

高等职业技能操作与实训教材

铸 造 工

宁海霞 汪 浩 等编
戈晓岚 主审



Chemical Industry Press



化学工业出版社
教材出版中心

高等职业技能操作与实训教材

铸 造 工

宁海霞 汪 浩 等编

戈晓岚 主审



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

铸造工/宁海霞, 汪浩等编. —北京: 化学工业出版社,
2005. 11

高等职业技能操作与实训教材

ISBN 7-5025-7896-X

I. 铸… II. ①宁…②汪… III. 铸造-高等学校: 技术
学院-教材 IV. TG2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 137806 号

高等职业技能操作与实训教材

铸 造 工

宁海霞 汪 浩 等编

戈晓岚 主审

责任编辑: 高 钰 陈 丽

文字编辑: 廉 静

责任校对: 李 林

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

[http:// www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8 $\frac{3}{4}$ 字数 240 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7896-X

定 价: 15.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前言

根据高职高专教育培养目标的要求,高职教育强调教学以实践技能、实用训练为主,高职机械工程类及相近专业培养的是满足工业和工程生产第一线的掌握现代机械制造技术的高等工程应用型技术人才。本书是与高职高专“机械制造基础”、“工程材料与材料成形基础”和“机械制造技术”等课程配套的实习实训教学用书。

本实习实训教材在原有教学体系改革基础上进一步从“工程化-技能化”着手,为学生在机械制造工艺技术应用能力的培养方面打好实践基础,具备必要的操作技能和一定的工程素质。目前,多数高职高专实训课程的教学及考核都与相关的技能认证挂钩,学生通过实习实训后应获得相关的职业技能证书,毕业后能直接成为生产第一线的高级技术型、工艺型应用人才,从而提高了学生的就业竞争力,更加符合社会市场的需要。

本教材参照劳动和社会保障部职业技能鉴定中心组织编写和出版的《职业技能鉴定指导》和《职业技能鉴定教材》两套书对铸造工的专业知识和技能操作要求,以该工种初级工及中级工的考核内容为主要依据,结合高职高专教学的实习实训要求,有针对性地按知识要求和技能要求组织内容,并附录了权威部门编写的部分专业工种技能考核试题,以便学生完成实习实训后参加技能鉴定考核。

本书由宁海霞、汪浩、罗晋平编写,江苏大学戈晓岚主审。

由于时间仓促,缺乏经验,水平有限,欠妥之处在所难免,恳望读者提出宝贵意见和批评指正。

编者

2005年9月

内 容 提 要

本书根据高职高专教育培养目标和《职业技能鉴定教材——铸造工》编写。

本书以该工种初级工、中级工、高级工的考核内容为主要依据,内容包括铸造用金属材料、常用造型材料、铸造工艺、常用铸造工艺装备、典型铸造操作方法、铸件的质量检测等。

本书结合高职高专专业课程的理论教学,强化技能操作实践知识,对理论教学中涉及的基础知识适当删减和简化,以避免重复。本书同时附录了权威部门编写的部分专业工种技能考核试题。

本书可作为高职高专院校机械工程及材料类专业实习实训教材,也是各类职业技术学校铸造工学生或技术工人考核鉴定前的参考用书和复习资料。

目 录

第一篇 铸造工知识要求

第 1 章 铸造用金属材料及其熔炼工艺基础	1
1.1 常用铸造合金	1
1.2 常用铸造合金的熔炼设备与工艺	4
1.3 常用铸造合金的配料技术	30
第 2 章 常用造型材料	34
2.1 常用造型制芯原材料	34
2.2 型砂芯砂的性能及其影响	40
2.3 型砂芯砂的配制	49
2.4 涂料的性能要求及其选用	60
第 3 章 铸造工艺知识	62
3.1 铸造工艺分析与设计	62
3.2 砂型制造	79
3.3 砂芯的设计与制作	97
3.4 砂型和砂芯的烘干	105
3.5 合型及浇注	111
3.6 铸件的落砂与清理	119
3.7 浇注系统、冒口与冷铁	128
第 4 章 铸造工艺装备	175
4.1 常用工艺装备	175
4.2 工艺装备的选用	185
4.3 工艺装备的检查方法	191
4.4 常用造型修型工具和测量器具	193

