

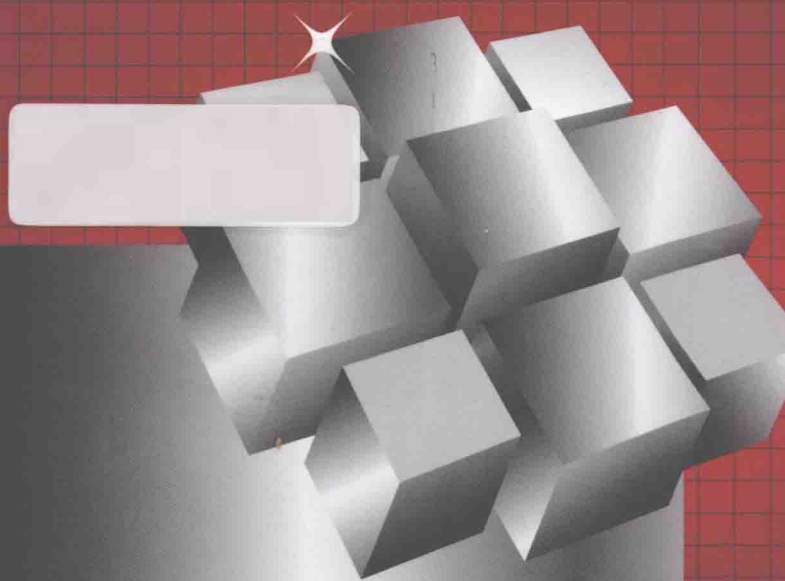


铸铁

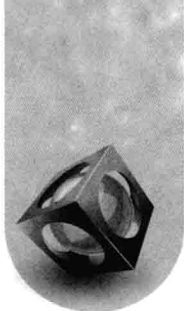
生产实用手册

ZHUTIE SHENGCHAN SHIYONG SHOUC

沈 猛 杨海慧 章 舟 编著



冶金工业出版社



铸 铁

生产实用手册

ZHUTIE SHENGCHAN SHIYONG SHOUC

沈 猛 杨海慧 章 舟 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

铸铁生产实用手册/沈猛, 杨海慧, 章舟编著. —北京:
化学工业出版社, 2014. 1
ISBN 978-7-122-18815-1

I. ①铸… II. ①沈…②杨…③章… III. ①铸铁-炼
铁-手册 IV. ①TF5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 255794 号

责任编辑: 刘丽宏
责任校对: 王素芹

文字编辑: 颜克俭
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司
装 订: 三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 28½ 字数 745 千字 2014 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 138.00 元

版权所有 违者必究

绪论

铸铁生产自出现生铁原料以来一直用冲天炉、三节炉、冲天炉生产灰铸铁、耐磨铸铁，到 20 世纪 40~50 年代才开始发展球墨铸铁，并得到很迅速的推广普及。改革开放以来的最近 30~40 年，随着工业的发展、基础工业的调整，尤其是强调低碳环保，铸铁的熔炼设备以感应电炉为主，这个转变随之而来的拓展出一系列的新内容。

(1) 铸铁熔炼用材料 铸铁熔炼用材料包括生铁（高质量低杂质，满足高质量铸铁生产的要求）、废钢增碳剂（以废钢为主要原料熔炼铸铁必备原材料）、脱硫剂、增硫剂、脱磷剂、净化剂、细化剂、清渣剂、焦炭、孕育剂、球化剂（与电炉熔炼工艺相匹配）、变质剂和其他预处理的材料。

(2) 铸铁的熔炼

① 合成铸铁。用感应电炉废钢为原料生产高强度铸铁 HT250、HT300、HT350，其熔炼工艺必须选择高质量增碳剂，然后按操作规程严格遵循，此外还可以用下列措施生产高强度铸铁。

a. 孕育处理。孕育铸铁即通过减少石墨片数量，以加入适量的孕育剂使共晶团细化、基体致密从而获得较高强度和较好的力学性能。

孕育剂的加入方法：出铁时出铁槽加入或包中冲入，也可在浇注过程中随流孕育或型内孕育，视具体情况而灵活应变，不同方式加入量也要有所变化。

b. 稀土处理。有些地方废钢供应比较紧张，在不用或少用废钢的情况下生产高牌号的铸铁，就可利用稀土合金进行处理。

孕育铸铁的碳当量较低，属于亚共晶铸铁范围。稀土灰铸铁是属于共晶或过共晶铸铁范畴，但稀土的加入量必须控制。加入少量稀土时，铸铁中的石墨仍为片状，但分布均匀；若再增加稀土，石墨会变成短而粗的蠕虫状、菊花状，并伴有少量的球团石墨；再继续增加稀土，则蠕虫状石墨将减少而球团絮状石墨增加；超过一定量的稀土后，由于其过冷作用强，出现碳化物及部分莱氏体，而白口化使硬度剧增，强度力学性能下降。因此，加入稀土利于出现珠光体，但过量易白口化。为了增加基体的珠光体，还需要增加 Mn， $w(\text{Mn}) = 0.8\% \sim 1.5\%$ 为宜。

c. 微合金化处理。对碳当量 $3.9\% \sim 4.2\%$ 的高牌号灰铸铁（如 HT250、HT300、HT350）加入微合金 Cr、Cu、Sn、Mo、Ni 等元素可以提高铸铁件的强度，但要注意合金元素的加入虽然增加了力学性能但有可能在热节区引起微疏松而渗漏，则必须采用一定工艺措施加以克服。

