

金属工艺学

第二分册 金属学与热处理

(初稿)

天津大学安延溶编

高等教育出版社

本讲义是天津市广播函授大学试用教材，供机械系使用。考虑到教学形式的特点：教师不能面对面向学员授课，学员也不能象一般学校那样有计划地全面安排在工厂中进行生产劳动实习，所以在内容上力求详尽，目的在使学员通过这次学习，对“金属工艺学”这门课程有一比较全面的基本理论知识，以便打下在实际生产中进一步提高的基础。

本讲义包括下列内容：金属冶炼；金属学与热处理；金属铸造生产；金属压力加工；金属焊接与切割；金属切削与机床等。本书为第二分册，内容包括：机械制造业中所用金属及合金的基本性能；金属的结晶构造及结晶过程；合金的理论基础；铁-碳合金状态图；热处理原理及工艺，化学热处理；机械制造业中常用的一些金属材料，即碳钢及合金钢、铸铁、有色金属及合金、金属陶瓷材料等。

本讲义不仅适用于广播函授，并可供一般函授大学、业余大学及自学者参考。

本讲义以后各分册：金属铸造生产，金属压力加工，金属焊接与切割，金属切削与机床，内容基本上与天津大学金属工艺学教研室所编“金属工艺学”相同（此书将交由我社正式出版），所以不准再另行编写出版，请读者即以该书代替。

金属工艺学第二分册 金属学与热处理(初稿)

天津大学安延潜编

高等教育出版社出版 北京宣武门内承恩寺7号

(北京市书刊出版业营业许可复出字第054号)

人民教育印刷厂印刷 新华书店发行

统一书号15010·818 开本850×1168¹/₃₂ 印张9²/₁₆

字数324 000 印数0001—8,500 定价(7) 1.30

1959年11月第1版 1959年11月北京第1次印刷



第二篇 金属学与热处理

引 言

金属学是研究金属及合金的一門科学。它研究金属及合金的性能、化学成分和内部结构組織之間的关系及变化規律；也研究改善金属材料性能的各种方法，以及如何合理使用金属材料等問題。

“金属学与热处理”一篇的内容可分成三部分：第一部分介紹金属及合金的一些理論基础，即金属及合金的性能，金属的結晶构造，合金理論，鉄碳合金状态图等；第二部分介紹热处理原理及工艺，化学热处理等；第三部分介紹机械制造业中常用的一些金属材料，即碳鋼及合金鋼、鑄鉄、有色金属及合金、陶瓷金属材料等。

金属是现代工业的主要結構材料，是工业的基础。近代机器的重要零件几乎全是用金属制成的。例如各种金属加工的工作母机(机床)、仪表刀具、矿山机械、石油設備、化工机械、农业机械、发电設備及电动机、金属冶炼設備、交通运输工具、紡織机械及各种輕重工业的机械和設備等，沒有一样是能离开金属的。金属在国民經济建設中的重要意义是人所共知的。

金属材料为什么对现代工业如此重要呢？这主要是由于金属具有某些方面的可貴的特性。例如，有些金属硬度很高，有些塑性很好，有些导电性优良，有些电阻高，有些磁性很强，有些又几乎没有磁性，有些耐热性好等。了解金属材料的这些性能，以及这些性能与化学成分、組織結構之間的关系和变化規律，对于培养具有社会主义觉悟的、有文化技术的机械制造业的劳动者来說，有着很重

要的意义。因为机械制造业的工作者必須經常需要解决正确选择金属材料和合理使用金属材料等問題。

在机械制造类型各专业的教学計划中，金属学和其他課程有着密切的联系。首先，金属学是根据物理、化学、物理化学等理論基础而发展起来的。同时，金属学作为金属工艺学課程中的一部分，和其他部分一样，是一門实用的科学，是技术基础課，它与生产实际的工艺知識是无法分割的。现代机械制造生产中的鑄工、压力加工、焊接、切削加工等工艺都是直接与金属学联系着的，这些生产工艺不断地向金属学提出一些新的要求，同时也提供許多实际生产資料来驗證金属学的理論，因此金属学也是在各种生产工艺的基础上得到发展的，并且反过来也促使各种生产工艺向前作进一步的发展，可以說它們之間是互为基础，相互促进发展的有关課程。

