

物理学咬文嚼字之五十二

Alloy 成就人类历史

曹则贤

(中国科学院物理研究所 北京 100190)

The habit of reading is the only enjoyment
in which there is no alloy¹⁾.

—Anonymous

摘要 Alloy, 和 ally 同源, 结合的意思, 汉译合金. Alloy 不一定含有金属元素或是金属性的, 合金成就了人类的历史. 关于合金有许多未解之谜.

宋朝词人柳永, 是婉约派具有代表性的人物. 柳永自负才高, 却因才高误了功名, 以至于留下千古怨词: “忍把浮名, 换了浅斟低唱” (《鹤冲天》). 柳永晚年穷愁潦倒, 死时一贫如洗, 东京一班名妓念他的才学和痴情, 凑钱替其安葬. 给柳永出殡时, 半城缟素, 一片哀声, 这便是“群妓合金葬柳七”的佳话. 合金者, 拼凑金钱也, 当日也称鸩钱, 今天谓之凑份子.

金 (gold) 可以作为交易的一般等价物, 即当作钱, 源于它有稀少、自然聚集成块而且不易氧化等特性, 因此金是 noble metal²⁾ (高贵的金属). 这些性质凑到一块, 如果从元素起源的角度去考察, 还真不容易说清楚^[1]. 金是一种具有代表性的自然存在, 中国人把金、银和铜³⁾ 以及自然界不存在的、要发明冶炼技术才能获得的铁和锡合称五金, 把银铜铁锡等统统归为金属 (类金的). 当然了, 后来我们把水银 (汞)、铅以及洋人冶炼出的一些别的元素也归为金属了, 因此我们有了一批金旁加形声的半边的那些字, 如锂钠钾铷铯钫和铍镁钙锶钡镭等等. 金属, 西文为 metal (die Metall, metallum), 来自希腊文 “μέταλλον”, 就是矿场 (mine, quarry) 的意思. 可见中文的金属强调这些东西和金类似的性质, 而西文的 metal 则强调其来自采石场, 故有些时候两者的意思可能是合不上的. 比如, 汞是 metal, 我们中国人把它称为水银 (熔点 -38.83°C , 常温下为液体), 就没把它当作金属. 我们的祖先利用它的比重、毒性等性质, 但那时没有导电性的概念.

我们中国人把汞称为水银, 有趣的是西文中汞也是水银的意思. 汞, 英语的 quicksilver, 来自德语的 Quecksilber, 源于拉丁语 argentum vivum, 即活

的银. 汞的希腊语为 ὑδράργυρος, hydrargyros, 字面上就是水银, 其元素符号 Hg 就来自该词. 汞有个非常神奇的性质, 它可以溶解多种金属. 把汞倒进矿石之中, 能使矿石中的金、银溶于汞内, 这样获得的液体或固体称为汞齐⁴⁾ (ji), 然后通过热处理就能得到金银等贵金属. 笔者猜测, 这个过程大约是中文 “合金” 一词的起源, 因为确实是有金被合进去了.

合金一词现在一般会被当作对西文 alloy 的翻译. 英文的 alloy, 和 ally 几乎是一个词, 来自拉丁语的 alligare, 就纯粹是结合、联合 (bind, compound) 的意思, 没涉及金或金属. 一般字典里会将 alloy 解释为 “an alloy is a mixture of two metals, or of a metal and something else (合金乃两种金属或者一种金属同非金属元素混合而得到的物质)”, 或者 “an alloy is a mixture or metallic solid solution composed of two or more elements (合金乃含有两种或多种元素的混合物或金属性固溶体)”, 但不必然要求一定有金属元素或者表现出金属性, 两种非金属元素的结合成不导电的物质也不妨称为 alloy.