② 球墨铸铁。我国球墨铸铁的生产能满足多品种、高性能、优质的充分条件。

a. 炉料：选用优质生铁、高纯生铁和优质的废钢，满足冲天炉-感应电炉熔炼的匹配。

b. 球化剂、孕育剂。通常采用稀土镁硅铁球化剂 $\text{Mg}7\% \sim 9\%$ ， $\text{RE}6\% \sim 8\%$ 。根据不同产品要求，对高温低碳低硫的铁液用 $\text{Mg}5\% \sim 6\%$ 、 $\text{RE}1\% \sim 2\%$ 的球化剂；对大断面球铁件用重稀土（含镧、铈）或微量合金元素。

孕育剂除用 75Fe-Si 外，还有针对不同基体组织铸态球铁含 Ba、Ca、Al 或 Sb、Bi 元素

绪论

1

1

第1章 灰铸铁

5

1.1 灰铸铁件	5
1.1.1 砂型灰铁件	5
1.1.2 铸铁牌号表示方法	21
1.2 铸铁件凝固特性	22
1.2.1 铁-碳相图	22
1.2.2 铸铁的凝固	23
1.2.3 灰铸铁热处理	32
1.3 高强度灰铸铁	33
1.3.1 孕育铸铁	33
1.3.2 微合金铸铁、典型高强度灰铸铁	35
1.3.3 机床铸件生产方法和工艺流程	46

2

第2章 特殊(合金)铸铁

47

2.1 抗磨铸铁	47
2.1.1 白口铸铁	47
2.1.2 消失模铸造低铬铸铁磨球	67
2.2 高铬白口铸铁	69
2.2.1 高铬白口铸铁概述	69
2.2.2 高铬白口铸铁生产的新工艺技术	86
2.3 耐热铸铁	122
2.3.1 铸铁的高温氧化	122
2.3.2 铸铁的生长	125
2.3.3 各种耐热铸铁的成分、组织及性能	128
2.3.4 耐热铸铁的选用	131
2.3.5 耐热铸铁的生产工艺	132

2.3.6	耐热铸铁的常见缺陷及防止方法	133
2.3.7	典型耐热铸铁件	134
2.4	耐蚀铸铁	137
2.4.1	铸铁的耐蚀性	137
2.4.2	耐蚀铸铁的分类、组织、性能及应用范围	143
2.4.3	典型耐蚀铸铁件	159
2.4.4	典型缺陷、形成原因及其防止方法	164

3

第3章 可锻铸铁

166

3.1	可锻铸铁的分类及特征	166
3.1.1	分类	166
3.1.2	牌号	167
3.1.3	金相组织特征	168
3.2	石墨化退火可锻铸铁	170
3.2.1	固态石墨化原理	170
3.2.2	影响石墨化退火过程的因素	171
3.2.3	加速石墨化退火过程的措施	175
3.3	铁素体可锻铸铁	176
3.3.1	铁素体可锻铸铁的性能	176
3.3.2	铁素体(黑心)可锻铸铁的金相组织	182
3.3.3	铁素体可锻铸铁的生产工艺	183
3.4	珠光体可锻铸铁	188
3.4.1	珠光体可锻铸铁的性能	188
3.4.2	珠光体可锻铸铁的金相组织	189
3.4.3	珠光体可锻铸铁的生产工艺	189
3.5	脱碳退火可锻铸铁	191
3.5.1	脱碳退火原理	191
3.5.2	影响脱碳退火过程的因素	192
3.6	白心可锻铸铁	193
3.6.1	白心可锻铸铁的性能	193
3.6.2	白心可锻铸铁的金相组织	193
3.6.3	白心可锻铸铁的生产工艺	193
3.7	可锻铸铁的常见缺陷及防止方法	195
3.8	球墨可锻铸铁	197
3.8.1	球墨可锻铸铁的性能	198
3.8.2	球墨可锻铸铁的金相组织	202
3.8.3	球墨可锻铸铁的生产工艺	203

