

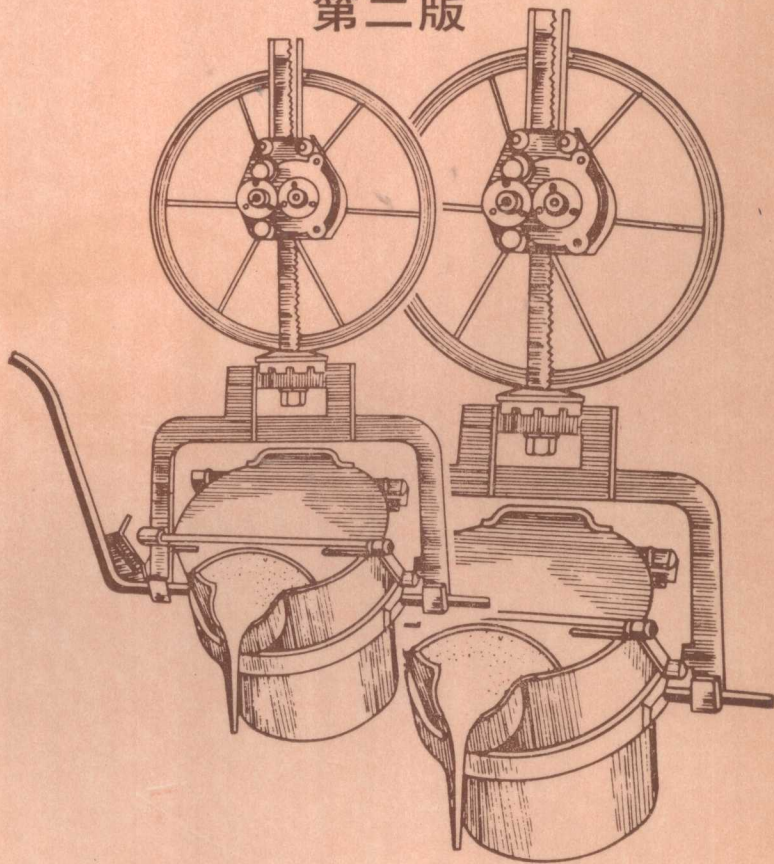


全国技工学校机械类

通用教材

铸工工艺学

第二版



中国劳动出版社

全国技工学校机械类通用教材

铸 工 工 艺 学

(第 二 版)

劳动部培训司组织编写

中国劳动出版社

(京)新登字114号

本书是根据劳动部培训司修订的全国技工学校机械类《铸工工艺学教学大纲》进行修订,供技工学校招收初中毕业生使用的统编教材。

本书内容包括造型材料及其制备,砂型和砂芯烘干,浇注系统,铸件收缩及冒口、冷铁和铸肋,铸造合金及熔炼,铸件浇注、落砂和清理,铸件缺陷分析、检验和修补,铸造工艺规程编制,铸造工艺装备,造型机械,特种铸造等十一章。

本书也可作为青工培训及自学用书。

本书在修订过程中得到山东省劳动局技校、湘潭电机厂技校、株洲南方公司技校的支持,在此表示感谢。

本书第一版由周鸿昌、王修山、刑少芳、徐明林、李荣祥编写,周鸿昌主编;易升岁审稿。第二版由周鸿昌、徐明林、李荣祥编写,周鸿昌主编;苏锡葵、姜菊华审稿,苏锡葵主审。

铸 工 工 艺 学

(第 二 版)

劳动部培训司组织编写

责任编辑 赵庆鹏

中国劳动出版社出版

(北京市和平里中街12号)

一二〇一工厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

787×1092毫米 16开本 19.5印张(彩印0.5) 487千字

1985年4月北京第1版 1991年5月北京第2版

1992年2月北京第9次印刷 印数25000册

ISBN 7-5045-0624-9/TG·068(课) 定价:5.85元

第一版前言

为了适应技工学校逐步转向以招收初中毕业生为主的教学要求,我局于一九八三年七月委托部分省、市劳动人事厅(劳动局),分别组织编写了适合初中毕业生使用的技工学校机械类通用工种各课程所需的教材。这次组织编写的有语文、数学、物理、化学、工程力学、机械基础、金属材料与热处理、电工学、机械制图(配套使用的有机械制图习题集)、车工工艺学(配套使用的有车工工艺学习题集)、车工生产实习、钳工工艺学、钳工生产实习、铸工工艺学、铸工生产实习、铆工工艺学、机械制造工艺基础等十七种。其中语文、数学、物理、化学非机械类工种也可以选用。其他课程的教材,以后将陆续组织编写。

上述十七种教材,是按照党的教育方针,本着改革的精神组织编写的。在内容上,力求做到理论与实际相结合,符合循序渐进的要求,从打好基础入手,突出机械类技工学校生产实习教学的特点,密切联系我国机械工业的生产实际,并且尽量反映工业生产中采用新材料、新设备、新技术、新工艺的成就,以便使培养出来的学生,能够具有一定的文化知识,比较系统地掌握专业技术理论和一定操作技能,为今后的进一步提高打下基础。

