

可锻铸铁生产技术



可锻铸铁生产技术

严国粹 吴炳荣 主编

*

上海科学技术文献出版社出版

(上海市武康路2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 1/32 印张 12.5 字数 297,000

1985年5月第1版 1985年5月第1次印刷

印数: 1—10,200

书号: 15192·393 定价: 2.30 元

《科技新书目》93-240

序

可锻铸铁，源远流长。在它诞生以后的二千多年历史中，为人类社会的发展作出了积极的贡献；在当今科学技术突飞猛进的时代里，各类先进的工艺、技术及设备，武装了可锻铸铁生产战线；各种近代检测技术和控制手段保证了可锻铸铁的质量和数量。可以说，我国的可锻铸铁是既古老、又年轻。

我接触可锻铸铁几十年，从创办华丰厂开始，亲眼目睹可锻铸铁的巨大变迁。解放前，全国只有二、三家工厂生产可锻铸铁，产量很少，更谈不上品种，但在三座大山的压迫下，即使这么一点点工业也处于岌岌可危的飘摇动荡之中。华丰钢铁厂就是在增资十七次以后才勉强生存下来的。解放后，社会主义制度为可锻铸铁的发展开辟了广阔的前景，产量、质量、品种都从根本上发生了变化。现在可锻铸铁的年产量已达数十万吨，生产单位有好几百家。

四化建设迫切需要技术普及和智力投资，我深感需要一本结合我国国情、由我们自己编写的可锻铸铁专著，以提高广大技术工人及技术人员的技术水平。《可锻铸铁生产技术》一书的出版，正是我们所期望的，全书内容来自实践又高于实践，完全可以用来指导现场生产及培养新的技术工人。这是一本非常有用的书，它必将对我国可锻铸铁的生产和发展起到推动作用。

在本书出版之际，我感到由衷的高兴，并热忱地推荐给广大读者，祝大家取得新的成绩。

严开镐

一九八四年六月

前 言

可锻铸铁是一种常用的铸造材料,与其他铸造材料相比,它具有许多优点,例如,质量稳定,可靠性高,适合于小件、薄壁件的大批量生产,加上生产简便,成本低廉,因此,作为一种工业合金,在国民经济中有着它的特殊地位和作用。

随着科学技术的发展,可锻铸铁的生产技术也在不断提高,多年来,在这方面积累了丰富的经验,也取得了很大的成绩。

为了促进技术交流和进一步提高可锻铸铁的生产技术水平,迫切需要一本与目前要求相适应的可锻铸铁专著。鉴于这个目的,我们收集了近年来可锻铸铁生产中的许多经验及有关的科研成果,加以整理和归纳,写成了本书。

本书对可锻铸铁生产的全过程进行了叙述,力图反映我国在这方面的现状和趋势,主要内容有:金属学及热处理的基本知识,化学成分、金相组织及机械性能之间的相互关系,如何获得化学成分符合要求的铁水,铁水中各个元素的变化规律,铁水的炉前控制方法,热处理工艺规程的制订,型砂的质量控制及有关因素,造型工艺设计要点,典型零件的工艺方案,各类缺陷的形成原因及防止方法,化学分析技术,金相检验方法,机械性能试验等,此外,还论述了热镀锌技术及可锻铸铁发展方向等。

本书适宜于从事可锻铸铁生产的技术工人,技术人员阅读,可作为技术培训的教材,也可供大、中专院校铸造专业的师生参考。

全书由严国粹、吴炳荣主编,参加编写的有严国粹(第一、八

章),张重威(第二、三章),陈福根(第四章),林恩年(第五章),喻玉骝(第六章),马志骏(第七章),张建国(第八、九章),吴炳荣(第十章),在编写过程中曾得到上海华丰钢铁厂、申光铸造厂、华东纺织工学院、上海交通大学等单位及全国可锻铸铁情报网的大力支持,此外张增泰、郭希宁同志参加了工作,在此,一并表示感谢。