金属及合金基本知識的积累是經過一个相当长的历史过程的。我国人民在数千年以前就开始利用金属了。人类初次使用的金属很可能是天然金属，后来由于人类在从事劳动与自然災害作斗争的过程中，才逐渐发现了更多的金属及合金。将銅与錫一起熔合就得到了青銅，这种合金比天然銅具有更高的强度、硬度和塑性，它能制造各种工具和武器。在我国历史上，周朝是“青銅器时代”的极盛时期，那时人們已能充分地掌握青銅配制的工艺，并且积累了极为丰富的經驗。在我国有名的文献“周礼”“考工記”一篇中，有“金之六齐”一段記載：

“六分其金而錫居一，謂之鍾鼎之齐；五分其金而錫居一，謂之斧斤之齐；四分其金而錫居一，謂之戈戟之齐；三分其金而錫居一，謂之大刀之齐；五分其金而錫居二，謂之削杀矢簇之齐；金錫平，謂之凿燧之齐。”

上述記載中所謂“金”是指銅，“錫”的含义除錫外，还包括鋅、

鉛等金屬，而“齊”是指合金。這段科學文獻不僅說明了在那時我國已能廣泛應用青銅，並且也能指出青銅隨着含錫量的增加，則強度、硬度均增加，而塑性降低，因此在用途上便由鐘鼎，斧斤……而鑿燧，也就是說科學地論證了合金的成分與性能及用途的相互關係。這充分證明我國古代勞動人民是勤勞、勇敢和非常有智慧的，在有關金屬的知識中，很早就創造了極其光輝而偉大的科學分析的成就。

在鋼鐵的發現和應用方面，我國也比其他國家早很多年，第一篇“冶金”引言中已有了詳細的敘述。我國古代人民後來逐漸對鋼鐵的性能有了進一步地了解和研究，如明宋應星所著“天工開物”一書中有一段記載：“刀劍絕美者，以百煉鋼包裹其外，其中仍用無鋼鐵為骨，若非鋼表鐵里，則勁力所施，即成折斷。”這指明了製做鋒利而又有韌性刀劍的途徑；也說明鋼和鐵具有不同的性能。鋼硬鐵軟，鋼鐵合用才能使刀劍具有理想的性能。又如明朝曹照撰的“格古要論”一書中的“金鐵論”，也詳細地敘述了檢查金、銀、銅、鐵及各種合金的綜合方法。其中對鋼鐵的檢查有這樣的一段記載：“鑛鐵出西番，面上有旋螺花者，有芝麻雪花者，凡刀劍器打磨光淨，用金絲硃砂之，其花可見，價值過銀，……假造者是黑色，宜仔細辨驗。”這充分證明我國已早在三四百年前就廣泛應用現代的宏觀分析方法來研究金屬材料的質量了。

在熱處理方面我們的祖先也留下了很豐富的知識，例如上述“天工開物”第十卷中，就熱處理的作用有一段記載：“凡熟鐵、鋼鐵，已經爐錘，水火未濟，其質未堅，乘其出火之時，入清水淬火，名曰鍵鋼、鍵鐵、言乎未鍵之時，為鋼為鐵，弱性猶存也。”這說明淬火能有效地提高鋼件的強度和硬度，並在當時已廣泛地應用它來提高生產工具的性能。

從上面所舉的幾個例子就可看出：我國古代勞動人民在勞

动生产和与自然界作斗争中，对金属冶炼、加工及检验等方面均已有了很高的技术成就，对金属学的发展历史作出了巨大的贡献。但是由于长期以来的封建统治阻碍了生产力的发展，随后又有帝国主义势力的侵入，它们互相勾结，使我国的工业长期处在落后的状况，这也就更妨碍了我国人民在金属学方面的进一步研究和发展。

就在这一个时期内，西方的某些国家却建立了比封建社会进步一些的资本主义社会；在当时促进了生产力的发展。随着资本主义工业的兴起，特别是机械工业发展的需要，对金属材料的要求提高了。因而促使人们进一步地研究金属，寻找新的金属材料，改善金属材料的性能，逐渐在生产实践中积累了大量有关金属的知识，使金属学与热处理发展成为一门独立的科学。

