

冶金学和金相学基础

A. M. 施雷格 著

何隼祺 刁传仁 译 李怀先 校

冶金工业出版社



76.1
370

冶金学和金相学基础

A.M. 施雷格 著

何颀祺 刁传仁译 李怀先 校

1200/24



(京)新登字 036 号

冶金学和金相学基础

A. M. 施雷格 著

何颀祺 刁传仁 译 李怀先 校

*

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街葛城院北巷 39 号)

新华书店总店科技发行所经销

航空工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 10.626 字数 277 千字

1992 年 2 月第一版 1992 年 2 月第一次印刷

印数 1~1000 册

ISBN 7-5042-1397-9

TF·321 定价 16.00 元

内 容 简 介

本书译自 A. M. 施雷格 (Shrager) 所著, 美国多弗出版公司出版的《Elementaly and Metallography》(第三版) 一书。这是多弗出版公司所出版的解释科学丛书(共 46 种, 48 册)中的一种, 是一本入门的书。书中系统而简明地介绍了冶金的基本理论和钢铁、有色金属及合金的生产、加工、热处理、防腐、焊接、性能测试等方面的有关基本知识。书中内容由基础开始而逐步深入; 在每章后面都给出习题, 以便读者通过习题来检验自己是否已理解每章的内容要点。

本书可供从事钢铁、有色金属及合金生产、应用和管理部门中的管理人员、工人、技术人员使用, 也可供大专院校有关专业的学生参考。

1~17 章由刁传仁译出, 18~26 章及附录由何颀祺译出, 全书由李怀先校对。

目 录

1. 金属结构	(1)
原子结构-结晶作用-晶格-金属的凝固过程-晶体结构的形成-晶体和晶粒-冷却速度对晶粒大小的影响-金属的使用价值	
2. 滑移、塑性变形和再结晶	(15)
滑移与塑性变形-晶体结构错位-冷加工-再结晶和晶粒生长-热加工	
3. 合金与相图	(23)
冷却曲线-相图-有核晶体	
4. 固态钢铁的结构	(31)
同素异形体和转变点-临界点和纯铁的结构-临界点和钢的结构-铸铁的结构	
5. 铁矿石和生铁的生产	(41)
铁矿石的种类-铁矿资源-铁燧石-铁矿的处理-生铁高炉生产-生铁的成分	
6. 钢铁冶金化学	(49)
酸性和碱性-氧化和还原-炉渣-熔剂	
7. 铸铁和锻铁	(54)
灰口铸铁-化铁炉生产灰口铸铁-白口铸铁-可锻铸铁-球墨铸铁-锻铁	
8. 钢	(71)
选用钢的依据-普通碳素钢-炼钢过程中的氧-酸性炼钢法-碱性炼钢法-钢的比较	
9. 转炉钢	(77)
炉料成分-碱性氧气转炉法	

10. 平炉炼钢法	(84)
碱性平炉操作-双联作业	
11. 电弧炉	(91)
电弧炉的优点-电弧炉的操作-双联作业-真空感应炼钢	
12. 铸锭	(97)
偏析-枝状结晶-钢锭模-脱氧-浇注-脱模和预热	
13. 钢铁的加工、成型和焊接	(104)
14. 钢的热处理原理	(127)
热处理理论-等温转变图-淬透性	
15. 钢的退火、淬火和回火	(144)
退火-淬火-回火	
16. 钢的表面硬化	(162)
17. 合金钢	(169)
合金元素的分类-合金元素的特殊作用-钢的标号-耐蚀钢-易切钢-耐热铁和钢-工具钢	
18. 腐蚀或锈蚀	(189)
概述-电化腐蚀-电动势序-阴极防腐法	
19. 铜和铜合金	(199)
铜的商品级-铜矿石-富集-吹炼-精炼-铜合金- 有色合金的热处理	
20. 铝和铝合金	(224)
轻金属-铝的物理性质-铝土矿的精炼-氧化铝的电解还原-铝 合金-阳极氧化处理-铝和铝合金的接合-锻铝与锻造铝合金 -锻铝的回火符号	
21. 镁与镁合金	(239)
镁的物理性质-镁的来源-电子法提取镁-镁合金-镁基 合金的名称与状态符号-保护处理	
22. 锌	(256)
锌矿石-富集与焙烧-金属锌的提取-防蚀锌镀层 -模铸合金	

