

新版钢铁技术讲座

5

铸铁与铸钢

日本钢铁协会编

上海科学技术出版社

新版钢铁技术讲座

第 5 卷

铸 铁 与 铸 钢

日 本 钢 铁 协 会 编

徐君文 潘振华 许宝伦 译

上 海 科 学 技 术 出 版 社

内 容 提 要

日本“新版钢铁技术讲座”共5卷: 1. 炼铁与炼钢; 2. 钢材生产; 3. 钢材的性能与试验; 4. 钢材加工; 5. 铸铁与铸钢。

本书是讲座的第5卷, 是论述铸造问题的著作。内容共分九篇: (一) 铸造总论; (二) 铸钢件; (三) 普通铸铁件; (四) 球墨铸铁件; (五) 可锻铸铁件; (六) 合金铸铁件; (七) 金属型铸造; (八) 冷硬铸件; (九) 特种铸造法。重点是介绍了铸造合金材料的生产工艺、性能及用途。

本书反映了日本以及西方国家铸造专业的新成果。全书文字浅近易懂, 原理深入浅出, 技术工艺具体, 并介绍了必要的数字, 是一本比较全面的基础书。

本书可供铸造专业的工程技术人员、技术工人、管理干部和有关专业院校的师生参考。

新版钢铁技术讲座

第5卷

铸 铁 与 铸 钢

日本钢铁协会 编

徐君文 潘振华 许宝伦 译

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张17.75 字数420,000

1982年11月第1版 1982年11月第1次印刷

印数1—6,700

统一书号: 15119·2209 定价: (科四) 1.65元

序

日本钢铁协会于1959年(昭和34年)以钢材用户为对象,以讲述材料的正确选择及合理使用为目的,出版了一套钢铁技术讲座,共五卷。在刚出版的时候,日本钢铁工业的粗钢产量仅为1663万吨,勉强达到法国的水平。但1963年则达到了3400万吨,超过英国、西德跃居世界第三位。以后又取得了举世共知的惊异发展,今天日本粗钢产量已超过1亿吨,成为居世界领先地位的钢铁生产国之一。

在这钢铁工业的发展时期,我们认为作为一本珍贵的参考书,本书的出版不仅对钢铁工业的同行们,就是对其他有关企业来说,也是有所裨益的。

然而,如上所述,此后钢铁技术的发展是惊人的,原来讲座的内容在目前已显得陈旧落后了,有关读者也迫切希望能修订讲座内容。因此,为满足读者的要求,现邀请活跃在第一线的科技工作者重新执笔,修订内容,作为新版钢铁技术讲座出版,共五卷。

日本钢铁工业还面临着许多难题,为解决这些难题,今后钢铁产业界及钢铁材料用户仍须共同努力。我们确信,本书的出版对今后钢铁技术的发展和普及对钢铁的新认识,也是大有帮助的。

本书用途广泛,不仅可供从事于钢铁工业的技术工作者参考,而且可供钢材用户及专科学校作教学材料或贵重的参考书使用。若进而能对日本各工业部门的发展有所帮助的话,则更感荣幸了。

最后,在本讲座发行之际,谨向以编辑委员长东京大学松下教授为首的各位编辑委员及作者们致意,对他们的共同努力,表示衷心的感谢!

日本钢铁协会会长 小林佐三郎
1976年9月

序

本书为50年代后期出版的五卷《钢铁技术讲座》的新版,是为适应70年代的需要而重新修订出版的。这期间,关于钢铁科学技术的惊人发展暂且不谈,但就我国钢铁工业在世界经济中所起的作用,以及在进入80年代将要承担的责任来说,也许是应该正视的现实。

本书初版的问世,是当时日本钢铁协会会长盖沢正一先生,及钢铁技术讲座编辑委员长伊藤正夫领导有关人士共同努力的结果。我们的先辈为我们树立了关于钢铁材料“实用参考书”的样板。去年以来,由于有关方面的迫切要求,决定对书稿进行修订,但出版宗旨依然不变,即以钢材用户为对象,以讲述材料的正确选择和合理使用为目的,为了适应当前社会节约资源和能源的需要,力求使工业界人士对钢铁加深认识,同时也考虑使本书能作为高等工业专科学校或大学教科书使用。

内容编排方面,第1~4卷的标题与初版相同,但第5卷则根据铸钢、铸铁的现状作了改动。第1卷的重点在于掌握钢铁生产的全貌,叙述炼铁技术的发展、直接炼铁、从平炉到转炉的变迁、连续铸钢、钢的特殊处理等。第2卷叙述钢铁成品化过程中的压延和表面加工。第3卷介绍关于钢铁性能的系统概念。第4卷则以钢材二次加工为中心进行讲述。总之,本书以避免高深的理论,讲述通俗易懂的内容为宗旨。