在金属学这门科学的发展过程中，俄国的一些学者们曾起了很大的作用。

1831年，俄国工程师И. И. 安諾索夫在烏拉尔茲拉托烏斯托夫工厂工作的时候，开始利用显微镜来研究金属。同时安諾索夫根据新的科学研究方法，证明了金属材料的性能不仅与化学成分有关，并与其内部结构(金属组织)有关，这给揭露金属的秘密这个伟大的科学任务起了一个极为重要的开端。

И. К. 契尔諾夫(1839—1921年)在創立金属学理論工作方面作出了极为辉煌的成就。他奠定了金属学的基础，将金属学从纯粹叙述一些现象的金属知识，发展成为一门建立在理論基础上的科学。从而不仅能用科学理論解释金属性能变化的原因，并且根据金属内部组织变化的规律，人为地可以用改变金属结晶条件及用机械加工和热处理的方法，改变金属的组织 and 性能，使金属学成为一门真正有发展的科学。

1868年，契尔諾夫在俄国奥布霍夫炼鋼厂工作时，用肉眼直

接观察出鋼在加热或冷却过程中，其結構在某一定温度时会发生一个突然的变化——即发现了“鋼的临界点”，并指出此点随成分的不同而变化。“鋼的临界点”的发现不仅奠定了热处理工艺的理论基础，揭露了鋼淬火之謎；同时也为研究金属性能、組織、成分、温度等彼此内在联系和变化規律的科学——金相学奠定了基本理论。此外契尔諾夫还对金属結晶的理论，鋼錠組織的研究，热处理理论，以及变形的滑移綫概念等很多金属学中极为重要的部分，作出了极有創造性的理论成就。由于Д. К. 契尔諾夫对金属学及热处理这门科学的偉大贡献，当他在世时，就被全世界公认为“金相学之父”。

近代金属学的繼續发展，要求用更精密的物理及化学仪器和新的科学方法来研究金属，不断地扩充在金属物理及化学領域的知識，經過許多劳动人民(包括各国的許多化学家、物理学家、金属学家在内)进行了无数次的实验，研究了数百种金属系的性質，为金属学这门科学打下了更为牢固的基础。

在搜集、分析和总结大量实验結果方面有突出成績的是俄国学者庫尔納可夫院士，英国学者罗伯茨-奧斯汀，法国学者奧斯孟德，德国学者馬丁和塔曼等。

苏联在十月革命后，由于生产力得到了解放，有关金属及合金的科学研究工作得到了极为迅速地发展。苏联的一些学者們对近代金属学作出了极有价值的贡献。例如庫尔納可夫、巴依可夫、庫尔久莫夫、施台因別尔格、包奇瓦尔、古德錯夫、明克維奇等均对金属学的发展有过极重要的作用，关于他們的成就将来在讲授金属学与热处理課程内容时再詳細介紹。

和苏联一样，解放了的新中国，在中国共产党的领导下，使得长期被束縛着的生产力获得了解放，使我国劳动人民都有可能发挥自己的才能和智慧，因此，我国社会主义的各项建設事业，得以

一日千里的形势向前跃进。

我国钢铁工业发展的情况，在第一篇“金属冶炼”中已详细地介绍了。我国机械制造业在以钢为纲、全面跃进的方针指导下，也同样地向重型、大型、精密、尖端等方面飞跃地发展。作为机械制造业中一个对产品质量有很重要影响的工艺部门——金属学与热处理，也必然和其他金属加工工艺一道向前跃进。

解放前我国是一个在经济和文化上都落后的国家，很多新的科学根本谈不到。金属学及热处理方面更是一窍二白，不仅高等工业学校中没有这门专业和相应的实验室来培养这方面的专业人才；就是生产部门也没有一个象样的车间或工段，甚至有的工厂连热处理操作技术都掌握在外国人员手中，不让我国工人学习。那时我国机械制造工业是处在半殖民地性质的状况，只能修修配配，谈不上制造，所以也就更不能谈什么产品的热处理。

解放后，在中国共产党和毛主席的领导下，很快地建立起了各种制造工业；金属学与热处理这一门科学自然也就被十分重视起来。在苏联的先进技术和设备大力支援的情况下，几年来，我国各高等工业学校相继设立了金属学与热处理专业，建立了现代化的实验室；在科学研究单位，成立了专门的金属研究所，同时也在全国范围内建立起许多研究中心；在我国专家和苏联专家指导下，培养了成千上万的金属学与热处理专业人才；在各大型现代化的机器制造厂中，如汽车厂、拖拉机厂、重型机器厂、机床厂等，均建立了热处理车间，在中小型企业内，也建立了热理工段和实验室。短短的几年来我国在金属学与热处理这门科学中取得了很大的成绩。这样快的发展速度只有在社会主义制度下才能作到，在旧中国是根本不能设想的，就是在其他工业发达的资本主义国家中也是不可能作到的。

