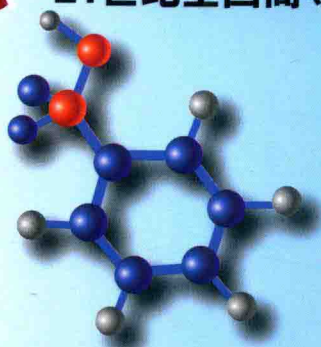




“十三五”普通高等教育本科规划教材

21世纪全国高等院校材料类**创新型**应用人才培养规划教材



MATERIALS

造型材料

(第2版)

石德全 高桂丽 主 编

Materials

教材预览、申请样书



微信公众号: pup6book



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

“十三五”普通高等教育本科规划教材

21 世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材

造 型 材 料

(第 2 版)

主 编	石德全	高桂丽
参 编	王利华	姚 怀
主 审	康福伟	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书针对铸造生产中砂型铸造的特点,系统地介绍了现代铸造生产中常用的造型材料。全书共分8章,包括绪论、原砂、粘结剂、粘土粘结砂、水玻璃砂、水泥自硬砂、树脂粘结砂和铸造涂料。本书理论联系实际,突出实际应用,通过大量工程应用案例对理论加以阐述,增强学生对相关知识的理解和掌握;形式多样的综合习题和阅读材料可供学生训练和阅读,便于学生对所学知识的巩固。

本书可作为高等院校金属材料工程专业和材料成型与控制工程专业的本科教材,由于本书收集了很多实用性和工程性很强的实例,因此,也可供铸造工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

造型材料/石德全,高桂丽主编. —2版. —北京:北京大学出版社,2016.10
(21世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-27585-6

I. ①造… II. ①石…②高… III. ①造型材料—高等学校—教材 IV. ①TG221

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 229481 号

书 名 造型材料(第2版)

ZAOXING CAILIAO

著作责任者 石德全 高桂丽 主编

策 划 编 辑 童君鑫

责 任 编 辑 李娉婷

标 准 书 号 ISBN 978-7-301-27585-6

出 版 发 行 北京大学出版社

地 址 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址 <http://www.pup.cn> 新浪微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱 pup_6@163.com

电 话 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667

印 刷 者 北京溢漾印刷有限公司

经 销 者 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17 印张 396 千字

2009 年 9 月第 1 版

2016 年 10 月第 2 版 2016 年 10 月第 1 次印刷

定 价 38.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话: 010-62756370

21 世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材

编审指导与建设委员会

成员名单（按拼音排序）

白培康（中北大学）	陈华辉（中国矿业大学）
崔占全（燕山大学）	杜彦良（石家庄铁道大学）
杜振民（北京科技大学）	耿桂宏（北方民族大学）
关绍康（郑州大学）	胡志强（大连工业大学）
李楠（武汉科技大学）	梁金生（河北工业大学）
林志东（武汉工程大学）	刘爱民（大连理工大学）
刘开平（长安大学）	芦笙（江苏科技大学）
裴坚（北京大学）	时海芳（辽宁工程技术大学）
孙凤莲（哈尔滨理工大学）	孙玉福（郑州大学）
万发荣（北京科技大学）	王春青（哈尔滨工业大学）
王峰（北京化工大学）	王金淑（北京工业大学）
王昆林（清华大学）	卫英慧（太原理工大学）
伍玉娇（贵州大学）	夏华（重庆理工大学）
徐鸿（华北电力大学）	余心宏（西北工业大学）
张朝晖（北京理工大学）	张海涛（安徽工程大学）
张敏刚（太原科技大学）	张锐（郑州航空工业管理学院）
张晓燕（贵州大学）	赵惠忠（武汉科技大学）
赵莉萍（内蒙古科技大学）	赵玉涛（江苏大学）

第 2 版前言

本书是为我国高等院校金属材料工程专业和材料成型与控制工程专业本科生编写的创新型应用人才培养规划教材。本书编写的指导思想是适当降低理论深度,增强实际应用,力求将铸造用造型材料的相关理论与工程实践相结合,用更多的工程应用实例和研究成果来阐述问题。