值得庆幸的是,由于得到各专业委员会主编、编委们的积极协助,以及第一线的各位执笔者的共同努力,本书出版计划进行得很顺利。在本书发行之际,协会编辑及地人书店有关人员,无不感到喜悦。

《新版钢铁技术讲座》编辑委员长 松下幸雄

1976年9月

目 录

第一篇 铸 造 总 论

日本車輛製造(株) 小幡 録

第一章 概论	1
一、历史	1
二、分类	3
(一)铸钢的分类	3
第二章 铸件生产工艺	5
一、生产过程	5
二、铸造工艺	7
(一)浇注系统	7
(二)冒口	8
(三)冷铁	9
三、模型	9
(一)模型的种类	10
(二)模型与铸件的形状尺寸关系	11
四、造型	11
(一)普通铸型及其造型方法	12
(二)特种铸型	12
五、熔炼	13
(二)铸铁的分类	4
三、铸件的特点及其选择	5
(一)铸铁熔炼	13
(二)铸钢熔炼	14
六、浇注	15
七、铸件清理	15
(一)落砂清理	15
(二)切除浇冒口	16
(三)精整和焊补	16
八、热处理	17
(一)铸钢的热处理	17
(二)铸铁的热处理	17
(三)可锻铸铁的热处理	18

第二篇 铸 钢 件

(株)日本製鋼所 阪部喜代三

第一章 概论	19
第二章 铸钢件的生产工艺	20
一、凝固特性	20
(一)钢液的流动性	20
(二)凝固组织与收缩量、缩孔	21
(三)凝固组织与裂纹	22
(四)凝固组织与偏析	22
(五)凝固与变形、残余应力	23
二、铸钢件的尺寸精度	24
三、铸造工艺	25
(一)浇注系统	25
(二)冒口	26
(三)冷铁	28
(四)工艺补贴	29
四、造型	29
(一)模型和模型用材料	29
(二)造型材料	30
(三)对铸型的性能要求和铸型的种类	33
(四)造型工艺	36
五、熔化、精炼	37
(一)碱性电弧炉熔炼铸钢	37
(二)高频感应电炉熔炼铸钢	38
六、浇注	39
(一)浇注温度	39
(二)浇注速度和浇注时间	39
七、铸件清理	40
(一)落砂和旧砂再生	40
(二)切除浇冒口和余量	41

(三)焊补·····	41	(一)铸态组织(显微组织)·····	44
八、热处理·····	44	(二)热处理方法·····	44
第三章 铸钢件的检验·····	47		
一、材料试验·····	48	四、放射线透视试验·····	49
二、尺寸和外观检查·····	48	五、超声波探伤试验·····	50
三、浸透探伤和磁粉试验·····	48		
第四章 铸钢件的缺陷防止法·····	51		
一、铸造缺陷的分类·····	51	(五)包砂和冲砂·····	54
二、铸造缺陷的特征、产生原因及防止方法·····	51	(六)粘砂·····	55
(一)高温裂纹·····	52	(七)起格子·····	56
(二)低温裂纹·····	53	(八)冷隔和浇注不足·····	57
(三)气体缺陷·····	53	(九)缩孔·····	57
(四)夹砂和夹渣·····	54	(十)显微缩孔·····	57
第五章 铸造碳素钢和低合金钢铸件的性能·····	57		
一、机械性能·····	57	(七)低温性能和高温性能·····	63
(一)质量效果·····	57	(八)蠕变强度·····	64
(二)抗拉强度、屈服点、延伸率、断面收缩率·····	59	二、使用性能·····	66
(三)硬度·····	60	(一)焊接性·····	66
(四)弯曲·····	60	(二)耐磨性·····	67
(五)冲击强度·····	61	(三)耐蚀性·····	67
(六)疲劳强度·····	63		
第六章 铸造高合金钢铸件的生产 and 性能·····	68		
一、铸造不锈钢铸件·····	68	(二)铸造耐热钢的性能·····	73
(一)不锈钢铸件的生产方法·····	69	三、铸造耐磨钢·····	76
(二)不锈钢铸件的性能·····	69	(一)铸造高锰钢铸件的生产方法·····	76
二、铸造耐热钢铸件·····	72	(二)铸造高锰钢铸件的性能和用途·····	77
(一)耐热钢铸件的生产方法·····	72		

第三篇 普通铸铁件

第一章 概论···早稻田大学铸物研究所 草川隆次·····	79
第二章 普通铸铁件的生产工艺···综合铸物センター 阿部喜佐男·····	80
一、铸造工艺·····	81
(一)铸造工艺概述·····	81
(二)浇注系统的种类·····	81
(三)浇注系统工艺·····	82
二、型砂和造型·····	83
(一)型砂的组成·····	83
(二)铸型的种类和特点·····	86
(三)造型方法·····	90
三、熔化·····	91
(一)基本事项·····	91
(二)炉料·····	92
(三)冲天炉·····	94
(四)工频感应电炉·····	102
(五)电弧炉·····	104
(六)其他熔炼炉·····	105
(七)炉前试验·····	106
四、铁水处理·····	110
(一)孕育处理·····	110
(二)脱硫·····	112
(三)合金化·····	113
五、浇注·····	114
六、铸件清理·····	115
(一)落砂·····	115
(二)浇冒口的切断·····	116
(三)修补·····	116
七、热处理·····	117