这次组织编写教材的工作,由于时间比较紧促,经验不足,缺点和错误在所难免,希望使用教材的同志提出批评和改进意见,以便再版时修订。

劳动人事部培训就业局

一九八四年

第二版说明

全国技工学校机械类通用教材和配套使用的习题集,自1984年相继问世以来,对技工学校的教学和企业的工人培训发挥了重要作用,受到了广大读者的欢迎。但是通过教学实践,也反映出教材中有些内容偏多、偏深、偏难,联系生产实际不够,教材之间分工、配合与协调不够;还有某些差错。为了进一步提高教学质量,适应技工学校和职业培训的需要,我司会同劳动人事出版社组织原编审人员和有关人员对教材进行了修订。

这次修订教材,强调要准确把握培养目标的基本业务技术要求;注意结合实际,精心选材;努力协调各门教材的关系,力争分工更为合理,衔接配合更为紧密;尽量减少差错。

组织修订教材的工作,和前段组织编审教材的工作一样,得到了北京、上海、天津、辽宁、黑龙江、吉林、陕西、四川、山东、江苏、湖南、湖北、广东、广西、河南、新疆等省市区劳动局(厅)的大力支持和协助,我们表示感谢。

修订后的教材还可能存在缺点和不足,欢迎使用教材的同志和读者提出意见。

劳动部培训司

1989年8月

目 录

绪 论	1
第一章 造型材料及其制备	3
§ 1.1 粘土型砂	3
§ 1.2 水玻璃系砂	36
§ 1.3 合脂砂	42
§ 1.4 树脂砂	45
§ 1.5 其他型砂和粘结材料	48
§ 1.6 铸型涂料	52
第二章 砂型和砂芯烘干	55
§ 2.1 烘干原理、过程及规范	55
§ 2.2 烘干方法及设备	57
§ 2.3 烘干控制及检验	60
第三章 浇注系统	61
§ 3.1 浇注系统的结构组成及其作用	61
§ 3.2 浇注系统的类型、特点及应用	68
§ 3.3 内浇道位置的确定	73
§ 3.4 灰铸铁件浇注系统的计算	74
§ 3.5 高强度铸铁件的浇注系统	84
§ 3.6 铸钢及非铁合金铸件浇注系统的特点	85
第四章 铸件收缩及冒口、冷铁和铸肋	87
§ 4.1 铸件的收缩	87
§ 4.2 冒 口	90
§ 4.3 冷 铁	106
§ 4.4 铸 肋	109
第五章 铸造合金及熔炼	111
§ 5.1 铸铁及熔炼	111
§ 5.2 铸钢及熔炼	140
§ 5.3 铸造非铁合金及熔炼	148

第六章 铸件浇注、落砂和清理	159
§ 6.1 铸件浇注	159
§ 6.2 铸件落砂	174
§ 6.3 铸件清理	176
§ 6.4 铸件表面精整	179
§ 6.5 铸件的热处理	181
第七章 铸件缺陷分析、检验和修补	183
§ 7.1 铸件缺陷分类	183
§ 7.2 铸件缺陷分析	185
§ 7.3 铸件质量检验	194
§ 7.4 铸件缺陷修补	198
第八章 铸造工艺规程编制	200
§ 8.1 铸造工艺方案的确定	200
§ 8.2 砂芯设计	211
§ 8.3 铸造工艺参数	217
§ 8.4 铸造工艺文件	222
§ 8.5 铸造工艺实例分析	228
第九章 铸造工艺装备	236
§ 9.1 模 样	236
§ 9.2 模 板	240
§ 9.3 芯 盒	244
§ 9.4 砂 箱	248
第十章 造型机械	255
§ 10.1 对砂型紧实度的工艺要求	255
§ 10.2 机械造型紧实型砂的方法	256
§ 10.3 造型机的分类	264
§ 10.4 造型机和制芯机	266
§ 10.5 造型生产线	282
第十一章 特种铸造	286
§ 11.1 金属型铸造	286
§ 11.2 熔模铸造	289
§ 11.3 压力铸造	294
§ 11.4 离心铸造	296
§ 11.5 壳型铸造	298
§ 11.6 其他特种铸造方法简介	301

绪 论

铸工工艺学是铸工专业课,是阐述铸造工艺基本知识和基础理论的一门应用科学。

铸造是熔炼金属、制造铸型,并将熔融金属浇入铸型,经过凝固、冷却以后,获得一定形状和性能的铸件成形方法。

由于铸造生产是一种液态成形的加工方法,因而可应用铸钢、铸铁、各种铝合金、铜合金、镁合金、钛合金及锌合金等,铸造外形尺寸从几毫米到十几米,重量从几克到数百吨,结构形状复杂,壁厚大小不一的各种铸件,具有广泛的适应性。

铸件的外形与机件相似,尺寸精度较高,因而施加的机械加工余量可减到最小;某些用特种铸造法生产的铸件,可实现少切削或无切削加工,减少了金属消耗量,节省了切削加工工时,提高了材料利用率和劳动生产率。

铸造生产可大量利用废、旧金属料。铸件的生产周期短、成本低,即适于单件或小批生产,又适于成批及大量生产。

铸造生产在国民经济中占有极其重要的地位。铸造是机械制造业的基础,是制取机件成型毛坯应用最广泛的方法。对于脆性金属或合金,铸造是唯一可行的加工方法。据统计,在一般机械中,铸件重量约占机械设备总重量的 40~90%;在汽车、拖拉机制造业中,铸件重量约占 50~70%;在机床、重型机械、矿山机械、水电设备中,铸件重量约占 85%以上。随着社会发展和科学技术的进步,在生活用品、公共设施和城乡建设等国民经济各个领域,也广泛地使用各种铸件。因此,学习和研究铸造工艺理论、铸造生产方法,对于发展铸造事业是极其重要的,必须予以高度重视。

