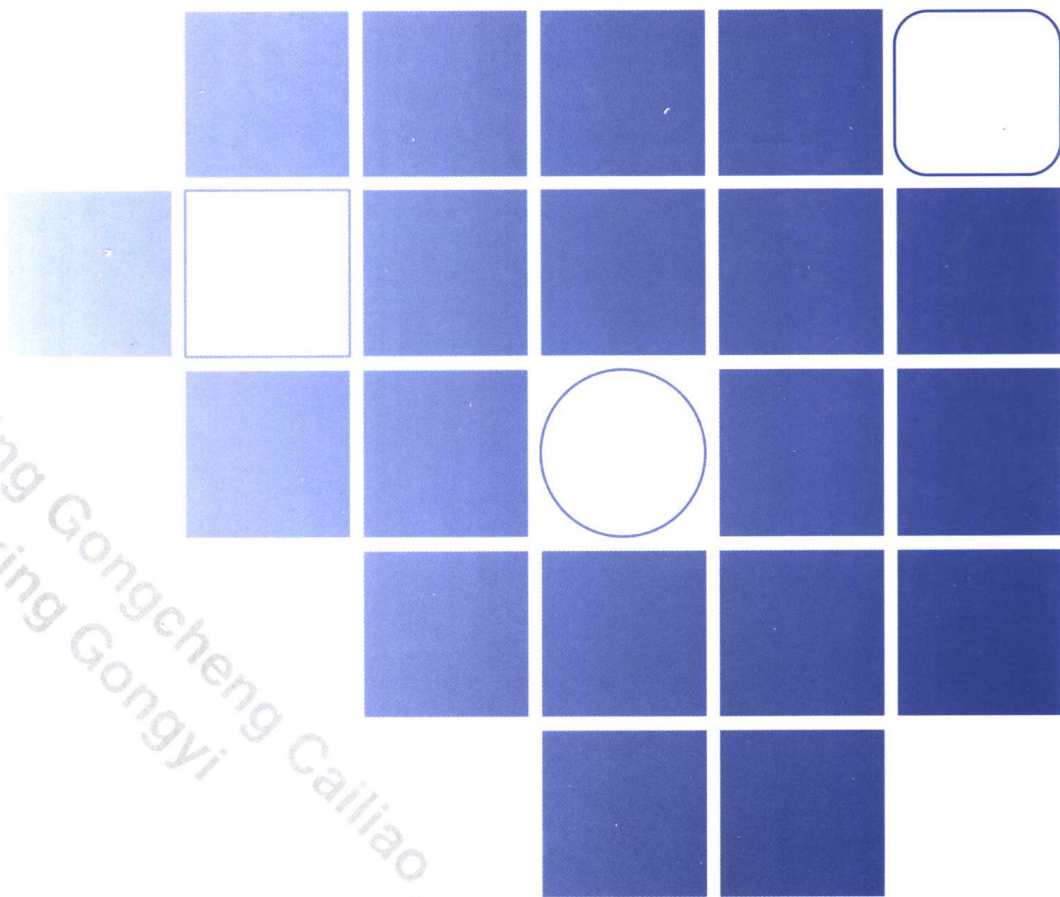


高等专科学校  
高等职业技术学院 环境类系列教材

# 环境工程材料及成形工艺

宋新书 主编



Huanjing Gongcheng Cailiao  
Ji chengxing Gongyi

中国环境科学出版社

高职高专环境类系列教材

# 环境工程材料及成形工艺

宋新书 主编  
王新彦 丁岩 副主编

中国环境科学出版社·北京

## 图书在版编目(CIP)数据

环境工程材料及成形工艺 / 宋新书主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2005.3

(高职高专环境类系列教材)

ISBN 7-80209-087-3

I. 环… II. 周… III. ①环境科学: 材料科学—高等学校: 技术学校—教材②环境科学: 材料科学—成型—工艺—高等学校: 技术学校—教材 IV. TB39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 027569 号

### 环境科学与工程出版中心

电话(传真): 010-67112735  
网 址: www.cesp.cn  
电子信箱: sanyecao@cesp.cn

本中心立足于出版环境科学与工程类专业图书。  
以服务为宗旨, 以市场为导向。做绿色文明的倡导  
者, 充当环境文化的传播者。

责任编辑: 黄晓燕

---

出版发行 中国环境科学出版社  
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)  
网 址: <http://www.cesp.cn>  
电子信箱: sanyecao@cesp.cn  
电话(传真): 010-67112735