3.8.4 典型球墨可锻铸铁件	205
3.8.5 常见缺陷及其防止方法	205
3.8.6 质量控制	206

4

第4章 球墨铸铁

207

4.1 球墨铸铁件性能和牌号	207
4.2 影响性能的因素及成分的选定	209
4.2.1 化学成分	209
4.2.2 基体组织	217
4.2.3 石墨	218
4.2.4 冷却速度	218
4.2.5 球墨铸铁成分的选定	219
4.3 球墨铸铁生产的理论基础	225
4.3.1 球墨铸铁的结晶特点	225
4.3.2 球化理论简说	227
4.3.3 球墨铸铁的孕育处理原理	228
4.3.4 稀土镁球化处理过程中的冶金反应	229
4.3.5 球墨铸铁的凝固特征	231
4.3.6 球墨铸铁的铸造特性	232
4.4 球墨铸铁的性能	234
4.4.1 力学性能	234
4.4.2 物理性能	246
4.4.3 工艺性能	252
4.4.4 使用性能	258
4.5 厚大断面球墨铸铁生产质量控制技术实例	265
4.5.1 厚大断面球墨铸铁件生产主要问题	265
4.5.2 厚大断面球墨铸铁件铸造工艺	265
4.5.3 厚大断面球墨铸铁熔炼生产	267
4.5.4 预防厚大断面球墨铸铁石墨畸变的措施	270

5

第5章 等温淬火球墨铸铁 (ADI)

272

5.1 ADI 概述	272
5.1.1 ADI 的性能特点	272
5.1.2 ADI 的材料分类	273
5.1.3 ADI 的生产工艺流程	273
5.1.4 化学成分对 ADI 性能的影响	273

5.1.5 ADI 热处理工艺	275
5.2 ADI 及其性能	276
5.2.1 贝氏体相变	276
5.2.2 ADI 的相变过程	279
5.3 ADI 的机械加工性能	281
5.3.1 ADI 的微观组织特点	282
5.3.2 ADI 的机械加工性能特点	282
5.3.3 ADI 的加工刀具与加工参数	284
5.3.4 提高 ADI 加工性能的措施	288
5.4 ADI 的疲劳强度	288
5.5 ADI 的冲击韧性与断裂韧性	294
5.5.1 ADI 的冲击韧性	294
5.5.2 ADI 的断裂韧性	297
5.6 ADI 的耐磨性	300
5.6.1 ADI 的摩擦磨损试验结果	300
5.6.2 ADI 在齿轮、衬套、链轮上的应用	301
5.6.3 ADI 在车轮、制动件上的应用	303
5.6.4 ADI 在磨料磨损条件下的应用	303
5.6.5 ADI 在特殊磨损条件下的应用	303
5.7 ADI 的微观组织与力学性能	304
5.7.1 ADI 的热处理工艺	304
5.7.2 ADI 的金相组织分析	305
5.7.3 ADI 微观组织分析	305
5.7.4 ADI 的力学性能	306
5.7.5 保证或提高 ADI 性能的措施	307
5.7.6 结论	309
5.8 等温淬火温度对 ADI 中残余奥氏体及其力学性能的影响	309
5.8.1 试验方法	309
5.8.2 试验结果	310
5.9 等温淬火对球墨可锻铸铁力学性能的影响	313
5.9.1 试验过程与方法	313
5.9.2 试验结果与讨论	314
5.10 高韧性 ADI 的力学性能	317
5.10.1 获得高韧性 ADI 的技术条件	317
5.10.2 高韧性 ADI 的生产实例	318
5.11 奥贝球铁中白亮区的形成及影响因素	319
5.11.1 试验方法	319
5.11.2 试验结果及分析	319

6.1 蠕墨铸铁金相组织特点	323
6.1.1 石墨	323
6.1.2 共晶团	325
6.1.3 基体组织	325
6.2 蠕墨铸铁的性能	327
6.2.1 力学性能	327
6.2.2 物理性能	329
6.2.3 工艺性能	330
6.2.4 使用性能	334
6.3 影响性能的因素及化学成分的选定	336
6.3.1 蠕化率	336
6.3.2 基体	337
6.3.3 化学成分	337
6.3.4 冷却速度	343
6.4 蠕墨铸铁的处理和控制	344
6.4.1 蠕化剂及蠕化处理工艺	344
6.4.2 蠕墨铸铁的孕育处理	347
6.4.3 蠕化率的检测	348
6.5 蠕墨铸铁的缺陷及防止方法	351
6.6 蠕墨铸铁的热处理	352
6.6.1 蠕墨铸铁的正火	353
6.6.2 蠕墨铸铁的退火	353
6.7 蠕墨铸铁的标准、牌号及其选用原则	355
6.7.1 蠕墨铸铁的牌号	355
6.7.2 关于蠕墨铸铁蠕化率的规定	355
6.7.3 牌号选用原则	356
6.8 典型蠕墨铸铁件	356
6.8.1 柴油机缸盖及实例	356
6.8.2 液压件	357
6.8.3 汽车排气管	358