我国铸造业历史悠久。据记载,早在 3000 多年前,我们勤劳、智慧的祖先就创造了用砂子和粘土炼制的泥型(泥范)铸造各种大型、精致、复杂的铜铸件的方法。河南安阳出土的殷朝青铜祭器“司母戊鼎”重 875kg(公斤)、高 137cm(厘米)、长 110cm、宽 78cm,表面饰有精致优美的图案花纹,可谓古代青铜铸造之佳作。现存于北京大钟寺内的“永乐大钟”,铸造于明朝永乐 18 年间,钟高 6.75m(米),钟口外径 3.3m,重量 46.5t(吨),钟体内外铸满经文,钟声宏亮悦耳动听,大钟至今完好,为世界罕见的古钟之一,有极高的艺术价值。河北省正定县隆兴寺内的铜佛,高 20m,重 120t,是我国最大的铸造佛像。铜佛造型精致、栩栩如生,是难得的佛教艺术珍品。

1972 年出土的“铁刃铜钺”,是目前我国出土最早的铁制器皿。据考证,其铁刃是用陨铁锻成,然后镶嵌于铜背。此足以表明在商代中期,我们的祖先已经掌握了铁的冶铸技术,比欧洲开始使用铁器的时间早两千多年。

1953 年由河北省兴隆县的燕国铸冶作坊遗址出土的战国时期的铁范(铁质铸型),可用于铸造各种农具。秦、汉以后,我国农田耕作使用的犁、锄、镰、铍等大都用铁制作。时至宋朝,铸铁已用于地雷、火炮等兵器制造。这表明当时已具有相当先进的冶铁方法。

现存于河北省沧州的身长约 6m、高 5m、重约 19.4t 的大型铁狮和立于当阳的重约 50t,高

13层的铁塔,都是我国古代铸铁的代表作,足以表明当时已具有精湛的铸造技艺。

我国古代铸造技术居世界先进行列。泥型、金属型和失蜡型铸造,是我国铸造工作者世代相传长期实践创造的三大铸造技术,对世界铸造事业的发展,作出了卓越的贡献。然而,长期的封建统治和外敌入侵,影响了科学技术的发展,铸造生产也受到严重阻碍,许多传统的优良技艺湮没失传,生产技术停滞不前。

新中国成立后,在党的领导下,国民经济迅速发展,陆续改造、新建和扩建了汽车制造厂、拖拉机制造厂、电机制造厂、重型机械和机床制造厂,并用现代科学技术装备了各种类型的铸造厂。另外,高等学校开设铸造专业,铸造科研工作也蓬勃地开展起来,培养和造就了大批专业科技人材和新型工人,铸造技术得以迅速发展。各种铸造新材料、新工艺、新技术、新设备得到进一步研究和推广,铸造生产面貌发生着日新月异的变化。

随着科学技术的进步,近年来特种铸造迅速发展。熔模铸造、压力铸造、离心铸造、低压铸造、连续铸造、真空铸造等,在生产中广泛应用;磁型铸造、负压造型、半固态铸造发展也很快;水玻璃型砂、双快水泥砂、流态自硬砂、树脂砂的发展和应用,推动了铸造事业的变革,使传统的砂型铸造工艺发生了变化。

铁质材料发展很快,各种高强度铸铁、合金铸铁相继出现,尤其是蠕墨铸铁的研制和应用,引起国内外铸造工作者的重视,在理论研究和熔炼工艺等方面都取得突破性进展,应用日渐广泛。感应电炉的应用为提高、稳定熔炼质量,研制新型铸造合金,创造了有利条件。

铸造生产的机械化程度又有很大提高。继1952年建成第一条机械化造型生产线之后,相继又设计建造了气动微震半自动造型线、多触头高压造型线、垂直分型无箱射压造型线。改革开放促进了铸造生产机械化程度飞速发展,目前国内已建成机械化造型生产线千余条。铸造生产已向熔化、浇注、落砂、清理,型砂制备等全部生产过程的机械化、自动化方向发展。

我国铸造工艺水平正在日益提高,新技术、新成就促进了生产不断发展,逐步提高了铸件精度等级和生产效率,改善了操作环境,降低了劳动强度,使铸造生产呈现出蓬勃发展的新面貌。

通过学习《铸工工艺学》要认识铸造生产的规律性,提高工艺理论水平,培养独立工作和解决问题的能力,逐步达到:

1. 掌握造型材料的理论知识、性能检测方法;具备选用、改进造型原材料及混合料的能力;
2. 掌握常用铸造合金的牌号、性能、用途,了解铸铁、铸钢及常用非铁合金的熔炼设备和熔炼工艺;
3. 掌握中级造型工必备的工艺理论知识,具有一定的工艺分析能力和熟练的工艺运算技能,借助有关工艺技术资料,能编制中等复杂零件的铸造工艺规程;
4. 了解常用铸造设备的结构、工作原理、性能特点、应用范围和使用方法;
5. 了解科技发展现状和各种新技术、新工艺、新材料、新设备的应用情况。