铸造是现代制造业中取得成型毛坯的应用最广泛的方法。据统计,在机床、重型机械、矿山机械、水电设备中,铸件质量约占设备总质量的 85%。

目前,虽然有许多铸造方法,但是砂型铸造的铸件质量仍占铸件总质量的 80%~90%,且每生产 1t 铸件需消耗 1~2t 型砂,而与造型材料有关的废品率占铸件总废品率的 60%~80%。因此,世界各国都非常重视造型材料,工厂中也设有专门部门对其质量进行严格监控。纵观铸造发展史,铸造工艺的变革和进步往往都是由于造型材料的发展而引起的,整个铸造生产过程的经济效益也与造型材料的选用正确与否直接相关,因此,造型材料在铸造生产中占有举足轻重的地位。

随着高等教育人才培养模式的转变,培养目标也向工程创新型应用人才转变,而原先教育模式下编写的教材难以满足新的人才培养目标。此外,专业课所占学时少与所开门类多之间的矛盾也势必要求推进新的教材建设。因此,编写一本注重培养工程实际创新型应用人才的教材是非常必要的。

本书共分 8 章。第 1 章主要从全局介绍铸造生产中的造型材料,旨在说明造型材料(砂型材料)在铸造生产中的重要性;第 2 章主要介绍铸造生产中的原砂,从原砂的分类、组成、特性、加工处理和选用原则等方面进行了阐述,同时对锆砂、镁砂、铬铁矿砂、橄榄石砂等非硅质砂做了简要阐述;第 3 章主要介绍砂型铸造中的常用粘结剂,分别阐述了粘土、水玻璃、水泥等无机粘结剂和植物油、合脂、渣油、沥青、纸浆废液、糊精等有机粘结剂的特性、粘结机理、影响因素及应用等,并阐述了型芯的分级和粘结剂的选用原则;第 4 章主要介绍粘土粘结砂,它在铸造生产中主要用于制造砂型,该章从粘土砂的分类、性能及影响因素、配制、循环使用中的问题、现场控制和常见铸造缺陷等方面做了重点阐述,对液态金属与铸型相互作用的阐述旨在为深入分析和预防常见的铸造缺陷奠定基础;第 5 章主要介绍水玻璃砂,根据水玻璃砂的硬化方式,分别详细阐述 CO_2 硬化水玻璃砂(包括直接硬化和 VRH 法硬化)、烘干硬化水玻璃砂和水玻璃自硬砂,针对 CO_2 硬化水玻璃砂具有旧砂再生和回用困难的缺点,阐述了水玻璃砂的再生方法及再生效果评价;第 6 章主要介绍水泥自硬砂的配比和性能,特别是双快水泥自硬砂的硬化机理、混砂工艺、性能及控制;第 7 章主要介绍树脂及树脂粘结砂,主要用于制芯,在阐述酚醛树脂、呋喃树脂和尿烷树脂的基础上,根据树脂砂的硬化方式,分别阐述铸造生产中热硬树脂砂、气硬树脂砂和自硬树脂砂,同时阐述了树脂砂中常见的铸造缺陷及预防方法;第 8 章



主要介绍铸造涂料,从对铸造涂料的要求、铸造涂料的作用、原材料、流变性能和使用方法等方面进行了阐述。书中提供了与造型材料(包括原砂、粘结剂、粘土砂、水玻璃砂、树脂砂、铸造涂料等)有关的大量工程实际案例(包括导入案例和分析案例)、阅读材料、例题、实际操作训练和形式多样的综合习题,以供读者阅读、训练使用,便于对所学知识的巩固和工程应用能力的培养。

本书的编写特点如下。

(1) 本着培养工程实际创新型应用人才的目标,适当降低理论深度,大量增加造型材料在工程中的应用背景及工程实际应用实例。为体现工程应用性较强的特点,书中提供大量的导入案例和分析案例供读者分析、研究,培养读者工程应用能力和分析问题、解决问题的能力;同时给出各种阅读材料,以便拓展读者的视野;提供形式多样的综合习题,以便读者巩固、运用所学知识。因此,本书内容体系不同于以往的同类教材。

(2) 本书在知识框架组织上较流畅,先阐述原砂,后阐述粘结剂,此后阐述铸造生产上使用的各种粘结砂,最后阐述铸造涂料,这样的编排在阐述后续各种粘结砂时,无形中是对原砂和粘结剂的深入复习和巩固,同时更易于对各类粘结砂进行比较。