印 刷 北京画中华印刷有限公司

经 销 各地新华书店

版 次 2005 年 7 月第一版

印 次 2005 年 7 月第一次印刷

印 数 1-5 000

开 本 787 × 960 1/16

印 张 20

字 数 360 千字

定 价 25.00 元

---

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

# 前 言

本书在全国高职高专环境类教学指导委员会的组织下，根据教育部制定的《高职高专教育工程材料与成形工艺基础课程教学基本要求》，结合环境工程特点而编写。

本书可作为高职高专环境类专业的专业基础课教材，也可作为相关专业的教学以及工程技术人员参考用书。

本书主要内容包括：第一篇金属材料及成形工艺在环境工程中的应用（金属材料、铸锻焊成形工艺及应用）；第二篇非金属材料及成形工艺在环境工程中的应用（高分子材料、复合材料、陶瓷材料和成形工艺及应用）；第三篇其他材料在环境工程中的应用；第四篇环境工程材料及设备的腐蚀与防护。

本书在编写过程中，以培养生产第一线高等技术应用型人才为目标，在总结了高职高专教学改革实践经验的基础上，对教学内容进行了调整，突出工程应用性和实践性，同时也对一些新材料、新工艺、新技术做了一定介绍。全书贯彻了最新国家标准。为便于学生自学，培养学生运用基础理论知识，解决工程实际问题的能力，本书在每章前面增加了“导言”“学习要求”，在每章后面增加了小结等内容。

全书共分 14 章，参加编写的人员有：宋新书（绪论、第一章、第二章）、王新彦（第四章、第五章）、丁岩（第六章、第七章）、丁岩和戴启昌（第八章）、高军芳（第三章、第九章）、张海臣（第十章）、张海臣和

刘藏者(第十一章)、范方禄(第十二章)、刘藏者(第十三章)、赵建国(第十四章)。书中金相照片由刘兵群老师提供。

本书由宋新书副教授主编,王新彦、丁岩副主编,谷群广教授主审。

本书在编写过程中得到了兄弟院校的大力支持,并参考了大量有关文献资料,因篇幅所限,没有一一标注来源,请予以谅解。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不足,恳切希望广大同仁和读者批评指正。

编者

2004年9月

目  
录

绪论.....	1
<b>第一篇 金属材料及成形工艺在环境工程中的应用</b>	
第一章 金属材料的性能.....	7
第一节 金属材料的力学性能.....	7
一、弹性和刚度.....	8
二、强度.....	9
三、塑性.....	10
四、硬度.....	10
五、冲击韧性.....	11
六、疲劳强度.....	12
第二节 金属材料的工艺性能.....	12
一、铸造性能.....	12
二、锻造性能.....	12
三、焊接性能.....	13
四、切削加工性.....	13
思考与练习题.....	14
第二章 金属的晶体结构和结晶.....	15
第一节 晶体结构的基本知识.....	15
一、晶体和非晶体.....	15
二、基本概念.....	16
第二节 纯金属的晶格类型.....	17
一、体心立方晶格.....	17
二、面心立方晶格.....	17
三、密排六方晶格.....	18
第三节 实际金属的晶体结构.....	18
一、单晶体和多晶体.....	18
二、晶体缺陷.....	19
第四节 合金的晶体结构.....	20

一、基本概念 .....	21
二、合金的相结构 .....	21
三、金属与合金的结晶 .....	23
思考与练习题 .....	28
<b>第三章 铁碳合金</b> .....	<b>29</b>
第一节 铁碳合金的基本组织 .....	29
一、铁素体 .....	29
二、奥氏体 .....	30
三、渗碳体 .....	30
四、珠光体 .....	30
五、莱氏体 .....	30
第二节 Fe—Fe <sub>3</sub> C 相图分析 .....	31
一、主要特性点 .....	31
二、主要特性线 .....	33
三、Fe—Fe <sub>3</sub> C 相图中铁碳合金的分类 .....	34
第三节 典型铁碳合金的结晶过程 .....	35
一、共析钢 .....	35
二、亚共析钢 .....	36
三、过共析钢 .....	37
四、共晶白口铸铁 .....	38
五、亚共晶白口铸铁 .....	39
六、过共晶白口铸铁 .....	40
第四节 铁碳合金的成分、组织与性能间的基本规律 .....	42
一、铁碳合金的成分与平衡组织 .....	42
二、铁碳合金的含碳量与力学性能间的关系 .....	42
第五节 Fe—Fe <sub>3</sub> C 相图的应用 .....	43
一、作为选材的依据 .....	43
二、作为制定铸、锻、焊和热处理等热加工工艺的依据 .....	43
思考与练习题 .....	45
<b>第四章 钢的热处理</b> .....	<b>46</b>
第一节 钢的热处理基本原理 .....	46
一、钢的热处理方法及其工艺曲线 .....	46
二、钢在加热时的组织转变 .....	47
三、钢在冷却时的组织转变 .....	50
第二节 钢的退火与正火 .....	57
一、退火 .....	57
二、钢的正火 .....	59