铸工工艺学是一门实践性很强的学科。学习中要坚持理论联系实际,与生产实习课相配合,努力作到学用结合,学以致用。对实习中的问题和生产中的现象要善于观察、归纳、总结、分析,提到理性高度去认识,从而使所学理论得以不断充实、巩固和提高;同时,也应正确运用工艺理论,指导实习生产操作,尽快提高生产操作技能,成为既有一定工艺理论知识,又有熟练操作技能的新型劳动者。

第一章 造型材料及其制备

制造铸型的材料称为造型材料。其广泛含义,应包括永久型等材料,但一般常指一次铸型用材料,即砂型铸造中用来造型和制芯的各种原砂、粘结剂和附加物等原材料以及由各种原材料配成的型砂、芯砂、涂料等。

型砂对铸件质量、生产效率、生产成本和劳动条件等都有很大的影响,因此,控制和提高型砂质量、研制创造新型砂、完善型砂性能测试手段、提高砂处理的机械化程度,对发展铸造生产有着重要的意义。

本章主要讨论造型和制芯所用各种原材料的成分、性能及其应用,各种型砂、芯砂的组成、配比、制备工艺及常用设备,控制、改善型砂性能的工艺措施和主要性能的检测原理、方法等。

§ 1.1 粘土型砂

粘土型砂由原砂、粘土、附加物和水,根据工艺要求按一定配比混制而成的,是目前砂型铸造中应用最多的造型、制芯材料。

一、铸造用原砂

砂为耐火颗粒物。粒度在 $0.015\sim 1\text{mm}$ (毫米)范围,是铸造生产的基本造型材料。常指硅砂,也指其他颗粒耐火材料如锆砂、铬铁矿砂、橄榄石砂、刚玉砂等。

1. 硅砂 硅砂是主要矿物成分石英(SiO_2)含量不低于 75%且小于 $20\mu\text{m}$ (微米)的颗粒含量不超过 4%的砂。

(1)硅砂的矿物组成和化学成分 砂的矿物组成和化学成分直接影响其耐火度、耐用性及其他性能,关系到铸件的表面质量和某些铸件缺陷的形成。

①硅砂的矿物组成 硅砂的主要矿物是硅石,其次有长石、云母、铁的氧化物、碳酸盐等。

硅石的化学成分为 SiO_2 ,通常石英为无色透明或略带灰白色的半透明晶体,其莫氏硬度 7 级,熔点 1713°C ,耐高温,密度 $2.5\sim 2.6$ 。砂中 SiO_2 含量的多少是评价其质量的重要指标。

长石为铝硅酸盐,常见的有钾长石($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)钠长石($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)和钙长石($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$),光泽似玻璃和珍珠。长石的硬度为 $6\sim 6.5$ 级,熔点约 $1100\sim 1250^\circ\text{C}$,密度 $2.5\sim 2.76$ 。因硬度较低,易于粉碎而降低砂子的复用性。

云母有黑云母($\text{K}_2\text{O} \cdot 6(\text{Mg} \cdot \text{Fe})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)和白云母($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)之分,为一种含水铝硅酸盐。其莫氏硬度为 $2\sim 3$ 级,熔点 $1150\sim 1275^\circ\text{C}$,密度 $2.7\sim 3.2$ 。云母的硬度低,因而显著地降低砂子的复用性。

铁的氧化物以褐铁矿($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)、赤铁矿(Fe_2O_3)和磁铁矿(Fe_3O_4)的形式存在于砂中。

碳酸盐一类的矿物有石灰石(CaCO_3)、白云石($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)和菱苦土(MgCO_3)等。

②硅砂的化学成分 硅砂的化学成分主要是 SiO_2 ,其次还有碱金属氧化物、碱土金属氧化

物和铁的氧化物等。各种氧化物降低了砂子的使用性能,为有害杂质,需加以限制。

碱金属氧化物(Na_2O 、 K_2O) 长石和云母中都有碱金属氧化物,这类氧化物能与石英形成易熔物质,造成化学粘砂,所以应加以限制。

碱土金属氧化物(CaO 、 MgO) 长石、石灰石和白云石中都含有碱土金属氧化物。碱土金属氧化物与氧化铁和二氧化硅作用可生成易熔物,但并不与铸件粘合,冷却后由于与铸件收缩不一致,易从铸件上脱落。其危害在于浇注时碳酸盐发生分解,析出大量气体,容易使铸件形成气孔。因此,对碱土金属氧化物也应限制。

③铸造用硅砂分级 根据硅砂中二氧化硅含量及含泥量,铸造用硅砂的级别划分见表 1.1。

表 1.1 铸造用硅砂分级

分级代号	最小二氧化硅含量(%)	最大含泥量(%)
98	98	0.20
96	96	1.50
		1.00
93	93	0.30
		0.50
90	90	1.00
		2.00
85	85	
80	80	1.00
		2.00
75	75	10.0

(2)砂的颗粒特性 颗粒特性是指砂子的粒度大小、分布、颗粒形貌等。颗粒特性对型(芯)砂的透气性、强度、耐火度等都有重要影响。

砂子的颗粒大小和分布状况,一般采用标准筛筛分法分析。新国标规定的标准筛由一套筛孔尺寸在 3.35~0.053mm 范围的十一个筛子和一个底盘组成。摆动式标准试验筛如图 1.1 所示。

