

物理金属学

上册

〔英〕R. W. 卡恩 主编

科学出版社

物理金属学

中 册

〔英〕R. W. 卡恩 主编

科学出版社

物理金属学

下 册

〔英〕R. W. 卡恩 主编

科学出版社

TG11
6
3:1

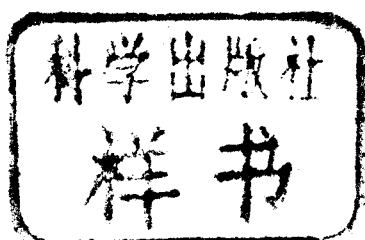
物理金属学

上册

〔英〕R. W. 卡恩 主编

北京钢铁学院金属物理教研室 译

吴 兵 等 校



科学出版社

1984



BX64/10
B071746

内 容 简 介

物理金属学是现代金属材料科学的基础。卡恩主编的物理金属学共分22章,由美、英、德、日、法五国24位知名专家执笔,内容丰富,取材得当。中译本是根据第二版译出的,分上、中、下三册出版:上册包括物理金属学的历史发展、纯金属的结构、金属的电子论、固溶体的结构和中间相的结构和性能;中、下册包括热力学、相图、扩散、液固结晶、相变、金相、缺陷、力学性能和物理性能等。

本书可作为金属物理、金属学和材料科学及工程等专业的教学参考书,也可供从事这方面的科研人员、工程技术人员参考。

Edited by R. W. Cahn
PHYSICAL METALLURGY
North-Holland, 1970

物 理 金 属 学

上 册

[英] R. W. 卡恩 主编

北京钢铁学院金属物理教研室 译

吴 兵 等 校

责任编辑 顾锦梗

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984年2月第一版 开本: 787×1092 1/32
1984年2月第一次印刷 印张: 10 3/4
印数: 0001—6,300 字数: 227,000

统一书号: 15031·551

本社书号: 3395·15—2

定价: 1.70 元



TG11
6
3:2

物理金属学

中 册

〔英〕R. W. 卡恩 主编

北京钢铁学院金属物理教研室 译

马如璋 等 校

科学出版社
样书

科 学 出 版 社

1985

北京图书馆藏

B 230891

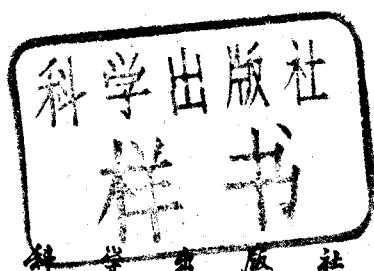
87
TG11
6
3:3

物理金属学

下 册

〔英〕R. W. 卡恩 主编

北京钢铁学院金属物理教研室 译



1986



B

330673

译 序

《物理金属学》中译本的出版弥补了我国在这一领域的欠缺，为此应向出版者、编辑和译者表示感谢，他们不辞辛劳承担了出版这本原文长达一千三百页的著作的中译本的繁重任务。

解放以来，我国从无到有建立了一支上万人的以金属材料为工作对象的科学技术队伍。他们在各自的研究、开发或生产岗位上作出了重要的贡献。为了培养这样一支队伍，我国先后编写了一些高水平的教材，翻译了这一领域内世界著名的专著，如冯端等的《金属物理》、1962年《晶体缺陷与金属强度》讨论会的论文集、Mott和Jones的《金属与合金性质的理论》、Schmid和Boas的《晶体范性学》、Cottrell的《晶体中的位错和范性流变》、Friedel的《位错》、Hirsch等的《薄晶体电子显微学》等书，也出版了若干较好的金属学教科书，但是一直缺少这样的参考书：即它的内容较深而又不要求过多基础，为具有一定专业训练的金属或其它材料工作者学习提高提供帮助，启发他们有所发现，有所发明。Cahn的《物理金属学》正是这样一本深度恰当、内容丰富的权威性著作。它不是一本基础教材，因为一本优秀的教科书应该由掌握全面内容的一两个作者以统一的观点、体系和贯穿始终的中心思想阐述这一领域的基本知识、概念和方法，以精选的材料培养学生自学和分析问题、解决问题的能力，启发他们的开发和创造才干，使他们能够