7.1 铸铁生产应用感应电炉	360
7.1.1 冲天炉熔炼到感应电炉熔炼	360

7.1.2	中频感应电炉铁液特性及对策	362
7.1.3	工频无芯感应电炉熔炼作业铁液特性与故障对策	365
7.1.4	感应电炉熔炼灰铸铁(球墨铸铁)注意事项	371
7.1.5	感应电炉熔炼使用增碳剂的实践与注意事项	372
7.1.6	感应电炉熔炼炸炉与沸炉现象	377
7.2	铸铁生产的感应电炉的选用	379
7.2.1	中频感应电炉应用实践概况	379
7.2.2	节能措施	384
7.2.3	感应电炉炉衬打结	388
7.2.4	提高感应电炉炉龄的途径	390
7.2.5	使用感应电炉必须掌握的内容	393
7.3	铸铁感应电炉生产铸件实例	394
7.3.1	感应电炉中用废钢生产 HT250 铸件(按 GB/T 5612— 2008 标准)	394
7.3.2	感应电炉生产铸铁坩埚	397
7.3.3	中频电炉熔炼高强度铸铁的炉前控制	398
7.3.4	中频电炉同炉生产不同牌号铸铁件的实践	401
7.3.5	空调压缩机 D 型石墨铸铁缸体的生产	404
7.3.6	感应电炉生产钢琴铸铁琴板声学性能的提高	405
7.3.7	感应电炉熔炼灰铸铁件的氮气孔及其防止方法	407
7.3.8	大中吨位变频电炉熔炼铸铁的质量控制	410
7.3.9	感应电炉低合金铁素体灰铸铁阀体的生产	412
7.3.10	铸铁件消失模铸造对感应电炉熔炼铁液温度的要求	413
7.4	冲天炉熔炼铸铁	415
7.4.1	冲天炉基本参数及测试方法	415
7.4.2	冲天炉工作原理	420
7.4.3	冲天炉操作工艺	423
7.4.4	冲天炉配料计算	431
7.4.5	冲天炉熔炼状况的判断	436
7.4.6	冲天炉操作故障及排除	439

绪论

铸铁生产自出现生铁原料以来一直用冲天炉、三节炉、冲天炉生产灰铸铁、耐磨铸铁，到 20 世纪 40~50 年代才开始发展球墨铸铁，并得到很迅速的推广普及。改革开放以来的最近 30~40 年，随着工业的发展、基础工业的调整，尤其是强调低碳环保，铸铁的熔炼设备以感应电炉为主，这个转变随之而来的拓展出一系列的新内容。

(1) 铸铁熔炼用材料 铸铁熔炼用材料包括生铁（高质量低杂质，满足高质量铸铁生产的要求）、废钢增碳剂（以废钢为主要原料熔炼铸铁必备原材料）、脱硫剂、增硫剂、脱磷剂、净化剂、细化剂、清渣剂、焦炭、孕育剂、球化剂（与电炉熔炼工艺相匹配）、变质剂和其他预处理的材料。

(2) 铸铁的熔炼

① 合成铸铁。用感应电炉废钢为原料生产高强度铸铁 HT250、HT300、HT350，其熔炼工艺必须选择高质量增碳剂，然后按操作规程严格遵循，此外还可以用下列措施生产高强度铸铁。

a. 孕育处理。孕育铸铁即通过减少石墨片数量，以加入适量的孕育剂使共晶团细化、基体致密从而获得较高强度和较好的力学性能。

孕育剂的加入方法：出铁时出铁槽加入或包中冲入，也可在浇注过程中随流孕育或型内孕育，视具体情况而灵活应变，不同方式加入量也要有所变化。

b. 稀土处理。有些地方废钢供应比较紧张，在不用或少用废钢的情况下生产高牌号的铸铁，就可利用稀土合金进行处理。

孕育铸铁的碳当量较低，属于亚共晶铸铁范围。稀土灰铸铁是属于共晶或过共晶铸铁范畴，但稀土的加入量必须控制。加入少量稀土时，铸铁中的石墨仍为片状，但分布均匀；若再增加稀土，石墨会变成短而粗的蠕虫状、菊花状，并伴有少量的球团石墨；再继续增加稀土，则蠕虫状石墨将减少而球团絮状石墨增加；超过一定量的稀土后，由于其过冷作用强，出现碳化物及部分莱氏体，而白口化使硬度剧增，强度力学性能下降。因此，加入稀土利于出现珠光体，但过量易白口化。为了增加基体的珠光体，还需要增加 Mn， $w(\text{Mn}) = 0.8\% \sim 1.5\%$ 为宜。

c. 微合金化处理。对碳当量 $3.9\% \sim 4.2\%$ 的高牌号灰铸铁（如 HT250、HT300、HT350）加入微合金 Cr、Cu、Sn、Mo、Ni 等元素可以提高铸铁件的强度，但要注意合金元素的加入虽然增加了力学性能但有可能在热节区引起微疏松而渗漏，则必须采用一定工艺措施加以克服。

