



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

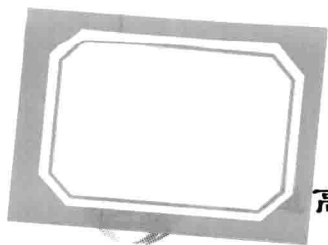
金属压力加工概论

(第3版)

李生智 李隆旭 主编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



高等教育“十二五”规划教材

金属压力加工概论

(第3版)

李生智 李隆旭 主编

北 京
冶 金 工 业 出 版 社

2014

内 容 提 要

本书按照本科教学的特点和要求,以“加强理论,突出应用,强调理论联系实际,有利于培养学生应用能力”为指导思想,本着理论与应用并重的原则,吸收相关图书的精华,尽可能使书中的内容接近学科的前沿,力求反映该学科目前的发展水平。全书共分14章,内容覆盖面广,结构严谨,层次清晰。内容涉及金属成型,压力加工实质,变形力学,金属学,摩擦学,轧制理论,轧钢工艺,钢坯、型线材、板带钢、钢管的生产,有色金属压力加工,产品标准、质量检验及技术经济指标,新技术介绍,后续管理。

本书可供材料成型,金属材料,冶金,机械制造,管理等专业的师生参考使用,还可供相关行业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属压力加工概论/李生智,李隆旭主编. —3版. —北京:冶金工业出版社,2014.8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6688-6

I. ①金… II. ①李… ②李… III. ①金属压力加工 IV. ①TG3

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第184814号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 郭冬艳 程志宏 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 禹蕊 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6688-6

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京印刷一厂印刷

1984年11月第1版,2005年11月第2版

2014年8月第3版,2014年8月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;15.25印张;370千字;231页

32.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgy.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

第3版前言

《金属压力加工概论》1984年11月首次出版，于2005年11月再版，该书自出版发行以来，得到相关专业师生和广大工程技术人员的一致好评。至2012年1月本书已印刷12次；累计印数近30000册。读者反映该书基础知识完整，系统性强，理论联系实际，简明、通俗、实用。到现在为止，可以说它是金属压力加工领域中内容较为齐全、充实的一本书。

本次修订是在保持原版体系的前提下，局部修正并补充有关内容。本书主要包括：金属压力加工基础知识、金属压力加工理论基础、轧制理论基础、轧钢生产工艺、有色金属加工工艺、金属压力加工产品的后续管理等，并在各章前面加了章节要点，各章的后面增加本章小结，更便于教学，满足师生的要求。

本书既可作为高等学校教学用书，也可供相关工程技术人员和管理人员参考。本书取材实用性强、内容涉及面广，对从事信息交流、技术开发以及质量检验等工作的人员也有参考价值。

本次修订由李生智、李隆旭主编。参加修订的编者包括于国安（第一、十一章），李隆旭（第四、六、八、十、十二、十三、十四章）和李生智（第二、三、五、七、九章）。李峻辉、李欣玮参与了本次修订的校对、资料收集等工作。

由于编者水平有限，书中不足之处，敬请读者批评指正。

第3版编者
2013年10月

第2版前言

本书于1984年11月出版发行以来,受到相关专业师生和广大工程技术人员欢迎。修订前本书已印刷7次,累计印数21500册。读者反映该书基础知识完整,系统性较强,理论联系实际。但随着时间的推移,书中部分内容也需要进行适当的增减与修订。

本次修订是在保持原版体系的前提下,调整和增加了个别章节,精化和补充了有关内容,例如新增了第四章金属压力加工的摩擦学基础、第十一章有色金属压力加工和第十三章金属压力加工简史及其新技术的发展等内容。本书可作为高等学校教学用书,也可供有关工程技术人员和管理干部参考。本书第2版的取材实用性更强、内容涉及面更广,这不仅满足了教学、生产、消费领域的需要,而且对信息交流、技术开发以及内贸、外贸的质量检验也是必不可少的。