当然, alloy 不管是作为动词还是名词, 还多是

1) 大意为: 阅读的习惯是不掺杂其它内容的乐趣. 注意体会这里 alloy 的用法. ——笔者注

2) Noble metal 有 Ir, Pd, Au, Ag, Pt, Rh 六种. ——笔者注

3) 银、铜在自然界可以单质的形式存在, 故常有产地以银、铜加以命名的, 如有个国家就叫 Argentina (阿根廷, 银), 安徽有地名铜陵、铜山 (在今徐州). ——笔者注

4) Hg-Tl 合金的 eutectic point (低共熔点) 可低至 -58°C , 故可用于测量 -40°C 左右的低温的温度计, 适用于北方寒冷地区. ——笔者注

和金属有关,尤其和金银有关.实际上, alloy 作为名词本身就有金银的“纯度”的意思.这就涉及两种元素的 alloying ability 问题.金、银同属 IB 族元素,有很强的 alloying ability,而银子又不如金子贵重,故匠人们有将银子掺入金子卖个高价的天赋冲动⁵⁾.据说,阿基米德就受命去判断工匠是否往金王冠里掺了银子.阿基米德脑子里放不下这个问题,在坐进浴盆看着水溢出的时候突发灵感,发现利用浮力通过和同样质量的金子比较体积,就可以判断金王冠里是否掺进去了银子.阿基米德高兴得忘乎所以,冲到街上大喊“εὕρηκα!”,亦即“我找出来啦”.如今西方一些大科学计划命名为“eurika 计划”,即源于此.笔者以为,这个 2300 年前的故事可以看作现代实验科学,至少是材料化学分析^[2],的第一例.

掺假不是合金的唯一动机.合金的一个重要动机是为了获得神奇的物质,比如能够让人长生不老的金丹,合金也就成了炼金术⁶⁾ 意义上的合婚(alchemical wedding).两种单质物质合而成 alloy,会拥有新奇的性质.就金属而言,铜和锡为可见于自然的单质,将它们合金就成了某种必然(因为用铜容器盛锡液?).铜锡合金,即青铜,比铜和锡的硬度都要高,可以制作兵器和耐高温的容器(图 1).铜锡合金的发现开启了人类历史的新时代,即青铜时代(约为公元前十世纪到公元四世纪).青铜器以后人类进入铁器时代.冶铁过程本质上为用炭还原铁矿石,其产品难免为铁炭⁷⁾合金,即所谓的钢.所谓的工业革命,围绕的就是煤矿、铁矿的开采以及冶铁、炼钢,由此带来的基础科学包括热力学和固体物理.铁器时代大约持续到上世纪的五十年代.钢铁时代奠定了西方崛起的物质基础,成就了西方近三百余年的霸权(图 2).科学上有种说法,认为 Pauli 的不相容原理决定了原子中电子的安排,从而决定了元素周期表.这里我们看到,决定了人类历史的物质基础从元素周期表来看也有其必然性.从这个角度来说,Pauli 的不相容原理决定了人类历史的演进过程.

合金过程中,加热是不可避免的步骤.在德语中,合金一词为 die Legierung,属于动名词,动词为 legieren. Legieren 的本意为勾芡,(把汤)弄稠,一个非常贴近生活的词. Legierung 应该指的是稠乎乎的东西,可以猜测它作为合金的意思应该是指金属熔融的状态.这正好反映了合金的物理和制备过程.欲将两块不同的金属合金,最低要求是温度达到熔点较低的那个金属熔点以上.原料整体熔化以后,再经过足够长时间让原子混合,才能形成均匀的合金.



图 1 中国商朝时铸造的青铜鼎.鼎乃立国重器,是国家和权力的象征



图 2 法国的埃菲尔塔(La Tour Eiffel,建成于 1889 年),钢铁时代强权的象征

显然,这必须经过稠乎乎的熔融体状态,也即 die Legierung.将两种金属直接焊到一起,就要求形成局部的熔化状态.显然,熔点相差很大的两种金属不好焊接.

要把两种金属合到一块,所需温度至少高于熔点较低的那个金属的熔点,但是,合金的低共熔点(共晶点)却可能远低于熔点较低的那个金属的熔点,即合金可能在比其构成单元之熔点较低的温度下熔化.例如, PbSn 合金,其共晶点 454K 就低于 Pb 的熔点(600K)和 Sn 的熔点(505K).可以想见,如果我们把两种金属制成很小的颗粒,比如纳米颗粒,就可以在很低的温度下实现熔化.则两种金属之适当形式、适当比例的混合体的熔点可以从共晶点到熔点较高的那个金属的熔点之间改变.那么,颗粒

