

# 工程材料

## 及

# 金属热加工基础

金南威 主编

航空工业出版社



# 工程材料及金属热加工基础

金南威 主编

航空工业出版社

1995

## 内 容 提 要

本书为教学用书，共分十七章，主要内容有工程材料（金属材料、非金属材料）及热加工工艺（铸造、压力加工、焊接）两方面。另外还分别介绍了金属的表面防护、粉末冶金、胶接及常用金属零件的缺陷探伤等内容，并在附录中附有实验说明。

本书中主要的名词术语后面直接附有英语词汇，以方便学生学习专业英语。

本书可作为工科大、中专学校机械类及近机械类专业教材（编有部分选讲内容，可供调整专业及教学层次需要），亦可供工厂技术人员、工人学习参考使用。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

工程材料及金属热加工基础/金南威主编. —北京:  
航空工业出版社, 1995.6

ISBN 7-80046-877-1

I. 工… II. 金… III. ①工程材料②金属-热处理-  
工艺IV. ①TB3②TG156

中国版本图书馆CIP数据核字 (94) 第16130号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

1995年6月第1版

1995年6月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 26.875 字数: 651千字

印数: 1—1000

定价: 22.00元

## 前 言

本书是根据原航空航天工业部批准的“工程材料及金属热加工基础”课程教学大纲基本要求，由原部教材编审室组织部属四所学校共同编写而成的，可用于工科中专学校作为机械类及近机械类专业教材，亦可增加书中选讲部分内容，调整教学深度和要求以作为大专教材使用（书中以\*表示）。

本书的主要内容之一工程材料部分包括金属的力学性能、金属学基础、热处理基本理论及工艺、金属的塑性变形、金属材料、非金属材料、零件失效及选材等，另一部分主要内容热加工工艺部分包括铸造、压力加工及焊接。为培养应用型技术人员，充实其相关的专业知识，另有专门章节介绍金属的表面防护、粉末冶金、胶接及常用金属零件的缺陷探伤等内容。

本书与同类教材比较，有以下几点不同处：

1. 金属学部分按“先结晶，后有晶体结构”原则，先分别介绍纯金属及合金的结晶，后叙述它们各自的晶体结构。

2. 二元合金相图在合金的结晶章节内仅予以简单的介绍，相图内合金结晶过程的分析直接放在铁碳合金相图中进行。

3. 鉴于目前及今后机械零件使用金属材料有在向“高、新、优”方向发展的趋势，以及国防工业特别是航空航天工业的特点，故编写中适当增加了合金钢、高温合金、铝合金及钛合金等材料方面的篇幅。对热处理及热加工方面出现的新技术、新工艺也给予一定的介绍。

4. 考虑到正在迅速发展的工程非金属材料到21世纪后会越来越多地替代金属材料的情况，本书充实了“工程非金属材料”章节内容，加强了高分子聚合物的基础理论和复合材料方面的叙述。

5. 将原单一的硬度实验取消，将其与“铁碳合金显微组织观察”实验合并为“铁碳合金综合分析”实验。使学生通过测试和组织观察，进一步把铁碳合金成分、组织与性能三者之间的关系密切联系起来。

6. 本书中主要的名词术语后面直接附有相对照的英语词汇，以方便学生学习专业英语。

本书由西安航空技术高等专科学校金南威高级讲师主编。北京航空航天大学田永江教授、徐修成副教授主审。

全书由金南威编写绪论、第一、二、三、四、九章及附录，成都航空技术高等专科学校戈连仲讲师编写第五、六、七、十一章，大庸航空工业学校田庆若高级讲师编写第八、十、十四、十五、十六、十七章，上海航空工业学校莫丽君讲师编写第十二、十三章。

