

形状记忆合金在军事上的应用

苏美开 王建江

(解放军 55197 部队, 济南 250022)

现代战争对兵器性能的要求越来越高. 形状记忆合金作为一种新型功能材料, 由于其独特的性能, 在许多领域得到了广泛应用. 本文简述了形状记忆合金在火炮、枪弹、战斗机等领域的应用情况.

所谓形状记忆合金是指具有形状记忆效应的合金, 而形状记忆效应指的是, 将某些金属材料变形后加热到某一特定温度以上时, 能恢复原来形状的一种效应. 现有数十种形状记忆合金材料被发现. 主要是: Ti-Ni、Cu-Al-Zn、Au-Cd、Cu-Zn-Su、Ag-Cd、Ni-Al-Co、Fe-Ni、Co-Ni 等. 若从动作的种类划分, 有如下几类: (1) 利用一次性的形状回复; (2) 利用反复的形状回复; (3) 利用双程记忆效应; (4) 利用滞弹性.

生性疾病, 用³⁵S 治疗骨瘤等.

放射性核素的体外治疗法是用特种治疗机在体外对肿瘤进行远距离照射. 放射性核素(如⁶⁰Co 等)放出的 γ 射线穿透人体各种组织, 从而起到杀灭癌组织的作用. 此法可适用于全身各部位的肿瘤, 尤其对鼻咽癌、喉癌、食管癌、口腔内部癌、宫颈癌、膀胱癌、骨癌等疗效较好.

目前, 利用重粒子射线治疗癌症是更为有效的方法. 据美国一家医院报告, 用快中子(能量在 14MeV 以上)治疗 800 例晚期头颈部癌症患者, 局部控制率达 76%, 远远高于超高压 X 射线疗法(19%). 中子射线治疗癌症有两种方式, 一是用放射性核素²⁵²Cf 贴敷在肿瘤上, ²⁵²Cf 不断释放出中子、光子射线从而杀伤癌细胞. 二是利用治疗设备产生的中子射线施行体外照射法治疗, 中子杀伤癌细胞多为致死性, 各个分裂周期的癌细胞对中子都很敏感. 临床上, 中子射线已用于治疗腮腺癌、胰腺癌、膀胱癌、前列腺癌、骨和软组织肿瘤等. 但

若根据功能不同划分, 则有如下几种: (1) 仅仅利用形状的回复; (2) 利用形状回复与回复时的应力; (3) 用作执行元件; (4) 用作热能变机械能的转换材料.

目前, 被视为“魔术合金”和“聪敏合金”的形状记忆材料, 在许多领域得到了广泛应用, 在军事领域, 引起了各国兵器专家的高度重视.

一、在火炮上的应用

我们知道, 为了增加火炮威力, 延长其寿命, 对单筒炮管用增加壁厚的办法来提高身管强度极限是不恰当的. 应采用筒紧炮身和丝紧炮身的陶瓷复合炮管, 而目前采用的炮管收缩工艺是: 加热外管使其内径膨胀, 然后把常温的内管装入其中, 接着外管冷却收缩, 使内外管实现精确的挤压配合. 这种方法的问题是在装配

大约有 1/5 的患者可出现晚期后遗症, 因此使用中子射线治癌时应多加慎重. 另一种重粒子——负 π 介子治疗癌症的疗效和完全性均比 X 射线、 γ 射线高 10 倍左右.

对于肿瘤, 还可施行 γ 刀手术. 目前, γ 刀主要用于人体脑部肿瘤. 用包含 201 束 γ 射线的装置(即 γ 刀)照射肿瘤 15 分钟, 肿瘤即被“切除”. 这里即不需麻醉, 病人也丝毫无痛苦. 自 γ 手术刀发明以来, 全世界共有数百万病人治疗癌病, 据 1992 年统计, γ 刀对脑瘤的治愈率达 80%, 对小体积肿瘤的治愈率达 100%. γ 刀已成为安全、准确、有效的脑外科工具.

核技术在医学上还有一个重要应用, 即对医疗用品、器械的辐射消毒. 该消毒法不需加热, 因此特别适用于热敏材料如塑料制品、乳胶制品、生物制品等, 而且具有杀菌彻底、操作简便、节约能源等优点. 随着电子学、核物理、电子计算机及其他新技术的进步, 核技术在医学上的应用将有更加广阔的前景.