本次修订由李生智任主编,李隆旭任副主编。参加修订的编者包括于国安(第一、十一章),李隆旭(第四、六、八、十、十二、十三章)和李生智(第二、三、五、七、九章)。

由于编者水平有限和时间仓促,书中定会有不少缺点和错误,敬请读者给予批评指正。

第2版编者
2005年8月

目 录

第一章 金属的成型及金属压力加工基本知识	1
第一节 金属及金属元素	1
一、金属	1
二、金属元素	1
三、常用的金属简介	2
第二节 金属的成型方法	5
第三节 金属压力加工过程的实质及主要方法	6
一、轧制	6
二、锻造	7
三、冲压	7
四、拉拔	7
五、挤压	8
第四节 金属压力加工在国民经济中的作用及其发展	8
本章小结	10
课后思考与习题	10
第二章 金属压力加工的变形力学基础	11
第一节 外力、内力和应力	11
一、外力	11
二、内力	12
三、应力	12
第二节 应力状态和主应力图示	13
一、应力状态	13
二、主应力图示	13
三、影响主应力状态、主应力图示的因素	14
第三节 主变形和主变形图示	15
一、主变形	15
二、主变形图示	17
第四节 弹性变形和塑性变形	17
一、弹性变形	17
二、塑性变形	19
第五节 塑性变形的不均匀性	19

一、变形和应力不均匀分布的原因	19
二、附加应力和基本应力	22
三、不均匀变形引起的后果	23
本章小结	24
课后思考与习题	24
第三章 金属压力加工的金属学基础	25
第一节 金属的塑性变形机构	25
一、单晶体塑性变形	25
二、多晶体的塑性变形	26
第二节 加工过程中的硬化和软化	28
一、加工硬化过程	28
二、加工软化过程	30
第三节 金属的冷变形和热变形	31
一、冷变形	31
二、热变形	32
三、不完全冷变形	32
四、不完全热变形	33
第四节 金属的塑性	33
一、金属塑性的概念	33
二、塑性指数	33
三、影响金属塑性的因素	34
本章小结	36
课后思考与习题	36
第四章 金属压力加工的摩擦学基础	37
第一节 金属压力加工中的外摩擦特点	37
第二节 金属压力加工中的外摩擦种类及其影响	37
一、金属压力加工中的外摩擦种类	37
二、外摩擦对金属压力加工过程的影响	38
第三节 金属压力加工中的外摩擦有效利用	38
第四节 金属压力加工中的工艺润滑	39
一、工艺润滑的目的及其作用	39
二、工艺润滑剂	40
本章小结	42
课后思考与习题	42
第五章 轧制理论基础	43
第一节 纵轧时变形区和变形的表示方法	43

一、纵轧时的变形区	43
二、纵轧时变形的表示方法	43
第二节 纵轧时轧辊咬入轧件的条件	46
一、平辊轧制矩形断面轧件的咬入条件	46
二、孔型中轧制时的咬入条件	49
三、改善咬入条件的途径和方法	50
第三节 纵轧时的轧制压力和传动力矩	53
一、纵轧时的轧制压力	53
二、纵轧时的传动力矩	56
第四节 斜轧时的孔腔形成	59
第五节 斜轧穿孔过程轧件运动学特点	61
本章小结	62
课后思考与习题	62
第六章 轧钢生产工艺的基本问题	63
第一节 轧制钢材的品种、用途和产量	63
一、型钢	63
二、板带钢	65
三、钢管	65
第二节 轧钢机	66
一、轧钢机的基本组成	66
二、轧钢机的分类	68
第三节 轧钢生产系统及工艺流程	72
一、轧钢生产系统	72
二、轧钢生产工艺过程	75
第四节 原料准备及加热	76
一、原料的准备	76
二、原料的加热	77
三、加热缺陷及其防止	78
第五节 轧制制度的确定	79
一、变形温度的确定	79
二、变形程度的确定	80
三、变形速度的确定	80
本章小结	80
课后思考与习题	80
第七章 钢坯和型、线材生产	81
第一节 钢坯生产	81
一、初轧机的产品类型和生产工艺	82