第三节	钢的淬火 .....	60
一、	淬火工艺 .....	60
二、	淬火方法 .....	61
第四节	淬火钢的回火 .....	62
一、	淬火钢在回火时组织与性能的变化 .....	62
二、	回火的分类及应用 .....	64
第五节	钢的表面热处理 .....	64
一、	表面淬火 .....	65
二、	化学热处理 .....	66
第六节	热处理新工艺 .....	67
一、	形变热处理 .....	67
二、	激光热处理 .....	68
三、	电子束表面淬火 .....	68
四、	真空热处理 .....	68
第七节	零件热处理的技术条件与工序安排 .....	69
一、	热处理的技术条件 .....	69
二、	热处理的工序位置 .....	69
	思考与练习题 .....	70
<b>第五章</b>	<b>环境工程常用的金属材料</b> .....	<b>72</b>
第一节	金属材料和环境 .....	72
一、	金属材料的主导地位 .....	72
二、	金属和资源 .....	73
三、	金属和能源 .....	73
四、	金属和环境 .....	73
第二节	碳钢 .....	74
一、	碳钢中主要杂质元素的作用 .....	74
二、	碳钢的分类、牌号和用途 .....	75
第三节	合金钢 .....	77
一、	合金元素在钢中的作用 .....	77
二、	合金钢的分类 .....	78
三、	合金钢的牌号、性能和主要用途 .....	79
第四节	铸铁 .....	86
一、	概述 .....	86
二、	铸铁的分类、牌号和用途 .....	87
第五节	有色金属 .....	90
一、	铜及铜合金 .....	90
二、	铝及铝合金 .....	93



三、滑动轴承合金 .....	95
第六节 粉末冶金材料 .....	96
一、粉末冶金及其特点 .....	96
二、常用粉末冶金材料 .....	98
第七节 金属材料生态化和新型材料 .....	99
一、钢铁材料工业生态化 .....	99
二、金属生态材料和技术 .....	100
第八节 金属材料的循环再生 .....	100
一、金属再生资源重熔再生 .....	100
二、冶金固体废弃物的利用 .....	101
思考与练习题 .....	102
第六章 铸造成形工艺 .....	103
第一节 概述 .....	103
一、铸造的特点 .....	103
二、铸造成形的分类及应用 .....	104
第二节 合金的铸造性能 .....	105
一、合金的流动性 .....	105
二、合金的收缩性 .....	106
三、常用合金的铸造性能 .....	111
第三节 铸造工艺过程 .....	112
一、铸造生产的基本工序及常用方法 .....	112
二、铸造工艺过程 .....	115
第四节 铸件的结构工艺性 .....	121
一、铸造工艺对铸件结构的要求 .....	121
二、合金铸造性能对铸件结构的要求 .....	121
第五节 特种铸造简介 .....	124
一、金属型铸造 .....	124
二、压力铸造 .....	125
三、熔模铸造 .....	125
四、离心铸造 .....	126
思考与练习题 .....	127
第七章 锻压成形工艺 .....	128
第一节 概述 .....	128
一、锻压成形特点 .....	128
二、锻压的基本生产方式 .....	129
第二节 金属的锻造性能 .....	129
一、金属的塑性变形 .....	129