希望本书的出版能为航空工业系统的大、中专学校提供一本比较合适的教材，也为其他工科大、中专学校提供可选用的教材。

编者

1994年7月

# 目 录

绪论	(1)
第一节 材料的发展推动了社会的进步	(1)
第二节 我国材料及热加工的发展	(1)
第三节 本课程的教学内容以及目的和任务	(3)
<b>第一章 金属的力学性能</b>	<b>(4)</b>
第一节 强度、刚度与塑性	(4)
一、强度	(4)
二、刚度	(5)
三、塑性	(6)
第二节 硬度	(7)
一、布氏硬度	(7)
二、洛氏硬度	(9)
三、维氏硬度	(9)
*四、其他硬度	(10)
第三节 冲击韧性	(11)
一、大能量一次冲击	(11)
二、小能量多次冲击	(12)
第四节 疲劳强度	(13)
一、疲劳现象	(13)
二、疲劳强度	(14)
三、提高疲劳强度的方法	(14)
第五节 断裂韧性简介	(15)
一、断裂韧性概念的建立	(15)
二、断裂韧性 $K_{IC}$ 的测定	(15)
三、断裂韧性的 $K_{IC}$ 应用	(16)
习题与思考题	(16)
<b>第二章 金属的结晶与晶体结构</b>	<b>(18)</b>
第一节 金属的结晶	(18)
一、纯金属的结晶	(18)
二、合金的结晶	(22)
第二节 纯金属的晶体结构	(24)
一、晶体结构的基本概念	(24)
二、典型的金属晶格类型	(25)
*三、原子排列的紧密程度	(27)

四、实际金属的内部结构.....	(27)
第三节 合金的晶体结构.....	(30)
一、基本概念.....	(30)
二、固溶体.....	(31)
三、金属化合物.....	(33)
四、合金中相的组成.....	(35)
习题与思考题.....	(35)
<b>第三章 铁碳合金</b> .....	(37)
第一节 基本概念.....	(37)
一、纯铁的同素异晶转变.....	(37)
二、铁碳合金的基本相.....	(38)
第二节 铁碳合金相图.....	(39)
一、Fe—Fe <sub>3</sub> C 相图分析.....	(39)
二、典型合金的结晶过程分析.....	(41)
第三节 铁碳合金的含碳量与组织、性能的关系.....	(46)
一、含碳量与铁碳相图组织的关系.....	(46)
二、含碳量与铁碳合金性能的关系.....	(46)
第四节 Fe—Fe <sub>3</sub> C 相图的应用.....	(47)
一、选用钢铁材料方面.....	(47)
二、制定热加工工艺方面.....	(48)
三、应用Fe—Fe <sub>3</sub> C 相图需注意的问题.....	(49)
第五节 碳钢.....	(49)
一、碳钢中的杂质元素及其影响.....	(49)
二、碳钢的分类.....	(50)
三、碳素结构钢.....	(51)
四、优质碳素结构钢.....	(52)
五、碳素工具钢.....	(54)
六、其他碳素结构钢.....	(55)
第六节 铸铁.....	(57)
一、铸铁的石墨化.....	(57)
二、灰口铸铁.....	(59)
三、球墨铸铁.....	(61)
四、可锻铸铁.....	(63)
*五、蠕墨铸铁.....	(64)
*六、合金铸铁简介.....	(65)
习题与思考题.....	(66)
<b>第四章 金属的塑性变形与再结晶</b> .....	(68)
第一节 金属的塑性变形.....	(68)
一、单晶体的塑性变形.....	(68)

二、多晶体的塑性变形	(71)
三、塑性变形对金属组织、性能的影响	(72)
第二节 回复与再结晶	(75)
一、加热时组织结构,性能的变化	(75)
二、再结晶温度	(76)
三、影响再结晶后晶粒大小的因素	(77)
第三节 金属的热加工	(79)
一、冷加工与热加工	(79)
二、热加工后金属的组织 and 性能	(79)
习题与思考题	(80)
<b>第五章 钢的热处理</b>	<b>(82)</b>
第一节 钢加热时的组织转变	(82)
一、奥氏体的形成	(82)
二、奥氏体晶粒大小的控制	(83)
第二节 钢在冷却时的组织转变	(86)
一、奥氏体的等温转变	(86)
二、奥氏体的连续冷却转变	(90)
第三节 钢的热处理工艺	(93)
一、退火	(93)
二、正火	(94)
三、淬火	(95)
四、回火	(103)
第四节 钢的表面热处理	(105)
一、表面淬火	(105)
二、化学热处理	(107)
*第五节 其他热处理工艺简介	(114)
习题与思考题	(117)
<b>第六章 合金钢</b>	<b>(119)</b>
第一节 概述	(119)
一、合金元素在钢中存在形式	(119)
二、合金元素的作用	(119)
三、合金钢的分类	(123)
第二节 合金结构钢	(124)
一、合金结构钢的编号	(124)
二、低合金结构钢	(124)
三、合金渗碳钢	(125)
四、合金调质钢	(128)
五、超高强度钢	(130)
六、合金弹簧钢	(131)