(3) 本书内容完整系统,侧重点分明,重点突出工程上使用最多的粘土砂和树脂砂,所用资料绝大部分来源于工程实践和科学研究,力求更新,并能更准确地解读问题。本书将理论知识和实际应用、实训内容结合在一起,强调理论知识的工程应用性。

本书由石德全负责全书结构的设计、草拟写作提纲、组织编写工作和统稿定稿,由哈尔滨理工大学康福伟教授主审。各章具体分工如下:第1、2、3、8章由石德全(哈尔滨理工大学材料科学与工程学院)编写,第4、7章由高桂丽(哈尔滨理工大学材料科学与工程学院)编写,第5章由姚怀(河南科技大学材料科学与工程学院)编写,第6章由王利华(哈尔滨理工大学材料科学与工程学院)编写。

本书在《造型材料》第1版的基础上,对其中存在的一些错误和问题进行了修订,补充了现行有关造型材料最新的国家标准,并将大部分现行标准的目录编于附录中,供读者查看。

在本书的编写过程中,编者参考了各类有关书籍、学术论文及网络资料,在此向其作者表示衷心的感谢!

由于编者水平所限,书中难免存在疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2016年6月

目 录

第 1 章 绪论 1

- 1.1 本书内容的界定 2
- 1.2 造型材料在铸造生产中的作用 2
- 1.3 砂型铸造造型材料的分类 3
- 1.4 我国砂型铸造造型材料的发展概况 4

第 2 章 原砂 7

- 2.1 概述 8
- 2.2 铸造用硅砂 9
 - 2.2.1 硅砂的化学成分和分类 9
 - 2.2.2 原砂的特性 12
- 2.3 非硅质砂 17
- 2.4 原砂的加工处理 23
 - 2.4.1 水洗法 24
 - 2.4.2 擦洗法 25
 - 2.4.3 浮选法 25
- 2.5 原砂的选用原则 26
- 本章小结 26
- 综合习题 27

第 3 章 粘结剂 29

- 3.1 粘结剂的分类 30
- 3.2 无机粘结剂 31
 - 3.2.1 粘土粘结剂 31
 - 3.2.2 水玻璃粘结剂 40
 - 3.2.3 水泥粘结剂 45
- 3.3 有机粘结剂 50
 - 3.3.1 植物油粘结剂 50
 - 3.3.2 合脂粘结剂 54
 - 3.3.3 其他有机粘结剂 61

3.4 有机粘结剂的选用原则 63

- 3.4.1 型芯的分级 63
- 3.4.2 有机粘结剂的选用 64

本章小结 65

综合习题 66

第 4 章 粘土粘结砂 69

- 4.1 粘土砂的分类 70
- 4.2 粘土砂的性能及影响因素 76
- 4.3 粘土砂的配制 89
- 4.4 粘土砂循环使用中应注意的问题 91
- 4.5 粘土砂的现场控制 99
- 4.6 液态金属与铸型的相互作用 100
 - 4.6.1 液态金属对铸型的机械作用 100
 - 4.6.2 液态金属对铸型的热作用 102
 - 4.6.3 液态金属与铸型的相互物理化学作用 106
- 4.7 粘土砂中常见的铸造缺陷及预防措施 107
- 本章小结 121
- 综合习题 122

第 5 章 水玻璃砂 126

- 5.1 水玻璃砂硬化工艺发展简史 128
- 5.2 水玻璃砂的硬化方式 129
- 5.3 CO_2 硬化水玻璃砂 130
 - 5.3.1 CO_2 硬化水玻璃砂的配比及混砂工艺 130
 - 5.3.2 水玻璃砂吹 CO_2 硬化的方法 131
 - 5.3.3 CO_2 硬化水玻璃砂的性能及影响因素 136



