

金属工艺学

第一分册 金属冶炼

(初稿)

天津大学安延濬编

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殊：教师不能面对面向学员授课，学员也不可能象一般学校那样，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。本讲义第一分册为金属冶炼，内容有：生铁冶炼；钢的冶炼；有色金属冶炼。有色金属冶炼中包括铜的冶炼和铝的冶炼两部分。

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。

金属工艺学

第一分册 金属冶炼（初稿）

天津大学安廷澐编

高等教育出版社出版 北京宣武门内大街27号

（北京市书刊出版业营业许可出字第054号）

人民教育印刷厂印装 新华书店发行

统一书号 15010.780 开本 850×1168 1/32 日张 4 10/16 插页 2

字数 110,000 印数 3,501—13,500 定价（7）¥0.70

1959年4月第1版 1959年9月第2次印刷

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,学员也不可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),所以不准备再另行编写出版,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)

天津大学安延藩编

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整出字第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 850×1162¹/₃₂ 印张 9⁸/₁₆

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

目 录

緒論	1
----	---

第一篇 金属冶炼

§ 1. 引言	9
§ 2. 冶炼用的燃料和耐火材料	16
第一章 生鉄冶炼	24
§ 3. 炼鉄的基本概念及发展史	24
§ 4. 高炉原料	28
§ 5. 高炉构造	34
§ 6. 高炉冶炼过程	44
§ 7. 高炉产品	52
§ 8. 从矿石中直接还原鉄的概念	55
第二章 鋼的冶炼	57
§ 9. 炼鋼基本概念及炼鋼发展简史	57
(一) 土法炼鋼	
§ 10. 土法炼鋼的作用及意义	61
§ 11. 各种土法炼鋼及其特点	65
(二) 轉炉炼鋼法	
§ 12. 轉炉构造及其工作原理	70
§ 13. 酸性轉炉炼鋼法	73
§ 14. 碱性轉炉炼鋼法	78
§ 15. 轉炉炼鋼特点及先进技术	82
(三) 平炉炼鋼法	
§ 16. 平炉构造及其工作原理	85
§ 17. 碱性平炉炼鋼法	88
§ 18. 酸性平炉炼鋼法	92

§19. 平炉炼钢特点及先进技术.....	94
(四) 电炉炼钢法	
§20. 电弧炉构造及其工作原理.....	98
§21. 碱性电炉炼钢法.....	100
§22. 酸性电炉炼钢法.....	105
§23. 电炉炼钢的发展方向和先进技术.....	106
§24. 高频感应电炉炼钢法的概念.....	106
§25. 各种炼钢法的比较及联合炼钢法.....	107
(五) 钢锭的浇铸	
§26. 浇注钢锭的设备及注锭方法.....	108
§27. 钢锭的结构及缺陷.....	112
§28. 镇静钢与沸腾钢的概念.....	116
第三章 有色金属冶炼	117
(一) 铜的冶炼	
§29. 铜矿石及炼铜的基本概念.....	118
§30. 富集铜矿的方法.....	120
§31. 冰铜的熔炼.....	122
§32. 粗铜的吹炼.....	129
§33. 铜的精炼.....	130
(二) 铝的冶炼	
§34. 铝矿石及炼铝的基本概念.....	135
§35. 纯氧化铝的提炼法.....	136
§36. 铝的电解及精炼.....	139
§37. 土法生产金属铝.....	142

目 录

第二篇 金属学与热处理

引言	147
第一章 机械制造业中所用金属及合金的基本性能	158
§ 1. 金属及合金的物理和化学性能	159
§ 2. 金属及合金的机械性能及其試驗方法	163
§ 3. 金属及合金的工艺性能	178
第二章 金属的結晶构造及結晶过程	181
§ 4. 金属的特性及金属的原子构造	181
§ 5. 金属的結晶构造	185
§ 6. 金属的結晶过程	191
§ 7. 金属的鑄态結構	196
§ 8. 金属的同素异形轉变	199
第三章 合金的理論基础	202
§ 9. 合金的基本組織	203
§ 10. 状态图及相律	207
§ 11. 第一类型状态图	210
§ 12. 第二类型状态图	219
§ 13. 第三类型状态图	222
§ 14. 第四类型状态图	229
§ 15. 具有同素异形轉变的合金状态图	232
第四章 鉄-碳合金状态图	233
§ 16. 鉄-碳合金的基本組織	234
§ 17. 鉄-碳合金状态图	241
§ 18. 鉄-碳合金状态图的分析	245
第五章 鋼的热处理理論基础	257
§ 19. 热处理基本概念	257
§ 20. 鋼在加热时的变化	259
§ 21. 奥氏体的分解和在連續冷却时的轉变过程	264
§ 22. 奥氏体在恒温下的轉变(奥氏体的等温分解)	270