23. 控制与试验	(261)
测温-光电测量与控制-测定钢含碳量的磁性试验-	
硬度试验-金属组分与结构的标志-探伤	
24. 铸造生产	(286)
砂型铸造-有色金属连铸-精密铸造-压铸-粉末冶金产品	
25. 成型与精整	(304)
硬钎焊-锡焊-旋压-超声切割机-切削性-真空熔炼	
真空铸造	
26. 超高纯金属	(315)
区域精炼	
附录 1. 马氏体时效型钢	(318)
附录 2. 等离子弧	(325)
附录 3. 激光	(328)

1 金属结构

原子结构

金属之所以广为应用,是由于在大多数情况下:1)在应力低于一定值时,具有刚性,超过一定值时,则呈现出很大塑性;2)在其熔点以上时,成为液态,因而可浇铸成型。此外,金属也比非金属易于加工成各种形状。

要充分了解金属的构造、用途、加工和处理,就必须知道一些原子的知识。原子是构成金属结构的基本单位,金属的全部化学特性都与原子有关。即使用最高倍数的显微镜放大,在视野范围内展现的也只是巨大的原子团,无法分辨出单个原子,也不能研究单个原子。

原子不是实心物质,而是由一个密实的原子核和环绕原子核的负电荷电子云组成。原子核由若干个带正电荷的质子和不带电荷的中子组成。原子核非常小,其直径约为 10^{-13} 英寸。电子云主要由空间组成,直径是原子核的 20000~40000 倍。把原子看作缩小的太阳系是很恰当的。原子核如太阳,电子就像行星。原子核的正电荷与电子云的负电荷正好平衡,两种电荷间的吸引力使原子保持成为一整体。原子中的所有电子都沿着固定的圆形轨道围绕原子核旋转。每一轨道都具有一个特定的能级。最内层轨道电子的能量最低。这层电子如跃入距原子核较远的另一轨道,则必须获得

能量。而当电子从外层轨道跃回内层轨道时,则放出能量。

当原子紧密成团呈结晶状态时,电子不仅受所属原子的原子核吸引,而且也受毗邻原子的原子核的吸引。这种相互作用就是固体物质具有强度和硬度的基础。金属的外层电子处于松弛状态,很容易脱离所属的原子,并能迅速从一个原子奔向另一个原子,为原子团共有,不再属于单个原子。正是由于这些共有电子,才形成了金属的各种特性,诸如导热性和导电性,从而有别于非金属。

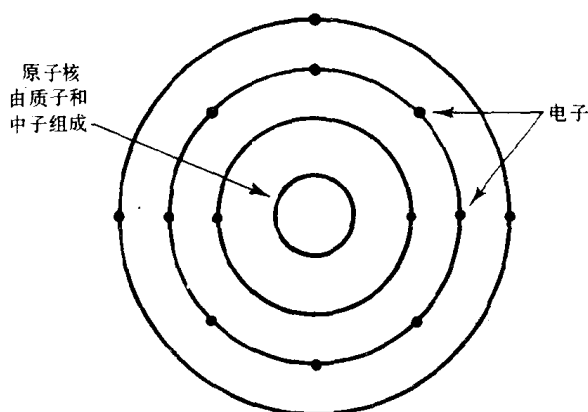


图 1 原子的理论结构

结晶作用

液态物质的原子可以自由运动,然而当温度降低时,由于失去能量,其运动变得越来越慢,直至其凝固点为止。在凝固点时,原子间的吸引力开始超过动能,这种作用力使原子保持在限定的规则晶格内。当液体开始凝固时,原子团同时在液体的许多始点形成晶核(小晶体)。原子逐渐增加,晶核的体积便不断长大。

晶格

在冷凝过程中,晶核向各个方向生长的原子排列成一定几何形状,称为晶格,这种晶格很小,用普通的显微镜无法分辨。主要的

立方晶格是体心立方晶格(B、C、C)、面心立方晶格(F、C、C)和密排六方晶格(C、P、H)。在室温下,一些强度较大的常用金属如铬、铁、钼、钨、钒、锆具有体心立方晶格结构。