二、三辊开坯机的生产工艺	88
三、钢坯连轧机	89
第二节 型钢生产	90
一、型钢生产的一般概念	90
二、热轧型钢生产	92
三、冷弯型钢生产简介	99
第三节 线材生产	101
一、线材的品种及其发展	101
二、线材的生产工序和车间布置	101
三、线材生产特点	103
本章小结	106
课后思考与习题	106
第八章 板带钢生产	107
第一节 板带钢生产的一般概念	107
一、板带钢生产在国民经济中的地位	107
二、板带钢的分类	108
三、板带钢产品的技术要求	109
第二节 热轧厚板带钢(中厚板)生产	110
一、中厚板轧机的型式及其布置	110
二、中厚板生产工艺过程	113
第三节 热轧薄板带钢生产	117
一、热连轧带钢生产	117
二、热轧薄板带钢生产的其他方法	121
第四节 冷轧板带钢生产	123
一、冷轧板带钢生产的技术问题	123
二、冷轧板带钢生产工艺过程	126
本章小结	131
课后思考与习题	131
第九章 钢管生产	132
第一节 钢管生产的一般概念	132
一、热加工无缝钢管的生产方法	135
二、冷加工无缝钢管的生产方法	136
三、焊管生产	136
第二节 自动轧管机组的工艺及设备	136
一、管坯的准备	137
二、管坯的定心	137
三、管坯加热	138

四、穿孔	141
五、轧管	144
六、均整	146
七、定径和减径	147
八、钢管的精整	148
第三节 热轧无缝钢管的其他生产方法	148
一、周期式轧管法	148
二、连续式轧管机组	150
三、三辊式轧管机组	150
四、顶管机组	151
五、热轧无缝钢管生产的几种新方法	152
第四节 冷轧无缝钢管生产简介	153
一、冷轧钢管	153
二、冷旋压法	155
第五节 焊接钢管生产	155
一、炉焊钢管生产	156
二、电焊钢管	157
本章小结	159
课后思考与习题	159
第十章 金属压力加工的其他方法	160
第一节 锻造生产的应用范围、特点及其基本方法	160
一、锻造生产的应用范围和特点	160
二、锻造的基本方法	161
第二节 冲压生产的应用范围、特点及其基本方法	162
一、冲压生产的应用范围和特点	162
二、冲压的基本方法	162
第三节 拉拔生产的应用范围、特点及其基本方法	164
一、拉拔生产的应用范围和特点	164
二、拉拔的基本方法	164
第四节 挤压生产的应用范围、特点及其基本方法	165
一、挤压生产的应用范围和特点	165
二、挤压的基本方法	166
本章小结	167
课后思考与习题	167
第十一章 有色金属压力加工	168
第一节 轻金属铝的典型加工工艺	168
一、铝及其合金板带材轧制工艺	168

二、铝及其合金型材挤压工艺	171
第二节 重金属铜的典型加工工艺	173
一、铜及其合金板带材轧制工艺	173
二、铜及其合金棒材挤压、拉拔工艺	175
第三节 稀有金属的生产工艺	176
一、稀有金属的加工方案比较	176
二、稀有金属管材生产工艺流程	178
本章小结	180
课后思考与习题	180
第十二章 金属压力加工产品标准、产品质量检验和技术经济指标	181
第一节 金属压力加工产品标准和技术要求	181
一、变形钢及其合金的产品标准	181
二、有色金属及其合金压力加工的产品标准	186
第二节 产品质量检验	188
一、产品外形尺寸超差及其检测	188
二、产品缺陷及其理化检验	188
三、产品性能检验	191
第三节 各项技术经济指标	191
第四节 提高轧机产量、改善产品质量和降低产品成本	200
一、提高轧机产量的途径	200
二、改善产品质量,降低各项消耗系数的方法	201
三、降低产品成本的措施	201
本章小结	202
课后思考与习题	202
第十三章 金属压力加工简史及其新技术的发展	203
第一节 金属压力加工简史	203
第二节 金属压力加工新技术的发展	204
一、连铸连轧技术	204
二、液态铸轧技术	205
三、粉末轧制技术	206
四、金属压力加工特殊方法	207
本章小结	212
课后思考与习题	212
第十四章 金属压力加工产品的后续管理	213
第一节 产品的存放和保管	213
一、产品的存放	213

二、产品的保管	216
第二节 产品的养护处理	218
一、金属锈蚀的特征	218
二、产品的养护处理	219
第三节 金属的危害常识	221
一、金属的危害	221
二、预防金属中毒	222
本章小结	223
课后思考与习题	223
附 录	224
附录 1 金属元素分类	224
附录 2 钢铁产品名称及符号	225
附录 3 铁、铸钢产品牌号表示方法举例	226
附录 4 有色金属与合金名称及其汉语拼音字母的代号	226
附录 5 有色金属与合金产品状态、表面特性及其汉语拼音字母的代号	227
附录 6 有色金属及合金加工、铸造产品牌号表示方法举例	227
参考文献	231

