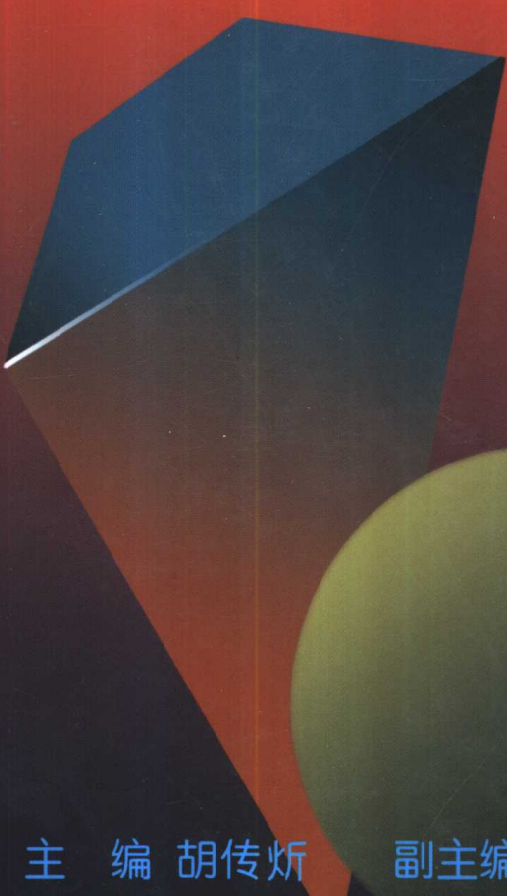




材料工程丛书

热加工手册

主 编 胡传炘 副主编 刘建萍

北京工业大学出版社

材料工程丛书

热加工手册

胡传炘 主 编
刘建萍 副主编

北京工业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

热加工手册/胡传炘主编. —北京: 北京工业大学出版社, 2002.9

(材料工程丛书)

ISBN 7-5639-0972-9

I. 热... II. 胡... III. 热加工-技术手册

IV. TG306-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 058301 号

热加工手册

胡传炘 主 编

刘建萍 副主编

*

北京工业大学出版社出版发行

各地新华书店经销

徐水宏远印刷厂印刷

*

2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷

850 mm×1168 mm 32 开本 36.75 印张 1202 千字

印数: 1~3000 册

ISBN 7-5639-0972-9/T·175

定价: 60.00 元

序

材料、信息和能源是人类文明的基础，是现代国民经济的三大支柱。材料加工是材料科学与工程中的重要组成部分，包括材料制备、加工、使用及后处理在内的各项生产工艺技术。先进的材料加工技术，对加速传统产品的更新换代、推动高新技术的发展是十分重要的。同时，材料加工技术对新材料的开发和应用也有重要作用。

为了适应我国科学技术和工业发展的需要，编者及时推出这套《材料工程丛书》，以满足广大读者处理材料加工问题的需要。

本丛书具有以下特色：

(1) 综合性。本丛书既有对各种工程材料（金属、非金属、复合材料）的系统叙述，又有对各种材料的加工工艺、原理及应用的详细说明。本丛书既涉及传统加工方法，又有对特种加工方法的论述。

(2) 实用性。本丛书对材料的介绍按用途分类，便于读者查询。在对各种加工方法进行介绍时，特别注意到了采纳生产中正在广泛应用的成熟工艺，读者可直接将其应用于指导生产。叙述中图文并茂、数据准确、应用实例丰富。本丛书也是带有相关标准的实用工具书，可供从事材料工程生产、科研、设计、制造、应用及经营方面的科技和管理人员使用。

(3) 新颖性。本丛书立足最新的标准。国内标准收集到1998年，国外标准收集到1997年。可以认为这套丛书反映了20世纪末材料工程方面的最新水平。

真诚希望这套丛书的出版发行，能为我国材料工程的生产、科研、开发和应用作出重要贡献。

北京工业大学材料学院院长 史耀武教授

前 言

编辑出版《材料工程丛书》的目的是力图为从事材料加工、生产、科研及应用的人员提供一套实用性强、综合性强、内容新颖的工具性手册。本丛书计划出五个分册：第一分册为特种加工手册；第二分册为热加工手册；第三分册为冷加工手册；第四分册为表面处理手册；第五分册为实用材料手册。