§23.	馬氏体的轉变与鋼的淬透性	276
第六章	鋼的热处理实际操作	280
§24.	鋼的淬火	280
§25.	鋼的回火	291
§26.	鋼的退火	295
§27.	鋼的正火	300
§28.	鋼的表面淬火	302
第七章	鋼的化学热处理	304
§29.	鋼的滲碳法	304
§30.	鋼的滲氮法(氮化)	309
§31.	鋼的氰化	311
§32.	扩散金屬法	313
第八章	热处理車間設備	316
§33.	加热設備	316
§34.	淬火裝置	322
§35.	測量及控制温度的仪器	322
第九章	碳鋼	324
§36.	鋼的分类及牌号	324
§37.	杂质元素对鋼性能的影响	328
§38.	碳素結構鋼	330
§39.	碳素工具鋼	336
第十章	合金鋼	338
§40.	合金元素对鋼性能的影响	339
§41.	合金結構鋼	352
§42.	合金工具鋼	364
§43.	特殊性能鋼	373
第十一章	鑄鉄(生鉄)	380
§44.	鑄鉄的石墨化过程	381
§45.	普通灰口鑄鉄	388
§46.	变质鑄鉄(孕育鑄鉄和球墨鑄鉄)	391
§47.	可鍛鑄鉄	394
§48.	合金鑄鉄	400

§49. 鑄鐵的熱處理.....	401
第十二章 有色金屬及其合金.....	402
§50. 銅及其合金.....	402
§51. 鋁及其合金.....	412
§52. 鎂及其合金.....	418
§53. 軸承合金.....	419
第十三章 金屬陶瓷材料及硬質合金.....	423
§54. 金屬陶瓷材料及零件(粉末合金).....	423
§55. 硬質合金.....	425
第十四章 金屬的腐蝕.....	430
§56. 金屬的腐蝕過程.....	430
§57. 防止腐蝕的保護方法.....	432
編后語.....	434

緒 論

金属工艺学是研究金属及合金的冶炼方法、性质和合理加工方法的一門綜合科学。

金属工艺学包括下列內容: 金属冶炼、金属学与热处理、金属鑄造生产、金属压力加工、金属焊接与切割以及金属切削与机床等部分。

金属冶炼是研究从矿石冶炼成金属的基本过程。在这一篇中讲解炼鉄、炼鋼、炼銅、炼鋁的基本概念; 合理地冶炼优质金属的概念; 金属鑄錠的缺陷; 各种不同冶炼方法所炼金属的性质比較及应用范围等。这些知識是任何工程技术干部必需知道的基本常識, 同时也是学习金属工艺学后面各部分的基础。

金属学与热处理是研究金属及合金的成分、組織和性能之間的关系; 在各种不同因素影响下它們之間的变化規律; 改变金属及合金的組織、性能的各种热处理方法; 以及比較各种常用金属及合金的性能和用途。在这一篇中讲解在机械制造业中所用金属及合金的主要性质; 金属及合金的結晶构造和組織; 二元合金状态图; 鉄碳合金状态图; 鋼的热处理和各种常用的合金等知識。这些知識对合理选用金属材料, 改变金属的性质, 以及正确制定金属加工的工艺方法均有直接的帮助。

金属鑄造生产是研究將液体金属或合金澆注到鑄型中, 以获得具有一定形状的零件的加工方法。在这一篇中讲解鑄造生产的各种工艺; 所用的設備; 以及設計鑄件的原則等知識。

金属压力加工是研究具有塑性的金属或合金在外力作用下, 获得一定形状的零件的加工方法。在这一篇中讲解金属的变形;

金屬的加熱；軋軋、拉絲和擠壓等製造坯料的概念；鍛件及沖壓件的合理加工工藝；所用的設備及工具；以及設計鍛件、沖壓件的原則等知識。

金屬的焊接與切割是研究將金屬零件的聯結部分加熱到熔化或半熔化狀態後，使它們連接成一整體的方法。在這一篇中講解金屬焊接的基本方法；焊件的製造工藝；焊縫的缺陷及其消除方法；焊接所用的機器設備和工具；以及設計焊接件的原則等知識。