第二篇 铸造工操作技能要求

第 5 章 砂型铸造的基本操作技术	200
--------------------------------	-----

第 6 章 铸件缺陷分析与铸件质量检测	214
6.1 铸件缺陷分析	214
6.2 铸件质量检验	235

第三篇 铸造工技能鉴定模拟试卷

附录 1 中华人民共和国工人技术等级标准——铸造工	247
初级铸造工	247
中级铸造工	249
高级铸造工	251
附录 2 中华人民共和国职业技能鉴定规范——铸造工	253
初级铸造工鉴定要求	253
中级铸造工鉴定要求	257
高级铸造工鉴定要求	262
参考文献	267

第一篇

铸造工知识要求

第 1 章 铸造用金属材料及其熔炼工艺基础

1.1 常用铸造合金

1.1.1 铸造合金的分类

铸造合金按铁和碳元素含量的高低可分为 3 大类：铸铁、铸钢和铸造非铁合金。

(1) 铸铁

含碳量为 2.11%~6.69% 的铁碳合金，它是以铁、碳、硅为主，并含有较多的锰、硫、磷等杂质的多元合金。为了提高铸铁的力学性能或物理、化学性能，还可加入一定量的合金元素，得到合金铸铁。

铸铁包括普通灰铸铁、高强度（或称孕育）灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁、耐磨铸铁、耐热铸铁、耐蚀铸铁、冷硬铸铁、合金白口铸铁等。

(2) 铸钢

含碳量为 0.0218%~2.11% 的铁碳合金，有普通碳素钢和合金铸钢两大类。

(3) 铸造非铁合金

以铜或铝、锌等为主体的铸造合金，包括如下。

① 铸造青铜 包括锡青铜、铝青铜、铅青铜等。

② 铸造黄铜 包括普通铸造黄铜、特种铸造黄铜等。

③ 铸造铝合金 包括铸造铝硅合金、铸造铝铜合金、铸造铝镁合金、铸造铝锌合金等。

④ 铸造锌合金。

⑤ 铸造轴承合金。

1.1.2 常用铸铁

(1) 灰铸铁

其石墨呈片状，力学性能不太高，但生产工艺简单，价格低廉，故工业上应用最广。灰铸铁的牌号主要有：HT100、HT150、HT200、HT250、HT300、HT350、HT400 等。

(2) 可锻铸铁

其石墨呈团絮状，力学性能较灰铸铁高，但生产周期长，成本高，一般用来制造一些重要的小型铸件。可锻铸铁分为铁素体可锻铸铁（如 KTH300-06）和珠光体可锻铸铁（如 KTZ450-06）。

(3) 球墨铸铁

其石墨呈球状，力学性能最高，强度已接近于碳钢，生产工艺比可锻铸铁简单，它的应用正日益广泛，已成功地代替了部分碳钢和合金钢制造某些重要零件。球墨铸铁的牌号主要有：QT400-18、QT400-15、QT500-7、QT600-3、QT700-2、QT800-2、QT900-2 等。

(4) 蠕墨铸铁

其石墨呈蠕虫状，是 20 世纪 70 年代发展起来的一种新型铸铁，力学性能介于灰铸铁与球墨铸铁之间。

1.1.3 铸钢

(1) 碳素铸钢

以碳为主要合金元素，并含有少量其他元素的铸钢为碳素铸钢。碳素铸钢的牌号主要有：ZG200-400、ZG230-450、ZG270-500、ZG310-570、ZG340-640 等。

(2) 合金铸钢

在钢中加入一种或多种不同数量的合金元素而制得的铸钢称为合金铸钢。常用合金铸钢的牌号、主要成分及用途见表 1-1。

表 1-1 常用合金铸钢的牌号、主要成分及用途

合金铸钢牌号	C/%	Mn/%	Si/%	Cr/%	Mo/%	V/%	用 途
ZG40Mn	0.35~ 0.45	1.20~ 1.50	0.30~ 0.45				齿轮等
ZG40Mn2	0.35~ 0.45	1.60~ 1.80	0.20~ 0.40				耐磨性比 40Mn 好
ZG20MnSi	0.16~ 0.22	1.00~ 1.30	0.60~ 0.80				水压机立柱、横梁, 工作缸, 水轮机转轮, 车辆摇枕、侧架
ZG40Cr	0.35~ 0.45	0.50~ 0.80	0.17~ 0.37	0.80~ 1.10			高强度零件, 如齿轮 及齿轮缘等
ZG65Mn	0.62~ 0.70	0.90~ 1.20	0.17~ 0.37				耐磨性好, 用于起 重、矿山中车轮等
ZG20CrMo	0.15~ 0.25	0.50~ 0.80	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.40~ 0.60		长期工作于 400~ 500℃ 的零件, 如汽轮 机汽缸隔板
ZG20CrMoV	0.18~ 0.25	0.40~ 0.70	0.17~ 0.37	0.90~ 1.20	0.50~ 0.70	0.20~ 0.30	汽轮机蒸汽室、汽缸 等
ZG20CrMoVB	0.16~ 0.22	0.80~ 1.00	0.20~ 0.50	2.30~ 3.00	0.90~ 1.10	0.30~ 0.60	内燃机增压器涡轮
ZG5CrMnMo	0.50~ 0.60	1.20~ 1.60	0.25~ 0.60	0.60~ 0.90	0.15~ 0.35		模具
ZGMn13	0.90~ 1.30	11.0~ 14.0	0.30~ 0.80				各种破碎机衬板、锤 子、履带板等耐冲击磨 损件
ZG4CrSi2	0.35~ 0.50	0.40~ 0.70	2.0~ 3.0	8.0~ 10.0			加热炉闸板等