1959年4月13日国家统计局发表的“关于发展国民经济的

第一个五年(1953年到1957年)计划执行结果的公报”中指出:“第一个五年计划期间内,生产了许多种我国从来所没有的新的工业产品。钢铁工业方面有:高级合金结构钢、特殊仪表用钢、硅钢片、造船钢板、锅炉用无缝钢管、50公斤的重轨等重要钢材。1957年钢材品种已达4,000种。钢材自给率在1957年已经达到86%。”这些成就与金属学和热处理是不可分割的。没有金属学与热处理的研究,是不能控制这些钢材的质量的。

1958年全国大跃进,特别在机械制造工业方面,由于贯彻了党的社会主义建设总路线的方针,破除迷信,解放思想,鼓足干劲,大搞生产和技术革命,更获得了辉煌成就。正如1959年4月14日国家统计局发表的“关于1958年国民经济发展情况的公报”中指出:“1958年试制成功了許多新产品,其中有:多种低合金高强度结构钢、复合不锈钢板、高度550毫米的大型工字钢、容积1,513立方米的高炉、2,300毫米中板轧机、容量25,000千瓦的火力发电设备、载重5,000吨的海轮、2,500吨的锻造水压机等”。这些新产品的制造过程中,金属学与热处理工艺和其他制造工艺一样,起了极大的作用。此外在球墨铸铁的生产中,不论在生产效率、机械性能及应用方面,都大大超过了资本主义国家的记录,这更是与金属学和热处理方面的发展分不开的。

目前,我国在研究金属的内耗,奥氏体的中温转变等方面正在向世界先进水平迈进,并且开始利用电子显微镜和示踪原子来研究金属学的各种问题。热处理方面已经能制造机械化及自动化的设备和高频淬火设备,采用了許多先进工艺,如等温淬火、快速加热、快速回火、蒸气处理、气体渗碳、中药渗碳、氰化、硫化和磷化等。这些方法都能有效地提高产品质量和生产率,为发展金属学提供了实际基础。

当我们了解到金属学与热处理这门科学的内容和其发展过程

以后,还必须了解各种研究金属的方法,因为金属学的发展是与研究金属的实验分不开的,很多重要的规律都是从实验中发现的。

为了研究金属材料内部的各种变化规律,可以把金属零件在工作过程中进行实验;也可以由金属试样的实验研究,了解金属零件在机器中工作的情况;最后进行理论的归纳。

随着近代科学技术的发展,研究金属及合金的方法愈来愈多,使我们对于金属的科学知识,了解得更加深入和广泛了。今后也必然会随着更新的研究方法的应用,而使金属学更加发展和完善。

常用的研究金属及合金的方法有宏观分析法,显微分析法、X-射线分析法、热分析法等。简述如下:

宏观分析法

在金属断面上或在特制的试样表面上用肉眼或用低倍率(不超过30倍)放大镜来研究金属内部结构的方法,称为宏观分析法或粗晶分析法,所见到的金属组织称为“宏观组织”。

宏观分析法能显示出铸造金属中晶体的粗细、形状和分布情况(枝晶构造);能显示出变形金属中的纤维组织;能显示出金属中的缩孔、疏松、裂纹、气孔、非金属夹杂物,以及钢中硫磷的不均匀分布等缺陷;还可判断焊接零件、锻件及热处理零件的质量。因此,宏观分析法在实际中应用非常广泛。

宏观分析法很简单,不需什么设备,可以直接在零件表面上,金属断面上进行观察研究;但更常见的是将欲检查的零件或试样表面,经过磨光并用特种试剂浸蚀后再进行研究。由于试剂的浸蚀对各种组织显示不同的溶解能力和着色能力,因而可以更清晰地辨认各种不同组织和扩大显微孔洞、裂缝等。