二、影响金属锻造性能的因素 .....	132
第三节 常用锻造方法及工艺 .....	133
一、自由锻 .....	133
二、模锻 .....	140
第四节 板料冲压 .....	147
一、冲压设备 .....	147
二、冲压模具 .....	147
三、板料冲压的基本工序 .....	148
四、板料冲压件的结构工艺性 .....	150
第五节 锻压新工艺简介 .....	151
一、高速高能成形 .....	151
二、精密模锻 .....	152
三、超塑性成形 .....	152
思考与练习题 .....	153
<b>第八章 焊接成形工艺</b> .....	<b>155</b>
第一节 概述 .....	155
一、焊接方法与分类 .....	155
二、焊接方法的应用及发展趋势 .....	156
第二节 熔焊冶金基础与熔焊接头缺陷 .....	157
一、熔焊的冶金特点 .....	157
二、焊接接头的组织与性能 .....	157
三、焊接应力和变形 .....	158
四、焊接接头缺陷 .....	160
第三节 常用的焊接方法 .....	162
一、焊条电弧焊 .....	162
二、埋弧自动焊 .....	164
三、气体保护焊 .....	165
第四节 其他焊接方法 .....	167
一、电渣焊 .....	167
二、等离子弧焊接与切割 .....	168
三、激光焊接与切割 .....	169
四、电阻焊 .....	170
五、钎焊 .....	171
第五节 常用金属材料的焊接 .....	172
一、金属材料的焊接性 .....	172
二、碳素结构钢和低合金结构钢的焊接 .....	173
三、铸铁的焊补 .....	174

四、有色金属材料的焊接 .....	175
第六节 焊接工艺过程 .....	176
一、焊接结构件材料的选择 .....	176
二、焊接方法的选择 .....	177
三、焊接件的形状与接头形式的选择 .....	178
四、焊接件焊缝布置的原则 .....	179
思考与练习题 .....	181
第九章 金属材料与成形工艺在环境工程中的应用 .....	183
第一节 零件的失效原因和形式 .....	183
一、零件的失效原因 .....	183
二、零件的失效形式 .....	184
第二节 零件材料的选择 .....	184
一、零件选材的一般原则 .....	184
二、零件选材的步骤 .....	185
三、零件选材的方法 .....	186
第三节 零件成形工艺的选择 .....	187
一、常用毛坯成形工艺的比较 .....	187
二、成形工艺选择的原则 .....	189
三、热处理在零件制造中的工序位置 .....	190
第四节 环保设备中典型零件材料和毛坯成形工艺的选择 .....	191
一、轴类零件 .....	191
二、盘套类零件 .....	194
三、其他零件材料和毛坯成形工艺选择 .....	196
思考与练习题 .....	197

## 第二篇 非金属材料及成形工艺在环境工程中的应用

第十章 高分子材料 .....	201
第一节 高分子材料概述 .....	201
一、高分子化合物的组成 .....	201
二、高分子化合物的合成 .....	202
三、高分子材料的分类 .....	203
四、高分子化合物的结构特点 .....	203
第二节 塑料 .....	204
一、塑料的组成 .....	204
二、塑料的分类 .....	205
三、塑料的性能和用途 .....	206
四、塑料的成形 .....	209

第三节 合成橡胶 .....	213
一、合成橡胶的组成 .....	213
二、橡胶的分类 .....	213
三、橡胶的主要性能和用途 .....	213
三、橡胶制品的成形工艺 .....	214
第四节 合成纤维 .....	217
第五节 高分子材料的选材及成形工艺在环境工程中的应用 .....	217
一、高分子材料选材的原则及方法 .....	217
二、高分子材料及成形工艺在环境工程中的应用实例 .....	218
练习与思考题 .....	218
<b>第十一章 复合材料</b> .....	<b>219</b>
第一节 复合材料概述 .....	219
第二节 复合材料的分类 .....	220
一、按基体类型分类 .....	220
二、按增强材料分类 .....	220
三、按性能分类 .....	220
第三节 复合材料的性能特点 .....	220
一、高的比强度和比模量 .....	220
二、抗疲劳性和减振性好 .....	221
三、化学稳定性和耐热性好 .....	221
四、安全可靠性好 .....	221
第四节 复合材料成形 .....	221
一、树脂基复合材料成形 .....	222
二、金属基复合材料成形 .....	226
三、陶瓷基复合材料成形 .....	227
第五节 复合材料的应用 .....	228
一、纤维增强复合材料的应用 .....	228
二、层叠复合材料的应用 .....	229
三、颗粒增强复合材料的应用 .....	229
第六节 生态型复合材料 .....	230
一、环境调和型智能复合材料 .....	230
二、分子智能性复合材料 .....	230
三、梯度功能材料 .....	230
第七节 复合材料的选材及成形工艺在环境工程中的应用 .....	231
一、复合材料选择要考虑的因素 .....	231
二、选材的基本原则 .....	232
三、选材的基本方法和步骤 .....	232