1.1.4 铸造非铁合金

以一种非铁金属元素为基本元素, 再添加一种或几种其他元素所组成的合金称为非铁合金。非铁合金也可以含有铁, 但不是主要成分, 它仅仅是作为合金元素或杂质存在于非铁合金当中。

铸造非铁合金一般添加的元素较多, 室温下具有两相或两相以上的铸态组织, 具有较好的铸造性能和综合力学性能。按基本元素的不同, 铸造非铁合金可以分为铸造铝合金、铸造铜合金、铸造镁合金、铸造锌合金、铸造钛合金等。习惯上, 按其特殊用途又将用于浇注滑动轴承的 Sn 基和 Pb 基等合金称为轴承合金, 将用于浇

注涡轮叶片等高温条件下工作的 Ni 基和 Co 基铸造合金称为铸造高温合金。

常用铸造铝合金按合金系列可分为 5 类：Al-Si 系列、Al-Cu 系列、Al-Mg 系列、Al-Zn 系列和 Al-Re 系列。

常用铸造铜合金分为两大类，即黄铜和青铜。黄铜是以锌为主加合金元素的铜合金。在铸造黄铜中又因加入其他合金元素而形成锰黄铜、铝黄铜、硅黄铜、铅黄铜等。在铜合金中不以锌为主加元素的统称为青铜，如锡青铜、铝青铜、铅青铜、铍青铜等。

常用铸造镁合金按合金系列分为 3 类：Mg-Al 系列、Mg-Zn-Zr 系列、Mg-Re-Zr 系列。

铸造锌合金分为压力铸造锌合金和重力铸造锌合金。

铸造钛合金通常按钛合金的退火组织分为 4 类：全 α 合金、近 α 合金（ β 相少于 2%）、（ $\alpha + \beta$ ）合金和 β 合金。

1.2 常用铸造合金的熔炼设备与工艺

1.2.1 铸铁熔炼

1.2.1.1 铸铁熔炼设备

1) 熔炼设备

铸铁的熔炼是在化铁炉中进行的。根据生产条件的不同，化铁炉有冲天炉和工频或中频感应炉等几种。

① 工频感应炉 工频感应电炉基本原理如图 1-1 所示。

金属炉料盛于一坩埚中，坩埚外面绕有内通水冷却的感应线圈，感应线圈通入交变电流。线圈周围产生的交变磁场使炉料中产生感应电动热，使金属炉料加热直至熔化。

工频感应电炉的结构分有芯和无芯两种。无芯感应电炉的结构如图 1-2 所示。它主要由炉体、水冷系统、翻转机构、供电系统和电气设备等组成。

② 冲天炉 冲天炉是一种熔炼铸铁的圆筒形竖炉，结构如图 1-3 所示。主要由炉顶、烟囱、炉身、供风系统、炉缸、炉底及支承和前炉等组成。冲天炉具有结构简单、操作方便、熔化迅速、适