② 球墨铸铁。我国球墨铸铁的生产能满足多品种、高性能、优质的充分条件。

a. 炉料：选用优质生铁、高纯生铁和优质的废钢，满足冲天炉-感应电炉熔炼的匹配。

b. 球化剂、孕育剂。通常采用稀土镁硅铁球化剂 $\text{Mg}7\% \sim 9\%$ ， $\text{RE}6\% \sim 8\%$ 。根据不同产品要求，对高温低碳低硫的铁液用 $\text{Mg}5\% \sim 6\%$ 、 $\text{RE}1\% \sim 2\%$ 的球化剂；对大断面球铁件用重稀土（含镧、铈）或微量合金元素。

孕育剂除用 75Fe-Si 外，还有针对不同基体组织铸态球铁含 Ba、Ca、Al 或 Sb、Bi 元素

的各种孕育剂。

c. 球化孕育处理工艺。球化多采用沿用至今的冲入法，除此之外还有盖包法、喂丝法、喷射法，各厂在生产实践中采用既环保又效果好的相应处理方法。

孕育处理工艺：浇包底部球化剂上加入孕育剂，倒包时加入二次孕育剂，采用随流孕育和型内孕育。

③ ADI（高强度球墨铸铁）。ADI 的生产关键是对其等温转变全过程进行严格控制。必须按 ASTM 各牌号及《等温淬火球墨铸铁件》国家标准执行。

④ 蠕墨铸铁。既有球墨铸铁的高强度、耐磨、耐腐蚀，又有灰铸铁的良好铸造性能、导热性，也有比灰铸铁高得多的疲劳强度和耐热疲劳性。作为一种新型的工程材料，蠕墨铸铁可用来制造排气管、变速箱、汽缸盖、液压件、玻璃模具、钢锭模等。

蠕墨铸铁的炉料要求与球墨铸铁相当，均要求 S、P 和微量元素的含量低，熔炼时采用冲天炉-电炉双联、电炉、高炉加电炉等方法。

蠕化剂以稀土为主，以镁为辅，一般要求 RE10%~13%、Mg3%~4%，镁-钛蠕化剂（Mg4%~6%、RE1%~3%、Ti3%~5%）也可使用。

蠕化处理主要采用冲入法，进行炉前试样检验或快速金相检验，按国家标准《蠕墨铸铁件》进行生产。

⑤ 特殊（合金）铸铁。耐热铸铁、耐蚀铸铁仍一直沿用标准在生产；可锻铸铁除满足国内需要外，也可为外商需要而生产。

耐磨抗磨铸铁发展比较迅速，尤以铬系低中高铬铸铁需求旺盛。如锤头、铲齿、牙板、颚板、导板、磨球等以高铬铸铁为主，按国家标准或客户需要而生产，辅以正火处理。尤其是高铬铸铁中小件经热处理后可得托氏体或细粒珠光体，甚至伴有贝氏体，特别适用于对有冲击韧性（冲击韧性又称冲击韧度）要求的抗磨件。

（3）铸铁铸造工艺 随着熔炼设备工艺改变，铸铁件尤其是风电铸件可达几十吨、上百吨，因此铸型工艺必须相应跟上；对铸铁件尤其是球墨铸铁的特殊要求更发展出了各种崭新的铸造工艺。

① 呋喃树脂、碱酚醛树脂砂型。树脂砂铸造是以树脂为黏结剂，并加入催化剂混制出型砂，不需要烘烤或通过硬化气体，即可在常温下使砂型自行固化的造型方法。

特点：铸件表面光洁、棱角清晰、尺寸精度高，因砂型自行固化，减少了起模时引起的变形，无需修型，无需烘烤，铸型强度高，稳定性好，芯头间隙小，分型负数小，保证了配模的精度；铸型硬度高，热稳定性好，可抵御浇注时的型壁退让、迁移，减少了铸型的热冲击变形（如胀砂、起皮等）；型砂溃散性好，清理、打磨容易，减少了清砂、整理铸件的工作量，造型效率高，提高了生产率和场地利用率，缩短了生产周期，使造型操作简化，型芯上醇基涂料点燃干燥后可省去烘型（芯）工序，旧砂回收的干法机械再生砂处理为封闭系统，使砂型的性能提高，从而大大减少了铸件的粘砂、夹砂、砂眼、气孔、缩松、裂纹等缺陷，降低了废品率，可以铸造出用黏土砂难以完成的复杂件、大件及特大件（如几十吨、上百吨的铸铁件）。