独立地学习和掌握更多的知识，创造性地分析、解决问题，推动科学技术发展。在编写本书之前，Cahn和我曾在五十年代初期设想过改写英国早期著名的 Desch 的《金相学》。该书以及德国 Masing 的《普通金属学》、英国 Cottrell 的《理论结构金属学》、美国 Barrett 的《金属的结构》等这样一些著名的教科书在第二次世界大战前后曾培养了一代又一代优秀的金属工作者。但在五十、六十年代里这一领域的爆发性的发展已使这样的教材难以概括许多新的重要知识，因此迫切需要一本不同于教科书的具有权威性的参考书。然而这样的任务已经难以由少数人单独完成，因为每个人很难对所有领域都能给出权威性的评述。有鉴于此，Cahn 约请了各国的学者来共同纂写，保证在他的统一要求下全书保持着统一性和连贯性，同时又使本书绝大部分章节都是由当代在各该领域内有重要原始贡献的著名科学家编写而成，例如 Raynor、Christian、Kuhlmann-Wilsdorf、Weertman、Haasen、Cahn、Shewman 以及 Gibbons、Massalski、Ansell、Hoselitz 等都是各该领域内国际公认的权威或者有过重要贡献的学者。他们不仅是编者，而且有着第一手创造知识的经验，因此本书在金属学的参考书中具有特殊的地位。

* * * * *

以金属理论为前导的固体物理正处于全盛时期。目前在全世界从事固体物理的工作者在物理学科中人数最多。在短短的五十年中，金属物理（以及更概括些的固体物理）经历了两次以理论为主和一次以实验为主的突破。当然实验和理论的相互影响与促进及其在实际中的应用正是固体物理蓬勃发展的根源。第一次突破是在经典电子理论（1900—1928）

• • •

基础上提出了近代金属电子理论。Bloch在Heisenberg指导下,于1928年开始把1925—1926年发展起来的量子力学应用于金属,使金属电子论得到重大的发展,并培养了第一代理论固体物理学家,如Peierls、Wilson、Mott、Seitz等人。在他们的推动下,金属电子论开始与金属性质及合金相结构结合起来,并建立了当代电介质和半导体的理论基础,促进了它们在实际应用中的巨大进展。第二次突破起原于位错理论的提出、发展和证明。从本世纪初Rosenhain第一次观察到滑移线开始,经过Andrade、Polanyi和Schmid、Taylor和Elam的基础实验研究,Prandtl (1923)和Dehlinger (1929)提出晶体中可能存在某种缺陷,终于导致在1934年由Taylor、Orowan、Polanyi分别独立地提出位错假说。第二次大战以后,在Mott^①领导下建立的Bristol学派和Rosenhain的继承者、由Hanson培养起来的研究金属形变、蠕变、强度的Birmingham学派在互相交流和促进下,推动和发展了位错理论,培养了一大批知名学者,其中包括Cottrell^②、Frank^③、Nabarro^④、Seeger^⑤、Friedel^⑥、Kuhlmann-Wilsdorf^⑦、Bilby^⑧、Kelly^⑨、Cahn^⑩、Mitchell^⑪等。在美国,Seitz^⑫及其合作者在电子

-
- ① N. F. Mott, FRS, 英国剑桥大学物理系教授,前布里斯托大学教授。
 - ② A. H. Cottrell, FRS, 英国剑桥大学基督学院院长,前校长,前伯明翰大学理论金属学教授。
 - ③ F. C. Frank, FRS, 英国布里斯托大学物理系教授。
 - ④ F. R. N. Nabarro, FRS, 南非Witwatersrand大学物理系教授。
 - ⑤ A. Seeger, 德国斯图加特大学物理系教授。
 - ⑥ J. Friedel, 法国巴黎大学金属物理教授。
 - ⑦ D. Kuhlmann-Wilsdorf, 美国Virginia大学材料科学教授。
 - ⑧ B. A. Bilby, FRS, 英国Sheffield大学材料理论学教授。
 - ⑨ A. Kelly, FRS, 英国Surrey大学教授,校长。
 - ⑩ R. Cahn, 法国巴黎大学物理金属学教授,前英国Sussex大学材料科学系主任。
 - ⑪ J. W. Mitchell, FRS, 美国Virginia大学物理系教授。
 - ⑫ F. Seitz, 美国Rockefeller大学教授,前校长,美国科学院院长1962—1969。