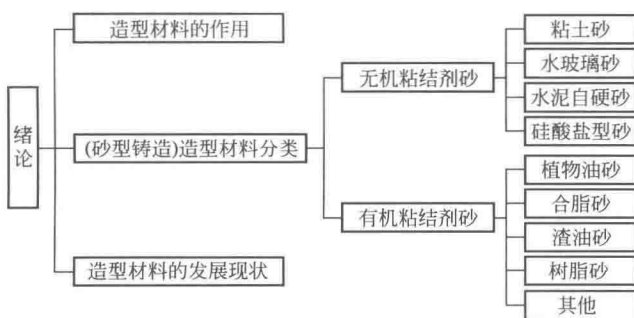
5.3.4	CO ₂ 硬化水玻璃砂的高温性能	138	7.4	吹气硬化树脂砂	199
5.3.5	CO ₂ 硬化水玻璃砂存在的问题及解决方法	139	7.4.1	三乙胺法	199
5.4	烘干硬化水玻璃砂	144	7.4.2	二氧化硫法	201
5.5	水玻璃自硬砂	145	7.4.3	物理气硬法	207
5.5.1	硅铁粉水玻璃自硬砂	145	7.4.4	其他方法	207
5.5.2	硅酸二钙水玻璃自硬砂	147	7.5	自硬树脂砂	207
5.5.3	水玻璃流态自硬砂	150	7.5.1	呋喃树脂自硬砂	208
5.5.4	有机酯水玻璃自硬砂	151	7.5.2	酸硬化甲阶酚醛树脂自硬砂	217
5.6	水玻璃砂的再生	156	7.5.3	酯硬化甲阶酚醛树脂自硬砂	218
5.6.1	水玻璃砂砂块的破碎	157	7.5.4	尿烷树脂自硬砂	219
5.6.2	水玻璃砂的再生方法	157	7.5.5	影响树脂自硬砂的工艺因素	220
5.6.3	水玻璃砂再生效果的评价	160	7.6	树脂砂中常见的铸造缺陷	222
本章小结		163	本章小结		225
综合习题		164	综合习题		227
第6章	水泥自硬砂	167	第8章	铸造涂料	231
6.1	水泥自硬砂的配比	168	8.1	概述	232
6.2	水泥自硬砂的高温性能	169	8.2	对铸造涂料的要求	233
6.3	常用水泥自硬砂	170	8.3	铸造涂料的作用	233
6.3.1	硅酸盐水泥自硬砂	170	8.4	铸造涂料所用的原材料	236
6.3.2	矾土水泥自硬砂	172	8.5	铸造涂料的流变性能及检测	245
6.3.3	双快水泥自硬砂	174	8.5.1	涂料的发展	245
本章小结		178	8.5.2	与涂料流变性能有关的概念	246
综合习题		178	8.5.3	涂料的流变性能及检测	248
第7章	树脂粘结砂	180	8.6	铸造涂料的使用	251
7.1	概述	181	8.6.1	施涂方法	251
7.2	常用树脂	182	8.6.2	涂料的用量	254
7.2.1	酚醛树脂	182	本章小结		256
7.2.2	呋喃树脂	184	综合习题		257
7.2.3	尿烷树脂	186			
7.3	加热硬化树脂砂	188			
7.3.1	壳芯工艺	188			
7.3.2	热芯盒工艺	194			
7.3.3	温芯盒工艺	198			
			附录		261
			参考文献		262

第 1 章

绪 论



本章知识构架



本章教学目标与要求

- 掌握砂型铸造造型材料的分类；
- 了解造型材料的概念和造型材料在铸造生产中的作用；
- 了解造型材料的发展现状。



1.1 本书内容的界定

论证造型材料,其含义甚广,一般而言,凡是用来制造铸型(芯)的材料都属于造型材料,如制造砂型所用的型砂、涂料和它们的组成材料,制造金属型用的钢、铸铁或铜,制造其他特种铸型用的石墨、石膏、陶瓷浆料等。实际上,在现代铸造生产中,最普遍使用的是砂型。在世界范围内,用砂型生产的铸件占应用各种铸型生产铸件的80%以上。因此,在铸造行业里,一般说到造型材料,通常指的是砂型铸造用的造型材料,包括所用的各种原材料、造型、制芯混合料及涂料等。因此,本书讲述的造型材料限于砂型铸造用的造型材料之内。

1.2 造型材料在铸造生产中的作用

造型材料在铸造生产中占有非常重要的地位,其质量的好坏直接影响铸件的质量、生产效率和生产成本。据统计,铸造生产中由于造型材料质量欠佳或使用不当而造成的铸件废品率约占总废品率的60%。造型、制芯费用一般情况下约占铸件生产总成本的50%,金属熔炼占成本的25%,其余25%的成本要花费在铸件清理及其后处理工序上。清理工序成本中的70%也与造型材料有着密切的关系。由此可见,铸件生产中70%左右的成本和60%以上的质量问题都与造型材料有关。