第一章 金属的成型及金属压力加工基本知识

金属材料，尤其是金属压力加工产品，在日常生活中到处可见，在好多地方都是不能缺少的重要物质。人们的衣、食、住、行，都要接触到金属，都在对其的使用中受益。

本章简要介绍了金属、金属元素、金属的成型方法、金属压力加工过程的实质及主要方法，以及其在国民经济中的作用。

第一节 金属及金属元素

一、金属

在自然界，金属一般是以氧化物、硫化物、碳酸盐等化合物的形式出现，也有以金属状态出现的，如金、铂等贵金属和铜，但数量极少。人们通常是将矿石开采出来，通过冶炼提取金属及其合金，再进行加工使用。

众所周知，金属在常温下是原子有规律排列构成的固态晶体。它除具有一定的形状外，还有坚硬性、塑性（延展性）和特殊的光泽，是热、电的良导体。也有例外，如水银不是固态晶体，铋并不具有良好的塑性，铋、镓的导电性还不如非金属石墨。

上述的传统说法，显然还没有完全揭示出金属与非金属之间的本质差别。比较严格的定义，则要深入金属的原子结构及原子的结合方式的研究领域。在这里，传统说法实际上是基本知识，通俗地表述了金属的含义。

二、金属元素

通常把金属分为黑色金属和有色金属两大类（见附录1）。在化学元素周期表中，化学元素共109种，金属元素共列出86种，其中黑色金属元素3种，有色金属元素83种。

黑色金属亦称“铁类金属”，所含主要成分是铁，包括铁、锰、铬及其合金，还含有碳、硅、硫、磷等元素。实际上也是铁、碳与其他多种元素组成的合金，又称“铁碳合金”。一般呈黑色，故称其为黑色金属，习惯上把黑色金属统称为“钢铁”。

钢和铁是有区别的，其含碳量多少决定它们的特性。常说“铁硬钢强”，实际含碳量高的铸铁坚硬但脆，可铸造成形状更为复杂的产品；含碳量比铸铁低的钢（尤其合金钢）强韧性高、塑性好，使用更为广泛。

有色金属亦称“非铁金属”，具有更多特殊的性能，诸如高强度、高导电性、高耐蚀性、高耐热性等。在机电、仪器仪表等使用的特殊材料大都是有色金属。在航空、航天、

航海、原子能等工业部门,对有色金属的使用量更大。电子、光学领域、卫星、导航系统、超导材料、真空器件等都离不开有色金属这种专用、独特的材料。

有色金属包括轻金属、重金属、稀有金属、贵金属、半金属等。依其特殊的功能,在要害部门和尖端技术上发挥着极大的作用。

三、常用的金属简介

(一) 黑色金属部分

1. 铁

铁通常是指含有碳、硅、锰、硫、磷等元素组成的铁碳合金,工业上应用的有铸铁(生铁)和工业纯铁(熟铁)两种,其密度为 7.86g/cm^3 ,熔点为 1538°C 。

(1) 铸铁。又称生铁,含碳量大于 2.0% 的铁碳合金。铸铁是冶金厂的重要初级产品,大部分用于炼钢,另一部分用来生产铸铁件。铸铁是机器制造业的结构材料,其重量一般占机器总重量的 $60\% \sim 70\%$ 。

(2) 工业纯铁。又称熟铁,碳含量低于 0.04% 的铁碳合金。其铁含量约 99.9% ,也称为无碳钢,实际上可以说成是低碳钢。工业纯铁的磁性很好,是制造电工器件的常用材料,有很好的塑性、耐热性、耐蚀性和焊接性,因此可用于深冲。

2. 钢

钢也是铁碳合金,通常是指碳含量在 $0.04\% \sim 2.0\%$ 之间的铁碳合金。钢是用生铁或废钢为主要原料,根据不同性能要求,配加一定的合金元素冶炼而成,经过轧制等金属压力加工过程,获取国民经济各领域所需要的钢材。人们更习惯按化学成分把钢分为碳素钢与合金钢两类。