理论、辐照效应及点缺陷方面进行了杰出的工作。这些美国、英国、欧洲科学家和其它固体物理学家和冶金学家，如 Bardeen^①、Shockley^②、Zener^③、Smith^④、Cohen^⑤等人以及苏联、日本等国的金属及固体物理学家的贡献，使得由金属物理为开端而发展起来的固体物理成为推动一系列重大生产发展（如核能利用、固体电子器件及其在集成电路、计算机中的应用等）的一部分基础，从而使固体物理一跃而成为物理学科的重要分支之一。金属物理的进展也自然将金属学导向新的深入的发展阶段。

金属物理的另一个重大突破是英国剑桥大学 Bragg 晶体物理学派在强大的 X 射线金属学工作基础上，在 Bragg 指导下，由 Hirsch^⑥ 等在 1955—1956 年开始的。他们利用电子显微镜在薄晶体中观察到了位错及其运动并建立了这方面的理论。这一卓越成就直接验证了位错理论的许多重要推断，并把人们对金属、合金及其他晶体的了解提高到了一个崭新的阶段。这一成就和最近发展起来的点阵象和原子象观察，以及正在发展中的毫微米级和原子尺度的成分分析，必将导致对金属和合金结构比较彻底的了解。这些突破不仅深化了金属学的内容，而且影响所及，涉及到了一系列学科的发展，如：半导体材料、固体电子学、计算机、高分子聚合物材料、非金属化合物、矿物、地质、物理化学、核能材料等等。由于在金属及非金属材料中存在着许多共同的规律，因此出现

① J. Bardeen, 美国 Illinois 大学教授。

② W. Shockley, 美国。

③ C. Zener。

④ C. S. Smith, 美国麻州理工学院材料科学系教授。

⑤ M. Cohen, 美国麻州理工学院材料科学系教授。

⑥ P. Hirsch, FRS, 英国牛津大学材料科学系教授，系主任，前剑桥大学物理系讲师。

了材料的科学,或“材料科学与工程”这一新的领域名称,它涉及到基础的和应用的物理、化学、力学、生物、医学、空间、金属等一系列学科和有关工程领域。

《物理金属学》一书再版于1970年,它反映了上述三个突破以及它们对金属及合金各领域的影响。尽管最近十年来在某些方面,如非晶态及激冷组织,晶界、晶界吸附及其作用,马氏体相变,合金相的稳定性等,又有了若干新的了解,但这些发展都还没有导致《物理金属学》所涉及的内容需要作重大的改变。对于高年级学生、研究生和从其它学科进入金属学领域的工作者,本书仍是一本较全面完善的学习材料。

为了补充阅读新的发展,读者可以参考有关的进展报告,例如: Progress in Materials Science; Solid State Physics, Advances in Research and Applications; International Metals Reviews等,并可阅读较新的书刊,如:

P. Haasen: Physical Metallurgy. Cambridge University Press, 1978.

R. W. K. Honeycombe: Steels, Microstructure and Properties. Arnold, 1981.

J. W. Martin and R. D. Doherty: Stability of Microstructure in Metallic Systems. Cambridge University Press, 1976.

A. Kelly and G. W. Groves: Crystallography and Crystal Defects. Longman, 1970.

The Physics of Metals. Cambridge University Press,

1. J. M. Ziman: *Electrons*, 1971.

2. P. B. Hirsch: *Defects*, 1975.

T. B. Massalski and U. Mizutani: *Electronic Structure of Hume Rothery Phases*. *Progress in Materials Science*, vol. 22, pp. 151—262, 1978.

Developments of Electron Microscopy and its Future, *J. Electron Microscopy*, vol. 28, Supplement, 1979. Proc. 30th Anniversary of Japanese Soc. Elec. Microscopy.