缺点：对原砂要求较高，如粒度、粒形、SiO₂ 含量、粉尘含量、碱金属盐及黏土含量都有严格要求；气温和湿度对硬化速度和固化后强度的影响较大。

树脂砂铸型发气量较高，工艺不当易产生气孔缺陷。

由于树脂砂硬化机制是脱水缩合型，故硬化反应需一定时间，模样周转率低，不宜大批量铸件的生产。

对球墨铸铁，表面会渗硫、渗碳，可能造成球化不良或者增碳；薄壁件易生裂纹，表面

会有网纹；生产成本比黏土砂高。

浇注时有刺激性气味，有碳氢化合物的有毒气体产生，CO 发生量较大，场地需有良好的通风条件及废气处理措施。

② 消失模铸造及实型铸造。消失模铸造根据铸型材料和铸型特性可分为自硬潮型有黏结剂（树脂、水玻璃等，俗称为实型铸造）、干砂干型无黏结剂，称为消失模铸造。实型铸造为普通大气压下宛如黏土砂的铸造，消失模铸造在真空负压下特制的砂箱内造型浇注。实型铸造和消失模铸造二者均以泡沫塑料模样（白模）作为模样进行造型。

实型铸造适用于中大、特大件，以白模代替木模，流态自硬水玻璃砂或自硬树脂砂造型。单件、小批量铸件的白模可用 EPS 板材、型材进行切割、黏结，浇注工艺与黏土砂类似，但必须考虑铁液有足够的热量，将白模分解、裂解、汽化，同时更重要的是当铁液浇入后白模产生的气体、夹杂务必采用工艺措施将其排除。

消失模铸造适用于小、中件大批量生产，白模与铸件形状完全一样，浇注时白模呈实型留在铸型内，不同于传统黏土砂木模造型的空腔。造型时无黏结剂、无水分、无附加物，仅需与铸件各类特性相匹配的石英砂、宝珠砂等。白模制作时可分块成型再进行黏结（以手工切割或机器发泡成型，之后再组合黏结即可）。浇注时，白模在高温铁液作用下，不断分解、裂解、汽化，铁液逐步置换白模，即失去白模浇得铸件。

消失模铸造广泛应用于灰铸铁件，如齿轮箱、减速机箱体、转向器壳体、电机壳体、消防栓壳体、炮弹壳体、刹车鼓、刹车盘、6 缸柴油机排气管、单缸机缸体、4 缸缸体缸盖、缝纫机机头、支架、农机曲柄等；球墨铸铁件，如球铁铸管管件、球铁阀体阀盖、曲轴（压缩机、汽车发动机）和 ADI 铸件（曲轴、齿轮）等。合金铸铁件，如铬系磨球（低、中、高铬）、高铬铸铁锤头、挖掘机铲齿、耐热铸铁炉算条、热处理底板、料柜、料架等。

在实型铸造、消失模铸造中，由于使用了白模（EPS、STMMA），因此在工艺上产生出一系列的问题，务必认真考虑对待。

③ V 法铸造。V 法铸造特点：型砂不含黏结剂干砂，用塑料薄膜使型砂成型，通过对特制砂箱抽真空使铸型硬化，具有一定刚度和强度，使造型、落砂、清理等工序大大简化，不需要混制型砂的设备。

优点：铸件尺寸精度高，表面光洁；铸型内腔表面要有塑料薄膜，铸型表面光洁，真空的吸力使型腔内外有压差，砂型硬度均匀且高（85HB 以上），起模容易，拔模斜度小（ $0^{\circ}\sim 1^{\circ}$ ），在铁液的作用下型腔不变形，有利于充型。

a. 金属利用率高，表面光洁，尺寸精度高，铸件加工余量小，冷速慢，利于补给，提高出品率。

b. 设备简单投资少，除增加真空泵和采用专用砂箱外不需混砂，其他砂箱工装可套用。

c. 节约原材料、动力，干砂落砂容易，回用率高达 95%，动力消耗为潮型的 60%，可减少劳动力 1/3。模样、砂箱使用寿命长。仅受微振的作用，模样不受高温高压作用，不易变形和损坏。

d. 改善工作环境，浇注时产生的废气被真空泵抽走，集中处理；环境污染小；落砂后，无大量废砂处理。

e. 便于管理、组织生产。适用于手工操作、单件小批量生产，也适用于机械自动化大批量生产，尤其对壁薄、面积大铸铁件，如浴缸等更佳。

缺点：受 V 法造型工艺限制，生产率不易提高；由于市场供应塑料薄膜延伸性的限制，不能生产几何形状特别复杂的铸件；V 法制芯工艺太复杂，还不如采用传统方法制作。

总之，V 法铸造适用于铸铁件、球墨铸铁件、合金铸铁件等一定范围。

④ 小型铸件砂型铸造自动生产线。美国亨特公司、日本东久公司在上海、天津推广自动生产线，国内一些厂家已有采用。目前，主要用于生产小件，尤其是汽车、缝纫机、柴油机等机械铸铁件。在上此项目前，应多走访已采用上述自动生产线的厂家，扬长避短，使生产线更完善。