四、复合材料及成形工艺在环境工程中选用实例 .....	233
思考与练习题 .....	235
<b>第十二章 陶瓷与混凝土 .....</b>	<b>236</b>
第一节 陶瓷材料与环境 .....	236
一、陶瓷与资源 .....	237
二、陶瓷和能源 .....	237
三、陶瓷与环境污染 .....	237
第二节 陶瓷材料 .....	238
一、陶瓷的定义和分类 .....	238
二、陶瓷的组成、结构与性能 .....	238
三、陶瓷材料的成形工艺过程 .....	244
第三节 陶瓷生态化和生态型陶瓷材料 .....	247
一、陶瓷生态化 .....	247
二、新型陶瓷生态材料 .....	247
第四节 混凝土 .....	248
一、混凝土的定义和分类 .....	248
二、混凝土结构 .....	250
三、水泥的水化作用 .....	251
四、普通混凝土的主要技术性质 .....	253
思考与练习题 .....	257

### **第三篇 其他材料在环境工程中的应用**

<b>第十三章 其他材料在环境工程中的应用 .....</b>	<b>261</b>
第一节 大气污染控制材料 .....	261
一、大气污染控制材料 .....	262
二、大气污染控制材料应用实例 .....	264
第二节 其他污染控制材料 .....	275
一、噪声控制材料 .....	276
二、电磁波防护材料 .....	277
思考与练习题 .....	278

### **第四篇 环境工程材料及设备的腐蚀与防护**

<b>第十四章 环境工程材料及设备的腐蚀与防护 .....</b>	<b>281</b>
第一节 腐蚀与防护的基本原理 .....	281
一、金属的化学腐蚀 .....	281
二、金属的电化学腐蚀 .....	284

三、金属腐蚀破坏的形态 .....	286
四、非金属材料的腐蚀原理 .....	287
第二节 设备腐蚀防护技术 .....	288
一、设备的防护设计 .....	288
二、设备环境介质的控制 .....	291
三、设备电化学保护 .....	292
四、电镀、化学镀、化学转化膜防护 .....	294
五、浸镀、渗镀、包镀及热喷涂防护技术 .....	295
六、衬里防护技术 .....	296
七、有机涂料防护技术 .....	297
第三节 材料的选用 .....	297
一、材料选取的基本原则 .....	297
二、选材时应考虑的因素 .....	298
思考与练习题 .....	299
参考文献 .....	300

# 绪论

为了人类的生存与社会持续稳定的发展,环境保护已成为一门重要的学科,而材料的加工使用对环境造成污染,可见,材料与环境密切相关。《环境工程材料及成形工艺》是从环境保护的角度研究各类材料及成形工艺在环境工程中应用的一门课程。

## 一、课程的性质、目的和任务

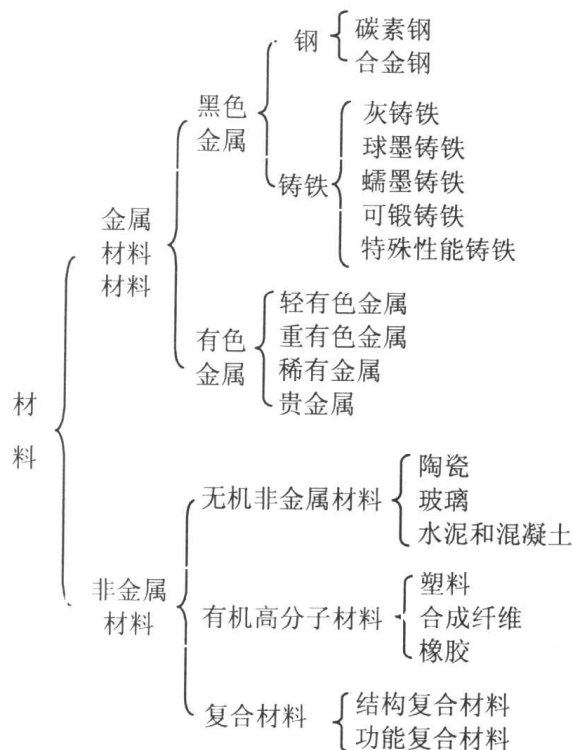
本课程是一门综合性的专业基础课,是环境类专业及相关专业的必修课。本课程阐述了环境工程材料的结构、性能及工艺之间的关系,简要地概括了环保设备制造的过程,为各专业提供了必要基础知识,也为后续专业课学习和课程设计以及今后从事技术工作奠定基础。