图69所示为曲轴的宏观组织图,由图上可以很清楚地看到锻造后的纤维组织。图70所示为铜锭的宏观组织图,由图上可以很清楚地看到柱状结晶。

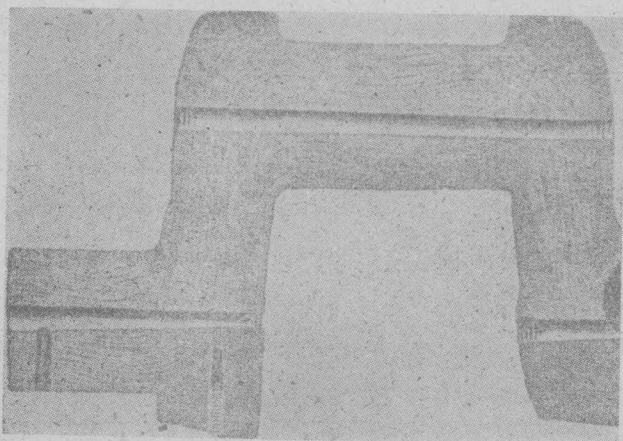


图 69. 曲軸的宏觀組織圖。

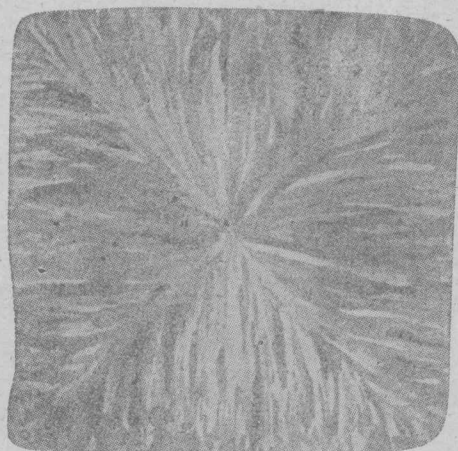


图 70. 銅鐘的宏觀組織圖。

显微分析法

利用“金相显微鏡”或“电子显微鏡”在 75~2000 倍甚至 200,000 倍的放大倍率下研究金属内部組織的方法，称为显微分析。所观察到的金属組織称为“显微組織”。

显微分析是研究金属的最主要方法，在科学研究和工业生产中应用极广。

显微分析能测定晶体的大小及形状；确定合金的组织及成分；显示各种加工后的组织；显露各种显微缺陷（非金属夹杂物和显微裂纹等）；判断热处理的质量；查明机械性能不合的原因等。

进行显微分析时，需制备特别的试样。因为金属是不透光的，只有在显微镜下利用金属反光表面的光线来观察金属内部的组织。因此，试样须经磨光并用特殊金相砂纸细磨后，还要进行抛光或电解抛光，最后还要用特种试剂加以浸蚀或电解浸蚀，使其能更清晰地显示出显微组织，以便在显微镜下观察，或将显微组织摄成照片。

普通金相显微镜采用普通光源，放大倍率75~2,000倍。除光学显微镜外，在研究金属时，为了分析金属内部更微细的质点，还常应用电子显微镜，它的放大倍率可达200,000倍。目前我国已能自己制造这种电子显微镜了。