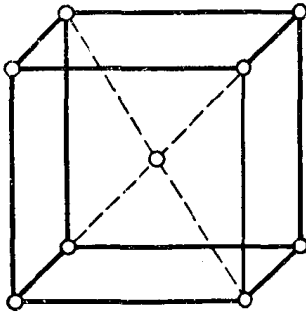


图2 体心立方晶格的一个晶胞

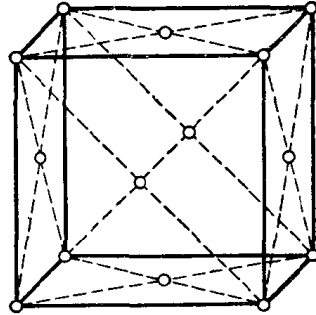


图3 面心立方晶格的一个晶胞

韧性金属如铝、铜、金、铅、镍和铂具有面心立方晶格结构。结晶成密排六方结构的金属有铋、铍、镉、钴、镁、钛和锌,这一组金属通常缺乏塑性或在冷成形时很快失去塑性。单一体心立方晶格可视为最小晶胞的代表,因为它是表明晶格内晶体排列的最小原子团。晶格,进而晶体的形成,是这些晶胞向三维空间、沿着三个坐标轴线互成直角长大的结果。晶格的长大犹如一颗树,有树干、树枝和桠条。

构成晶格的原子以一定间距分成若干相同的结构,并且靠它们间相互引力和斥力的作用而保持在一定的位置上。例如,体心立方晶格内的每个原子均被八个等距的原子包围,其距离为该立方体对角线长的一半,因此,可以靠这八个相等的力保持平衡状态。这些相同的原子键(在图2和图3中以实线表示)可视为类似于耐拉又耐压的弹簧。如应力适中,则键可伸长或缩短;但是如果由于拉伸、敲打或碾压而使应力过大,则某些键就可能断裂,造成金属的永久性变形。加热时,晶格会变松而膨胀,当达到其熔点时,晶格便分解。

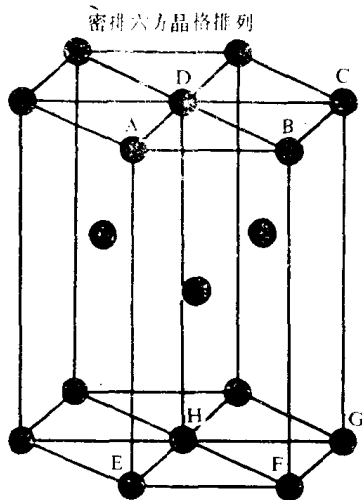


图 4 锌和镁的密排六面晶体结构

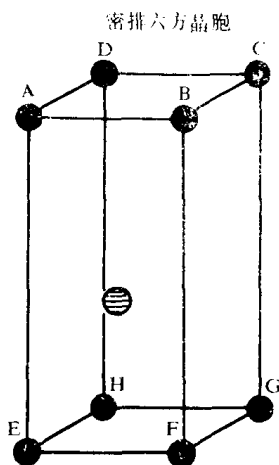


图 5 密排六方晶格的一个晶胞
影线的中心原子不在晶格点上,仅用于
同六面晶体印有字母的部分进行比较

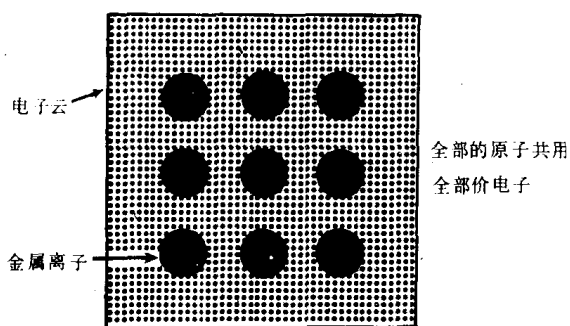


图 5a 金属键

【金属的特性】

金属不同于单个分子或离子,其特性取决于金属键。这种金属键是金属中的全部原子共用全部的外层电子——价电子形成的。因此,金属最有用的特性属于整个金属,而不属于其单个原子或单