七、合金轴承钢	(133)
第三节 合金工具钢	(136)
一、合金工具钢的编号	(136)
二、合金刃具钢	(137)
三、合金模具钢	(142)
四、合金量具钢	(145)
第四节 特殊性能钢	(146)
一、特殊性能钢的编号	(146)
二、合金不锈钢	(147)
三、合金耐热钢	(153)
四、合金耐磨钢	(155)
习题与思考题	(155)
<b>第七章 高温合金</b>	<b>(157)</b>
第一节 概述特殊性能钢的	(157)
一、热安定性	(157)
二、热强性	(158)
三、高温合金的分类及编号	(159)
第二节 变形高温合金	(160)
一、化学成分	(160)
二、热处理	(160)
三、变形高温合金的性能特点	(163)
四、应用举例及工艺流程	(163)
第三节 铸造高温合金	(165)
一、铸造高温合金的合金化特点及合金元素的作用	(165)
二、铸造高温合金的热处理	(165)
三、铸造高温合金的性能特点	(165)
*第四节 高温合金零件的失效形式	(167)
一、涡轮盘	(167)
二、燃烧室	(168)
三、导向叶片	(168)
习题与思考题	(168)
<b>第八章 有色金属及其合金</b>	<b>(169)</b>
第一节 铝及铝合金	(169)
一、纯铝	(169)
二、铝合金	(169)
第二节 镁及镁合金	(178)
一、纯镁	(179)
二、镁合金	(179)
第三节 钛及钛合金	(182)



一、纯钛	(182)
二、钛合金	(182)
第四节 铜及铜合金	(186)
一、纯铜	(186)
二、铜合金	(187)
第五节 滑动轴承合金	(193)
一、性能要求及组织	(193)
二、常用的轴承合金	(194)
习题与思考题	(197)
<b>第九章 工程非金属材料</b>	(198)
第一节 高分子聚合物概述	(198)
一、基本概念	(198)
*二、高分子聚合物的人工合成方法	(199)
三、高分子聚合物的结构	(201)
四、高分子聚合物的特性	(205)
五、高分子聚合物的分类	(207)
第二节 塑料	(207)
一、塑料的组成	(208)
二、塑料的分类	(208)
三、塑料的成型和制品加工	(209)
四、工程塑料	(211)
第三节 橡胶	(216)
一、橡胶的组成	(216)
二、橡胶制品的加工成型	(216)
三、常用橡胶	(217)
第四节 陶瓷	(220)
一、陶瓷的分类	(220)
二、陶瓷的生产	(220)
三、陶瓷的结构和性能	(221)
四、常用陶瓷材料	(223)
第五节 复合材料	(224)
一、概述	(224)
二、复合材料的分类	(225)
三、复合原则和复合方法	(225)
四、复合材料的性能	(226)
五、常用复合材料	(227)
习题与思考题	(231)
<b>第十章 金属的表面防护</b>	(233)
第一节 金属的腐蚀原理	(233)