a. 双面模板脱箱自动造型机。型砂自垂直方向顶射加砂，具有最佳充型填充性能，加以安装在射砂口的导向整流板与组合射砂装置并用，解决了垂直射砂可能产生的问题。

与水平分型、水平浇注的传统工艺方式相比，起模合箱精度高，采用机架上的高强导向板及上下砂箱上的四只定心销，使起模无掉砂，合模无误差，模板更换便捷。铸型高度和压实比由选择开关进行操作，不同铸件的铸型高度可以灵活选配，达到压实比压，保持型砂的合理使用和铸型硬度。

b. 自动浇注机。采用高精度传感器测量与浇注曲线相结合的方式，达到高精度浇注质量测定。采用漏斗定位系统，使浇注机回原位补给铁液后能准确追踪到相应待浇注铸型位置。

设置同步编码器，达到生产线与浇注机同步浇注效果。采用垂直过渡槽装置，确保浇注精度和稳定性，三轴联动，可配置多种造型线。

⑤ 钢背覆砂（金属型覆砂）。这是较早的工艺，自从有了球墨铸铁件尤其是球铁曲轴、凸轮轴、齿轮坯、齿轮、凸轮等的应用，使这种传统工艺得到了发展。

按照金属型铸造工艺，制作出金属型，有圆柱体、长方体，标准地加工成每片金属型，每片覆砂后将其夹紧，竖直放在涂有厚涂料铁板上或平面砂面上，上置雨淋式浇口杯或耐火材料过滤网，使铁液从上而下浇入覆砂金属型。

覆砂方法：手工操作，在每片钢背内腔刷涂料，撒匀砂粒（一层砂粒厚），再覆涂料一层或二层或更多层；视铸件大小而定。

生产线：采用射芯机在钢背内腔覆盖一层均匀砂层。生产出来的铸件经 ADI 处理，获得优质 ADI 铸件。

总之，改革开放以来，铸铁生产有了新的大的发展，尤其是工艺思路进一步改进提高，比如，以往含 C 量 1.00%~2.00% 视为禁区，非钢非铁。但是由于耐磨抗磨铸铁的发展，将铸铁含 C 量降低到 1.0%~2.0% 之中，提高其冲击韧性。将铸钢的含 C 量提高到 1.00%~2% 之内使其石墨化具有高硬度、抗磨性。二者经相应的热处理后得到既抗磨、有硬度又具有冲击韧性的抗磨耐磨铸件。由此使铸铁从生产品种、铸造工艺上都有很大的新发展。

第1章

灰铸铁

- 1.1 灰铸铁件
- 1.3 高强度灰铸铁

1.2 铸铁件凝固特性

1.1 灰铸铁件

1.1.1 砂型灰铁件

1.1.1.1 牌号及技术条件

GB/T 9439—2010 规定了灰铸铁牌号及技术条件，适用于砂型或导热性与砂型相当的铸型铸造的灰铸铁件，对其他铸型铸造的灰铁件也可参考使用。

(1) 化学成分 如需方的技术条件中包含化学成分的验收要求时，按需方规定执行。化学成分按供需双方商定的频次和数量进行检测。

当需方对化学成分没有要求时，化学成分由供方自行确定，化学成分不作为铸件验收的依据。但化学成分的选择必须保证铸件材料满足标准所规定的力学性能和金相组织

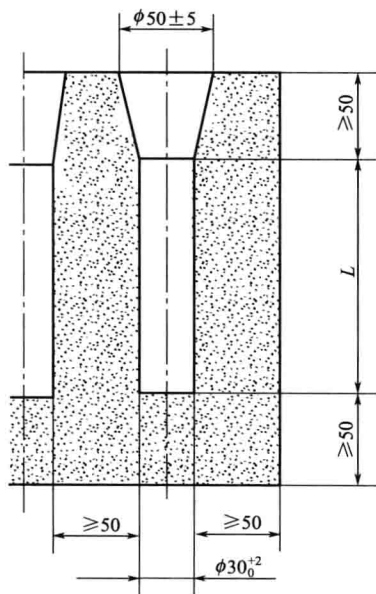


图 1-1 单铸试样示意图 (GB/T 9439—2010)

要求。

(2) 力学性能测定用试棒或试块 灰铸铁的性能评定可采用单铸试样，其尺寸规格参数如图 1-1 所示，且其单铸试样适用于干砂型或冷却条件相仿的砂型立浇；试样的长度则根据试样和夹持装置的长度确定。

(3) 抗拉强度 拉伸试样尺寸见图 1-2 和表 1-1，经供需双方商定，也可以采用表 1-2 所列的其他规格的拉伸试样。按单铸试棒性能分类的灰铸铁抗拉强度和硬度值见表 1-3。对特殊要求的铸件，经过供需双方同意，也可采用附铸试棒的抗拉强度进行验收，见表 1-4 和图 1-3、图 1-4。