一分子。

【机械性能】

机械性能或加工性能是工程师和冶金工作者所需掌握的最重要性能,因为它决定着金属受机械力时承受破碎或断裂的能力。

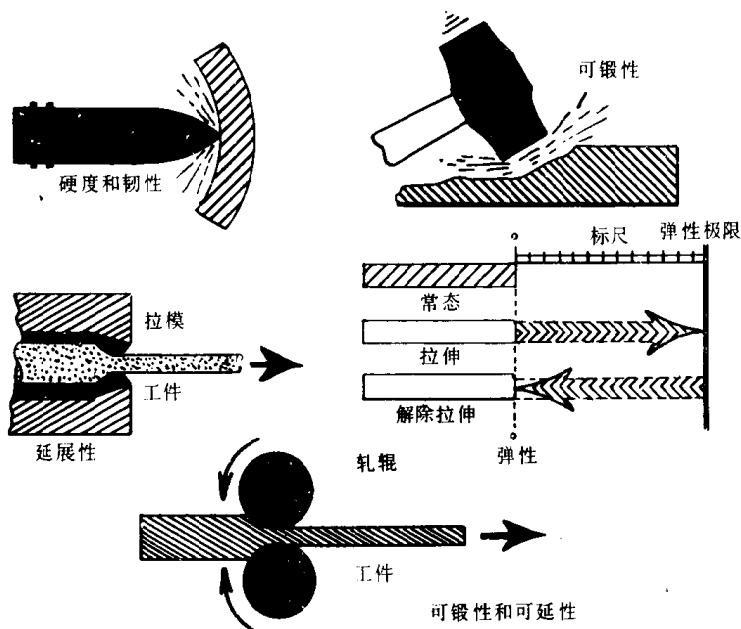


图 6 金属的机械性能

抗压强度是承受挤压或冲压(如在支柱和支架中)而不断裂的能力之量度。

抗拉强度是材料单位面积承受最大负荷而被拉断的能力之量度,也即通常所谓的最大强度——极限强度。退火金属的抗拉强度最低。

韧性是材料承受载荷而不被破坏的能力,其对立面是脆性。韧性通常被看作是材料承受突然冲击的能力。

脆性表示在材料无明显变形和小的应力下突然折断的可能性。

可锻性是指材料经轧制、锻造、挤压等产生永久形变但不破裂,并且在形变过程(即延展过程)中也没有明显增加抗形变力的能力。金属的可锻性一般随温度的提高而增大。可锻金属包括铝、铜、金、镁和银等,它们均可压延成片材或箔材。

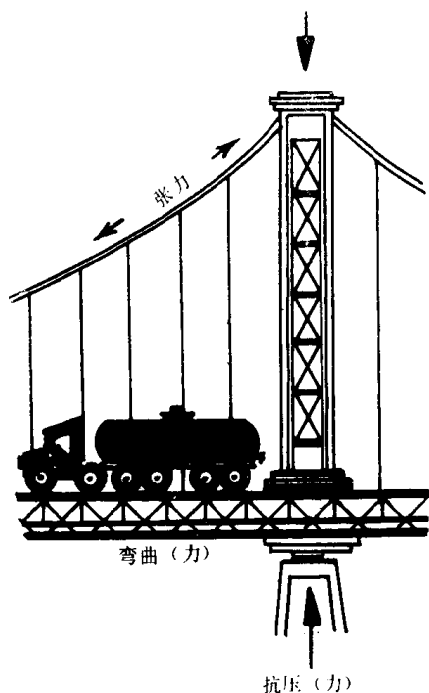


图7 金属在特殊用途中的机械性能

延展性是材料在张力作用下,产生的允许永久形变而不破裂的性能。延展性决定着金属进行冷加工而不破裂的程度。金属可利用其延展性拉成线材和制作汽车的曲形防护板。金属之所以有延展性,是因为在其紧密排布的金属原子行列中存在着自由电子。由于原子不直接结合在一起,而是仅仅通过自由电子维持在一起的,所以各排原子很容易在不分开的条件下相互滑过。