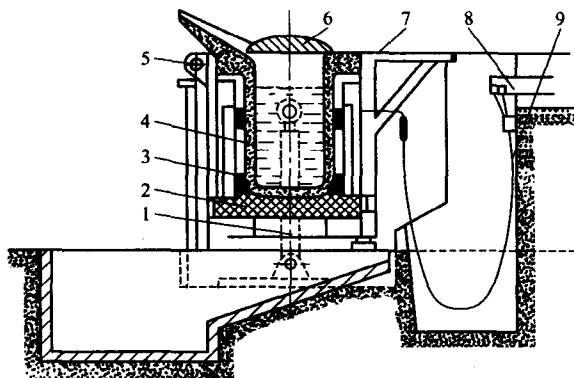


图 1-1 无芯工频炉结构示意图

1—液压倾倒装置；2—隔热板；3—线圈与轭铁；4—硅砂坩埚；5—转轴；
6—炉盖；7—作业板；8—铜板；9—水电引入系统

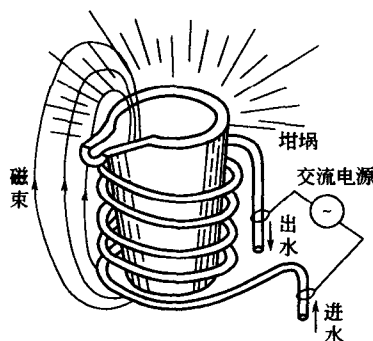


图 1-2 无芯感应电炉原理图

应性强、可连续生产和成本低廉等优点。因此，是目前熔化铸铁的主要设备。

工频和中频感应电炉近年来在国内的应用日益增多，具有铁水质量高、金属烧损少、劳动条件好等优点。目前铸工车间普遍采用铸铁的熔炼设备是冲天炉。

2) 冲天炉熔炼工艺过程

冲天炉点火后，先将底焦加至规定的高度，然后按照金属炉

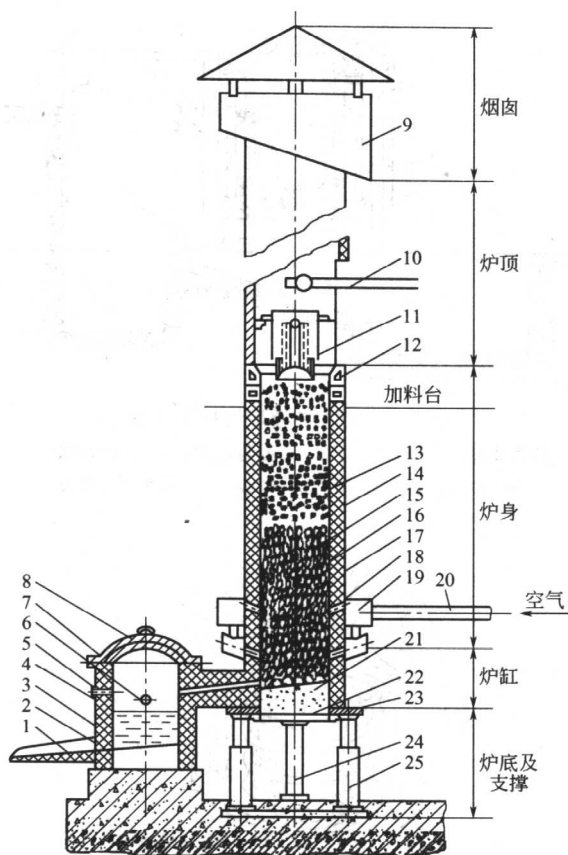


图 1-3 冲天炉的结构

- 1—铁槽；2—出铁口；3—前炉炉壳；4—前炉炉衬；5—过桥窥视孔；6—出渣口；
7—前炉盖；8—过桥；9—火花捕集器；10—加料机械；11—加料桶；12—铸铁砖；
13—层焦；14—金属炉料；15—底焦；16—炉衬；17—炉壳；18—风口；19—风箱；
20—进风管；21—炉底；22—炉门；23—炉底板；24—炉门支撑；25—炉腿

料→层焦→熔剂的顺序逐层将炉料装至加料口下缘。开风后由风口进入炉内的空气与底焦接触发生燃烧反应，产生热量，由此而生成的高温炉气穿过炉料向上流动，对炉料加热，并使底焦顶面上的金属炉料熔化。熔化后的液滴在穿过底焦缝隙下落的过程中，被高温

炉气和炽热焦炭进一步加热。这种在金属炉料熔化温度以上的加热过程称为过热，由此使铁水达到较高的温度。最后过热的铁水经炉底过桥流入前炉。

在炉气作用下，加入的熔剂石灰石大约在 700°C 分解成石灰 (CaO) 和二氧化碳 (CO_2)。石灰是碱性氧化物，它能与焦炭中的灰分和炉衬浸蚀物等形成的酸性氧化物结合成熔点较低的炉渣。炉渣的密度比铁水小，流入前炉后上浮，从出渣口流出。由于炉气、焦炭和炉渣等的相互作用，金属的化学成分也发生增碳、增硫、硅锰氧化烧损等变化，铁水的最终化学成分是金属炉料的原始成分与熔化过程中成分变化的综合结果。

