

合金的记忆能力

林 鸿 溢

(北京理工大学电子工程系 100081)

人类有记忆能力,这是天经地义的事,没有什么可怀疑的.如果说金属也有记忆能力,那人们会感到惊奇的.而事实上,真的发现金属也有记忆能力.

美国阿波罗登月舱于1969年7月20日实现了人类几千年来梦想,首先在月球上着陆.宇航员阿姆斯特朗在月亮上踏下人类的第一个脚印.这天晚上,全世界数以万计的科学家和数以亿计的公众都急切地注视着电视屏幕,关注着那远在38万千米外在月宫作客的人.晚上10点56分,人们清晰地看到宇航员在月宫步行的情景和听到他那富有哲理的声音:“对一个人来说,这是迈出一小步;但对人类来说,这是跨了一大步.”无线电波把宇航员的形象和声音实时地传送到地球上.发射无线电波自然需要天线,事实上,放置在月球上的半球形天线的直径长达数米,这怎么可能装在小巧的登月舱里送上月宫呢?当时确是一个不解之谜.其秘密就在于半球形天线是用当时发现不久的记忆合金材料做成的.我们来简要介绍记忆合金的发现和发展.

1958年,美国海军军械实验室冶金师布勒在研究镍-钛(Ni-Ti)合金时无意中发现,在不同温度下,Ni-Ti合金棒相碰撞时,发出不同的声音.刚从炉子里取出的合金棒相撞发出清脆的声音;而冷却到室温后,则发暗哑迟钝的声音.他敏锐地意识到,温度对合金的组织结构和硬度可能有很大影响,但并未注意到这是一种记忆现象.到了1963年,在一次实验中,需要用Ni-Ti合金丝,因为得到的Ni-Ti合金丝是弯弯曲曲的,使用起来不方便,所以实验前把这些合金丝一根根拉直,然后做实验.实验中出现了令人惊异的奇怪现象:实验温度升到一定值时,这些原来拉直的合金丝突然无一例

外地全部变成弯弯曲曲的形状.反复多次实验,结果都一样.而且发现无论你把Ni-Ti合金丝拉制得多么直,当温度达到某一定值即转变温度时,就会完完全全恢复到原来的弯曲形状.这个实验过程我们可以用一段拟人化的描述来加以说明:当环境温度远离转变温度时,镍钛合金是没有“知觉”的,可以任凭你随意改变它的形状,但是当环境温度一旦达到转变温度时,则镍钛合金丝即被“唤醒”,恢复知觉,立即有“记忆力”,便恢复其本来面目.科学家把这种现象称为形状记忆效应.具有这种效应的合金称为形状记忆合金.镍钛合金的转变温度为 40°C ,为了好记也可以称为“记忆温度”或“唤醒温度”.

合金具有奇特的形状记忆能力,从本质上追究,是合金内部微观结构固有的变化规律所决定的.固态金属合金中,原子是按一定的规律有序排列的.有的合金随环境温度的变化,内部原子的排列方式会发生变化.当温度回到原来的数值时,合金内部原子的排列又会恢复到原来的排列方式.

现在用示意图(图1)来说明形状记忆合金的特点,以回答合金“记忆力”来自何方.图中黑色小球是金属原子.原子在母相时有序排列,当温度下降后,原子的排列方式发生变化,产生相变;如果施加外力作用,它就发生形变,此时,若使环境温度提高到转变温度值,则原子的排列方式将恢复到原来母相的状态,同时合金的外形也回到母相的长方形外表.图2示意图描绘三种不同材料进行拉伸变形,解除外力和加热等操作后所发生的结果.从中可以看到形状记忆合金与普通金属材料的不同是很明显的,而它与超弹性材料的不同在于超弹性材料是在解除外力后即恢复原状,而记忆合金要由