冲击强度是用来衡量金属承受冲击而不破裂的能力度量。

疲劳是金属在应力反复循环作用下,由产生裂纹到逐渐断裂

的现象。

弹性极限是施加应力的极限值,如果超过这一极限值,会引起材料永久形变。对于工业用途的材料,弹性极限可视为屈服极限。

塑性形变是指金属零件缓慢的永久形变,它是低于弹性极限的静力长时间作用的结果。

【物理性能】

导电率是用来测量金属传导电流能力的度量,它与电阻成倒数。纯金属的导电率高于合金的导电率。金属能导电是因为其外部电子能在电场中自由移动,电能以波的形式传递,电波能够穿过规则排列的障碍物,但不能穿过不规则排列的障碍物。纯金属、常温金属和晶体金属的导电性比加热的金属或合金高得多,原因就在于高温下金属或合金中的原子排列已经不规则。

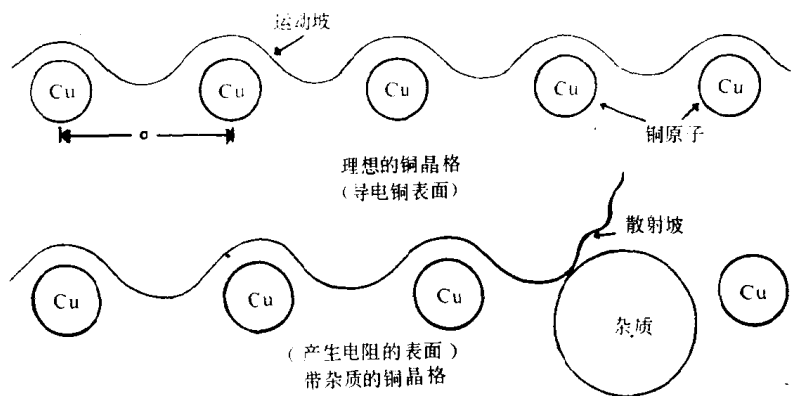


图 7a 导电性波动理论

导热率是衡量金属传热能力的度量。金属导热率高,是因为其外层的自由电子能传递热能。

熔点是物质由固相变成液相的温度。纯金属、共晶体和部分中间成分的物质有固定熔点,大部分合金则在一定的温度范围熔化。

密度是单位体积的物质具有的质量,一般以 t/m^3 表示。

颜色是人眼观察一定波长的光产生的感觉。在冶金生产中,颜色用于描述金属的外观,它与该金属吸收或反射各种波长的光的能力有关。

磁性仅所谓磁性金属才有。磁性金属包括:铁、钴、镍及这些金属或锰与铬组成的某些合金。

【化学性能】

氧化(这里仅讨论熔炼过程的氧化)是指一种元素与氧化合生成一种氧化物,或一种氧化物与另一种氧化物作用,生成更高价氧化物的作用。

还原,在冶金中是指从一种氧化物中部分或全部脱氧的作用。

腐蚀是金属发生的有害化学侵蚀现象,使金属变成废物。腐蚀可分为大气腐蚀、水下浸蚀、地下腐蚀或电解腐蚀。

金属的凝固过程

金属从液态变成固态分为两个阶段。第一阶段,少数原子自行排列成该金属所特有的几何晶格,并在凝固时向其周围释放部分能量,从而能自由穿过液体,变得比较稳定,成为吸引其它具有同样几何形状的原子成为晶体的结晶核。第二阶段是晶核长大阶段。晶核通过吸引其它原子至自己的晶格而进入熔融金属中,并把晶枝伸进周围的液体。第一批晶枝又长出其它晶枝,形成许多分枝。分枝再长出针状体。借助这种生长方法便形成了晶体骨架,由于这种骨架酷似松枝,故称之为枝晶。液体的空间中出现枝状结构,犹如森林里生长树丛,但在枝晶的形成过程中,干枝不仅向上延伸,而且向各个方向延伸,这点与树木不同。金属正常晶粒的宽度为 $0.1016 \sim 0.2032mm$, ($0.004 \sim 0.008$ 英寸),这相当于每行排列大约 520000 个原子。缓冷钢表面上的枝晶用肉眼即可观察到。