(一)退火	118	(三)其他方法	120
(二)淬火、回火、退火	118		
第三章 普通铸铁的性能和用途	121		
新日本製鉄(株) 鳥取友治郎			
新日本製鉄(株) 瀬谷修、佐藤兼弘			
一、组织	121	三、使用性能	151
(一)Fe-C、Fe-C-Si 系平衡状态图	121	(一)耐磨性	151
(二)组织图	125	(二)耐蚀性	151
(三)凝固组织	127	(三)耐热性	152
(四)断面组织	133	(四)切削性能	153
(五)各种成分的影响	133	(五)铸造性能	154
二、机械性能	141	(六)衰减能(振动吸收能)	154
(一)抗拉强度	141	(七)激冷性	155
(二)硬度	143	四、物理性能	155
(三)抗弯强度	144	(一)热传导性	155
(四)抗压强度	145	(二)热膨胀性	156
(五)冲击强度	145	(三)电阻	157
(六)扭转强度	146	(四)磁性	157
(七)疲劳强度	148	(五)比热、热容量、熔化潜热	158
(八)高温性能	148	(六)比重	159
(九)低温性能	150	五、普通铸铁的用途	159
第四章 普通铸铁件的缺陷防止法	165		
新日本製鉄(株) 鳥取友治郎			
新日本製鉄(株) 佐藤兼弘			
一、主要缺陷的种类	165	(四)浇注不足、冷疤	169
二、产生缺陷的原因和防止方法	166	(五)热裂、冷裂	170
(一)气体引起的缺陷	166	(六)石墨漂浮	170
(二)收缩孔(缩孔)	167	(七)其他缺陷	170
(三)材质硬化	169		

第四篇 球墨铸铁件

第一章 概论	172		
早稻田大学鑄物研究所 草川隆次			
第二章 球墨铸铁件的生产工艺	173		
新日本製鉄(株) 鳥取友治郎			
新日本製鉄(株) 千田昭夫			
一、铸造工艺	173	二、造型	174
(一)铸造性能	173	三、熔化	175
(二)流动性	173	(一)基本事项	175
(三)表面张力	173	(二)金属炉料	175
(四)浇注系统	174	(三)冲天炉熔化	179
(五)浇注速度	174	(四)电炉熔化	180
(六)模型缩尺	174	(五)脱硫处理	182

【iv】 目 录

四、石墨球化处理	184	(二) 焊补	191
(一) 基本事项	184	六、热处理	192
(二) 石墨球化剂	186	(一) 软化退火	192
(三) 球化处理办法	187	(二) 淬火回火	193
(四) 孕育	191	(三) 去除应力退火	193
五、铸件清理和修补	191	(四) 正火	194
(一) 浇冒口的切除	191	(五) 其他特殊热处理	195

第三章 球墨铸铁的性能196

早稻田大学鑄物研究所 草川隆次

一、组织	197	(二)弹性系数	205
(一)显微组织的分类	197	(三)延伸率	205
(二)石墨圆整度	199	(四)抗压强度	205
(三)球状石墨的结晶构造	199	(五)硬度	206
(四)断口组织	199	(六)冲击强度	206
(五)化学成分对组织的影响	200	(七)疲劳极限	206
二、凝固	201	五、使用性能	206
(一)热分析	201	(一)耐磨性	206
(二)共晶凝固的进行形态	202	(二)耐热性	207
(三)凝固时的膨胀收缩	202	(三)耐蚀性	207
三、石墨球化机理	203	六、物理性能	208
(一)铁液中球化元素的溶解	203	(一)密度	208
(二)球化元素与铁水中各元素的反应	203	(二)导热性	208
(三)球状石墨的生成过程	203	(三)热膨胀系数	208
(四)球状石墨的生长过程	204	(四)电阻	208
四、机械性能	204	(五)电磁性能	209
(一)抗拉强度和屈服强度	205	七、用途	209

第四章 球墨铸铁的缺陷防止法210

一、缩孔的产生和防止	210	三、针孔的产生和防止	211
二、夹渣的产生和防止	210	四、其他缺陷	211

第五篇 可 锻 铸 铁

早稲田大学鑄物研究所 堤信久

第一章 可锻铸铁分类	213
一、白心可锻铸铁	214
二、黑心可锻铸铁	214
三、珠光体可锻铸铁	215
四、特种可锻铸铁	216
第二章 可锻铸铁的性能	216
第三章 可锻铸铁的生产方法	218
一、熔化	218
二、铸造	219
三、热处理	221
四、整修、清理、矫直	227
五、焊接	228
第四章 可锻铸铁的用途	228
第五章 可锻铸铁的缺陷	229

