纤维复合材料和铝合金为汽车车体的生产开创了美好的前景。新近推出的铝立体构架汽车具有如下优点: 重量轻、工具费用低、缩短设计到生产的时间以及降低切屑量等。在某些应用中, 用钛代替不锈钢也是值得注意的。

未来数十年中,我们在材料应用方面可能取得什么新的进展呢?刚才,我已经提到一些,现在预测一下。金属和陶瓷复合材料,广泛应用于气体涡轮机,使其在高温运转、更轻、部件更少、而且更可靠;管道系统中应用的高级热塑聚合物可以和钢铁竞争。或许钢材的进一步发展可以扭转这种局面;陶瓷材料更加广泛地应用于往复式内燃机;钛铝或镁合金和复合材料不仅应用于航天工业,并且更广泛地应用于自行车、化工厂和动力线路;网球、钓鱼、高尔夫球及其他体育项目,通过使用聚合物纤维增强复合材料制成的器械而进一步提高其运动性能;新的医学和牙齿治疗法替换由于疾病和磨损而破坏的牙齿和骨节,在移植手术中采用人造器官;工程聚合物将广泛应用于汽车和其他产品中。智能材料已开始文献中占有显著地位。在现阶段,对于这个课题所涉及的范围还没有公认的简单定义。最简单的是这样一种绳索,象人一样,当受过量应力时,会改变颜色,发出可能失败的警告。随温度变化而改变形状的形状记忆合金,已经开发应用于服装上,使其洗涤后可恢复原形。还可以考虑在飞机机翼、桥梁支架或化工厂部件中嵌入光纤电缆以探测结构失效的早期阶段,信号可以传到同样嵌入其中的微处理器处理信息,然后启动操作系统以帮助结构进行自我保护。最终阶段是传感器、操作系统和控制系统不再是嵌入系统,而是在原子尺度上构造起来。

通过仿生学,我们知道自然界怎样进化以适应环境变化和损伤。并可将这些应用于其它工程结构上。木头是最熟知的纤维增强复合材料之一,它的胞状结构比任何一种现在能得到的合成胞状复合材料复杂得多。大自然对此已设计和优化了很长一段时间,我们可以从进化过程的试凑结果中得到很多启发。

2 怎么做才能把这些可能性变为现实

由于充分利用材料而导致了上述以及其它

许多机遇,那么如何才能使这些可能性变为现实,使人类从中获益呢?

在英国,我们首先需要更多的工程师,他们有眼光和才能利用这些新思想来构思、设计、制造产品。看来,很多工程师认为材料具有各向同性的固有性质,即认为材料是匀质和无缺陷的。材料科学家都知道,性能是通过显微结构和化学成分控制的,极少是匀质的。我们需要对广大的在工程领域内负责的管理人员,包括采购人员进行教育,使他们懂得性能是显微结构和成分的结果,反过来又取决于生产过程;同时,性能的一致性不仅仅通过成品的质量检测加以保证,更需要对过程加以控制,通常采用与数学模型加以比较的办法进行这种控制。

在对工程师的培养中,最严重的弱点是缺乏非金属材料方面的内容,包括它们的性质、生产过程、老化和使用性能。只要这种现象存在,他们就很难知道什么时候需要征求专家意见。工程师需要具有理解和应用这些意见的能力,从而有利于他们开发出更系统化的材料选择方法。该方法考虑到所有相关的因素,包括系统的功能要求和总寿命费用,而不是仅以考虑单个因素和已有的经验为主要准则来选择材料。在中国也有同样的问题吗?

其次要考虑材料科学家和材料工程师的培养。在英国,每年有这方面的毕业生约500人,还有100名技术员。有可能开设经过鉴定合格的许多课程,这种多样性得到了英国材料界的广泛支持。最近的一次征求意见的结果表明,人们对正在培养的大学毕业生的质量和材料技术员培养的减少表示忧虑。一般说来,工业界对课程几乎没有直接影响;即使征求他们的意见,也由于制定教学计划的做法,很难劝学院迅速加以采纳。现在大多数大学和综合技术学校对课程标准化的改进也许会导致工业需要和课程设置之间更加匹配。你们是否已经得到了满意的均衡呢?

关于课程就说到这儿。但是我们怎样才能把高质量的学生吸引到学科和这些课程上来

呢?这是一个适时的问题,在英国我们正面临着中学毕业生选择研究材料科学的人数减少的问题。因此,我们首先需要对工程委员会关于学校的倡议表示支持;去说服学生、教师和家长,使他们认识到工程是可以提高他们自己和家庭生活水平的有意义的职业;其次在这种体制下材料科学和材料工程可以满足智力上的挑战,在工厂、政府和其他部门有就业机会。

在1985年发表的题为“拓宽应用新型材料和加工”的报告中,强调了新技术的转让问题。报告是由我作为主席的政府委员会提出的。这个报告指出了加速新材料应用的十个要点,其中许多观点已经被采纳,但是很慢,且不总是受到重视。最近由贸易和工业部(DTI)提出的“材料问题计划”,目标在于提高制造业,特别是中、小型企业对新材料的认识和应用。在研究计划中强调合作和协调,注重与工业界的联合。我非常高兴地知道DTI正在继续执行关于提高认识和其他科技转让活动的第二个计划。