限于水平,错误与不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

1985年1月

目 录

序

前 言

第一章 概论	1
第二章 金属学及热处理基础	6
第一节 金属及合金	6
一、金属的构造	6
二、纯金属的结晶过程	8
三、金属的同素异晶转变	10
四、合金的结构	11
五、金属、合金中的气体及非金属夹杂物	12
第二节 铁碳合金平衡图	14
一、铁碳合金的基本组成物	14
二、铁碳平衡图	16
三、铁碳双重平衡图	23
第三节 热处理基础	23
一、钢在加热和冷却时的组织转变	24
二、退火	27
三、正火	28
四、淬火	29
五、回火	32
六、可锻铸铁退火时的石墨化	34
第三章 可锻铸铁的组织及性能	38
第一节 可锻铸铁的组织	38
一、可锻铸铁的宏观断口	38

二、铁素体可锻铸铁的显微组织	38
三、珠光体可锻铸铁的显微组织	46
四、白心可锻铸铁的显微组织	46
第二节 可锻铸铁的机械性能	46
一、抗拉强度及屈服强度	48
二、延伸率	50
三、硬度	50
四、冲击韧性	50
五、疲劳极限	51
六、高温和低温性能	52
第三节 可锻铸铁的工艺性能	53
一、铸造性能	53
二、切削加工性能	55
三、焊接性能	55
第四节 可锻铸铁的使用性能	56
一、耐磨性	56
二、耐蚀性	57
三、耐热性	57
四、减振性	58
第四章 可锻铸铁的熔炼	59
第一节 可锻铸铁化学成分的选择	61
一、基本元素	62
二、合金元素	70
三、微量元素	72
四、常用可锻铸铁的化学成分范围	76
第二节 可锻铸铁用冲天炉的构造及附属装置	76
一、三排小风口直筒形冲天炉	77
二、二排大间距倒置风口冲天炉	87
三、冲天炉-电弧炉双联熔炼	89
四、冲天炉用鼓风机	91

五、冲天炉测试	95
第三节 冲天炉工作原理概述	106
一、冲天炉内底焦的燃烧	107
二、冲天炉内铁水的熔化及过热	110
三、冲天炉内化学成分的变化	114
第四节 炉料种类及选择	117
一、冲天炉用炉料	117
二、耐火材料	119
第五节 冲天炉熔炼操作和控制	120
一、操作要点	120
二、影响冲天炉熔炼的因素	133
第六节 熔炼中的故障及其排除	141
一、悬料	142
二、落生	142
三、风口结渣	143
四、炉膛堵塞	143
五、炉胆漏风	143
六、漏铁水	144
七、炉壳烧红	145
八、过桥堵塞	146
九、出铁口冻结	146
第七节 铁水的炉前检验及孕育处理	147
一、铁水质量检验	147
二、孕育处理	150
第五章 造型工艺	153
第一节 型砂及芯砂	153
一、型砂的基本性能及影响性能的因素	153
二、造型材料	158
三、湿型砂的分类及配方	163
四、湿型砂的制备	165

五、油芯砂	175
六、合脂砂	180
第二节 可锻铸铁件的铸造工艺	185
一、铸件结构的合理性	185
二、机械加工余量	189
三、收缩余量	190
四、起模斜度	191
五、造型方法的选择	193
六、铸件浇注位置的选择	196
七、分型面与砂芯的选定	197
第三节 可锻铸铁件的浇注系统设计	202
一、浇注系统的作用	203
二、浇注系统的构造	203
三、浇注系统尺寸的选定	204
四、冒口的安放位置	207
五、冒口的形状	209
六、冒口的尺寸	209
七、冷铁	212
八、工艺筋	214
第四节 典型工艺	215
一、拖拉机前轮轮壳	215
二、650 型轴身	220
三、三通接头、弯头及闸阀壳体	221
四、铁道扣板	224
五、建筑扣件	226
第六章 可锻铸铁热处理	228
第一节 热处理的基本原理及工艺分析	228
一、固态石墨化过程的基本原理	228
二、可锻铸铁热处理的目的和工艺	229
第二节 合金元素对可锻铸铁石墨化的影响	236