金屬切削加工與機床是研究用刀具從毛坯上切去一部分金屬，以獲得所需形狀及尺寸的零件的加工方法。在這一篇中講解金屬切削加工各種工藝方法；金屬切削機床的構造；刀具、量具、夾具等概念；以及切削加工零件的設計原則等知識。

金屬工藝學對培養具有社會主義覺悟的和有機械製造技術知識的勞動者有着重大的意義。

1958年8月19日中共中央和國務院所發“關於教育工作的指示”中指出：培養一支數以千萬計的又紅又專的工人階級知識分子隊伍，是全黨全國人民的巨大的歷史任務之一。教育工作必須由黨來領導。我們的教育方針是，教育為無產階級的政治服務，教育與生產勞動結合。我們培養的是既有政治覺悟又有文化的、既能從事腦力勞動又能從事體力勞動的、為建設社會主義和共產主義服務的工人階級自己的知識分子。

高等工業學校中，除必須進行馬克思列寧主義的政治教育和思想教育，並安排學生進行生產勞動的機會，以求在實際生產勞動中得到思想和技術知識的提高外，在課程方面需要講授下列三類課程：政治課、理論和技術基礎課以及專業課。對培養機械製造工程的勞動者來說，這三類課程均具有重要的意義。

金屬工藝學是一門技術基礎課。在機械製造類各專業教學計劃的所有技術基礎課中，金屬工藝學是與生產勞動緊密配合的、不

可分割的一門工藝課。在其他的技術基礎課中都很少學習到具體的製造機器和零件的工藝知識，但這些實際生產的工藝知識對培養機械製造類專業的勞動者來說是最主要的基本知識，也是設計機器和零件的重要基礎；因此，金屬工藝學與生產勞動結合在一起，首先直接擔當了培養機械製造類各專業勞動者親自動手進行操作的實際工藝知識的任務。所以金屬工藝學這門課程必須與生產勞動密切結合起來，在生產勞動的同時進行講授，這樣才能使製造工藝的理論知識與實際生產結合。但是在廣播函授的教學方式中，這一點是較難全面作到的。雖然我們的學員同志們都在從事一定生產實際工作，但並不一定有機會能參加所有各種金屬加工工藝部門的工作，也不可能象一般學校似的有計劃地全面安排各種加工的生勞動實習，因此有必要組織學員同志們到就近的各種加工工廠或車間進行幾次參觀，這將有助於這門課程的學習。

金屬工藝學也為以後學習的其他基礎技術課和專業課奠定必要的基礎，特別是為完成機器零件課程設計奠定必需的工藝基礎。因為進行這個課程設計時，不僅要解決選擇零件的材料和毛坯種類，擬定零件製造方法等問題，而且要保證設計的零件應符合製造工藝和結構的要求，也即在設計零件的過程中，必須考慮到製造的工藝，力求減少製造上的困難和產品的缺陷，同時還應與實際生產的工人結合一起，考慮如何能經濟合理地、多快好省地製造出來。因此，金屬工藝學作為機械製造工藝的入門課，和生產勞動緊密配合在一起，對培養機械製造類各專業勞動者具有更重大的意義。

金屬工藝學課程講授內容中還包括有對任何專業勞動者都必須知道的一般技術知識，這些工程技術常識可擴大技術上的知識領域。

金屬工藝學這門科學是在歷代勞動人民所創造的技術方法，全積的經驗，和研究的理論等方面的基礎上發展起來的。我國古

代劳动人民在这些方面有过輝煌的成就。

根据历史上的記載和現今发掘的出土文物証明：我国早在上古新石器时代就已經有了銅。史記封禪书“黃帝采首山之銅，鼎鑄荆山下”。又“黃帝作宝鼎三，象天地人”。似乎在所謂三皇五帝时代，就己有了銅，但这只是后世傳聞，並沒有出土的古物証实。到殷朝（紀元前 1766—1122 年）我国銅的冶炼、鑄造及其加工等方面已相当发达了。不久前在河南安阳附近殷墟中发掘出大量銅器，其中有銅簋、銅范、銅鍋、銅觚、銅爵、銅鼎、銅戈、銅矛、銅針、銅錐、銅鏃、銅刀等，上面刻有花紋，并很精致，此外还有很多甲骨文字。在殷墟中还发掘出好多銅冶炼場的遺址，在这些地方，发现有銅器碎块、木炭、將軍盔、炼渣、銅鑄范和尚未冶炼的銅矿砂等。发掘出的最大的將軍盔（即炼銅炉）每次可炼銅达 12.5 公斤。根据出土文物，我們可以断言，我国在紀元前 1700 年左右，冶銅工业就已很发达。