管件时,管件的热传递非常快,易使内外管热膨胀造成很小的装配间隙消失,因此允许装配的时间很短,难于组装成长的或笨重的管件.为此,美国海军用 Nitinol 形状记忆合金制造外套管和缠绕丝材,对炮管内膛施加压缩应力,获得了重量轻,强度和刚度高以及耐烧蚀的陶瓷复合炮管.其工艺过程是:首先将 Nitinol 合金进行热处理,获得沉积硬化的 Ti_2Ni 金属相,以进一步提高其抗拉强度,其次制造 Nitinol 合金外管,使其内径比陶瓷内衬的外径小 8%,接着置于 $M_s(-60^{\circ}C)$ 以下某温度使之发生马氏体相变,并用过尺寸的芯棒强制通过外管扩径,使其内径稍大于陶瓷内衬的外径,然后装配陶瓷内衬,离开冷冻室升至室温,此时外套管发生马氏体 \rightarrow 奥氏体相变,通过 Nitinol 合金的形状记忆功能恢复原来尺寸,从而对内衬施加了高等级的永久压缩压力.这种方法有效地避免了典型的脆性断裂方式,能够把氧化铝或金属陶瓷等断裂韧性低的脆性材料实际用作复合炮管内衬,最大限度地提高了炮管内膛的耐烧蚀能力,增大了炮管的使用寿命.

二、在枪弹上的应用

提高枪弹的杀伤力或侵彻力,最常用的方法是将弹头外形制成凹形、偏心形、蘑菇形、X形、锥形等形状.利用镍钛形状记忆合金制成的弹头,既能在射击和飞行过程中保持其稳定性,又能在触及目标时发生变形,增大了枪弹的杀伤力.当形状记忆合金弹头高速碰撞到目标时,产生冲击波,冲击波传入弹头内部,产生热和压力,使合金升温,接着快速发生相变和恢复原来的母相,从而改变弹头的外形.若击中软目标,因变形导致弹头翻滚或增大阻力,提高了杀伤效果,若击中硬目标,因变成锥形,从而增加了侵彻力.

三、在战斗机上的应用

60年代初,美国海军飞机飞行事故的三分之一是由于液压管道接头泄漏而引起的.为此,美国莱凯姆公司首先将镍钛合金用于 F-14 喷气式战斗机液压管道的接头.由于这些液压管道紧挨机身,无法采用同样的方法焊

接,因此他们借助镍钛合金的形状记忆特性,先将接头在低温下扩大内径 4%,套在管道上,然后经加热,接头收缩恢复原状,与管道形成了紧密结合.此方法连接的管道接触紧密,紧固力大,防渗漏有效,装配时间短,操作方便,特别是没有焊接所引起的一些问题.一架 F-14 战斗机的液压系统用 800 多只记忆合金套筒接头,至今各种飞机已使用了上百万件,无一事故.

四、在军用卫星天线上的应用

最早发表形状记忆合金的应用是荷兰人提出的有关人造卫星天线的专利.由镍钛合金板制成的天线能卷入卫星体内,当卫星进入轨道后,利用太阳能或其他热源加热就能在太空中展开.美国航空航天局使用了 Ni-Ti 形状记忆合金制造了月面天线.他们首先加工制造成半球形开阔的天线并加以形状记忆热处理,当往运载火箭安装时,将其折叠成团状以减小体积便于发射,待发射到月球表面时受到太阳光照射加热,引起形状记忆效应而恢复形状,即构成正常运行的半球形天线.

五、在潜艇火箭上的应用

美国用 Ni-Ti 合金制作潜艇、火箭、飞机等电路的连接器,并已付诸于实际应用.用 Ni-Ti 合金制作的插座紧固环,低温下在插座弹力的作用下,紧固环张开,插入插头,使其连接.电流流过后,温度上升,紧固环产生记忆效应,收缩恢复为原状,使插头和插座接触可靠,不产生滑动,在大电流和强振动情况下可放心使用.

六、在军事医学中的应用

整形、矫正在军事医学中是最常见的手术.对骨折部分进行压迫固定用的骨板可用形状记忆合金制造.把冷却之后稍微拉伸了的镍钛合金板安装在骨折部,稍稍加热后它将收缩,这就能把骨折端牢牢地接在一起,可以显著降低陈旧性骨折率.另外,在人工关节与骨头间也可用形状记忆合金进行固定.装在关节上的合金被冷却后插入骨头的中空部,在达到体温之后, Ni-Ti 合金胀开,可牢固地固定在骨头上.