一、硅	237
二、锰	238
三、硫	238
四、磷	239
五、铬	239
六、铝	239
第三节 退火炉炉型及操作要点	240
一、台车式煤粉周期退火炉	240
二、退火炉附属设备	242
三、推杆式连续退火炉	245
第四节 热处理工艺示例	247
一、铁素体可锻铸铁的热处理工艺	247
二、白心可锻铸铁的热处理工艺	250
三、珠光体可锻铸铁的热处理工艺	252
第五节 热处理质量的控制	258
一、操作工艺	258
二、工艺检测	260
三、质量分析	262
第七章 热镀锌工艺	263
第一节 概述	263
一、热镀锌简介	263
二、热镀锌工艺简述	263
三、镀锌层的形成及其组织特性	264
第二节 镀锌前处理	265
一、工件准备	266
二、硫酸清洗法	266
三、抛丸处理	270
四、助溶剂处理	271
五、预热烘烤	273
第三节 热镀锌工艺	273

一、锌液温度	273
二、锌液化学成分	275
三、工件化学成分对镀锌层的影响	276
第四节 热镀锌设备	278
一、镀锌炉	278
二、镀锌锅及镀锌工具	280
第五节 热镀锌的操作要点	283
一、锌温控制	283
二、合理供热	284
三、熔锌和保温	284
四、锌灰和锌渣	285
五、工件处理	285
第六节 后处理	286
一、去余锌	286
二、氯化铵溶剂处理	286
三、冷却	287
第七节 附录	287
一、生产经验	287
二、参考数据	289
三、金相组织示例	289
四、镀锌件质量检验示例	289
第八章 常见缺陷的产生原因及防止方法	290
第一节 铸造缺陷	290
一、缩孔、缩松、疏松	290
二、气孔、针孔	291
三、热裂、冷裂	292
四、夹砂、结疤	293
五、粘砂、表面粗糙	294
六、缩陷	295
七、枝状疏松	296

八、偏芯(漂芯)	297
九、浇不到	298
十、未浇满	298
十一、漏箱(型漏)	299
十二、抬型(抬箱)	300
十三、灰口、麻点	301
十四、反白口	301
第二节 热处理缺陷	302
一、回火脆性	302
二、退火不足	303
三、氧化皮	304
四、过烧	305
五、变形	305
第三节 热镀锌缺陷	306
一、皱纹(皱皮)	306
二、锌粒、气泡	307
三、表面粗糙	307
四、缺锌(露铁)	308
五、表面发白、发黄	309
六、表面发黑	310
七、过酸洗	310
第四节 其他缺陷	311
一、损伤(碎裂)	311
第九章 可锻铸铁的理化检验	312
第一节 可锻铸铁的化学成分分析	312
一、取样方法和设备	312
二、主要元素分析操作	313
第二节 机械性能试验	327
一、一般知识及有关设备	327
二、抗拉强度的测定	331

三、延伸率的测定	332
四、试样宏观断口分析	332
五、硬度的测定	332
六、冲击试验	338
第三节 金相检验	339
一、金相检验设备	339
二、试样的选取	340
三、试样的制备	340
四、显微检查	343
第四节 原材料及杂项分析	350
一、焦炭及煤的分析	350
二、锰铁中锰的测定——过硫酸铵容量法	356
三、硅铁中硅的测定	357
四、石灰石中氧化钙的测定——EDTA 容量法	361
五、酸洗液中盐酸浓度的测定	361
第十章 可锻铸铁的发展趋势	363
一、球墨可锻铸铁	363
二、珠光体可锻铸铁	365
三、贝氏体可锻铸铁	367
四、高硅可锻铸铁	368
五、高硫可锻铸铁	369
六、高铬可锻铸铁	370
七、二次孕育和型内孕育工艺	371
八、二次浸镀工艺——盐液快速石墨化后镀铝	373
九、热浸镀铝快速石墨化	373
十、锌气氛快速退火	375
十一、可锻铸铁低温退火	376
十二、金属型铸造	377
十三、高铬退火箱	379
十四、无酸洗热镀锌工艺	380