到周秦战国时代，我国在炼鉄方面已大量开始了。

战国时（紀元前 400 年）用鉄的有力証明，是科学院古物研究所在 1950 年、1951 年、1952 年三次发掘河南輝县的战国时代古墓中所发现的大量鉄器。在一个大的古墓中就发掘出鉄犁、鉄鑿、鉄鋤、鉄鏟、鉄斧等鉄制工具和兵器共有 140 件，这些鉄器形式完整，銹蝕程度不到本器体的五分之一。又在此墓旁一个大灰坑中发掘出各种鉄器 99 件。这有力的証明，战国时我国已普遍应用鉄器了。

在热河兴隆还发掘出很多鑄鉄鋤范，銹蝕情况很少，这也証明我国早在战国时代鑄鉄工业就已相当发达。我国早在战国时代就已开始大量利用鉄器的事实，証明我国比世界其他国家早一千多年就由銅器时代轉入鉄器时代了。

此外战国时我国制劍技术已很高明，“干将”“莫邪”等名劍是

人所周知的。

到汉朝我国已出现了不少简单的机械，并且有了金属的机件，如湖南衡阳出土的人字齿轮，证明是东汉时的产物，这些人字齿轮，制作的已相当精致，彼此咬合很好。

明朝崇禎年間(1611—1644年)江西奉新人宋应星著“天工开物”一书，内载有冶铁、炼钢、铸钟、锻铁、造炮、淬火等各种金属加工工艺。足以证明我国早在十六七世纪时，在金属冶炼及加工方面均已有了很高的技术成就^①。

但由于我国长期处于封建社会制度统治之下，对劳动人民的创造，没有给予支持和发扬；近百年来在帝国主义入侵后，我国沦为半殖民地半封建的国家，更谈不上有什么创造性的成就，而形成工业远远落后的国家。

自从1949年全国解放，新中国成立后，在中国共产党和人民政府的领导下，在以苏联为首的社会主义阵营各兄弟国家大力帮助和支援下，全国工人阶级和全国人民积极努力，发挥优良的传统智慧，不仅在短短三年内(1949—1952年)恢复了过去的水平，并且在1956年就基本上提前一年完成了第一个五年计划。到1957年年底，我国工业总产值超过第一个五年计划指标17%左右。由于第一个五年计划的超额完成，我国社会主义工业化的基础已建立起来。我们建成了一系列的新工业部门，改变了我国过去在殖民地和半殖民地时期所造成的工业基础薄弱和残缺不全，互不配合的状态，使我国变为一个具有飞机制造业、汽车制造业、高效率机车制造业、新式机床制造业、冶金和矿山设备制造业及高级合金钢、重要有色金属冶炼业的国家。

金属加工的各种工艺，在第一个五年计划时期内，也得到了很

^① 上面所简述的中国古代劳动人民的成就，是根据北京钢铁学院石心图教授“中国古代冶金”科学报告的资料编写的。

大的提高，因而才有可能大大提高了我国机械制造能力，我国机器设备的自給能力已經能达到60%以上，金属材料的自給能力达到80%以上，所以才能建立起工业化的基础。这些成就是与金属加工工艺有着密切联系的。

1958年5月中国共产党第八届全国代表大会第二次会议向全国人民提出了：贯彻和执行党中央根据毛主席的创議而制定的鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线。争取在十五年，或者在更短的时间内，在主要的工业产品产量方面赶上或超过英国，争取提前实现“全国农业发展纲要”，为尽快地把我国建成一个具有现代工业、现代农业和现代科学文化的伟大社会主义国家而奋斗的号召。

全国人民在党的领导下，思想解放，干劲十足，正以排山倒海之势，向前跃进。目前各种工业中呈现的无数激动人心的生产大跃进奇迹，以及各种新创造的金属加工工艺方法，每日均有报道^①，这些情况使我们深深地感到生活在一天等于二十年的时代是多么幸福。我们是一天天好起来，敌人是一天天烂下去；东风压倒西风并将继续压倒西风；全国工农业大跃进，钢铁、机械等产量翻一番或几番，社会主义建设的伟大事业正在我国蓬勃开展。

1958年我国钢产量比1957年的535万吨，增加了一倍多，达到1,100万吨左右；机床产量也由1957年的28,000台增加到90,000多台。1958年我们这样高速度的飞跃发展，证明了党的以钢为纲，全面跃进的方针，中央工业和地方工业同时并举，大型企业与中小型企业同时并举，土法生产和洋法生产同时并举，以及集中领导与大搞群众运动相结合等方针，一句话，用两条腿走路的方针，是完全正确的。