本书作为《材料工程丛书》的第二分册，从实用角度出发，对生产中常用到的毛坯成形方法及毛坯材料，铸造生产的基础知识，铸造合金，铸造工艺及设备，锻造前的准备，自由锻与模锻，成形、精整、热处理及质量控制，焊接方法及设备，金属材料焊接，焊接结构与生产，金属的固态相变，金属的热处理加热，钢的冷却转变，钢的热处理工艺，铸铁及有色金属热处理等做了介绍。编写中力求实用简洁，不求完备。

本书主编为胡传炘，副主编为刘建萍。本书编写分工如下：第1章、第2章、第11章由夏志东编写；第3章由罗连生编写；第4章、第10章由刘建萍、章帆、张国建、刘向升编写；第5章由钟涛兴编写；第6章、第7章、第12章、第13章由王国红、王卫林、石坤编写；第8章由赵侠、宇慧平编写；第9章由崔丽编写；第14章、第15章15.1~15.6.5及15.7~15.10、第16章由胡传炘、马建春、刘颖编写；第15章15.6.6~15.6.10由白立来、张国建编写。

本书编写中参考了大量资料，书后难以一一列举，在此一并向原作者致谢。热加工技术发展迅速，本书挂一漏万，在所难免。错误与不当之处，欢迎指正。

胡传炘

目 录

前言

第 1 篇 毛坯制造

第 1 章 毛坯成形方法	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 毛坯成形方法	(1)
1.2.1 铸造	(1)
1.2.2 锻造	(10)
1.2.3 冲压	(14)
1.2.4 粉末成形	(18)
1.2.5 塑料成形	(19)
1.2.6 焊接	(23)
1.2.7 胶接	(29)
第 2 章 毛坯材料	(31)
2.1 毛坯种类和毛坯余量	(31)
2.1.1 轧制件	(31)
2.1.2 铸件	(44)
2.1.3 锻件	(57)
2.1.4 冲压件	(84)
2.1.5 粉末冶金制品	(94)
2.1.6 塑料制品	(98)
2.1.7 焊接件	(112)
2.1.8 胶接件	(121)
2.2 毛坯选择	(122)
2.2.1 不同毛坯的特点	(122)
2.2.2 毛坯成形方法选择的依据	(128)