第一章 概 论

可锻铸铁又称马铁、玛钢、韧铁，它是一种具有较高强度和韧性、且有很高减振性和较好延伸率的铸铁。可锻铸铁可以象灰铸铁一样进行铸造和浇注，其抗拉强度高于灰铸铁，屈服比高于钢，韧性接近于铸钢，而铸造性能又优于铸钢；其生产过程是在控制一定的化学成分条件下将铁水先浇注成白口铸件，然后经过热处理，使渗碳体石墨化，从而获得性能优良的铸件。因此，可锻铸铁作为一种工程材料正日益发挥着它的巨大作用。它不仅广泛地用于汽车、拖拉机、农业机具及铁道零件，而且还用于电力线路金具、管路连接件、阀门、纺织及印染机械零件、工作机械配件、五金工具、武器及家庭用具等。此外，珠光体可锻铸铁具有较高的耐磨性，它能在磨损条件下工作，例如用于发动机的曲轴、连杆以及农业机械的耐磨部件等。近年来又发展了合金可锻铸铁及可焊性良好的白心可锻铸铁，使可锻铸铁的应用领域不断扩大，且在国民经济建设中的作用也日益明显。

可锻铸铁由于热处理工艺和金属微观组织的不同，可分为黑心可锻铸铁和白心可锻铸铁。黑心可锻铸铁又由于它的基体组织不同，分为铁素体可锻铸铁和珠光体可锻铸铁。白心可锻铸铁经过脱碳退火，具有较高的延伸性能，它可以与其他结构零件焊接，组成各种铸焊结构件，以达到减轻重量、简化工艺、提高质量、降低成本的目的，这也是可锻铸铁发展的一个广阔领域。若在可锻铸铁中加入各种合金元素（如铜、钼、钒、钛、铬等）即组成合金可锻铸铁，若再进行等温淬火，正火等工艺，即可获得强

度较高、且具有耐磨、耐热及耐蚀等特殊性能的屈氏体、贝氏体、马氏体可锻铸铁。

可锻铸铁与其他铸造黑色金属相比,其切削性能比铸钢、球铁好;耐蚀性能比铸钢好;耐热性能比铸钢、灰铁好;减振性能比铸钢、球铁好(数据参阅第三章)。可锻铸铁由于其质量稳定性好,普遍受到军工单位的欢迎。又由于它的化学成分是低碳、高硅和合适的锰硫比,故可以采用廉价的废钢作为主要原料,甚至也可以采用轻薄料废钢和钢屑、铁屑作为原料。可锻铸铁的含硫量可相对地高于一般铸铁,因此对焦炭含硫量的要求也可相应地放宽,这对在冲天炉中熔炼可锻铸铁是有利的。总的来说可锻铸铁件具有成本低、效率高、质量均匀、生产工艺简单、性能稳定和清除浇冒口方便等优点,因此,它有着重大的经济意义。

目前,从工艺上说已能生产壁厚80~100毫米、单件重量达150公斤的可锻铸铁件;也能生产单件重量只有10~20克的小铸件。对单件重量在五公斤以下需要承受冲击、振动及扭转载荷的大批量产品,采用可锻铸铁尤其适宜。由于它可采用流水线专业化生产,因此在可锻铸铁行业中机械化、自动化及半自动化的流水线生产发展十分迅速。

可锻铸铁的发展历史很早。在国外,1720年由法国人生产出了白心可锻铸铁,称为欧法;1831年由美国人生产出了黑心可锻铸铁,称为美法。其实最早生产可锻铸铁的还是我国。从湖南长沙出土文物中发现有公元前四世纪战国时期的小铁铲,厚度为1~2毫米,经金相组织检查,证明为铁素体基体团絮状石墨的可锻铸铁。在洛阳和大冶也多次发现古代可锻铸铁铁器,虽然缺乏文字记载,但根据实物证明,我国生产可锻铸铁比欧美等国要早二千多年。由于我国长时期的处于封建社会,统治阶级对铸造技术不重视,使铸造工业不但得不到发展,而且有些技