第六篇 合金铸铁

九州大学工学部 松田公扶

第一章 概论	230
第二章 铬铸铁	230
一、低铬铸铁	231
二、高铬铸铁	232
(一)含 12~20% Cr 的马氏体型高铬铸铁	233
(二)含 24~28% Cr 的奥氏体型高铬铸铁	234
(三)含 30~35% Cr 的铁素体型高铬铸铁	235
第三章 镍铸铁	236
一、低镍铸铁	236
二、马氏体铸铁(尼哈特铸铁)	237
三、奥氏体铸铁	238
第四章 钼铸铁	239
第五章 钒铸铁	240
第六章 高硅铸铁	241
一、高硅耐热铸铁	241
二、高硅耐酸铸铁	242
第七章 其他合金铸铁	243
一、铝铸铁	243
二、硼铸铁	244
三、铜铸铁	244

第七篇 金属型铸造

名古屋工業技術試験所 磯谷三男

第一章 概论	245
第二章 生产方法	245
一、金属型和金属型铸造机	246
二、铸造工艺	247
第三章 性能	249
一、组织	249
二、机械性能	251
第四章 用途	255

第八篇 冷硬铸件

日立金属(株) 河原英磨

第一章 概论	256
第二章 生产方法	256
一、原材料	256
二、熔炉	257
三、铸型	257
四、化学成分	257
第三章 性能	259
一、组织	259
二、机械性能和物理性能	261
第四章 用途	262

第九篇 特种铸造法

第一章 离心铸造法	263
久保田铁工(株) 本田顺太郎	
一、离心铸造法的历史	263
二、离心铸造法概述	263
三、离心铸造法的应用举例	265
第二章 连续铸造法	268
(株)神户铸造所 甲田敬一郎	
一、概述	268
二、连续铸造装置	268
三、生产方法	269
四、生产范围	270
(一)材料	270
(二)形状与大小	270
五、组织	271
六、使用性能	272
(一)离心铸造铸铁件	265
(二)离心铸造铸钢件	266
(一)硬度	272
(二)抗拉强度	272
(三)疲劳值	273
(四)耐磨性	273
(五)机械加工性能	273
(六)其他	274
七、用途	274

第一篇

铸造总论

第一章 概 论

一、历 史

将加热熔化到高温的金属, 浇入用砂子和粘土制成的铸型中, 待金属凝固后拆除铸型, 则得到希望形状的金属制品。这种金属加工方法称为铸造, 所得到的产品就是铸件。

铸件的出现极为古老。远在战国时代的中国(公元前 403~221 年), 就已能铸造铁器农具。铁器的出现及其普及应用, 对当时的社会影响很大。日本在弥生时代(公元前 300 年~公元 300 年)就有铸造青铜器和铁器一起从国外输入, 并能制造铜炊之类铸造品, 这方面的技术也被用到铁器铸造方面。到镰仓、室町时代(公元 1200~1573 年)则已能够制造灯具及铁釜等工艺美术品了。在欧洲, 虽然 1300~1550 年间已开始广泛应用铸铁器具, 但象现在这样大规模生产和应用铁器的时代, 则开端于标志着动力革命的蒸汽机发明以后。

蒸汽机使当时以水车作动力机械的状态发生了一场变革, 要求结构材料耐高温和承受更高的强度, 从而使铁取代了木材作为主要结构材料登上了历史舞台。蒸汽机气缸用铸铁制造, 甚至锅炉最初也是用铸铁制造的, 后来由于要求耐高压, 韧性差的铸铁才被钢板所代替。