2.2.3 毛坯生产方案优劣分析举例	(130)
--------------------------	-------

第2篇 铸 造

第3章 铸造生产的基础知识	(133)
---------------------	-------

3.1 铸造生产概述	(133)
------------------	-------

3.1.1 铸造生产的特点及其在国民经济中的地位	(133)
--------------------------------	-------

3.1.2 我国铸造生产发展现状与世界先进国家的比较	(134)
----------------------------------	-------

3.1.3 铸造工艺及设备分类	(134)
-----------------------	-------

3.1.4 砂型铸造	(138)
------------------	-------

3.1.5 特种铸造	(147)
------------------	-------

3.1.6 铸造生产机械化	(150)
---------------------	-------

3.1.7 铸造生产中的环境保护	(159)
------------------------	-------

3.2 铸造生产的理论基础	(160)
---------------------	-------

3.2.1 Fe-C 状态图	(160)
----------------------	-------

3.2.2 铸件的凝固	(161)
-------------------	-------

3.2.3 金属液充填铸型的过程	(163)
------------------------	-------

3.2.4 金属与铸型的相互作用	(166)
------------------------	-------

3.3 铸造生产原材料	(169)
-------------------	-------

3.3.1 金属材料	(169)
------------------	-------

3.3.2 耐火材料和隔热材料	(194)
-----------------------	-------

3.3.3 燃料	(204)
----------------	-------

3.3.4 常用熔剂材料	(205)
--------------------	-------

3.3.5 造型用原材料	(208)
--------------------	-------

第4章 铸造合金	(238)
----------------	-------

4.1 铸造合金的分类	(238)
-------------------	-------

4.1.1 铸铁	(238)
----------------	-------

4.1.2 铸钢	(240)
----------------	-------

4.1.3 铸造非铁合金	(241)
--------------------	-------

4.2 铸造合金的铸造性能	(242)
---------------------	-------

4.2.1 铸造合金的流动性	(242)
----------------------	-------

4.2.2 铸造合金的收缩	(244)
---------------------	-------

4.2.3	铸造应力、变形和裂纹的形成与防止	(246)
4.2.4	合金的偏析	(249)
4.2.5	铸造合金中的气体	(250)
4.2.6	铸件的结晶	(253)
4.2.7	铸造合金的气密性	(255)
4.2.8	铸件的常见缺陷及其产生的原因	(256)
4.3	常用铸造合金	(258)
4.3.1	铸铁	(258)
4.3.2	铸钢	(304)
4.3.3	铸造非铁合金	(330)
4.4	铸造合金的熔炼	(341)
4.4.1	铸铁的熔炼	(341)
4.4.2	铸钢的熔炼	(371)
4.4.3	铸造非铁合金的熔炼	(381)
第5章	铸造工艺及设备	(397)
5.1	铸造工艺规程	(397)
5.1.1	最小铸出孔及槽	(397)
5.1.2	最小壁厚	(397)
5.1.3	铸件的临界壁厚	(400)
5.1.4	铸件壁的过渡和连接	(400)
5.1.5	收缩筋	(402)
5.1.6	铸造外圆角	(402)
5.1.7	铸造内圆角	(402)
5.1.8	铸造工艺符号及表示方法	(404)
5.2	铸造型(芯)砂	(415)
5.2.1	原砂	(415)
5.2.2	黏结材料	(418)
5.2.3	混合料的配比及性能	(421)
5.2.4	砂型及砂芯烘干典型工艺规程	(421)
5.2.5	砂型铸造用涂料	(427)
5.3	铸造砂型(芯)工艺	(427)

5.3.1	铸造收缩率	(427)
5.3.2	铸件模样起模斜度	(428)
5.3.3	铸件机械加工余量	(430)
5.3.4	型芯头尺寸	(436)
5.4	浇注系统	(450)
5.4.1	浇注系统的类型及选择	(450)
5.4.2	浇注系统尺寸的确定	(459)
5.4.3	冒口	(464)
5.5	铸造工艺装备	(467)
5.5.1	模样	(467)
5.5.2	模板	(469)
5.5.3	芯盒	(475)
5.5.4	砂箱	(479)
5.6	特种铸造	(480)
5.6.1	熔模铸造	(487)
5.6.2	压力铸造	(494)
5.6.3	低压铸造	(496)
5.6.4	陶瓷型铸造	(501)
5.7	铸件质量控制	(503)
5.7.1	铸件尺寸公差	(503)
5.7.2	铸件质量公差	(506)
5.7.3	铸件表面粗糙度	(508)
5.7.4	铝合金铸件针孔分级	(510)
5.7.5	硫、磷含量分等	(511)

第3篇 锻 造

第6章	锻造前的准备	(512)
6.1	算料与下料	(512)
6.1.1	算料	(512)
6.1.2	下料	(513)
6.2	锻造温度范围的确定	(515)

6.3 加热时间的确定	(521)
6.3.1 恒温炉内加热时间的计算	(521)
6.3.2 热流不变情况下的加热	(523)
6.3.3 表面温度不变情况下的加热	(525)
6.4 加热方法及注意事项	(525)
6.4.1 加热方法	(525)
6.4.2 加热时产生的缺陷及注意事项	(528)
第7章 自由锻与模锻	(530)
7.1 自由锻造	(530)
7.1.1 工艺过程的制定	(530)
7.1.2 锤上自由锻工艺举例	(542)
7.2 锤上模锻	(550)
7.2.1 模锻件图的制定	(550)
7.2.2 各种锤上模锻的特点与应用	(558)
7.3 各种压力机上模锻	(563)
7.3.1 螺旋压力机上模锻及精密模锻	(563)
7.3.2 热模锻压力机上模锻	(568)
7.3.3 平锻机上模锻	(574)
第8章 成形、精整、热处理及质量控制	(581)
8.1 特种成形	(581)
8.1.1 挤压	(581)
8.1.2 液态模锻	(586)
8.1.3 粉末冶金锻造	(592)
8.1.4 超塑性锻造	(596)
8.2 回转成形	(602)
8.2.1 辊锻	(602)
8.2.2 摆动辗压	(611)
8.2.3 环形件辗轧	(613)
8.2.4 径向锻造	(620)
8.3 锻件的精整及热处理	(625)
8.3.1 切边与冲孔	(625)