一、腐蚀的原理	(233)
二、腐蚀的形式	(235)
第二节 防止金属腐蚀的途径	(235)
一、合理选用材料	(235)
二、设计合理的结构	(236)
三、采用保护层	(236)
四、采用电化学保护法	(236)
五、处理腐蚀介质	(236)
第三节 常用金属表面防护法	(237)
一、长期性的表面防护法	(237)
二、临时性的表面防护法	(241)
习题与思考题	(241)
<b>第十一章 选材</b>	(242)
第一节 金属材料的强化方法	(242)
一、固溶强化	(242)
二、细晶强化	(242)
三、加工硬化	(242)
四、时效强化	(243)
五、第二相强化	(243)
六、复合强化	(243)
第二节 机械零件失效形式	(243)
一、断裂失效	(243)
二、塑性变形失效	(244)
三、过弹变失效	(244)
四、磨损失效	(244)
五、腐蚀失效	(244)
第三节 选材的一般原则	(244)
一、选材应满足使用性能要求	(244)
二、选材应满足工艺性能要求	(246)
三、选材应注意经济性	(246)
第四节 零件选材举例	(247)
一、齿轮类选材	(247)
二、轴类选材	(248)
三、发动机叶片类选材	(250)
四、压气机盘件类选材	(251)
*五、模具类选材	(252)
*六、其他方面选材	(253)
习题与思考题	(253)
<b>第十二章 铸造</b>	(254)

第一节 砂型铸造	(254)
一、造型材料	(254)
二、造型方法	(256)
*三、熔炼及浇注	(259)
*四、落砂及清理	(260)
五、铸造工艺图	(260)
第二节 常用合金的铸造特性	(266)
一、合金的铸造性能	(266)
二、常用的铸造合金	(267)
第三节 常见的铸件缺陷及其防止方法	(269)
第四节 铸件结构的工艺性	(269)
一、合金铸造性能对铸件结构的要求	(269)
二、铸造工艺对铸件结构的要求	(273)
第五节 特种铸造方法	(275)
一、金属型铸造	(275)
二、熔模铸造	(278)
三、压力铸造	(280)
四、离心铸造	(283)
*五、低压铸造	(283)
*六、定向结晶铸造	(284)
习题与思考题	(285)
<b>第十三章 压力加工</b>	<b>(288)</b>
第一节 金属的可锻性及锻造加热	(289)
一、金属的可锻性	(289)
二、锻造加热	(290)
第二节 自由锻造	(291)
一、自由锻造设备	(291)
二、自由锻造的基本工序	(292)
三、自由锻造的工艺规程	(292)
四、自由锻件结构的工艺性	(296)
第三节 模锻	(297)
一、概述	(297)
二、锤上模锻	(299)
三、胎模锻造及其他设备上的模锻	(302)
第四节 板料冲压	(307)
一、冲压设备	(307)
二、板料冲压的基本工序	(308)
三、冲压件结构的工艺性	(311)
第五节 其他压力加工生产方式及新工艺	(316)

一、轧制.....	(316)
二、挤压.....	(318)
三、拉拔.....	(319)
*四、新工艺.....	(319)
习题与思考题.....	(322)
<b>第十四章 焊接.....</b>	<b>(324)</b>
<b>第一节 手工电弧焊.....</b>	<b>(325)</b>
一、设备.....	(325)
二、焊接电弧.....	(326)
三、热影响区.....	(328)
四、电焊条.....	(329)
五、手工电弧焊的特点和应用.....	(329)
六、手工电弧焊工艺.....	(333)
<b>第二节 气体保护电弧焊.....</b>	<b>(336)</b>
一、二氧化碳气体保护焊.....	(336)
二、氩弧焊.....	(337)
<b>第三节 电阻焊.....</b>	<b>(339)</b>
一、对焊.....	(339)
二、点焊.....	(340)
三、缝焊.....	(341)
<b>第四节 其他焊接法.....</b>	<b>(341)</b>
一、气焊.....	(341)
二、埋弧焊.....	(343)
三、电渣焊.....	(344)
四、等离子弧焊.....	(345)
*五、电子束焊.....	(346)
*六、激光焊.....	(347)
七、钎焊.....	(348)
<b>第五节 常见的焊接缺陷及其产生的原因.....</b>	<b>(349)</b>
一、常见的焊接缺陷.....	(349)
二、焊接缺陷产生的原因.....	(349)
<b>第六节 金属材料的焊接性.....</b>	<b>(349)</b>
一、焊接性.....	(351)
二、钢的焊接.....	(352)
三、铸铁的焊补.....	(354)
四、有色金属材料的焊接.....	(354)
<b>第七节 焊接件的结构工艺性.....</b>	<b>(356)</b>
一、焊接材料的选用.....	(356)
二、焊接方法的选择.....	(357)