由表 1-1 可知, 由于蒸汽机的发明, 对铁的需要增加了。为此, 炼铁中使用了焦炭。而

表 1-1 铸造的进步及有关发明

年代	事 项	年代	事 项
1712	Thomas Newcomen (英国): 发明压气机。	1864	William (Wilhelm) Siemens (德国), Pierre Martin (法国): 平炉炼钢法工业生产获得成功。
1722	René Réaumur (法国): 发明白心可锻铸铁。	1864	Henry Clifton Sorby (英国): 发表了各种铁和钢的显微组织照片。
1735	Abraham Darby II (英国): 建成焦炭高炉并用于铸造。	1878	Dimitri Tschernoff (俄国): 阐明淬火和回火机理。
1740	Benjamin Huntsman (英国): 用坩埚法生产铸钢获得成功。	1882	Marcel Deprez (法国): 实施最早的长距离送电。
1778	Abraham Darby III (英国): 架设铸铁拱桥。	1883	Gottlieb Daimler (德国): 发明高速汽油发动机。
1782	James Watt (英国): 获得蒸汽机专利。	1893	Rudolf Diesel (德国): 发明柴油发动机。
1794	John Wilkinson (英国): 发明冲天炉。	1898	Keep (美国): 研究硅对铸铁白口倾向的影响。
1804	Richard Trevithick (英国): 制造轨道用蒸汽机车。	1900	Paul Héroult (法国): 试制炼钢用直接电弧炉。
1807	Robert Fulton (美国): 制造实用轮船。	1916	A. Diefenthaler, K. Sipp (德国): 发明兰兹珠光体铸铁。
1811	Friedrich Krupp (德国): 开办铸钢生产业。	1919	石川登喜治(日本): 发明菊目组织铸铁。
1825	George Stephenson (英国): 建设铁路。	1923	G. F. Meehan, O. Smalley (美国): 发明密烘铸铁。
1826	Seth Boyden (美国): 发明黑心可锻铸铁。	1948	H. Morrogh (英国): 发明球墨铸铁(钼处理法)。
1830	欧洲最早的自来水系统在伦敦建成(配有铸铁管道、蒸汽泵、净水装置等的自来水系统)。	1948	A. P. Gagnebin (美国): 发明球墨铸铁(镁处理法)。
1845	Alfred Krupp (德国): 制造铸钢加依炮。	1952	Robert Durrer (瑞士): 发明 LD 转炉炼钢法。
1851	Joseph Paxton (英国): 在伦敦建造水晶宫, 大量采用了铸铁支柱。		
1856	Henry Bessemer (英国): 发表贝塞麦转炉法, 进入炼钢时代。		

在炼铁炉鼓风、采掘煤炭以及排除地下水等，都要使用蒸汽机，从而导致了以蒸汽动力为中心的产业革命，使铸铁更广泛的应用到机械零件和结构部件等方面。

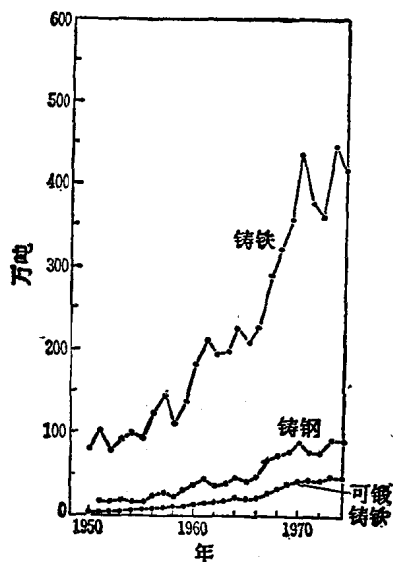


图 1-1 日本铸造生产的发展

早期的铸件只要形状好就可以了，而在高强度铸铁方面，很早就试制了白心可锻铸铁，后来才能制造黑心可锻铸铁及铸钢等。到 19 世纪后半叶，H. O. Sorby (1826~1908), A. Martens (1850~1914), F. Osmond (1849~1912) 等才相继发表了关于铁相变和显微组织的研究，这方面的成果也被用到铸铁的研究方面。由于组织得到了改善，试制高强度韧性铸铁获得了成功。进入 20 世纪以来，相继发明了兰兹珠光体铸铁，石川菊目组织铸铁，密烘铸铁和球墨铸铁等。

铸铁强度之所以如此发展，是由于蒸汽机时代逐渐向内燃机时代过渡，要求机械具有更高的强度和精密度的结果。

图 1-1 所示为第二次世界大战以后日本铸造生产的发展情况。日本经过 1960 年代的高速度发展，进入 1970 年代后，铸铁的产量每年约达 450 万吨，铸钢约 90 万吨，可锻铸铁约 45 万吨。

图 1-2~1-5 为现在各工业部门使用铸件的情况。由图可见，铸铁、球墨铸铁以及可锻铸铁在汽车制造业中的应用，都极为广泛。而铸钢则较多用于要求强度高的建筑、矿山机械等。总之，由图可知，欲想扩大铸件在各类机械、工具领域内的应用，则应以提高产品质量为目标。

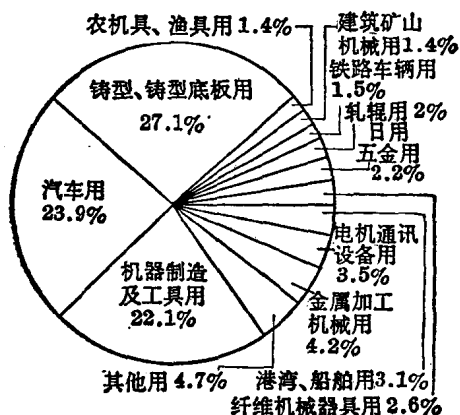


图 1-2 各部门所用铸铁(除球铁)的组成比例 (1970~1974 年的平均值)