图71为纯铁的显微组织图。图72为含碳0.8%的钢的显微

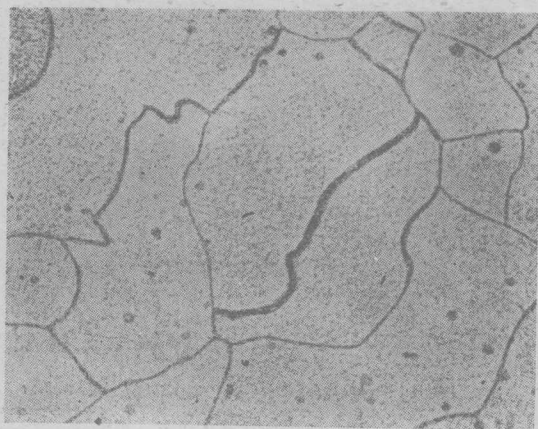


图71. 纯铁的显微组织。

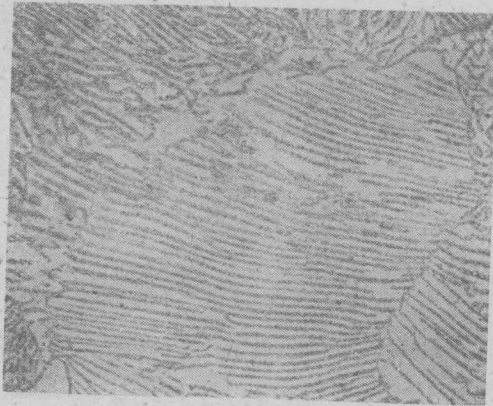


图 72. 含碳 0.8% 鋼的显微組織。

組織圖。

X-射綫分析法

X-射綫分析法也是研究金屬的一種重要方法。利用X-射綫可以進行金屬的透視，以查明鑄件、鍛件、焊接件等內部的缺陷；還可用之進行金屬的結構分析，測定金屬晶格中原子排列的情況，原子間的距離，從而確定金屬的晶格類型；X-射綫還能進行化學光譜分析，即金屬化學成分的定性和定量分析。

對於更厚剖面的金屬還可用 γ -射綫進行分析研究， γ -射綫的波長較X-射綫更短，具有更強的穿透力。

自從進入原子時代以來，廣泛地應用“示蹤原子”研究金屬內部原子的擴散和自擴散問題。

熱分析法

金屬或合金狀態的任何改變都有放熱或吸熱現象伴隨發生。熱分析法就是要查明發生放熱或吸熱現象時的那個溫度，也就是在加熱或冷卻過程中，每隔一定時間，測量一下金屬或合金的溫度，把溫度和時間的關係繪成曲綫，如圖 73 所示。曲綫上的折點或水平綫就表明金屬或合金中有某種狀態轉變而發生的放熱或吸

热的温度，这些状态转变温度称为临界点。苏联学者庫尔納可夫院士曾用热分析的方法，研究了很多金属及合金系统。

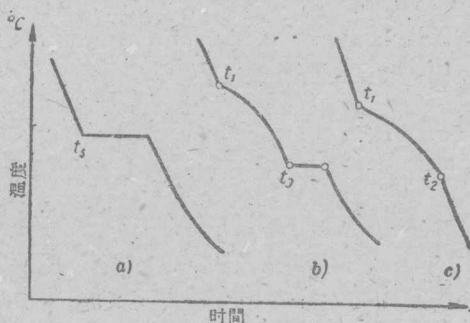


图 73. 冷却曲线:

a—純金属; b 及 c—合金。

测定临界点还可用热膨胀分析法、电阻分析法和磁性分析法。

热膨胀分析法就是观察或测量试样在加热、冷却或等温条件下长度变化的方法。试样长度的变化表明金属中发生某种状态转变时因热效应而产生的体积变化。这个方法最常用于测定钢的临界点。

电阻分析法就是测定电阻随温度而发生的变化，或在温度不变的条件下，电阻因金属或合金内部转变而发生的变化方法。

磁性分析法就是测定钢件在加热时或在恒温下其磁性因金属内部发生某种转变而变化的方法。**磁力探伤法**是利用磁性反应检查零件表面层或内部的缺陷(裂缝、孔洞等)。

第一章 机械制造业中所用金属 及合金的基本性能

在现代的机械制造工业中所采用的金属及合金，必须具有合

乎机械制造所需要的物理、化学、机械和工艺性能，才能满足零件的功用要求，才能用较简单的工艺方法将零件制造出来。

在机械制造工业中所用的金属材料是以合金为主，很少用纯金属。合金是以一种金属为基础，与其他的金属或非金属一同熔炼而制成的复杂物质，它在液态时能互相溶解，在固态下具有金属的特性。合金常比纯金属具有更好的机械和工艺性能，并且由于化学成分的改变，可以在很大的范围内改变其性能，很多合金还可利用热处理的方法使性能改变，因此，在现代工业中合金被广泛地用来制造各种零件。最常用的合金是以铁为基础的鉄碳合金，如碳鋼、合金鋼、各种鑄鉄等；以及銅、鋁等为基础的有色合金。