三、接头形式	(357)
四、焊缝布置	(357)
第八节 焊接变形及其防止	(361)
一、焊接应力与变形	(361)
二、焊接变形的基本形式	(362)
三、减少和消除焊接应力的措施	(362)
四、防止和减少焊接变形的措施	(363)
五、焊后变形的矫正	(364)
习题与思考题	(365)
<b>*第十五章 粉末冶金</b>	(366)
第一节 粉末冶金工艺	(366)
第二节 粉末冶金法的应用	(367)
一、机械零件	(367)
二、摩擦材料	(368)
三、含油轴承材料	(368)
四、硬质合金	(369)
习题与思考题	(372)
<b>第十六章 胶接</b>	(373)
第一节 胶粘剂	(373)
一、胶接原理	(373)
二、胶粘剂的分类和组成	(373)
三、常用胶粘剂	(375)
四、胶粘剂的选用	(375)
第二节 胶接法	(377)
一、胶接的特点和应用	(378)
二、对胶接接头的要求	(378)
三、胶接工艺	(379)
四、胶接安全	(381)
习题与思考题	(381)
<b>*第十七章 常用金属零件的缺陷探伤法</b>	(382)
第一节 零件表面检验	(382)
一、目测法	(382)
二、荧光法	(382)
三、磁粉法	(383)
第二节 金相检验	(385)
第三节 内部缺陷检验	(386)
一、X射线法	(386)
二、 $\gamma$ 射线法	(387)
三、超声波法	(387)

习题与思考题.....	(389)
<b>附录</b> .....	(390)
附录一 实验说明.....	(390)
附录二 硬度对照表.....	(396)
附录三 常用钢的相变温度与退、正火温度表.....	(404)
附录四 常用钢的回火温度与硬度对照表.....	(405)
附录五 常用材料相对价格表.....	(406)
附录六 部分国内外常用金属材料牌号对照表.....	(407)
<b>参考文献</b> .....	(415)

# 绪 论

## 第一节 材料的发展推动了社会的进步

“没有材料的发展，也就没有人类社会的进步”，这从一个侧面强调了材料对社会进步所起的极为重要的作用。原始人类用石头制作简单的工具，赖以生存发展，这个时期被称为石器时代。出现了青铜器及铁器后，社会生产力就有较明显的提高，农业、手工业、兵器和生活方面开始使用金属材料，使人类社会奠定了政治、经济、文化等方面繁荣的基础，因此青铜器时代特别是铁器时代，被认为人类社会发展史上的一个重要里程碑。进入20世纪后，主要是50年代到90年代，科学研究和技术发展处于飞跃进步时期，尤其是宇宙航行方面已取得重大的突破。这种日新月异的高新技术的发展变化，如果没有新材料的配合是不可能出现的，因为一种新技术的发明往往会对材料提出新的要求，因此近半个世纪以来，材料的发展也是很快的，大量非金属材料出现，特别是人工合成高分子材料应用越来越多，例如航天飞机的表面隔热材料和航空涡轮发动机结构件采用了高温陶瓷和碳纤维增强复合材料。目前世界上合成材料的体积年产量已超过了钢铁，工程构件和机械零件已逐步用合成材料来代替传统使用的金属材料。展望未来，进入21世纪后，合成材料必然会发展得更多更快。毫无疑问，我们的人类社会现已进入了一个合成材料的新时代。

## 第二节 我国材料及热加工的发展

我们的祖先最早使用的工具材料是石头，原始社会末期已开始用火焙烧粘土来制作陶器，这可以从仰韶文化和龙山文化遗址发掘出土文物中得到证明。到东汉已发展到烧制瓷器，从9世纪后就陆续传入阿拉伯、日本和欧洲。我国历史悠久的古瓷器，在世界古文化遗产中占有重要地位，并对世界文化的发展有重大的影响。