在政府机构中建立材料委员会,即科学和工程研究委员会(SERC),负责分配资金支持大学的科研,并且在超导体、半导体、高性能材料、聚合物科学技术以及生物医学材料领域内建立学科交叉的研究中心,显示了对材料研究进行适当协调的重视。材料技术需要多学科向前发展。材料科学和材料工程需要同时发展。正是工程师和用户的反馈指明了材料科学的发展方向。大学的研究是基础,我相信任何一个基金分配体系都应该以科学需要和工程需要之间适当的相互关系作为基础。

在提高人们的认识方面,在材料性能确凿信息的有用性和可操作性方面,在工程设计方法的发展和传播以及建立可供缺乏材料专门知识的设计者使用的数据库系统方面,我们需要做大量工作。

3 材料学会

现在谈谈英国材料学会的来源、干什么以

及未来的目标等问题。材料学会是在金属学会的基础上于1992年1月1日成立的。金属学会本身是以下几个较早学会合并而成的:它们是1869年成立的钢铁学会,1908年成立的有色金属学会和1945年成立的专业团体——冶金工程师协会。它的任务是:

(1) 促进和发展:(a)材料科学技术和应用的各个方面,(b)材料科学技术的实践和研究;

(2) 促进和协调这些领域内的教育;

(3) 保持和提高材料工程师和材料科学家的业务能力水平。

塑料和橡胶学会,陶瓷学会和英国复合材料学会,正在并入材料学会,这样到1993年初我们将有约20 000名成员。其他的英国社团正在和我们讨论开展合作关系,我们将对材料领域内的其他社团加入我们学会的建议持欢迎态度。

我们首要的也是最重要的任务是,继续为我们的会员提供他们需要的服务和支持,以保持和提高他们的业务水平和职业发展前途等。由于会员们和他们的雇佣者越来越意识到需要在职继续教育和培训,因此我们必须保证适当地关心培训的需求。

我们有一个活跃的会议和研讨会计划,以促进各种观点的交流和材料领域包括金属、聚合物、陶瓷、复合材料及其它材料方面的专家的合作。这项计划是由会员的各个学术委员会努力工作的结果,他们的工作得到了专职人员组成的会议处的支持。我们和其他工程协会一起都是工程委员会的积极成员,并将按照它所规定的工程职业协会的结构开展合作。我们已经与许多国内和国际社团有良好的接触,我们将继续保持,并适当加以发展。我们将为那些在相关领域内和我们共同努力的人们架起沟通的桥梁。

首当其冲,我们应当设法吸引更多的人,尤其是年轻的科学家、设计师和工程师入会。基础在于会员参与学会活动,对此应予以鼓励。

(下转第53页)

符号相反的两相热应力的弛豫可能有帮助。低温退火,既可能消除热应力也会消除一部分加工残余应力。所以,理论分析和实验数据证实了这两种经验方法的效果都是肯定的。

4 结论

(1) 硬质合金磨削加工表面的残余应力为压应力,其值约 $-1\ 000\sim-1\ 300\text{ MPa}$;

(2) 表面磨削加工应力随磨削进刀量的增加而增大,但增加幅度不大;

(3) 室温自然时效对表面磨削应力无明显的松弛效应,而低温退火能有效地消除此残余应力;

(4) 在高压状态下工作的顶锤工件,可用长时间自然时效或低温退火方法松弛其烧结热应力,同时又保留较多的表面加工的压应力,以期延长使用寿命。

参考文献

- 1 黄鹤嘉(译). 硬质合金的强度和寿命. 北京: 冶金工业出版社, 1990. 237-258, 11-16.
- 2 李树棠. 金属X射线衍射与电子显微分析技术. 北京: 冶金工业出版社, 1980. 154.
- 3 杨于兴等. X射线衍射分析. 上海: 上海交通大学出版社, 1989. 213.
- 4 杨于兴等. X射线衍射分析. 上海: 上海交通大学出版社, 1989. 103.

(上接第49页)

要仔细规划出一个组织机构,以便于从地方上取得重要的输入和将具体资料输出。学会将是产生各种思想的催化剂,培养它们,但不忽略我们传统的活动,它包括保证在现有材料中占主流(可能占材料使用量的95%)的领域中工作的会员的利益得到学会的良好服务。我们将试行团体会员制以发展与工业公司的密切关系。

我们是欧洲材料学会联盟(FEMS)的会员,并将通过我们在世界上的双边关系,在国际上起作用,在东欧、西欧、南非和其他地区都有机会。

业已提出建议,学会要向政府及其机构提出政策建议并加以协调。对此,将积极考虑并

谨慎地开展。

我们有一个出色的印刷部门,它负责出版书籍、学术和其他刊物、以及教学软件。有适当机会时,出版活动将要扩大。

希望我能表达出令我激动的一些事物,涉及材料科学与材料工程的现状以及我们同行和学会所面临的挑战和机遇。我们已经取得了一些成就,但还要为社会作出更大的贡献。希望这是有意义的,要为此争取时间,但愿你们通过这次演讲能更好地了解英国的材料现状。其中,大体上也告知了内部的讨论内容,我想你们也一定会对这些问题进行讨论。

(袁建明, 李宜译, 褚幼义校)