J. K. Tien and J. F. Elliott Ed: *Metallurgical Treatises*. 中美冶金学术会议论文集. 中国金属学会, 美国金属学会及美国矿冶学会, 1981.

* * * * *

我国在明代或 16 世纪以前, 在冶金及金属的应用方面一直居于全世界先进的地位。由于许多古代的卓越成就只是通过近些年来的考古发掘和文物的科学研究才有所了解, 还由于语言的隔阂, 所以在本书中, 特别是在第一章中, 作者未能反映我国在这方面的成就。

最近的考古发掘表明^①, 早在公元前三千年左右, 生活在黄河流域上游的人们已经与两河流域乌尔地区和尼罗河下游同时开始使用含锡青铜, 虽然我国开始使用自然铜的时间可能比他们晚, 也没有经过砷铜阶段, 在公元前 21 至 16 世

① 下述内容主要根据各省、市、县博物馆和考古研究单位提供的文物和北京钢铁学院冶金史研究室的研究成果; 这些研究得到中国金属学会和许多研究院所的支持和合作; 文中也引用了少量的其他研究成果和文献; 谨此致谢。

纪（相当于中原的夏代），黄河上游已进入青铜器时代，并且有了锡青铜和铅青铜两个系列。青铜器在商周时期达到鼎盛时代，创造了世界上水平最高的青铜文化。在被认为是记录春秋末年（公元前六世纪）齐国手工艺的《周礼·考工记》中，总结了青铜器的成分和反映性质的用途之间的关系——六齐比例，即六种不同要求的合金的铜锡成分。

在其它合金方面，在战国初期约公元前五世纪，我国首先发明了利用金汞合金的鑲金工艺。至迟在隋末唐初，我国发明了补牙用的银膏，即可以硬化的银锡汞合金。在易熔合金方面，战国初期已经使用铅锡合金（当时可能称为“连”，唐代以后称镏或镕）作为焊锡。共晶成分的银铜合金则在汉代（公元前113年以前）用来铸造箭镞。利用铁能把铜由含铜矿水中置换出来以获得铜（胆铜）的现象，我国早在汉初（公元前二世纪）就已发现，并在宋代成为主要的冶铜方法之一，这是湿法冶金的开端。此后不久，至迟在十五世纪，我国解决了锌蒸汽再氧化问题，发明了热还原制锌的方法，并用以制造黄铜以及把锌加入到在东晋以前就已发现的铜镍合金中，使后者更接近白银的色泽，称为“白铜”。和锌一样，白铜是我国古代向欧洲的出口品，它后来成为电阻及耐蚀合金，称为“德国银”！

我国在春秋中叶，即公元前七世纪，开始使用由海绵铁锻成的铁和可能是利用渗碳得到的钢。在此之前，在公元前十三世纪与公元前十一世纪之间，我国已经有用陨铁锻造成铁刃的青铜钺。

公元前六世纪末叶，我国在世界上首先掌握了生铁铸造的方法，使生铁得到利用。这一重大成就比西欧约早一千八百年。公元前五世纪初，我国发明了通过热处理使白口铁局

部石墨化以制造韧性铸铁（即所谓“马铁”或“马钢”（！）*malleable iron* 的音译）的方法，创造了大规模、广泛、经济地利用铸铁制造农具、工具、兵器和炼钢的条件，促进了战国秦汉时代农业生产、水利、建筑的发展。

公元前二世纪，我国利用铸铁件或铸铁板退火脱碳避免石墨生成的办法生产了钢质铸件或利用得到的钢质铸板进行热加工锻成器件，发明了生铁制钢的办法。这一方法后来发展成为将生铁在空气中反复锻造脱碳成钢的工艺。不久，在公元一世纪，我国又进一步发明了炒钢的炼钢法，即将生铁在炼炉内熔化搅拌，通过氧化脱碳成为高碳钢或低碳钢（熟铁），然后锻造除渣成形。这一方法的发明，我国比西欧约早一千八百年。

在发明生铁炒钢后的两百年间，即在东汉时期（公元一、二世纪），中国古代冶师创造了反复叠打以改善钢材性能的办法。根据叠打成刀剑后所包含的层数，被称为三十炼（已出土的制造年代为公元 112 年），五十炼（公元 77 年），百炼（公元 184—189 年）等等。在这一工艺中，晶粒、组织和夹杂物的细化对性能的改善，完全符合现代的科学原理。这些刀剑有的曾经淬火。淬火的技术最早见于埃及（约在公元前九百年），用以硬化海绵铁经过锻造渗碳的钢，但在欧洲的广泛应用则是在罗马时代。我国至迟在公元前三世纪已在刀剑制作中应用淬火技术，并见于公元前二世纪司马迁的著作《史记·天官传》。公元二世纪末，刀师蒲元已掌握了水质对淬火的影响，当时他在今陕西南部造刀时，要用成都的水，并深知水质与淬硬的关系，预演了十五、六个世纪以后美国为淬火要从英国 Sheffield 取水的故事。公元六世纪的著作中还记载了蔡母怀文将灌钢（或称宿铁）刀“浴以五牲之溺，