設計和制造零件时，应根据零件的技术要求和經濟条件，选择具有合乎所需性能的合金。

§ 1. 金属及合金的物理和化学性能

金属及合金的物理性能

金属及合金的物理性能就是指它们的比重、熔点、热膨胀性、导热性、导电性、磁性和颜色等。合金的物理性能随其化学成分而变动。常用金属的物理性能数据见表 6。

比重

单位体积金属的重量叫做比重。金属及合金的比重直接决定零件的重量，因此，这个物理性能在机械制造业中有很重要的意义，特别在飞机、汽车等交通运输車輛制造业，以及现代尖端技术方面，如导彈、宇宙火箭、人造卫星等的設計和制造中，零件的重量更是极其重要的关键問題。高强度的輕合金——鋁、鎂的合金在现代工业中的地位愈来愈重要，例如某种鋁鎂合金的强度和鋼很接近，而它的比重只有 1.8 克/厘米³ 左右，但鋼的比重却是 7.8 克/厘米³，采用这种合金代替鋼材制造同样大小的零件，則重量可減輕

表 6. 常用金属的物理性能

金属名称	化学符号	比重 (克/厘米 ³)	熔点 (°C)	线膨胀系数 $\alpha(10^6 \times 10^{-6})$	导电率 ($\times 10^4$)	比电阻 ($\times 10^2$ 欧姆·毫米 ² /米)
铝	Al	2.7	660	23.1	37	2.7
钨	W	19.1	3400	4.0	18.9	4.9
铁	Fe	7.87	1539	11.7	10.05	9.9
镁	Mg	1.74	650	25.8	23	4.2
锰	Mn	7.3	1230	23.0	23	4.4
铜	Cu	8.93	1083	16.8	64	1.56
镍	Ni	8.9	1452	12.8	8.5	11.8
锡	Sn	7.3	231	2.0	8.8	11.1
铅	Pb	11.34	327	29.09	4.9	20.4
银	Ag	10.53	960	18.9	68	1.47
锌	Zn	7.14	419	33	17	5.92
铬	Cr	7.10	1765	8.2	38	2.6

至 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$ 。

熔点

金属及合金的熔化温度(熔点)在机械零件的制造和使用方面也很重要,金属的熔点低可以大大改善铸造工艺和焊接技术。易熔合金可以用来制造印刷铅字和防火安全阀的零件等;难熔合金可用来制造耐高温的零件,在火箭、导弹、燃气轮机、喷气飞机等方面广泛应用。

热膨胀性

金属及合金受热时体积要涨大,这种性能叫热膨胀性。热膨胀性可用线膨胀系数(α)来表示。在精密仪器及无线电真空管制造方面,尽可能要求所采用的金属具有接近于零的线膨胀系数,因此,常采用一些复杂的合金。在使用两种不同金属制成的一个零件时,也应考虑到它们的热胀性是否接近,否则当受热时将会因膨胀的不等而使零件弯曲或变形。

导热性

金属能够传导热的性能叫导热性。这个性能在机械制造业中也非常重要，因为金属零件当加热或冷却时，常由于其内外的温度差异而产生不等的膨胀或收缩，而在金属内部产生内应力，当内应力大于金属强度极限时，就会使金属内部发生裂纹。金属的导热性愈差，则在加热或冷却时所产生的内外温度差愈大，内应力也就愈严重，金属零件也就很容易因急剧加热或激冷而破裂。这个性能对压力加工、热处理的热规范，以及焊接的工艺，均有直接的影响。对高温工作下的零件，如内燃机的活塞等，金属的导热性也很重要。导热性差，则零件散热慢，因而常会引起由于温度过高而损坏零件的危险。铜和铝的合金导热性好，常用来制造需要高温散热条件的零件。

导电性

金属及合金传导电流的能力叫做导电性。银的导电性最好，但因它是贵金属，所以在工业上应用较少。工业上用来做为导电的金属是铜和铝及它们的合金，纯金属较合金具有更好的导电性。有时我们也需要一些导电性不好(即电阻很高)的合金来制造灯泡、电热器、变阻器等零件。对这些高电阻合金，除要求它们的电阻高以外，还要求有高的熔点和在高温下能很好抵抗氧化的能力。镍铬合金是工业上常用的高电阻合金。

磁性

金属能导磁的性能叫做磁性。铁、钴、镍等均具有较高的透磁性，称之为磁性金属，常用于电机制造业中(发电机、电动机、变压器等)或通讯工具方面(电话机、电报机等)。

金属及合金的化学性能

金属及合金的化学性能就是指金属及合金能抵抗氧化或其他介质的侵蚀的能力。这种性能对机械制造有很重要的意义，在设