8.3.2 精压与校正	(630)
8.3.3 锻件的冷却与热处理	(635)
8.4 锻件质量控制及安全技术	(654)
8.4.1 锻件缺陷及产生的原因	(655)
8.4.2 锻件质量控制的方法及内容	(658)
8.4.3 锻件质量检验的内容与方法	(659)
8.4.4 锻造安全技术	(661)
8.5 锻造技术经济分析	(664)
8.5.1 分析的可比性与评价准则	(664)
8.5.2 评价的数量方法	(665)
8.5.3 技术经济分析步骤	(667)
8.5.4 成本计算	(669)
8.5.5 投资估算	(669)

第4篇 焊 接

第9章 焊接方法及设备	(675)
9.1 熔焊	(675)
9.1.1 电弧焊	(675)
9.1.2 电子束焊	(716)
9.1.3 电渣焊	(717)
9.1.4 激光焊接及切割	(718)
9.2 压焊	(719)
9.2.1 电阻焊	(719)
9.2.2 爆炸焊	(723)
9.2.3 摩擦焊	(723)
9.2.4 高频焊	(724)
9.3 钎焊	(724)
9.3.1 钎焊方法	(724)
9.3.2 钎料	(727)
第10章 金属材料焊接	(737)
10.1 金属焊接性	(737)

10.1.1 碳当量	(737)
10.1.2 焊接冷裂纹敏感性系数	(737)
10.1.3 焊接性试验方法	(738)
10.2 黑色金属焊接	(743)
10.2.1 碳钢焊接	(743)
10.2.2 低合金钢焊接	(753)
10.2.3 不锈钢焊接	(781)
10.2.4 异种钢焊接	(796)
10.2.5 铸铁焊接	(807)
10.3 有色金属焊接	(811)
10.3.1 铝及铝合金焊接	(811)
10.3.2 铜及铜合金焊接	(823)
10.4 其他材料焊(连)接	(832)
10.4.1 陶瓷连接	(832)
10.4.2 石墨焊接	(836)
第11章 焊接结构与生产	(837)
11.1 焊接接头	(837)
11.1.1 焊接接头的基本类型	(837)
11.1.2 焊缝的基本形式	(838)
11.1.3 焊缝代号	(840)
11.1.4 焊接接头的性能	(840)
11.2 焊接应力与变形	(866)
11.2.1 焊接应力	(866)
11.2.2 焊接残余变形	(882)
11.3 焊接结构的失效	(897)
11.3.1 脆性失效	(897)
11.3.2 疲劳失效	(904)
11.3.3 应力腐蚀失效	(908)
11.3.4 其他类型失效	(910)
11.4 焊接结构生产	(911)
11.4.1 焊接结构设计的基本原则	(911)

11.4.2	焊接结构制造工艺	(921)
11.4.3	焊接结构生产用设备	(938)
11.4.4	焊接结构的合理性分析	(939)
11.4.5	焊接质量管理	(944)
11.4.6	典型焊接结构分析	(952)
11.5	焊接生产安全与防护	(960)
11.5.1	有害因素及安全、卫生标准	(960)
11.5.2	焊接安全技术	(963)
11.5.3	焊接劳动保护	(963)

第5篇 热 处 理

第12章	金属的固态相变	(964)
12.1	铁碳合金状态图与钢的平衡组织	(964)
12.1.1	固态纯铁及铁碳合金中的平衡相	(964)
12.1.2	铁碳合金状态图	(966)
12.1.3	铁碳合金相变临界温度与平衡组织	(968)
12.2	合金元素对铁碳相图的影响	(971)
12.2.1	合金元素对各相变温度的影响	(971)
12.2.2	合金元素对铁碳相图中各特性点的影响	(974)
12.2.3	合金钢中的平衡相	(976)
12.3	钢的奥氏体化过程	(980)
12.3.1	由平衡组织形成的奥氏体	(980)
12.3.2	由非平衡组织形成的奥氏体	(984)
12.3.3	断口遗传	(985)
12.3.4	奥氏体晶粒的长大	(986)
第13章	金属的热处理加热	(991)
13.1	加热介质及加热计算	(991)
13.1.1	加热介质的分类	(991)
13.1.2	加热注意事项	(992)
13.1.3	加热时间的计算	(993)
13.2	可控气氛的分类及用途	(1006)