(1) 碳素钢。碳含量为 $0.04\% \sim 1.35\%$,并有硅、锰、硫、磷及其他残余元素的铁碳合金,简称碳钢。碳钢的产量占全部钢产量的 90% 左右,是用途最广、产量最大的金属。

(2) 合金钢。在钢水中特意加入不同化学元素的合金化过程,获得特殊的工艺性能(如铸造性、焊接性、热处理性、切削性、深冲性等)和使用性能(如强度、硬度、韧性、耐热性、耐蚀性、耐磨性等)稳定、优良的钢即为合金钢。钢的合金化过程,一是改变了钢的组织 and 结构;二是改变了钢的物理和化学性能。合金化所用的化学元素称为合金元素,常用的合金元素有十多种:碳、氮、铝、硼、铬、钴、铜、锰、钼、镍、铌、硅、钛、钨、钒、锆、稀土等。锰、铬是钢铁中主要且含量偏多的组成元素,也是作为合金元素加入其中的。

(二) 有色金属部分

1. 轻金属

密度小于 3.5g/cm^3 的金属称为轻金属(国外把密度为 4.5g/cm^3 的金属也称为轻金属),轻金属通常包括铝、铝合金、镁、镁合金及以铝、镁为基本的粉末冶金材料和复合材料,还有铍、锂等。轻金属,质轻且可节省能源,能回收再生而节省资源,是极为有用的金属。其使用范围在宇航、交通运输、建筑、机电工业、包装和高新技术产业方面逐渐扩大,和钢铁一样,已是重要的基础金属材料。

(1) 铝。密度为 2.7g/cm^3 ,熔点 660.24°C ,是主要的轻金属。密度小,约为钢的

1/3, 添加该成分后可使产品轻量化, 塑性好易加工。具有耐腐蚀、无低温脆性、导电导热性好、反射性强、有吸音性、耐核辐射、表面处理性能好等特点, 使其广泛使用在包装、交通运输、建筑工程领域。

(2) 镁。密度为 1.73g/cm^3 , 熔点 649°C , 是银白色金属。镁的强度比铝低, 塑性差, 但有良好的切削加工性能和抛光性能, 镁可用于化学工业、仪器仪表制造及军事工业。镁还可作生产球墨铸铁的球化剂, 炼钢的脱硫剂, 有机化合物的合成剂。镁易于燃烧, 并发出高热及耀眼的火焰, 因此可用来制作照明弹、燃烧弹和焰火。镁更多的用途是制造镁合金和生产含镁的铝合金。

2. 重金属

密度大于 3.5g/cm^3 (国外大于 4.5g/cm^3) 的金属称为重金属 (有的可达 $7\sim 12\text{g/cm}^3$), 铜、镍、铅、锌、锡、镉等金属及其合金皆属重金属。重金属使用的历史悠久, 如今的产量也高, 仅次于钢铁, 居金属中的第二位。

(1) 铜。密度为 8.96g/cm^3 , 熔点 1083.4°C , 红黄色金属。铜具有优良的导电导热性能, 有较好的耐蚀性; 工艺性能好, 能承受大变形量 (90%) 的冷变形而不破裂等。铜是人类最早发现和使用的金属之一, 中国在新石器时代就开始用铜。

(2) 镍。密度为 8.9g/cm^3 , 熔点 1445°C 。力学性能优良, 有特殊的物理性能 (铁磁性、磁致伸缩性等), 有良好的化学稳定性, 是耐蚀性最好的金属之一。大量用来制造不锈钢、软磁合金和多种镍基合金等。

(3) 锌。密度为 7.14g/cm^3 , 熔点 419.5°C 。锌有较好的耐蚀性和力学性能, 一般经压力加工后可成板、带、箔、线材, 用于机械、仪器仪表工业的零件制造等。

(4) 铅。密度为 11.68g/cm^3 , 熔点 327.4°C 。铅具有熔点低、塑性好、耐蚀性高、X射线和 γ 射线不易穿透等优点。在室温状态下进行压力加工不产生加工硬化, 说明其压力加工性能是极好的。广泛用于化工、电缆、蓄电池和放射性等工业部门。

(5) 锡。密度为 7.3g/cm^3 , 熔点 231.9°C 。锡的熔点低、强度硬度低、塑性好 (经冷加工后不产生明显的加工硬化), 用于电器、仪器仪表等工业部门的零件制造。