5) 人心之恶,也是科学技术的重要驱动力,可叹.——笔者注

6) Alchemy, 炼金术,其词源有多种说法,有一种说法是这个词是阿拉伯语和中国福建话的 alloy 的结合. Al,阿拉伯语的冠词,相当于“the”; chemy,来自 kimiya,即“金液”的福建方言发音.——笔者注

7) 我避免使用碳这个字眼.生出碳这个字,除了制造点麻烦,我实在看不出还有什么作用.——笔者注

大小和熔点是什么关系呢?关于这方面的研究,从应用性的烧结实验到理论或者数值的计算,应该都是有的.但笔者注意到一个问题,合金问题多是从原子的角度探讨的,像 interstitial alloy (填隙式合金), substitutional alloy (替代式合金)等概念,都是从原子角度出发的描述.问题是,一堆原子、分子或者纳米颗粒融合而成一块材料,关键词是部分电子的共享^[3].有共享的电子才称其为一块材料.原子、分子参与反应,或者颗粒经过烧结,而成一块材料,都有一个凑出属于整块材料的共享电子的过程.电子的共享,原则上有能力带动原子的迁移.其它金属在汞中的表面熔化过程,应该是有电子集体化(共享)带来的它种原子的长距离迁移的吧(热运动显然

不足以造成这种金属原子的长距离迁移,否则它就不是固体了)?如果有的话,则显然处理这类问题时,Born—Oppenheimer 近似必须首先被放弃掉:原子内核部分固然跟不上电子的运动,但电子的运动却足以造成原子的迁移.处理类似问题时,原子运动项同拟共享电子部分的耦合应该考虑进去.一点不成熟的考虑,希望能有有条件的研究者愿意当真.

参考文献

- [1] Hammer B, Norskov J K. Nature, 1995, 376: 2238
- [2] 曹则贤. 物理, 2004, 33(4): 282
- [3] 曹则贤. 材料科学是一门科学. PPT (2012)

· 读者和编者 ·

《物理》有奖征集封面素材

《物理》创刊于 1972 年,集科学性、前沿性和可读性为一体,致力于文章一流、信息丰富、印刷精美,是国内物理学界人士喜爱的期刊.为充分体现物理科学的独特之美,本刊编辑部欢迎广大读者和作者踊跃投寄与物理学相关的封面素材.

封面素材要求图片清晰,色泽饱满,富有较强的视觉冲击力和很好的物理科学内涵.被选用的封面素材提供者,均有稿酬及全年《物理》杂志相送.请将封面素材以附件形式发至:physics@iphy. ac. cn; 联系电话:010—82649470;82649029

期待您的参与!

《物理》编辑部



北京欧普特科技有限公司

光学元件库—欧普特科技 欢迎访问: [www. goldway. com. cn](http://www.goldway.com.cn)

北京欧普特科技有限公司严格参照国际通常规格及技术指标,备有完整系列的精密光学零部件(备有产品样本供参考)供国内各大专院校,科研机构,试验室随时选用,我公司同时可为您的应用提供技术咨询.我公司可以提供美国及欧洲产的优质红外光学材料,如硒化锌,硫化锌,多光谱硫化锌等.



- 光学透镜:平凸、双凸、平凹、双凹、消色差胶合透镜等.
- 光学棱镜:各种规格直角棱镜,及其他常用棱镜.
- 光学反射镜:各种尺寸规格的镀铝,镀银,镀金,及介质反射镜.直径 5mm—200mm.
- 光学窗口:各种尺寸规格,材料的光学平面窗口,平晶.直径 5mm—200mm.
- 紫外石英光纤:进口紫外石英光纤,SMA 接口光纤探头,紫外石英聚焦探头.
- 滤光片:规格为直径 5mm—200mm.(紫外,可见,红外)及窄带干涉滤片.
- 进口光学滤光片:长波通滤光片/短波通滤光片:波长:400—1000nm;窄带干涉滤光片

地址:北京市朝阳区酒仙桥东路 1 号 M7 栋 5 层东段 电话:010—88096218/88096099 传真:010—88096216

网址:www. goldway. com. cn E-mail:kevinchen@goldway. com. cn,shinan@goldway. com. cn,zengan@goldway. com. cn

联系人:陈镛先生,施楠小姐,曾安小姐,孙睿小姐