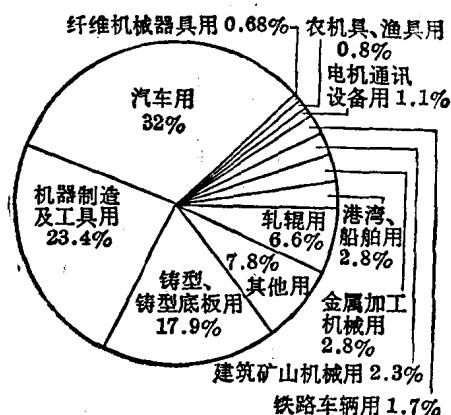


图 1-3 各部门所用球墨铸铁的组成比例 (1970~1974 年的平均值)

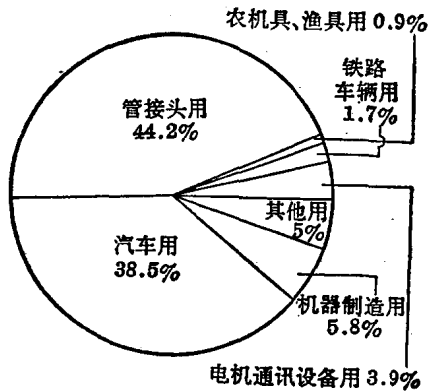


图 1-4 各部门所用可锻铸铁的组成比例
(1970~1974 年的平均值)

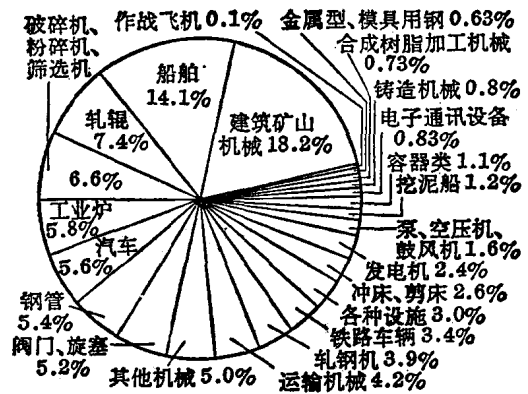


图 1-5 各部门所用铸钢的组成比例
(1970~1974 年的平均值)

二、分 类

铸件可按材料、铸造方法、用途等进行分类。但由于习惯上和实用上的方便，分类的观点常被混杂使用，即使同一种材料，如铸铁、铁铁，现场用语也常叫“生铁”，名称很多，致使初学者感到困惑。本文以常用的名称来说明其大致的分类。

铸件按材料不同，大致可分为铸钢件和铸铁件。如表示铸件的材料时，则称铸钢、铸铁。以机械强度为对象的实用铁合金，基本上是铁-碳合金。含碳量在 2.1% 以下的铁碳合金称为钢，超过 2.1% 的叫做铁。实际上，除碳外，在制造过程中还要加入少量的硅、锰等。一般来说，钢的强度高、韧性大，铸铁的强度低、韧性差。

铸钢材料与轧制钢材和锻造钢材相同，但由于铸钢不进行锻造轧制，所以可选择不易轧制锻造的化学成分作材料，而且特殊高合金钢也能够铸造。

(一) 铸钢的分类

1. 普通铸钢

即所谓碳素钢(碳钢)，根据含碳量不同分为：

- (1) 铸造低碳钢 $C < 0.2\%$
- (2) 铸造中碳钢 $C = 0.2 \sim 0.5\%$
- (3) 铸造高碳钢 $C > 0.5\%$

随着含碳量的增加，强度增大，硬度变高，在 JIS* 标准中，按照抗拉强度的大小进行分类。

2. 特殊铸钢

(1) 铸造低合金钢 强度比普通铸钢高。是使钢具有冲击韧性，并获得淬火、回火热处理效果，而添加锰、铬、钼等合金元素的铸钢。合金元素加入量不超过 2%。往往在前面冠以加入合金元素的名称，称作铸造 Mn-Cr 钢，铸造 Ni-Cr-Mo 钢等等，可以进一步细分为许多钢种。

(2) 铸造高锰钢 是含 Mn 11~14% 的铸钢，耐冲击磨损。

* JIS (Japanese Industrial Standard) 为日本工业标准。——译注

(3) 铸造耐蚀钢 是使铸钢具有耐腐蚀性能,以铬或铬、镍为主要合金元素的铸钢。常用钢种有 13Cr, 18Cr, 25Cr-5Ni (数字表示%), 18-8(18%Cr, 8%Ni)等。

(4) 铸造耐热钢 是用在约 650°C 以上工作温度的高 Cr 系及高 Cr-Ni 系铸造高合金钢。如 26Cr-12Ni, 26Cr-20Ni, 及 35Ni-15Cr 等合金元素含量高的钢种,这些钢种用于耐 1100°C 左右的高温场合。