淬以五牲之脂”，可能是用含有碱盐的畜尿淋浴以提高高温冷却的速度，继之以油脂中淬火以防止脆化、提高韧性的方法。

生铁发现和铸铁的应用，炒钢及其产品如百炼钢的发明，使中国炼铁和炼钢术在汉代及其后很长的一段时间内（可以延续到唐宋时期）一直在世界上居于领先地位。已出土的汉代河南郡第一钢铁工场（今河南古荥）的高炉的椭圆形炉缸，长径4米，短径2.7米，炉容估计达50立方米，埋留在炉前的炉缸中的积铁重达二十余吨。在质量上，汉代生铁的纯净度由于使用木炭，还高于现代生铁；关于钢的质量，公元一世纪罗马帝国的学者Pliny（公元23—79年）称赞中国出产的钢是举世无双的。他在《博物志》中说，当时欧洲市场上“虽然钢铁的种类很多，但没有一种能和从中国来的钢相媲美的”。

在发明百炼钢的同时，中国还创造了利用生铁液对熟铁（即低碳炒钢）进行渗碳的方法：将熟铁与生铁共同加热，使后者熔化渗入熟铁板，然后进行锻造焊合及均匀化。这样得到的中高碳钢称为灌钢或团钢。

自公元十世纪开始，中国约比欧洲早六百年在高炉中使用了煤（明代改用了焦炭）。

在铸造及加工工艺方面，我国古代也曾有过很多创造。在春秋战国时代，为了加强青铜剑的韧性，我国已采用了机械镶嵌的方法，后来又利用铸造的方法制作了以低锡青铜为剑脊、高锡青铜为镞或刃的复合铜剑。这个复合方法在唐代也用来加强铜镜，在厚的镜缘中心嵌入红铜圈。在汉代，利用青铜镜的铸造应力制成了能用镜面所反射的光线显现铜镜背面图样的“透光镜”，引起过中外许多科学家，包括宋代沈

括和近代 Bragg 的兴趣。明清时期，西南艺人利用自然铜再结晶晶粒容易长大产生孪生大晶粒的现象，应用浸蚀和防护的办法加以显示和保存，得到驰名中外的斑铜艺术制品。

我国古代冶金技术曾对世界文化发挥过重要作用，例如铸铁的技术在汉代传入大宛至安息，即今新疆至伊朗一带，铸钟铸铁炼钢技术在唐代传到日本和南洋，促进了文化交流。锌和白铜合金的输出则推动了欧洲在这方面的研究。

明代以后，由于封建社会的腐朽没落约束了生产力，冶金技术没有能在我国进一步提高，没有能象西方那样使冶炼在 18 世纪以后得到很快发展，更没有可能在 19 世纪以后将物理、化学、力学应用于冶金，使之发展成为科学。

1949 年中华人民共和国成立，在中国共产党的领导下，冶金学和金属学的教育受到了极大的重视，建立了不少有关的专业和专门化，培养了一支强大的、具有相当水平、能够根据国家的资源和需要，解决有关冶金和金属材料问题的科学、技术队伍。当然，由于我国工业生产和科学技术基础薄弱，为了适应建国初期建设的迫切需要，专业划分较细，专业训练较窄，这在当时虽是必要的，但是经过这些年的发展，现在已经感到理论基础不足，深入发展和跨学科工作困难，加以研究人员缺乏科研方法的训练，百家争鸣、学术交流不够等等，使我国冶金学和金属学人材的作用没有得到充分的发挥或受到一定限制。希望这本来自专家手笔的著作将有助于弥补这些弱点，对我国金属学、冶金学、物理学、化学、力学和机械、电机电子等工作有所启发，有所帮助，为发展这一学科，为我国的现代化作出更大贡献。

* * * *

• x •