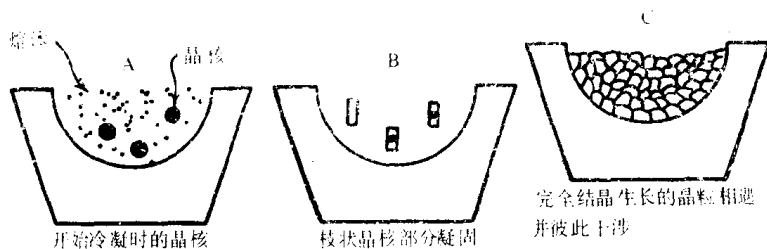


图 8 结晶阶段

最后,相邻的晶粒相遇并相互干涉。由于每面均出现相互干涉,所以完全凝固后的晶体外表呈现不规则的几何形状。

晶体结构的形成

流动负电子云能起流动键合剂作用,它靠静电吸力使金属阳离子键合,生成密实的质量。其结构与体积在很大程度上同密排球粒有关。在球粒直径相等的纯金属中,所形成的是单晶体结构。一些合金中存在尺寸不等的原子,因而形成的结构也不同,甚至出现密实堆积。

自由电子是所有原子的共用键合剂,因此金属晶体在很大程度上不受化合键的限制。这种限制在大多数非金属物质中十分重要。

不同金属晶粒很容易通过自由电子而键合,因而金属晶界的键合强度很大。除非晶界含有杂质,否则常温金属沿晶界碎裂是很困难的。

在无缺陷的晶体中,所有的原子都相同,并处在其准确的位置上。但实际上这种情况是不可能的,这是因为:

(1)在各种温度下原子均能振动,从而难于其在结构中保持静止和处于准确位置上。

(2)晶格结构中存在着无原子的空穴。这种空穴的数量随温度的提高而增加。熔点时,达到第 400 个原子有 1 个空穴至 1000 个

原子有 1 个空穴。可以设想,空穴在晶体中缓慢循环,结果被邻近原子填充,留下新的空穴。假如一个原子左移进入空穴,那么,新生成的空穴则可看作右移。由于空穴的存在,原子就以这种方式在晶体中循环。

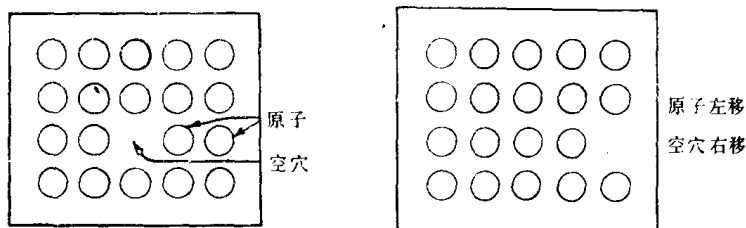


图 8a 原子在存有空穴的晶体中循环

晶体和晶粒

虽然实际的冶金工作者很少有机会区分晶体和晶粒,但在学术上二者还是有差别的。晶体是指具有规则几何结构的均相固体,为结晶元素、化合物或类质同晶混合物所独有。每一晶体的原子都定位于特有的晶格中,彼此保持一定的距离。晶粒是一个较大的结构,由熔融金属堆积和许多晶体组合而成。虽然构成晶粒的每个微粒都有固定的几何形状,但晶粒的外形通常是不对称的。这是因为在结晶过程中相邻的晶体相互干涉,造成了表面不规则。

晶体与晶粒的区别可用铋的凝固来说明。熔融的铋快速冷却时,出现的每一固体微粒都有铋特有的规则立方体结构,每个这样的微粒便是一个晶体。这些晶体相互吸引或附着,形成了较大结构,称之为晶粒。

钢和大多数工业用金属都不是规则的晶体,而是形状不规则的晶粒聚合体。每一晶粒的原子呈连续单向排列。但相邻晶粒的原子排列方向显然不同,否则晶粒便会融合。钢与大多数其它工业用金属的差异就在于,它是以数种晶格结构形式中的任一种存在的,而且不同钢种晶粒的规格、形状和组成变化很大。钢和其它金属及合金的特性取决于各自的结晶结构。