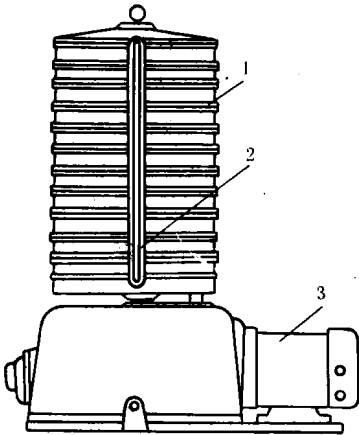


图 1.1 摆动式筛砂机

1—标准筛 2—固定筛的橡皮胶带 3—电动机

新的标准筛与 JB435 和 JB2488 的筛号及筛孔尺寸间的相互对照关系见表 1.2。

表 1.2		标准筛与 JB435 和 JB2488 的筛号及筛孔尺寸对照表					mm
本 标 准	序号	1	2	3	4	5	6
	网孔尺寸	3.35	1.70	0.850	0.600	0.425	0.300
JB435	筛号	6	12	20	30	40	50
	网孔尺寸	3.36	1.68	0.84	0.59	0.42	0.297
JB2488	筛号	6	12	24	28	45	55
	网孔尺寸	3.20	1.60	0.80	0.63	0.40	0.315
本 标 准	序号	7	8	9	10	11	底盘
	网孔尺寸	0.212	0.150	0.106	0.075	0.053	—
JB435	筛号	70	100	140	200	270	底盘
	网孔尺寸	0.21	0.149	0.105	0.075	0.05	—
JB2488	筛号	75	100	150	200	260	底盘
	网孔尺寸	0.200	0.154	0.100	0.071	0.056	—

表中的筛号也称为“目”，表示每英寸长度内筛孔的个数。

测定砂子颗粒组成时，将测过含泥量并烘干至恒重的试料放入最粗的一号筛内，然后将依次安装好的整套标准筛放到筛砂机震动筛分，筛分完毕后称量各号筛子上的残留砂重量，并换算成百分比含量。

颗粒分布是评价砂子质量的重要指标之一。表明砂粒粗细及各种尺寸砂粒在试料中所占百分比。测定颗粒组成的筛分结果，可用表格形式列出各号筛上砂粒残留量的百分数表示。

铸造用硅砂根据粒度进行分组，详见表 1.3。

表 1.3		铸造用硅砂根据粒度分组表		mm
分 组 代 号		主要粒度组成部分筛孔尺寸		
85		1.70, 0.850, 0.600		
60		0.850, 0.600, 0.425		
42		0.600, 0.425, 0.300		
30		0.425, 0.300, 0.212		
21		0.300, 0.212, 0.150		
15		0.212, 0.150, 0.106		
10		0.150, 0.106, 0.075		
07		0.106, 0.075, 0.053		
05		0.075, 0.053, (底盘)		

注：主要粒度组成部分系指相邻三筛残留量之和为最大值。

砂子颗粒形状在 JB435 中用下述方法表示：

圆形砂 颗粒为圆形或接近于圆形，表面光洁，没有突出的棱角，用符号“○”表示，如图 1.2a 所示。

多角形砂 颗粒呈多角形,且多为钝角,以符号“□”表示,如图 1.2b 所示。

尖角形砂 颗粒呈尖角形,且多为锐角,以符号“△”表示,如图 1.2c 所示。原砂大都是由多种形状的砂粒组成。某一种形状的原砂,尽管掺杂有其他形状的颗粒,但只要其他形状的颗粒

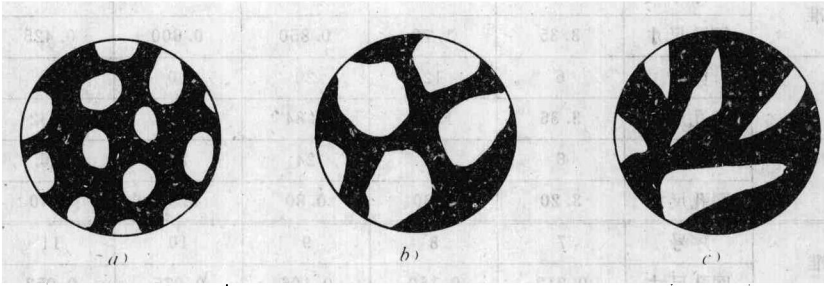


图 1.2 砂子的颗粒形状

a)圆形砂 b)多角形砂 c)尖角形砂

粒不超过 1/3,则仍用一种形状表示,否则就用两种形状表示,并将数量较多的颗粒形状符号排在前面。例如“□—△”表示颗粒形状由多角形和尖角形组成,并且多角形颗粒多于尖角形颗粒。

为了使砂子的颗粒形状数值化,在 GB9442—88 新国标中,依据角形系数对硅砂颗粒形貌进行分类,见表 1.4。角形系数是硅砂的实际比表面积与理论比表面积比值。是反映硅砂颗粒形貌的一项指标。JB435 中代号“○”“□”“△”三种粒形的角形系数分别为 1.15、1.45、1.63 左右,铸造用硅砂颗粒形貌分类代号与 JB435 的颗粒形状大致对应关系见表 1.5。