① 祖国跃进情况一日千里，讲课教师可根据当时情况，补加更确切的资料。

党的八届六中全会提出：在 1959 年鋼产量将要增加到 1,800 万吨左右，其他产品也将增加很多。实现 1959 年的計劃，我国主要的工业产品：鋼鉄、銅鋁、机床、发电設备等产量就将分别接近、赶上或超过英国。

当然要实现 1959 年国民經济計劃，我們不仅要有冲天的干劲，还要有科学分析的精神。要認真提倡实干、苦干、巧干的精神。因此，要大搞技术革命，改进技术措施，这些措施是与金属加工的工艺分不开的。

在 1958 年的大跃进中，我国机械工业广大职工曾經創造了一系列金属工艺方面的重大技术經驗：例如电炉熔炼中多装快炼的“茶壶煮猪头”的操作經驗；在冷加工方面利用小机床干大活的“螞蟻啃骨头”的加工方法；以电渣焊为中心的“化大为小，拼小成大”解决大鍛件不足的經驗；以推广使用球墨鑄鉄为中心的“以鉄代鋼，以鑄代鍛”等經驗。这些对解决大型加工設备不够和大型鑄鍛件不足的困难，起了很大的作用，使許多原来只能生产小型产品的工厂制造出大量的各种重型設备。这些金属工艺方面的重要經驗，今后都应大力推广。此外，冲、压、挤、拔、軋和精密鑄造、精密鍛造等不用切削的金属工艺先进方法，也应大大推广和发展。

另外从国际上看，社会主义国家的工业发展也远远超过資本主义国家，自从苏联三顆人造地球卫星和第一个太阳系人造行星上了天，使許多資本主义国家的科学家，特别是美国的科学家也不得不承認苏联的科学和工业技术大大地超过了美国。苏联工业发展速度和美国比較：从 1913 年到 1958 年苏联工业生产增加了 35 倍，而美国在同时期却只增加了三倍。目前苏联的工业生产正以更快的步伐向前跃进，而美国和其他資本主义国家則在不断的衰退。

从上面所談的我国和苏联社会主义和共产主义建設的发展情

况来看，起决定作用的是鋼鐵冶炼和机械制造工艺的发展速度的問題。因此加快这两大元帅的发展速度，除了要有党的正确领导外，还要发动群众运动开展技术革命，改进和发展金属加工的工艺，将冲天干劲和科学知識結合一起，这将会起很重要的作用。金属工艺学这门課程作为机械制造工艺的基本知識來說，对培养建設社会主义和共产主义工业的劳动者們，更具有重大的意义。

第一篇 金属冶炼

从天然的化合物——矿石——中提炼金属，及进一步的加工，使其具有一定的机械、物理及工艺性质，这种科学称为“冶金”。

§1. 引言

金属在工业上可分为黑色金属与有色金属两类。

黑色金属包括铁、锰和铬等金属，主要是铁碳合金（钢铁）。常见的铁碳合金又分为：工业铁、生铁（铸铁）和钢。在高炉中把铁矿石还原而炼成的铁，称为生铁。生铁重新熔化后制成铸件，称为铸铁。生铁或铸铁的含碳量大于2.0%，一般在2—4.5%之间。生铁又可在炼钢炉中用氧化的方法炼去大部分的碳和其他杂质，而成为含碳量在2.0%以下的铁碳合金，称为钢。其中含碳量自0.1—1.4%的钢，其强度、塑性和韧性均较好，可以锻。在精炼炉用特殊的方法可炼成的含碳量在0.08%以下的铁碳合金，称为工业铁。

有色金属是指除去钢铁之外的所有金属，常见的有色金属又分为：轻金属——铝、镁；特种金属——钨、钼、镍、钒、钛、钴、锡、锑、汞和铋等金属，它们储藏量较少，多用作冶炼合金钢、铁合金及其他有色合金的附加合金元素；贵金属——金、银和铂等；放射性金属——镭、钋和铀等；以及稀土金属——铈和钽等。

这里只介绍重要而常用的铁、钢、铜、铝等金属的冶炼，其他金属因与机械制造直接关系较少，就不介绍它们的冶炼方法了。

我国钢铁冶炼工业发展情况

优先发展重工业是我国社会主义建设的基本方针，钢铁工业