13.3 加热熔盐及流态床	(1006)
13.3.1 加热熔盐的成分及用途	(1006)
13.3.2 盐浴的脱氧及脱氧剂	(1013)
13.3.3 长效盐	(1013)
13.4 真空中的加热	(1013)
13.4.1 金属在真空中加热时的行为	(1013)
13.4.2 金属在真空中的加热速度	(1014)
第14章 钢的冷却转变	(1015)
14.1 冷却条件对钢性能的影响	(1015)
14.2 过冷奥氏体等温转变曲线 (C曲线)	(1016)
14.2.1 共析碳钢 C曲线的建立	(1016)
14.2.2 C曲线的分析	(1017)
14.3 过冷奥氏体连续冷却转变曲线 (连续冷却 C曲线)	(1020)
14.3.1 连续冷却 C曲线	(1020)
14.3.2 连续冷却转变与等温转变的关系	(1022)
14.4 珠光体转变	(1022)
14.4.1 珠光体共析转变反应式	(1022)
14.4.2 珠光体的组织和性能	(1022)
14.5 马氏体转变	(1027)
14.5.1 马氏体转变形式及特点	(1027)
14.5.2 马氏体的组织、结构和性能	(1028)
14.6 贝氏体转变	(1035)
14.6.1 贝氏体的形成及特点	(1035)
14.6.2 贝氏体组织形态	(1036)
14.6.3 贝氏体性能	(1037)
14.6.4 魏氏组织	(1040)
第15章 钢的热处理工艺	(1041)
15.1 钢的淬火	(1042)
15.1.1 钢的淬火概念	(1042)
15.1.2 淬火的实质	(1042)

15.1.3	淬火的目的是	(1042)
15.1.4	淬火的分类	(1043)
15.1.5	钢的淬火工艺	(1043)
15.1.6	钢的淬透性	(1052)
15.1.7	冷处理	(1056)
15.1.8	淬火变形和开裂	(1057)
15.1.9	常见淬火缺陷	(1060)
15.2	钢的回火	(1062)
15.2.1	钢的回火概念	(1062)
15.2.2	回火的实质	(1062)
15.2.3	回火的目的	(1064)
15.2.4	回火的分类及应用	(1064)
15.2.5	常见回火缺陷	(1065)
15.3	钢的退火	(1066)
15.3.1	什么是钢的退火	(1066)
15.3.2	退火的实质	(1066)
15.3.3	退火的目的	(1067)
15.3.4	退火的组织	(1067)
15.3.5	退火的分类	(1067)
15.3.6	退火的方法	(1068)
15.4	钢的正火	(1074)
15.4.1	什么是钢的正火	(1074)
15.4.2	正火的实质	(1074)
15.4.3	正火的目的	(1075)
15.4.4	适用范围	(1075)
15.4.5	正火工艺参数	(1076)
15.4.6	退火及正火缺陷	(1076)
15.4.7	退火及正火的选择	(1077)
15.5	钢的表面淬火	(1078)
15.5.1	什么是表面淬火	(1078)
15.5.2	适用工件范围	(1078)

15.5.3	感应加热表面淬火	(1079)
15.5.4	火焰加热表面淬火	(1081)
15.5.5	激光表面淬火	(1082)
15.5.6	电接触加热表面淬火	(1083)
15.5.7	电解液加热表面淬火	(1083)
15.5.8	电子束加热表面淬火	(1083)
15.6	钢的表面化学热处理	(1084)
15.6.1	什么是化学热处理	(1084)
15.6.2	化学热处理条件	(1084)
15.6.3	化学热处理基本过程	(1084)
15.6.4	化学热处理的目的	(1085)
15.6.5	化学热处理分类及应用	(1086)
15.6.6	渗碳	(1086)
15.6.7	渗氮	(1102)
15.6.8	碳氮共渗	(1112)
15.6.9	渗硼	(1121)
15.6.10	渗铝	(1125)
15.7	钢的变形热处理	(1128)
15.7.1	什么是钢的变形热处理	(1128)
15.7.2	高温变形热处理	(1128)
15.7.3	低温变形热处理	(1131)
15.8	时效	(1132)
15.8.1	什么是时效	(1132)
15.8.2	热时效	(1132)
15.8.3	形变时效	(1132)
15.9	热处理新工艺简介	(1133)
15.9.1	真空热处理	(1133)
15.9.2	保护气氛热处理	(1133)
15.9.3	强韧化处理	(1134)
15.9.4	强化表面的热处理	(1135)
15.9.5	循环热处理	(1135)