在古代，我国的金属材料和热加工工艺的发展在全世界一直是处于领先地位。公元前2000多年，夏、殷商、周朝已开始冶炼青铜，时间虽略晚于古埃及，但发展很快。目前已出土的大量青铜器，包括礼器、酒器、兵器以及各种工具等，特别是1939年在河南出土的迄今世界上最古老的青铜器——司母戊祭器大方鼎，重达875公斤，其上花纹细致，字迹清晰可辨，说明了我国在3000多年前已掌握了高水平的冶炼和铸造技术。1980年在陕西出土的秦始皇陵墓中的八马驾驭铜车马，其造型的逼真，艺术造诣上的精美绝伦，反映了2000多年前铸造工艺水平之高堪与现代相比，此外已出土的文物中还有商朝的铜钺、战国的青铜编钟、越王勾践的宝剑等，这些都说明了当时我国的冶炼、锻造、铸造、热处理等材料及热加工工艺已处于相当高的技术水平。

公元前700年春秋战国时期，已开始冶炼铸铁，并大量应用于农具和各种工具。到汉代炼铁技术又有很大的发展，河南发掘的汉代炼铁遗址表明当时炼铁的规模很大，炉型很

大，并有鼓风装置和浇铸坑。其后又发明了先炼铁后炼钢的冶金技术，比欧洲各国要早1600年左右。近年来出土的西汉铁镞，经用电子显微镜、高温显微镜等现代测试手段，发现铁镞的金相组织为球墨铸铁，其石墨圆正度为现行国标的1~2级。而现代球墨铸铁则是在1947年才由英、美科学家在金属学理论的基础上发明试制成功的。此外，据出土文物考证发现，战国时期已使用锡焊、银焊来焊接铜人模型，而欧洲各国到公元17世纪才出现这种焊接方法。

1974年及以后在陕西临潼挖掘秦始皇陵兵马俑坑时发现大量的青铜兵器，经化学分析其成分为：青铜剑含Cu74.68%、Sn22.3%、Pb1.4%、Zn0.51%，铜镞含Cu81.65%、Sn12.57%、Pb4.57%、Zn0.13%，还有Al、Fe、V、Si、Mn、Ti、Mo、Co、Cr、Nb等微量元素，这些青铜兵器的成分与现代锡青铜成分相近。尤其令人惊异的是这些宝剑至今依然锋利无比，弹性极好。有些剑被坍塌的数百公斤重的兵马俑压弯了很长时期，但出土后仍会自动缓慢地恢复原状，而且宝剑表面被埋在潮湿的泥土下2000年后仍然闪闪发光，无锈蚀痕迹，经研究发现剑面镀有10~18 $\mu\text{m}$ 厚的铬盐氧化层（含Cr0.6%~2%）。铜镞表面亦镀有铬盐氧化层（含Cr0.87%~2.23%），镀层厚10 $\mu\text{m}$ 。现代电镀工艺是在20世纪30年代才发明并应用于金属表面防腐蚀处理的，而这些兵器表面的铬盐氧化层在2000多年前的秦朝，工匠们是通过什么方法镀上去的，至今还是个谜。

我们的祖先不但在材料和热加工技术发展上取得辉煌的成就，而且善于总结经验，不断提高水平。例如《周礼·考工》中已对青铜的成分和应用的关系进行了阐述：“金有六齐，六分其金而锡居一，谓之钟鼎之齐；五分其金而锡居一，谓之斧斤之齐；四分其金而锡居一，谓之戈戟之齐；……”。这是世界上最早对金属材料分析的记载，其论点基本上合乎现代金属学的原理。这说明我国在3000多年前就能有这样的科学性的总结，是件了不起的事情。再如宋朝沈括著的《梦溪笔谈》、明朝宋应星著的《天工开物》中已对炼铁、炼钢、铸钟、锻铁、淬火及锡焊等各方面都有较详细的记载，并附有插图，其中许多工艺方法的基本原理和现代工艺完全相同。

大量的考古论证和历史资料不容置疑地表明了我们的祖先以其卓越智慧和辛勤的劳动，创造和发展了许许多多的科学技术，在材料和热加工的发展和应用上做出了突出的贡献，使我国的科学技术在人类文明史的最初几千年中，始终处于世界的最前列，每个华夏子孙都会引以为骄傲。遗憾的是在明代、清代以后，由于种种原因，科学技术的发展处于停滞和相对落后状态，中国的工业已逐步沦于奄奄一息的地步。