(6) 镉。密度为 8.64g/cm^3 , 熔点 320.9°C 。镉的塑性好、强度低, 易在热、冷状态下经压力加工成板材和型材, 用于无线电、核能等工业部门。镉的化学活泼性不大, 且能在表面形成保护层, 防止其被腐蚀。以镉为基本的合金很少, 一般作为添加元素配制合金。

3. 稀有金属

顾名思义, 可以理解是稀缺少有的金属。相比之下, 稀有金属种类繁多, 诸如稀有轻金属、高熔点金属、分散金属、稀土金属、放射性金属等。

(1) 稀有轻金属。以铍为例, 铍具有优异的性能。由于生产工艺复杂、加工困难、价格昂贵且有毒, 则应用数量有限。除高新技术领域 (如核技术) 应用外, 还有铍合金 (如铍铝合金、铍铜合金、铍镍合金) 及铍/钛复合材料等, 都在开发和应用之中。

(2) 高熔点金属。高熔点金属俗称难熔金属, 其熔点超过 1650°C 。难熔金属在稀有金属中, 是最为广泛应用的金属, 由于航空、航天、电子和原子能技术发展的需要, 促进了难熔金属材料及其加工技术的发展。人们常接触到的钨、钼、钛等, 皆属典型难熔金属, 应用极为广泛。

1) 钨。密度为 19.25g/cm^3 ，熔点 3410°C ，银白色金属。钨以纯金属、合金及复合材料的形式广泛用于电光源和电子管的灯丝、电极、电触点、真空高温炉部件、火箭喷管等，还大量用作硬质合金、工具钢、耐热钢之中。

2) 钼。密度为 10.22g/cm^3 ，熔点 2610°C 。钼的应用较广，用作灯泡和电子管中钨丝的支撑材料，还可用作钨丝的缠绕芯杆、压铸和挤压模具、钻或镗的刀杆、火箭发动机的喷管等。

3) 钛。国外亦归类为稀有轻金属，密度为 4.5g/cm^3 ，熔点 1667°C 。钛具有密度小、强度高、耐热、耐蚀性能优良等特性，适用制造航空、航天、航海装备的承力件，化学和海洋工业的耐蚀件，医疗器械和人体整形支架等。

(3) 分散金属。分散金属在自然界中几乎没有单独以矿物的形式存在，它们在地壳中很分散，往往是从冶金和化工的废料中提取。以铟为例，由铟和砷（半金属）构成的化合物半导体材料（砷化铟），常温呈银灰色固体，密度为 5.66g/cm^3 ，熔点为 942°C 。砷化铟（InAs）可在常压下由熔体生长单晶，是一种难以纯化的半导体材料。其性能独特，应用越发广泛，如制造光纤通信用的激光器和探测器等。

(4) 稀土金属。稀土金属在开发初期只能获得外观似碱土（如氧化钙）的稀土金属氧化物，故起名“稀土”。以钕为例，钕、铁、硼（半金属）为基相的稀土永磁合金，具有十分优异的永磁特性，钕铁硼（ $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ）永磁合金也被称之为第三代稀土永磁合金，故被极力开发应用。

(5) 放射性金属。如镭、铀等金属，多用于原子能工业等极其特殊的地方，一般人是接触不到的，这里也就不介绍了。

4. 贵金属

金、银和铂等金属都能抗化学变化，不易氧化并保持美丽的金属光泽，产量少而价格昂贵，故统称为贵金属。

(1) 金。纯金密度为 19.32g/cm^3 ，熔点 1064.4°C 。金有美丽的金黄色光泽，化学稳定性很高，有良好的抗氧化性，加热时不变色，有优越的抗腐蚀性。大部分的黄金都被用于制造首饰、金币和奖章等。金的放射性同位素，可在医学诊断和治疗疾病方面得到应用。近年来由于微电子和通信技术的发展，在该领域中用金量也有较大的增长。

(2) 银。密度为 10.49g/cm^3 ，熔点 961.93°C ，是一种白色金属，具有极强的金属光泽。银在所有金属中，对白色光线的反射性能最好，导电热性最高。银在贵金属中，密度小，熔点低，产量大，价格便宜。多用于银器及装饰品，银币和奖章，感光材料，用于饮用水消毒以及合成杀菌和抗病毒的药物等。