表 1.4 铸造用硅砂的颗粒形貌根据角形系数分类表

分 类 代 号	角 形 系 数
15	≤ 1.15
30	≤ 1.30
45	≤ 1.45
63	≤ 1.63
90	> 1.63

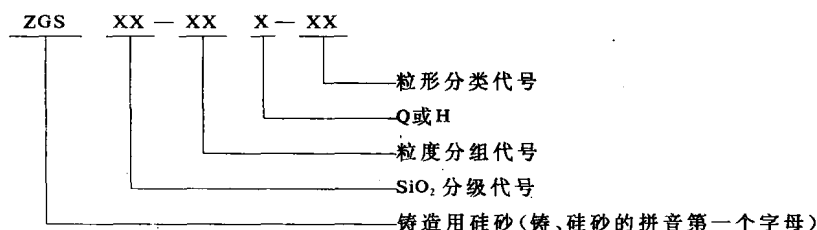
表 1.5 铸造用硅砂颗粒形貌分类代号与 JB435 的颗粒形状大致对应关系表

本 标 准	15	30	45	63	90
JB435	○	○—□ □—○	□	□—△ △—□	△

(3)硅砂牌号 铸造用硅砂的牌号是由字母、硅砂等级、粒度分组、颗粒形貌代号或符号顺序组成,牌号中主要粒度组成部分中,前筛砂子残留量大于后筛砂残留量用 Q 表示,反之用 H 表示。

例如:

ZGS96—42Q—30 ZGS80—15H—45



(4)原砂的选用 原砂的选用原则主要应满足型砂性能要求,保证铸件质量,除此之外还要考虑来源丰富,就地取材,节约粘结剂等。

在生产中,铸造原砂是根据铸件的合金种类、铸件重量、铸型种类、造型或造芯等不同用途来选用。

①铸钢用砂 铸钢的浇注温度高达 1500℃ 左右,因而铸型需有较高的耐火度。因此,原砂中二氧化硅(SiO₂)的含量应等于或大于 93%,有害杂质也应严格控制。同时铸钢件所用的砂粒也应当粗些,常使用砂粒粒度代号为 30、42、60 的原砂。

②铸铁件用砂 铸铁的熔点低于铸钢,浇注温度一般在 1400℃ 以下,因而对砂粒耐火度的要求比铸钢低。铸铁所用的砂子范围较宽,一般选用 SiO₂ 含量大于 85% 的原砂,粒度代号可为 42、30、15、10 等的粗粒、中粒和细粒砂,大型铸铁件宜选用粒度代号为 60、42 的粗粒砂。

③非铁合金铸件用砂 此类合金铸件的浇注温度较低,因而对原砂的化学成分和耐火度都无特殊要求,可选用 SiO₂ 含量为 75% 的原砂。但铜合金的流动性好,易钻入铸型砂粒空隙内,引起机械粘砂,因此,应采用粒度均匀的代号为 15、10、07 的细砂或特细砂。铝合金和镁合金易采用代号为 10、07 的特细砂。

此外,各种砂芯的工作条件较恶劣,应选用耐火度较高的硅砂。

2. 非硅质砂 非硅质砂是指矿物成分中含少量或不含有游离二氧化硅的原砂。

硅砂资源丰富,分布广,价格低,应用最多,在未来相当长的时期内,仍将是主要的铸造用砂。但硅砂的耐火度有限,热化学稳定性较差,易与碱性金属氧化物和铁的氧化物发生化学作用,形成低熔点化合物,降低砂子耐火度,产生化学粘砂;硅砂的热膨胀系数大,导热系数低,相变引起的体积膨胀,导致铸件产生夹砂结疤缺陷;在热胀冷缩产生的应力反复作用下,硅砂颗粒破裂细化,降低型砂的工艺性能。

非硅质砂与硅砂相比,具有较高的耐火性和良好的热化学稳定性,导热系数小,热膨胀较小。因此,大型碳钢铸件及合金钢铸件,必须采用非硅质砂配制型砂、芯砂、涂料等。

非硅质砂种类很多,目前铸造生产中常用的非硅质砂有镁砂、铬铁矿砂、锆砂、橄榄石砂、刚玉砂、熟料等。这类原砂价格昂贵、稀少,应合理选用,尽量少用或不用。

(1)镁砂 镁砂主要由菱镁矿(MgCO₃)组成,用作造型材料时,需经 1500~1650℃ 高温煅烧,使氧化镁(MgO)重新结晶及烧结,然后加工破碎而成。铸造用镁砂的化学成分为 MgO>70%,CaO≤12%,SiO₂≤6%。镁砂的硬度为莫氏 4~4.5 级,密度约 3.5,呈褐色。镁砂的熔点为 1840℃,体积不因相变而发生变化。化学成分呈碱性,不与氧化铁或氧化锰(MnO₂)相互作用,因而常用作锰钢件的造型用砂,也用于其他高熔点合金钢铸件的造型用砂。我国辽宁大石桥出产的镁砂闻名中外,氧化镁(MgO)的含量高达 85%。

镁砂的价格较贵,生产中可利用冶金工业的废镁矿、废铝镁砖经粉碎后配成涂料使用。

(2) 铬铁矿砂 铬铁矿砂的主要矿物成分为铬铁矿、镁铬铁矿和铝镁铁矿。其中化学成分主要是三氧化二铬(Cr_2O_3),其次是氧化镁、氧化铁、氧化铝和少量的二氧化硅以及其他杂质。用于铸造的铬铁矿砂需经 900°C 左右高温煅烧,使其中的碳酸盐分解,析出二氧化碳,然后加工破碎。铬铁矿砂中的三氧化二铬的含量在 $35\sim 60\%$ 的范围内。我国内蒙、陕西、贵州和甘肃祁连山一带产铬铁矿。