高效造型、制芯材料和工艺的出现,往往会给铸造车间的面貌带来巨大的变化。如船用柴油机铸件、机床铸件采用树脂自硬砂代替原先的粘土干型砂,尺寸精度可达CT9~CT10级,比用粘土砂工艺生产高两级;铸件表面粗糙度可达 $Ra12.5\sim50\mu m$,比用粘土砂高1~2级;铸件废品率可稳定在3%以下;车间单位面积的铸件产量比用粘土砂工艺时翻一番;铸件的清理效率提高3倍。再如,汽车制造厂采用冷芯盒制芯工艺,能耗约为壳型工艺的1/7,热芯盒的1/5,油芯的1/10;劳动生产率为热法工艺的1.5倍,油芯的10~20倍;铸件的尺寸精度提高到CT6~CT8级。显然,研究开发造型材料的新品种,生产供应符合铸造生产需要的造型材料,以及合理选用各种造型材料,对于提高铸件质量、降低成本、提高劳动生产率和改变铸造生产环境有着现实和深远的意义。

毛坯精化及近净形铸造、洁净及高效生产一直是世界各国铸造工作者共同追求的目标。随着我国制造业的发展,越来越多的外国企业将原来在其他国家生产的铸件转移到中国来生产,我国对铸件的需求量不断增加,对铸件质量(包括内在质量和表面质量)的要求也越来越高,这必将对造型材料提出更高的要求,并且造型材料在铸造生产中的重要地位将进一步显示出来。

随着国家对环保的重视和人们环保意识的增强,造型方法和材料的选择对铸造厂的节能起着关键性的作用。这不但关系到周围的环境,同时也关系到铸造企业本身的发展。据统计,每吨铸件至少消耗掉一吨左右的新砂,全国每年消耗新砂千万吨以上。同时,将废

弃掉大量的旧砂。如不能对旧砂进行处理回用，必定会给环境带来严重污染。此外，砂处理产生的灰尘、造型、制芯、浇注过程中树脂等有机物的分解，溶剂挥发放出的有害气体，酸碱物质溶解在水中等都是污染的源头。因此，采用少污染和无污染的先进造型材料和工艺，对达到国家工业卫生排放标准的意义重大，有时甚至会成为铸造企业能否生存的关键。近年来国内外的许多铸造工作者正在不断研究和开发一些低能源消耗、少污染甚至无污染的高效造型材料。