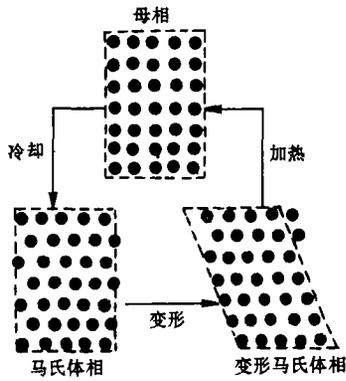


图1 形状记忆效应示意图

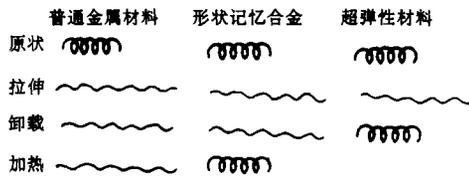


图2 不同合金的变形行为

“转变温度”唤醒其记忆力，才恢复原状。

经过 20 年来的发展，形状记忆合金从镍-钛合金开始，发展到镍-钛系合金、铜系合金和铁系合金等，形成系列成品。

镍-钛合金最早是 60 年代试制的，是应用最多的一种记忆材料。近年来发展了一系列性能得到提高的材料，在镍-钛合金中加入其他元素，开发了钛-镍-铜、钛-镍-铌、钛-镍-钯、钛-镍-铬、钛-镍-铁等镍-钛系合金。这里特别要说明的是，研究人员在镍-钛合金中添加微量铁或铬，可使记忆合金的转变温度降到零下 100℃，适合在低温下工作。

尔后又发现了铜系合金。有铜-锌-铝和铜-镍-铝，转变温度可在很宽的 - 100℃ ~ 300℃

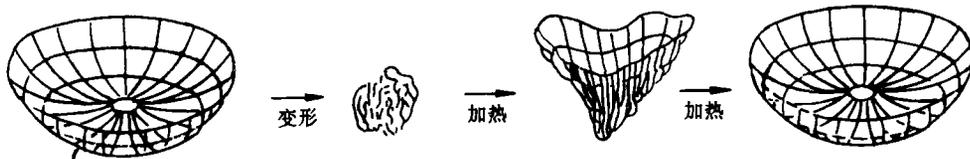


图3 记忆合金天线记忆过程

范围内调节。

最近又开发铁系合金，有铁-铂、铁-钯、铁-镍-钴-钛等。从价格上看，铁系形状记忆合金比镍-钛系和铜系低很多，所以是很有竞争力的新合金系。今后，研究工作必将不断深入，开拓更加优秀的形状记忆合金，以满足更广泛的需求。

上文提到阿波罗登月舱曾在月亮上安置直径数米的半球形天线。这座天线是用当时刚研制成功的形状记忆合金材料按设计要求制造的，然后降低温度把它压成一团，装进登月舱送上月宫。当天线在太阳光的照耀下温度升高，达到记忆温度(转变温度)时，天线的记忆力被“唤醒”，恢复了本来的形状，于是一座半球形天线便屹立于月球上了。数千颗人造卫星正在天外遨游，为了向地球发射有用的信息，往往要安装形状记忆合金天线。所以，记忆合金已成为人类获取天外信息所不可缺少的重要材料。

在医学上，Ni-Ti合金与生物体有好的相容性，可以在人体内作为固定折断骨骼的插销，做成接骨板，使断骨紧紧相接；用记忆合金做成极精细的网络，然后降低温度压成细丝，插入血管，由于体温使它恢复网络形状，在血管里起血

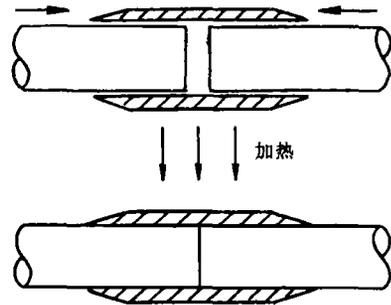


图4 记忆合金管套

超声波与化学

高永慧

(承德石油高等专科学校 河北 067000)