由此可见，在冲天炉内同时进行着三个重要的过程，即焦炭燃烧、热量传递和冶金反应。其中焦炭燃烧起决定作用，离开它，其他两个过程就无从谈起。因此，焦炭燃烧是决定冲天炉工作的根本因素。

1.2.1.2 铸铁的孕育处理

(1) 孕育处理的目的

① 通过加入孕育剂，在铁液中形成大量的非均质石墨晶核，从而消除低共晶度铸铁在共晶转变过程中的白口倾向。

② 改变石墨形态，细化石墨，使过冷型石墨转变为均匀分布无方向型石墨，并获得细片状珠光体基体，从而提高铸铁的强度。

③ 减小铸件上薄壁与厚壁之间由于冷却速率不同而产生的组织上和性能上的差别，提高铸铁组织均一性，减小壁厚敏感性。

(2) 孕育剂的选择

① 孕育剂的粒度和加入量 孕育剂应有适宜的粒度（一般为 $1\sim 3\text{mm}$ ），以使其能被铁液迅速溶解和吸收。孕育剂的加入量应根据铸件壁厚而定。对厚壁铸件，加入量为铁液质量的 $0.2\%\sim 0.4\%$ ；对薄壁铸件，加入量为铁液质量的 $0.3\%\sim 0.5\%$ 。

② 孕育剂的选择 孕育剂的孕育效果，是以孕育剂的孕育效果以及其衰退期（能够保持孕育作用的时间）的长短来衡量的。

用硅铁作孕育剂具有一定的孕育效果，但纯硅铁的孕育作用很小，生产上通常用作灰铸铁孕育剂的是含有 $w_{\text{Si}} = 70\%\sim 80\%$ 和少

量其他元素 ($w_{Ca}=1\%\sim 2\%$, $w_{Al}<0.5\%$) 的硅铁 (FeSi75), 其保持良好孕育的时间一般只有 15~20min 左右。20 世纪 80 年代后发展了含有 Sr、Ce、Ba、Ca、Al、Ti、Zr 等元素成分的硅铁孕育剂以及石墨孕育剂。

当将两种或多种孕育剂复合使用时, 所起的作用更为显著。例如 Al-Ti 或 Al-B (可锻铸铁用孕育剂) 复合使用都有良好的孕育效果。但对孕育剂的含量应加以控制, 如加入量过多, 则将会使铸态组织出现麻口, 导致退火石墨形状恶化。作为孕育作用的铸铁含铝量应不超过 0.015%, 含硼量应不超过 0.0015%, 复合使用时, 每种元素的含量应适当降低。

防止因孕育衰退而产生缺陷和废品, 应选用良好的孕育剂和改进孕育处理方法。

此外, 还应注意孕育剂的颗粒形状。粉状硅铁在孕育处理过程中易氧化烧损, 故应避免使用。

(3) 孕育方法

生产上广泛采用的是冲浇法, 这种方法简便易行, 处理时将孕育剂放置在铁液包底部, 靠铁液将孕育剂熔化。冲浇法的最大缺点是一包铁液处理后必须在孕育衰退之前及时浇注完。如果需要一次处理大量铁液而浇注时间又很长 (如大批量小铸件), 冲浇法的孕育效果不甚理想。为解决这一问题, 开发了很多迟后孕育方法, 并越来越广泛地被各工厂所采用, 如浇口杯孕育法、硅铁棒孕育法、浮硅孕育法、孕育丝孕育法、随流孕育法等。各种迟后孕育方法的开发不仅减少了孕育剂的用量、节省开支、减少针孔等缺陷, 而且由于在浇注的同时进行孕育, 不存在衰退或衰退很小。此时, 不同孕育剂对孕育效果的影响比包内孕育方法大为减少, 因此, 孕育效果好但抗衰退能力差的 FeSi75 可作为主要孕育剂使用。由于硅铁孕育衰退较快, 应尽可能选用后期孕育工艺, 可减少孕育增硅量, 有利于避免高硅脆性或可尽量多使用回炉料。