术性很高的工艺,反被逐步湮没失传了。直至 1933 年有人才开始重新试制可锻铸铁,1940 年在上海市正式生产白心可锻铸铁,1954 年采用不填料退火工艺生产黑心可锻铸铁,1961 年解决了冲天炉生产高硫可锻铸铁的生产工艺,1964 年又普遍推广高硅、硼-铈-铝、铈-铝炉外孕育的工艺,使退火时间大大缩短,产品性能进一步提高,为冲天炉生产高牌号可锻铸铁积累了经验和奠定了基础,目前机械性能已能稳定在 KT35-10 和 KT37-12 水平。1979 年以来又出现了锌气氛退火工艺,热浸镀石墨化和盐液快速退火法以及贝氏体、马氏体可锻铸铁和球墨可锻铸铁等,这将为促进和提高可锻铸铁的生产开辟宽广的途径。

近年来我国可锻铸铁的生产已普遍受到各方面的重视,发展十分迅速,据 1981 年的统计,年产量已跃居世界第二位,仅次于苏联(见附表)。

解放以前,我国生产可锻铸铁的工厂极少,解放以后可锻铸铁的生产已大量推广并获得各方面的重视,生产单位不断增加(到目前为止全国已达 500 家以上),产量也逐年提高(年产量已超过 40 万吨),分布面遍及全国各地的城市和农村,其中大、中型工厂所占比例虽不多,但生产的机械化、自动化程度在整个行业中占领先地位,有些已接近国外先进水平;而很多小型工厂尚处于手工为主的生产方式,技术水平相差悬殊,经济指标差距很大。先进与落后相比,废品率相差可达五倍以上;冲天炉的铁焦比相差一倍以上;退火炉用煤单耗相差十倍以上;热镀锌的用锌单耗相差一倍以上。如果能够缩小这些差距,那末将会取得巨大的经济效益。

可锻铸铁的发展趋势是应用将日益广泛,管路连接件及电力线路金具已大量向国外销售。近年来能源、交通、住房又列为

1981 年世界各国可锻铸铁产量

国 家	产 量 (吨)	国 家	产 量 (吨)
阿 根 廷**	8,400	南 朝 鲜	28,000
澳 大 利 亚**	24,000	墨 西 哥**	11,000
奥 地 利	13,540	荷 兰	8,829
巴 西	46,872	挪 威	11,372
加 拿 大	15,128	葡 萄 牙*	14,000
中 国①	333,120	罗 马 尼 亚	11,441
捷克斯洛伐克	32,100	南 非 共 和 国	33,900
芬 兰	1,971	西 班 牙**	36,000
法 国	58,640	瑞 典	7,000
联 邦 德 国	147,190	瑞 士	100
民 主 德 国	37,200	土 耳 其	6,500
匈 牙 利	7,288	苏 联**	899,000
印 度	19,000	英 国	130,800
以 色 列	3,000	美 国	381,899
意 大 利	50,065	南 斯 拉 夫***	30,244
日 本	299,299	总 计	2,756,898

注: * 估计吨数

** 1980 年吨数

*** 1979 年吨数

① 估计吨数(其中包括台湾省 33,120 吨)

国家的重点工程,预计可锻铸铁在这方面的配套件将大量增加。珠光体可锻铸铁由于具有高的抗拉强度和屈服强度、较高的硬度和耐磨性,且又能淬火的特性,其应用范围也在不断扩大。此外,粒状珠光体可锻铸铁和合金珠光体可锻铸铁(如高锰耐磨可锻铸铁等)更具有良好的综合性能,可作曲轴、连杆、凸轮轴、齿轮、甚至手榴弹弹体等。在美国,可锻铸铁中有 30% 是珠光体可锻铸铁,联邦德国 GF 公司的铸造连杆已成批生产,有 500 多万根可锻铸铁连杆用于汽油机中,美国 G. M 公司、意大利 FIAT 公司、联邦德国 Opel 公司均生产珠光体可锻铸铁连杆,