(二) 铸铁的分类

铸铁除按强度大小及用途不同进行分类外,还以铸铁所特有的断口特征来进行分类。

铸铁一般含有 3~4% 的碳和 2% 左右的硅,如果碳硅总含量低,则碳与铁化合,以硬而脆的碳化物(渗碳体, Fe_3C) 存在于铸铁中。如果碳硅含量增加,则碳不与铁化合,以石墨形态呈薄片状(称片状石墨)分布于铁的基体中。由于碳的存在形态不同,使得铸铁新断口的颜色也不相同。因此,可根据断口的颜色将铸铁分为如下三种:

(1) 白口铸铁 断口呈银白色的铸铁,碳以碳化铁的形式存在。

(2) 灰口铸铁 断口呈灰色的铸铁,碳以石墨的形式存在。

(3) 麻口铸铁 是碳化铁和石墨混合存在,断口呈银白色和灰色麻点的铸铁。

铸铁也可大致分为普通铸铁和特种铸铁二种。

(1) 普通铸铁 是含碳 3~4%, 硅 1.5~2.5% 的灰口铸铁,应用得最广泛。碳、硅含量越高,强度越低。JIS 标准中,灰口铸铁产品按抗拉强度的不同分为 1~6 级。

(2) 特种铸铁 特种铸铁是机械性能得到改善,具有高强度高韧性的铸铁。由于加入合金元素使耐热性、耐蚀性等特殊性能得到提高的铸铁。

1) 高强度铸铁 系指抗拉强度在 30 公斤/毫米² 以上的铸铁,金属组织中石墨呈细片状分布,石墨以外的基体为强度高的珠光体组织。

2) 球墨铸铁 从强度方面来说,它属于高强度铸铁,但与片状石墨组织不同,由于铁水中加入了镁合金,石墨结晶成球状。抗拉强度通常在 40~80 公斤/毫米² 范围内。

3) 可锻铸铁 是将铸造性能好的白口铸铁铸造以后,用热处理的方法发挥其强度和韧性的铸铁。根据热处理方法的不同可分为如下两类:

a. 白心可锻铸铁 用热处理氧化去除白口铸铁碳化物中的碳,所得到的铸铁就是白心可锻铸铁。

b. 黑心可锻铸铁 用热处理方法使碳化铁分解为石墨(称为回火碳)和铁的铸铁称为黑心可锻铸铁。

4) 冷硬铸造 如采用特殊铸型,即要求铸件硬度高的部分用金属型,其他部分用砂型所组成的铸型进行铸造时,金属型部分将得到白口铸铁,从而制得硬度高、耐磨性能好的铸件。这种制造方法称作冷硬铸造,常用来生产轧辊、凸轮轴等铸件。

5) 合金铸铁 种类很多,有耐热性能和耐腐蚀性能好的高铬铸铁,加镍的镍铬奥氏体铸铁,耐酸性能好的高硅铸铁,耐磨性能高的铬钼铸铁等等。

6) 金属型铸件 是用金属型铸造所得到的铸件。有二种生产方法:一种方法是先铸造得到白口铸铁,然后用热处理方法得到灰口铸铁(称 Eaton 法)。另一种方法是苏联和东德所发展的方法,即铸造后直接得到灰口铸铁。金属型铸造大量用来生产高质量、高精度的铸件。

三、铸件的特点及其选择

铸件是使液体金属成形并随即凝固而制成的,因此,就物性来说,铸件具有液体金属凝固时产生密度变化及相变复杂性的特点。

由于伴随着凝固而出现的各种物理和化学现象的交错,可能导致降低铸件质量的各种铸造缺陷,例如:

- (1) 缩孔 是产生在铸件内部的空洞,其原因在于凝固时的体积收缩。
- (2) 气孔 液体金属中析出的气体,以气泡形态留在铸件内部所形成的空洞,即为气孔。
- (3) 铸造裂纹 是由于凝固冷却时产生的收缩,及由于合金元素(包括杂质元素)的影响所造成的凝固温度区间变化等原因,而形成的一种裂纹。
- (4) 粘砂 是型砂烧结粘附在铸件表面上的一种缺陷。

即使铸件化学成分适当,但若出现上述各种缺陷,也会使强度降低。铸造科技工作者正在为阐明产生铸件缺陷的复杂原因及寻找防止方法而努力。

几乎所有的铸件缺陷都产生在凝固过程中,所以控制凝固过程是极为重要的。在设计铸件时应尽可能设计出在凝固过程中难以产生缺陷的铸件。为此,铸造技术工作者与机械设计人员的协调是非常必要的。

对于金属成形加工方法来说,铸造具有其他方法所不可能有的特点:

- (1) 能够制造任何形状的零件。如发动机机身那样的箱体零件,具有形状复杂的隔层,也可以整体铸造出来。
- (2) 能够制造小至数克,大至数百吨重的机件。
- (3) 象白口铸铁和某些合金铸铁那样切削加工困难的材料都可以成形。
- (4) 既能适应象汽车零件那样的大批量生产,也能适应单件小批生产。

在制造机器零件时,形状愈复杂,愈能发挥铸造的特点。此外,应根据产品所要求的强度、耐热性及耐蚀性等各种性能来选择材质。

在产品形状和性能特点明确的情况下,除加工方法和材料没有选择余地外,对于其他可供选择的各种加工方法及材料的选用,应从经济性方面再作严密的分析比较。例如,小轿车的曲轴,除铸造外也可用锻造方法生产,但考虑到成本,则可选用球墨铸铁。若仅从机械强度方面看,普通铸钢、高强度铸铁和球墨铸铁之间没有多大差别,但铸铁的铸造性能、切削性能和衰减性能等却较好。所以选用材料时,这一点也必须加以考虑。

第二章 铸件生产工艺

一、生产过程

铸件是怎样进行生产的呢?如以可简单熔化的锡之类低熔点金属来制造小圆柱铸件为例,那么就可很容易地了解铸造生产的过程了。现将其顺序简述如下:

- (1) 按照需要制造的圆柱形状,用木料制作尺寸略大包含收缩余量的圆柱模型。
- (2) 往细砂里掺混粘土并加入水,然后用手拌匀捏握,估计其紧实程度,称作混砂作业。

(3) 将无底的空筒(相当于砂箱)放在平板上,模型放立在中间,然后往空筒和模型间的空隙内填入混好的型砂,并捣实(图 2-1a 和 b)。然后将圆筒倒过来,慢慢取出模型(图 2-1c)。拔出模型时,如有砂粒掉落,即应将其清扫出来。这样,铸型就算制作好了(图 2-1d),称作造型作业。

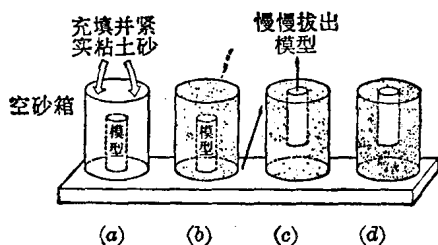


图 2-1 制作圆棒铸型

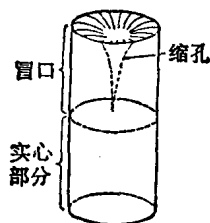


图 2-2 锡圆棒铸件

(4) 将小块锡放入坩埚等容器中,加热熔化,称作熔化作业。

(5) 将熔化了的锡浇入铸型,称作浇注作业。

(6) 待锡凝固后,打开铸型,取出圆棒铸件,清除粘附在圆棒表面的砂子,称作清砂处理。

(7) 如图 2-2 所示,在铸件上部可看到漏斗状的开孔,这就是缩孔。离底面约二分之一高的范围内是实心圆棒。因此,沿图中虚线位置处切断,即得到实心的完好铸件。切去的部分称作冒口。这种切除非产品部分的作业是必要的,包括落砂在内都属铸件清理作业。

由此可见,即使生产简单的铸件也要经过七道工序。在制造空心圆棒铸件时,即制造具有一定壁厚的管状铸件时,还要制造与空心部分形状相同的圆砂棒作型芯,并将其固定安放在铸型的中央,如图 2-3 所示。

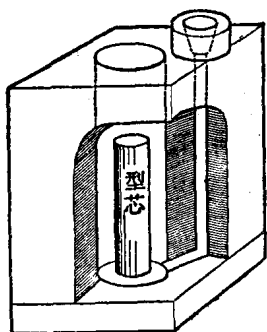


图 2-3 制造管状铸件的铸型

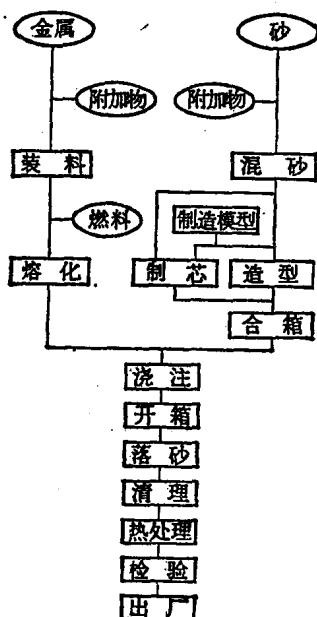


图 2-4 铸件生产过程

在实际铸造生产中,为了调整和改善材料的性能,往往还要用炉子加热铸件,进行退火、正火或更复杂的热处理。经过上述这些工序后,还要进行铸件检验,最后才能作为产品出厂。其简单铸造生产过程,如图 2-4 所示。