本课程实践性比较强,因此在学习过程中,要做到理论联系实际,重视在实践性教学中培养和提高自己的能力,掌握初步的实践技能。环境工程材料及成形工艺课程的主要任务是:

- (1) 熟悉金属学基础理论,为了解与掌握金属的性能奠定必要的基础。
- (2) 熟悉常用工程材料的种类、性能、用途,为环保设备的选材提供理论基础。
- (3) 熟悉各种材料成形方法,并能依据环境工程特点和使用要求选择最佳的成形方法,具有分析零件结构工艺性的能力。
- (4) 了解材料腐蚀的原理,熟悉防止材料腐蚀的措施。
- (5) 了解与本课程有关的新材料、新工艺、新技术及其发展概况。

## 二、材料的分类和发展前景

材料是人类用来制造各种产品的基本物质,材料已经成为人类生活与社会发展不可缺少的物质基础,随着现代科技的发展,各类新型材料更是层出不穷,材料的分类方法很多,按照化学成分分类,材料可分为两大类:金属材料和非金属材料,这两类材料又可以细分为若干种,如下所示:



自 18 世纪中叶以来，随着近代钢铁工业的迅速发展，材料科学有了巨大的发展，半导体材料、高分子材料、复合材料等新型材料的开发和应用，标志着人类社会进入了“材料革命”的新时代。

随着社会的发展，生活水平的提高，人们对各种材料的需求量不断增加。材料、能源和信息技术已成为现代高科技产业的三大支柱。20 世纪前 50 年，全世界金属材料的消耗量约 40 亿吨，平均每 10 年消耗 8 亿吨，而 80 年代，10 年内金属材料的消耗量已达 58 亿吨。目前，全世界金属材料的消耗量更大。随着材料的生产与使用量的急剧增长，由于在材料的生产过程中会产生大量的有害气体、烟尘和废渣，使用各种材料制成的工程构件或机器零件最终也将被废弃，成为污染源，环境恶化的问题日益突出。另外，随着材料用量的不断增加，许多矿产资源将枯竭。为此，唯有进一步改进传统材料的加工工艺，努力开发可再生的新型环保材料，才能走出人类面临的困境。

### 三、材料的成形工艺和发展趋势

任何材料只有经过加工才能制成人类所需要的制品，不同的材料对成形工艺的



适应性不同，因此选择合适的材料成形工艺是制造合格构件或零件的关键，目前常用的材料有金属材料、非金属材料（高分子材料、复合材料陶瓷材料等）。常用的金属材料成形工艺有：铸造、锻压、焊接和粉末冶金；常用的非金属材料的成形工艺主要有：注射成形、压制成形、挤出成形、压延、手糊成形和浇注成形等。

各种成形方法的特点均不相同。铸造、锻压和焊接是最常用的成形工艺。铸造是现代机械制造业中最常用的成形方法之一。铸造生产的方法有：砂型铸造和特种铸造两种。铸造成形的特点是：能生产形状复杂的毛坯，适应范围广，生产成本低，但铸件的力学性能较差。环境工程设备中的重要零件一般采用锻压方法生产。锻压成形的方法有：锻造、板料冲压等。锻压成形的特点是：能消除金属内部缺陷，改善组织，提高力学性能，具有较高的生产率，可以节省金属材料和加工工时，但锻压成形对材料的适应性差，难以加工形状复杂的工件。焊接是现代工业中材料的重要连接方法，焊接方法主要有：熔焊、压焊和钎焊三大类。焊接成形的特点是：可以节省材料和制造工时，接头密封性好，可以制造双金属结构，生产效率高，容易实现机械化和自动化。但焊接过程中由于冷热不均易造成焊接接头力学性能不稳定。

随着人类社会的发展，人类利用的材料越来越多，同时材料的成形方法也越来越先进。新型材料和新能源的出现都会导致新型加工技术的产生，例如：超塑性材料的出现，导致了超塑成形、等温锻造等成形方法的产生。激光、电子束、等离子束等新能源的出现，被应用于焊接、切割、热处理等领域，形成了多种崭新的特种加工成形方法。另外，计算机数值模拟技术已开始于铸造、锻压、焊接等传统成形工艺中应用，并使铸造、锻压、焊接等成形工艺的加工精度得到很大提高。