铬铁矿砂的莫氏硬度为 $5.5\sim 7.0$,密度为 $4.0\sim 4.7$,呈铁黑色或褐黑色,其薄片有时呈淡黄红色,不透明,略带金属光泽,熔点因三氧化二铬与氧化铁的比值不同而在 $1600\sim 1900^\circ\text{C}$ 之间,比值越大,耐火度越高。铬铁矿砂的化学稳定性好,不与氧化铁等起化学作用,比镁砂更为优越。温度低于 1700°C 时不发生相变,体积基本稳定。铸造用铬铁矿砂的化学成分为 $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 36\%$, $\text{FeO} = 12\sim 18\%$, $\text{CaO} < 2\%$, $\text{MgO} = 13\sim 17\%$, $\text{SiO}_2 < 7\%$ 。

(3) 锆砂 锆砂也称锆石英,主要是锆的硅酸盐(ZrSiO_4)。化学成分主要是氧化锆和二氧化硅(纯锆砂含 $67.2\%\text{ZrO}_2$ 、 $32.8\%\text{SiO}_2$),纯锆砂无色,实际锆砂含氧化铁(Fe_2O_3),所以一般呈棕黄色或黄绿色。

纯锆砂的莫氏硬度为 $7\sim 8$ 级,密度约 $4.5\sim 4.7$,熔点 $2190\sim 2420^\circ\text{C}$,软化点 $1600\sim 1860^\circ\text{C}$,膨胀小,为硅砂的 $1/6\sim 1/3$,因而可避免在铸件上产生夹砂缺陷。同时复用性很好。此外,锆砂的导热性好,因此,铸件冷却凝固较快,有利于防止大型铸钢件产生粘砂。还可在形状复杂的铸型内用它代替冷铁,对铸件进行激冷,细化结晶组织。

我国广东和山东有丰富的锆砂资源。加工成粉状的锆砂粉 95% 通过 200 目筛,可用作大型铸钢件及合金钢铸件的涂料、涂膏、使用效果很好,能有效的防止粘砂等缺陷。

(4) 熟料 在高温下($1100\sim 1500^\circ\text{C}$)焙烧过的硬质粘土(如铝矾土或高岭土)称熟料或耐火熟料。把废耐火粘土砖破碎亦可作熟料使用。熟料的主要矿物成分是莫来石($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)。经焙烧后的熟料为多孔性材料,密度较小($1.45\text{g}/\text{cm}^3$)。

熟料的耐火度随氧化铝含量增加和焙烧温度的提高而增高。当氧化铝的含量大于 71.8% 时,其耐火度大于 1800°C ,氧化铁、氧化钙等杂质含量显著地影响其耐火度。高铝矾土熟料的化学成分要求如下: $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 70\%$ 、 $\text{SiO}_2 \leq 20\%$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 3.0\%$ 、 $\text{MgO} + \text{CaO} \leq 2.0\%$ 。

熟料的优点是膨胀系数小,耐火度较高,同铁及其氧化物的浸润性都比硅砂低。它可用作大型碳素钢和合金钢铸件的面砂或涂料。

(5) 碳质材料 碳质材料主要指焦炭渣(指熟焦炭碾碎而成的颗粒),石墨以及由废石墨电极、坩埚破碎筛选成的渣块。其特点呈中性,化学活性很低,不为金属液和金属氧化物所浸润,耐火度高(约为 2100°C),导热性好,热容量高,热膨胀系数低(约为硅砂的 $1/3$)。这些特性有利于防止粘砂、夹砂等铸件缺陷。

由于碳质材料的导热率、热容量都比一般砂型高得多,因此有很大的激冷作用,可提高铸件组织的致密性。

二、铸造用粘土

铸造用粘土是造型材料中的主要粘结剂。粘土被水浸润后具有粘结性,烘干后硬结,具有干强度,而硬结的粘土加水后又能恢复粘结性(烘烤温度过高、粘土被烧结或烧枯塑性就不能再恢复);粘土的耐火性较高,因而型砂具有较好的复用性,能适应一般的铸造生产要求。粘土在自然界中储藏量丰富,成本低廉,所以应用广泛。

正确选择和使用粘土对保证铸件质量,扩大湿型铸造范围都有很大的作用。

1. 粘土的矿物组成、化学成分和种类

(1)矿物成分 粘土是二维层状构造水化硅酸铝。颗粒尺寸小于 $2\mu\text{m}$ 。自然界粘土常含多种矿物和其他组成物,主要是高岭石、蒙脱石、伊利石等。其中还混有石英、长石和有机物等杂质。粘土中所含的矿物成分,是产生粘结力的基本成分,非粘土矿物和有机物一般不起粘结作用。

粘土矿的主要化学成分为硅酸铝和水分,其化学式为 $m\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 。

(2)粘土分类 粘土按其矿物组成和性能不同,分为高岭土和膨润土两大类。高岭土的主要矿物组成是高岭石和伊利石。膨润土的主要矿物组成是蒙脱石。高岭石和蒙脱石在吸水率、膨胀度、染色性、熔点、粘结性及热变化等方面都有明显的差异。因此,它们赋予型砂的性能也有较大的差别,生产中应合理选用。