1) 浇口杯孕育

把孕育剂 (粒或成形块) 放入浇口杯中 (如图 1-4 所示), 金属液进入浇口杯, 使孕育剂溶解后进入铸型。由于金属液立即进入

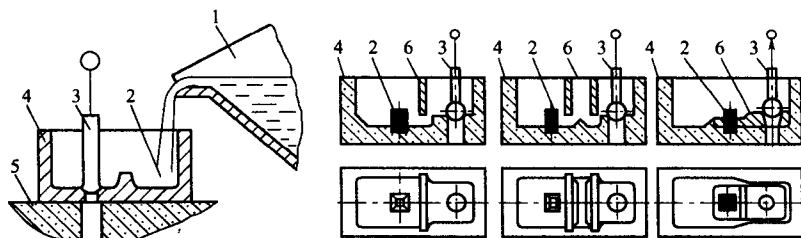


图 1-4 浇口杯孕育法

1—浇包；2—孕育剂（块）；3—拔塞；4—浇口杯；5—铸型；6—挡渣板

铸型，采用此法孕育，基本无衰退。孕育剂颗粒易浮起，浪费较多，但孕育剂用量比包内孕育法少。该法适用于大型铸件。

2) 硅铁棒孕育

将装入硅铁和黏结助熔剂的硅铁棒固定于浇包嘴，通过金属液流的冲刷，使此硅铁棒溶解，孕育剂进入铸型（如图 1-5 所示），来达到孕育的目的。

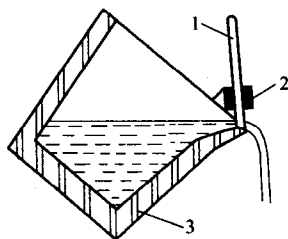


图 1-5 硅铁棒孕育法

1—硅铁孕育棒；2—导套；3—浇包

硅铁棒可用 0.05mm 铝箔或 0.1mm 紫铜板卷成，有时也用壁厚 0.1mm 的钢管制成，尺寸由浇包容量决定（见表 1-2）。硅铁粒度为 200 目~2mm，用 3%~5% 经预处理过的水玻璃作黏结剂，制成棒后自然干燥 1~2 天，或 200℃ 烘干 2h。使用时，硅铁棒放在浇包嘴前 50~80mm 处，深入金属液 10~30mm。

此法孕育衰退少，孕育剂添加量比包内孕育法少（0.05%~0.12%），但孕育剂用量不易控制，硅铁棒制造麻烦，对浇注工艺

表 1-2 硅铁棒尺寸与浇包容量

硅铁棒尺寸/mm	$\phi 20 \times 480$	$\phi 25 \times 700$	$\phi 50 \times 900$
浇包容量/kg	<200	200~450	>450

要求高。适用于高温浇注薄壁铸件。

3) 浮硅孕育

将大块孕育剂放在浇包底，冲入金属液使孕育剂块边熔边浮，金属液表面仍有 $1/4 \sim 1/5$ 的硅铁块，或球化处理扒渣后，在浇包中金属液表面加硅铁块，或包内冲浇法后在液面撒一层硅铁，使其熔化在金属液表面处形成富硅层。在浇注过程中，它与下部金属液不断混合流入铸型，起到瞬时孕育作用，防止孕育衰退。

此法操作要求严格，形成浮硅层后不得再扒渣或兑入金属液，可盖草灰或集渣保温剂，浮硅层要远离浇包嘴。块度要和温度、浇包容量相配，浮硅铁加入量为 $0.3\% \sim 0.6\%$ ，可维持 30min 不衰退。

此法孕育剂耗量大，操作简单，减少了破碎工作量，但难以保证均匀孕育，铸件含硅量波动范围较大，可达 $0.05\% \sim 0.20\%$ 。适用于长时间浇注的大型浇包。

4) 孕育丝孕育

把孕育剂包在空心金属丝中，采用改进的焊丝给料机，在浇注时自动将其输进浇口杯或直浇道的金属液中溶解（如图 1-6 所示），并可用光电管接收浇注金属液流信号自动启动和停止孕育丝输送装置。孕育丝用壁厚 0.1mm、直径约 3mm 的软铜管制成，内装 200 目硅铁粉，孕育剂用量可减少至 0.08% 以下，一般为 $0.05\% \sim 0.10\%$ 。此法无衰退，要求控制系统可靠，孕育丝供应成本高，常为定点使用，适用于自动流水线大量生产。

5) 随流孕育

茶壶式浇包或气压浇注炉侧装有可控制出口流量的漏斗，如图 1-7 所示，通过机械或光电管控制自动开关，使漏斗内的孕育剂粒在浇注期间均匀地随金属液流进入铸型。这种把孕育剂随金属液流均匀加入铸型中的方法，称为随流孕育法。