(3) 铂。密度为 21.45g/cm^3 ，熔点 1770°C 。铂与金、银相比，发现和使用较晚且产量稀少，称为稀有贵金属。铂具有良好的力学、电学和热学性能，又有优异的抗菌素氧化、耐腐蚀能力及催化活性。被广泛用于电工、电子、航空、航天、航海、轻工、仪器仪表、玻璃纤维、环保等众多领域。饰品材料约占其总用量的 40%，其他如测温材料、器皿材料、铂催化剂、抗癌药物等。

5. 半金属

半金属一般指硅、砷、硒、碲、硼，其物理化学性质介于金属与非金属之间。如砷是非金属，但可传热导电；硅是电导率介于导体与绝缘体之间的半导体主要材料之一；砷、

硒、碲可以化合物的形式构成半导体材料；硼是合金的添加元素。以半金属元素或化合物构成半导体材料，如硅和硒化锌。

(1) 硅。密度为 2.329g/cm^3 ，熔点 1410°C ，具有灰色金属光泽，较脆，硬度稍低于石英。硅是最主要的半导体材料，包括硅单晶、硅多晶、硅片、非晶硅薄膜等，可用于制备半导体器件。以硅为主要合金元素生产硅黄铜、硅青铜，硅黄铜具有较高的力学性能，能很好地承受压力加工，在大气和海水中有很好的耐蚀性，且比一般黄铜有较高的抗应力和腐蚀破坏能力；硅青铜的力学性较锡青铜高，可作锡青铜的代用品。

(2) 硒化锌。由硒和锌构成的化合物半导体材料（硒化锌），密度为 5.42g/cm^3 ，熔点为 1500°C ，呈浅黄色晶体。它是化合物半导体中可以发出从黄到蓝一系列可见光的发光材料，也是重要的红外光学材料。

第二节 金属的成型方法

金属的成型方法归纳起来有以下几种。

(1) 减少质量的成型方法。即将质量较小的金属去除一部分质量而获得一定形状及尺寸的工件。属于这种方法的有：车、刨、铣、磨、钻等金属切削加工；把金属局部去掉的冲裁与剪切、气割与电切；把金属制品放在酸或碱的溶液中蚀刻成花纹等蚀刻加工。

其优点是能得到尺寸精确，表面光洁，形状复杂的产品；缺点是原料消耗量大，能量消耗大，成本高、生产率较低，不会对金属的结构和性质带来改善。

(2) 增加质量的成型方法。即由小质量的金属逐渐积累成大质量的产品。属于这种方法的有铸造，电解沉积，焊接与铆接，烧结与胶结等。

其优点在于能获得形状更为复杂的产品，成型过程中除技术因素外没有产生废品的条件，原料消耗少，故较为经济；缺点是力学性能较低，且存在难以消除的缺陷，如铸件中存在组织及化学成分不均匀，有缩孔、砂眼、偏析及柱状结晶等缺陷。沉积法没有铸造缺陷，但沉积合金还不能被广泛应用。

(3) 质量保持不变的成型方法。即金属本身不分离出多余质量，也不积累增加质量的成型方法。这种方法是利用金属的塑性，对金属施加一定的外力作用使金属产生塑性变形，改变其形状和性能而获得所需的产品。这就是所谓轧制、锻造、冲压、拉拔、挤压等金属压力加工的方法，其中轧制是金属压力加工中使用最广泛的方法。

这种方法的优点是：

1) 因为是无屑加工，故可节省金属。除工艺原因所造成的废料以外（如切头尾、氧化铁皮等），加工过程本身是不会造成废料的。

2) 金属塑性变形过程中使其内部组织以及与之相关联的物理、力学等性能得到改善。

3) 产量高，能量消耗少，成本低，适于大量生产。

该法的不足之处有：

1) 对形状要求复杂，尺寸精确，表面十分光洁的加工产品尚不及金属切削加工方法。但由于压力加工方法的产量高、性能好、成本低，故对一些要求不特别高的工件有取而代之的趋势，如齿轮和简单周期断面工件的轧制、冲压和挤压等。

2) 该法仅能用于生产具有塑性的金属，在成本上和形状复杂程度方面，该方法远不