①高岭土 高岭土按耐火度不同,分为两类,见表 1.6。

表 1.6 高 岭 土 的 耐 火 度 等 级

等 级	符 号	耐 火 度($^{\circ}\text{C}$)
耐火度高的	G	>1580
耐火度低的	D	$1350\sim 1580$

高岭土按工艺试样的湿压强度、干压强度不同分为三个级别,见表 1.7。

表 1.7 高 岭 土 级 别

等 级 代 号	工 艺 试 样 强 度 值 $\times 10^5\text{Pa}$	
	湿 压	干 压
I	≥ 0.5	≥ 5
II	$0.3\sim <0.5$	$3\sim <5$
III	$0.2\sim <0.3$	$2\sim <3$

注:1. 测湿压强度时,工艺试样的型砂由标准砂(大林砂)2000g(克),高岭土 200g,水 100g 组成;

2. 混砂;干混 2min(分钟);

3. 混出的型砂应放置 10min 以后测定,但至多不得超过 1h(小时);

4. 测干压强度时,标准试样在 $180\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下保温 60min,待试样冷却到室温后进行测定。

高岭土用“粘”字汉语拼音的头一个字母“N”来表示,其牌号由耐火度等级和强度等级代号组成。例如耐火度高于 1580°C ,湿压强度值为 $(0.3\sim <0.5)\times 10^5\text{Pa}$,干压强度值 $\geq 5\times 10^5\text{Pa}$ 的粘土,其牌号为 NG—I—I。

成分较纯的高岭土呈白色粉末状,耐火度高,吸水后膨胀小,干燥时收缩小,适用于作干型砂的粘结剂。

②膨润土及其活化处理

1)膨润土 膨润土又名陶土,是矿物组成主要为蒙脱石的粘土。按其矿物特性分为钙基膨润土和钠基膨润土两类,详见表 1.8。

表 1.8

膨润土按矿物特性分类

类 别	符 号	可交换的离子量占交换性阳离子容量(%)
钠膨润土	P_{Na}	>50
钙膨润土	P_{Ca}	<50

钙膨润土的土粒表面和内部晶层吸附物主要是钙离子,用符号 P_{Ca} 表示;钠膨润土的土粒表面和内部晶层的吸附物主要是钠离子,以符号 P_{Na} 代表。

膨润土按 pH 值大小分酸性膨润土和碱性膨润土两种,分别用字母 S 和 J 表示。膨润土按工艺试样湿压强度分级见表 1.9。

表 1.9

膨润土按工艺试样湿压强度分级

类 别	等级代号	湿压强度值 $\times 10^5Pa$
钠基膨润土	I	≥ 1.0
	II	$0.7 \sim < 1.0$
	III	$0.5 \sim < 0.7$
钙基膨润土	I	≥ 1.0
	II	$0.7 \sim < 1.0$
	III	$0.5 \sim < 0.7$

注:1. 工艺试样配比:标准砂 2000g,膨润土 100g,水 80g
2. 湿砂,干混 2min,湿混 8min;
3. 型砂回性 10min 后测定,但放置时间不得超过 1h。

膨润土按工艺试样热湿拉强度分级,见表 1.10。

表 1.10

膨润土按工艺试样热湿拉强度分级

类 别	等级代号	热湿拉强度值 $\times 10^5Pa$
钠基膨润土	I	≥ 30
	II	$25 \sim < 30$
	III	$20 \sim < 25$
钙基膨润土	I	≥ 10
	II	$6 \sim < 10$
	III	$4 \sim < 6$

注:工艺试样配比和混制与测定湿压强度的试验相同,试验在专门的测定仪上进行。

膨润土的牌号以其矿物特性和强度值等级表示。在强度等级中,前者为湿压强度值等级,后者是热湿拉强度值等级。例如湿压强度为 $(0.7 \sim < 1.0) \times 10^5Pa$,热湿拉强度值为 $(25 \sim < 30) \times 10^5Pa$ 的碱性钠基膨润土,其牌号为 $P_{NaJ} - II - II$;又如湿压强度值为 $(0.7 \sim < 1.0) \times 10^5Pa$,热湿拉强度值为 $(4 \sim < 6) \times 10^5Pa$ 的酸性钙基膨润土,其牌号应为 $P_{CaS} - II - III$ 。

铸造用膨润土的含水量应小于 12~15%,粒度 95%以上通过标准筛序号 10。

2)活化膨润土 钙基膨润土的部分钙离子被钠离子所取代的膨润土为活化膨润土。

钠膨润土的水化强度比钙膨润土高,所以钠膨润土的热湿拉强度高,粘结能力强,型砂强度和抗夹砂性能好。但国内目前开采的膨润土大多数为钙膨润土,为提高其工艺性能,扩大应用范围,可对钙膨润土进行活化处理。

活化处理是提高钙膨润土粘结能力的一种方法。是以一定的钠盐加入钙基膨润土的水液中进行离子交换,使钠离子部分取代钙离子的过程。

加入的钠盐称为活化剂。凡含有钠离子(Na^+)的碱式盐,如苏打(Na_2CO_3),烧碱($NaOH$),食盐($NaCl$)都可作活化剂,但其中以碳酸钠效果最好,且价格低,无腐蚀性。

活化处理是在水介质中进行的,可用下式表示: $PCa + Na_2CO_3 \xrightarrow{\text{水介质}} PNa + CaCO_3 \downarrow$