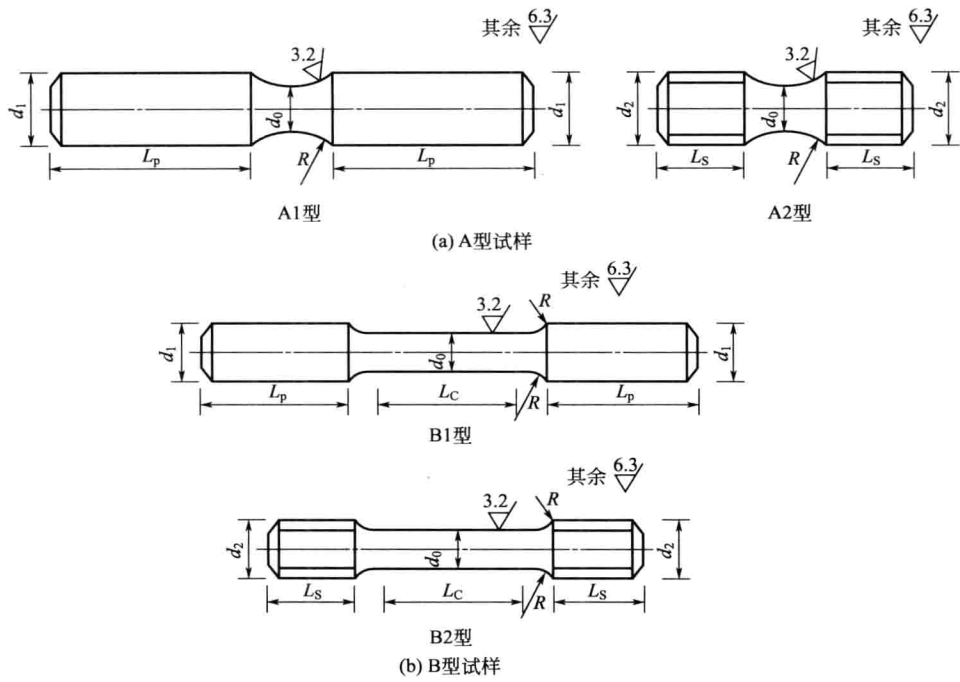


图 1-2 拉伸试样 (GB/T 9439—2010)

表 1-1 单铸试棒加工的试样尺寸 (GB/T 9439—2010)			单位: mm	
名 称			尺寸	加工公差
最小的平行段长度 L_e			60	—
试样直径 d_0			20	± 0.25
圆弧半径 R			25	$\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix}$
夹持端	圆柱状	最小直径 d_1	25	—
		最小长度 L_p	65	—
	螺纹状	螺纹直径与螺距 d_2	M30×3.5	—
		最小长度 L_s	30	—

表 1-2 本体试样的尺寸 (GB/T 9439—2010)

单位: mm

试样直径 d_0	最小的平行段长度 L_c	圆弧半径 R	夹持端圆柱状		夹持端螺纹状	
			最小直径 d_1	最小长度 L_p	螺纹直径与螺距 d_2	最小长度 L_s
6±0.1	13	≥1.5 d_0	10	30	M10×1.5	15
8±0.1	25	≥1.5 d_0	12	30	M12×1.75	15
10±0.1	30	≥1.5 d_0	16	40	M16×2.0	20
12.5±0.1	40	≥1.5 d_0	18	48	M20×2.5	24
16±0.1	50	≥1.5 d_0	24	55	M24×3.0	26
20±0.1	60	25	25	65	M28×3.5	30
25±0.1	75	≥1.5 d_0	32	70	M36×4.0	35
32±0.1	90	≥1.5 d_0	42	80	M45×4.5	50

注: 1. 在铸件应力最大处或铸件最重要工作部位或在能制取得大试样尺寸的部位取样。
2. 加工试样时应尽可能选取大尺寸加工试样。

表 1-3 单铸试棒的抗拉强度和硬度值 (GB/T 9439—2010)

牌 号	最小抗拉强度 $R_m(\text{min})/\text{MPa}$	布氏硬度 (HBW)	牌 号	最小抗拉强度 $R_m(\text{min})/\text{MPa}$	布氏硬度 (HBW)
HT100	100	≤170	HT250	250	180~250
HT150	150	125~205	HT275	275	190~260
HT200	200	150~230	HT300	300	200~275
HT225	225	170~240	HT350	350	220~290

表 1-4 灰铸铁的牌号和力学性能 (GB/T 9439—2010)

牌号	铸件壁厚 /mm		最小抗拉强度 R_m (强制性值)(min)		铸件本体预期抗拉强度 $R_m(\text{min})/\text{MPa}$
	>	≤	单铸试棒 /MPa	附铸试棒或试块 /MPa	
HT100	5	40	100	—	—
HT150	5	10	150	—	155
	10	20		—	130
	20	40		120	110
	40	80		110	95
	80	150		100	80
	150	300		90	—
HT200	5	10	200	—	205
	10	20		—	180
	20	40		170	155
	40	80		150	130
	80	150		140	115
	150	300		130	—