1949年以来，我国的材料工业得到巨大的发展，钢的产量已从1949年的15.8万吨，提高到1994年的9000多万吨，处于世界钢铁生产大国的前列，而且品种繁多，不但能生产一般常用的碳钢、低合金钢和各种铸铁，还能生产各种高温合金，以及包括钛合金在内的各种有色金属。非金属材料包括塑料、橡胶、陶瓷及复合材料自70年代以来发展尤为迅速。大量事实证明，在很多领域内，材料与尖端技术这两方面的发展是相互依赖、相互促进的，以航空航天工业为例，喷气飞机突破“音障”，实现了超音速飞行后，当飞行速度提高到音速的3倍时，飞机表面因与空气的强烈摩擦与压缩，机头与机翼前缘的蒙皮温度高达370 $^{\circ}\text{C}$ ，已非铝合金蒙皮所能承受，即所谓的“热障”。直到改为钛合金或奥氏体耐热钢后，才能使航空工业克服“热障”继续向前发展。再如航天飞机在返回地面过程中，速度极快，蒙皮表面发热所达到的温度已非任何金属材料所能承受，直到采用耐高温陶瓷



及碳碳加强复合材料后，它的重返地面和反复使用才成为可能。

### 第三节 本课程的教学内容以及目的和任务

“工程材料及金属热加工基础”课程的内容由下列几个部分组成。

一、金属学的基础知识：介绍金属的力学性能，纯金属和合金的结晶过程和规律，常见金属的晶体结构，铁碳合金相图以及塑性变形与再结晶等。

二、钢的热处理：介绍钢在加热和冷却时的组织转变，过冷奥氏体转变产物的组织、形态和性能，以及热处理工艺（退火、正火、淬火、回火、表面热处理等）的目的、方法和应用。

三、金属材料：介绍碳和合金元素的作用，常用金属材料（铸铁、碳钢、合金钢、高温合金、铝合金、镁合金、钛合金、铜合金、轴承合金、粉末冶金材料等）的种类、成分、牌号、热处理、性能特点及其应用。

四、非金属材料：介绍高分子聚合物的概况，常用工程塑料、橡胶、工业陶瓷和复合材料的特性、应用及发展。

五、热加工工艺：介绍铸造、压力加工、焊接等几种加工毛坯方法的基本原理、设备、工艺方法、结构工艺性以及生产上的应用。

六、其他：介绍金属表面处理、胶接、金属零件缺陷的无损探伤等方面的基本知识。

本课程设有实验课，包括铁碳合金成分、组织和性能间关系的综合分析实验，钢的热处理实验以及合金钢、有色金属金相显微组织观察实验等。通过实验，同学们可验证并巩固从教材上所学到的知识，另外也能对金相显微镜、硬度试验机、加热炉等设备有所了解，并能动手操作。

本课程的主要特点是内容广而不深，它涉及到金属材料及热处理、非金属材料、铸造、压力加工、焊接及表面处理等方面，每方面都是一个独立的专业。但本课程作为机械类和近机械类专业的一门专业基础课，要求同学们掌握制造机械零件所必备的有关工程材料及毛坯热加工方面的知识。作为一名机械制造的技术人员在设计零件时，要会选用材料，要懂得材料的成分、组织结构和性能之间的关系，更要能熟练地识别各类材料的牌号。对零件毛坯选用的热加工工艺及其他内容也应有相当的了解，这样才能很好地完成工作任务。

本课程的先行课程，主要是物理、化学、机械制图、材料力学、机械零件及航空概论等。在上本课程前应安排热加工实习或参观，以使同学们对热加工及材料应用方面有一定的感性认识。本课程的教学方法包括课堂讲授、课堂讨论、课堂演示、实验、作业、测验及考试等。有条件的学校可安排课程设计，内容为具体零件的选材、热处理工艺设计、毛坯选择设计及编排有关工艺流程等。此外在教学过程中，放映有关内容的幻灯片、录像片、电影等，以及使用投影仪、教具模型、大幅金相图片和专用陈列室等，均可进一步提高课程的教学效果。