超声波指的是频率高于 $2 \times 10^4 \text{ Hz}$ 的声波, 可分为两大类, 一类是利用它的能量来改变材料的某些状态, 称为功率超声; 另一类是利用它来采集信息, 特别是材料内部的信息, 称为检测超声(或超声检测)。功率超声是强超声, 它是利用超声能量来对物质进行处理、加工。当功率超声在物质中传播时, 会产生一系列效应, 如力学效应、热学效应、化学效应和生物效应等。本文主要介绍功率超声的化学效应——声化学。声化学(Sonochemistry)指的是利用功率超声的空化现象加速和控制化学反应, 提高反应率和引发新的化学反应的一门 80 年代兴起的边缘交叉学科, 它具有加速化学反应、降低反应条件、缩短反应诱导时间和能进行有些传统方法难以进行的化学反应等特点。是声能量与物质间的一种独特的相互作用, 它不同于传统的光化学、热化学和电化学。

声化学的机理是超声波的空化现象: 它是指在强超声的作用下, 液体中的某一区域会形

成局部的暂时负压区, 于是在液体中产生空穴或气泡。这些充有蒸气或空气的气泡处于非稳定状态。当它们突然闭合时, 会产生激波, 因而在局部微小区域有很大压强。由于气泡的非线性振动和它们破灭时产生的巨大压力, 伴随着这种空化现象会产生许多物理和化学效应。超声空化一般分为稳态空化和瞬态空化两种类型。瞬态空化是在较高声强(大于 10 W/cm^2) 发生, 只在一个声周期内完成。当声强足够高, 在声压为负半周时, 液体受到大的拉力, 气泡核迅速膨胀, 可达到原来尺寸的数倍, 继而在声压正半周时, 气泡受压缩突然崩溃而裂解成许多小气泡, 构成新的空化核。在气泡迅速收缩时, 泡内的气体或蒸汽被压缩而产生约 5000°C 的高温, 类似太阳表面的温度, 及局部高压约 500 大气压, 相当于深海底的压力。伴随着发光、冲击波, 在水溶液中产生自由基 $\cdot\text{OH}$ 。稳态空化是一种较长寿命的气泡振动, 常持续几个声周期, 而且振动常常是非线性的。一般在较低声强(小于 10 W/cm^2) 时产生。当振动振幅足够大时, 有可能由稳态空化转变为瞬态空化。气泡崩溃时所产生的局部高温、高压不如瞬态空化高。稳态空化所引起的微冲流会增加质的传输。声空化产生的难易程度和强度与超声场、液体介质的性质

栓的过滤器作用; 用于牙齿矫形弓丝; 女性胸罩; 人造心脏等。形状记忆合金通过医学成为有利于人类康复的好材料。

工程上某些领域如航空、航天、核工业和海底输油管道等, 为了保证系统万无一失, 管道连接处常采用记忆合金管套(图 4)。用形状记忆合金加工成内径比要接的管子外径小 4% 的套管, 然后在低温度下将套管直径扩大 8%, 再把

要连接的两根管子从套管两端插入, 当温度升到常温后, 有记忆的套管就恢复原形, 使管子紧密连接。图 5 是记忆合金做为铆钉使用过程。

形状记忆合金可以作为智能材料应用。例如利用它在加热和冷却时会产生伸缩力, 因而做成驱动机器人手臂的机构, 这样就不需要传统的促动器上的齿轮、凸轮等机械机构, 而由智能材料(记忆合金)自身的功能来表现。

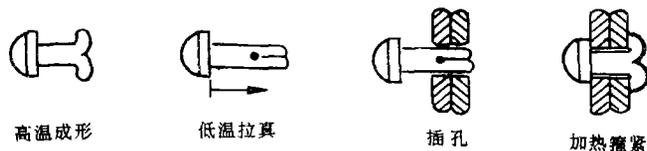


图5 记忆合金铆钉使用过程