1.3 砂型铸造造型材料的分类

砂型铸造是指造型材料以原砂为主要骨料的铸造工艺，按所用粘结剂可分为粘土型砂、无机粘结剂型(芯)砂、有机粘结剂型(芯)砂等不同种类，具体分类如图 1.1 所示。

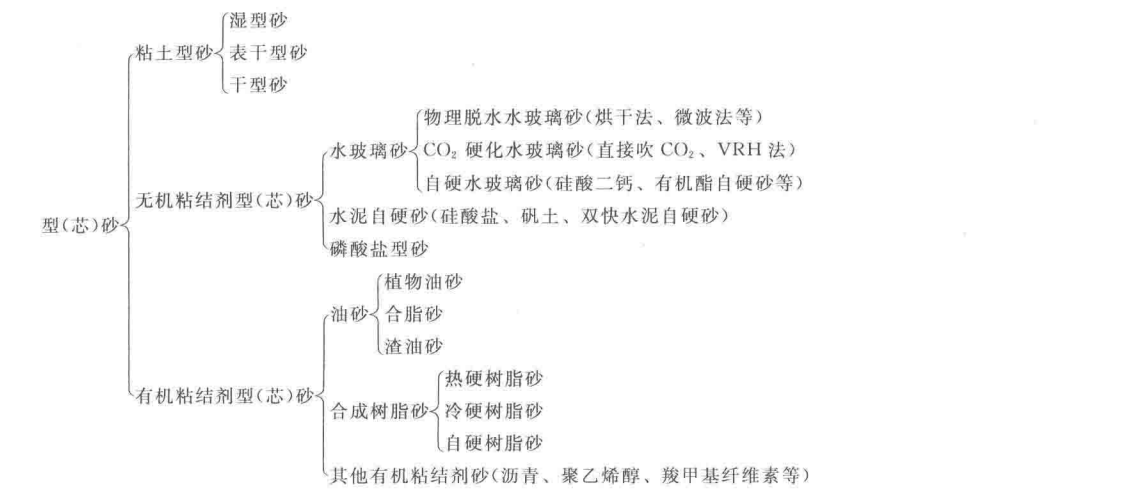


图 1.1 造型材料的分类

严格意义上，粘土型砂也属于无机粘结剂型砂。在这些型(芯)砂中，最为常用的是粘土型砂，用这种造型材料生产的铸件约占有用砂型生产铸件产量的 65%。粘土型砂采用天然矿物粘土作为粘结剂，因为天然矿物粘土有来源广泛、价格低廉、型砂便于反复使用、生产周期短等特点，所以粘土型砂不但为汽车、拖拉机制造等行业中大批量铸件生产时所采用，也为众多的单件小批铸件生产企业所采用。粘土砂湿型一般用来生产 200kg 以下的小铸件，如大多数的汽车铸铁件。较大的铸件，如机床铸件，过去一般采用粘土砂干型或半干型，现在大都采用各种自硬砂。除了粘土型砂外，在无机化学粘结剂型砂中，目前主要应用的是水玻璃砂，包括直接吹 CO₂ 气体硬化的工艺，以及先抽真空再吹 CO₂ 气体硬化的 VRH 工艺。近三四十年逐渐推广使用的有机酯水玻璃自硬砂使水玻璃砂溃散性差的问题得到了较好的解决，再生困难的问题也有所缓解，所以在一些生产铸钢件的工厂得到越来越多的应用。

有机粘结剂型(芯)砂的品种繁多，从早年就开始应用的桐油砂、亚麻油砂，到今天广



泛采用的合成树脂粘结砂应有尽有。人们可以根据制造砂型或砂芯的需要,以及来源、价格、设备条件等方面来综合考虑采用哪种粘结剂。

此外,从造型材料的分类中还可以看出,铸造技术人员,特别是专门负责造型材料的技术人员需要尽量多地了解一些矿物学、化学方面的知识,这样可以减少工作中的盲目性,对提高铸件质量,增加企业的经济效益及保护人们的健康和环境也都具有重要意义。

1.4 我国砂型铸造造型材料的发展概况

随着我国经济的发展及与国际合作的增加,人们对铸件的质量重视程度不断提高,对造型材料的研究、开发和应用也得到了大大加强。从国家的第6个五年计划开始,国家对造型材料的主要厂矿进行了技术改造,建立并健全了一些造型材料(包括原砂、膨润土、树脂粘结剂、硬化剂等)的生产基地。许多科研部门、工厂、高等院校也投入大量人力、物力进行研究,成功开发了一批新的造型材料。

我国铸造用石英砂资源丰富,据中国铸造材料公司统计,年生产能力达600万t,但优质的天然石英砂少,加上多数砂矿是由地方开采,原砂不经加工,质量满足不了要求。近年来,随着对铸件质量要求的提高和发展新的造型、制芯工艺的需求,许多原砂生产企业已经注意对天然石英砂进行加工,建立了一些大型的原砂水洗、擦洗厂和很多中小型水洗砂厂,每年可供应百万吨水洗砂、10多万t擦洗砂,基本上满足了铸铁用砂的需求。已经研究成功的天然石英砂浮选精加工工艺,使石英质量分数由90%左右提高到97%,为铸钢用树脂砂、水玻璃砂提供了符合要求的原砂。

铸造用粘土和膨润土遍布各地,年生产能力分别达16万t和35万t,原有黑山、九台、信阳、江宁、余杭、宣化等的钙基膨润土经过活化处理,基本上能满足一般湿型砂铸造的要求。1974年我国首次在浙江省发现和开采了平山钠基膨润土,之后又相继探明辽宁黑山、吉林刘房子、辽宁凌源、新疆托克逊等钠基膨润土矿藏,其中有些膨润土的工艺性能可与美国怀俄明膨润土媲美。优质钠基膨润土在湿型铸造上的应用表明,它在成批大量生产以及一些具有大平面的铸件生产中能有效地防止铸型塌箱和铸件的夹砂缺陷,显著提高铸件的表面质量。目前,粘土矿在许多地方的无序开采使得粘土质量难以保证。劣质或质量不稳定的粘土使得铸造厂的砂处理系统型砂质量难以控制,常常造成铸件废品和缺陷。

水玻璃是我国自20世纪50年代以来用量仅次于粘土和膨润土的一种无机化学粘结剂,尤其是铸钢行业广泛采用的 CO_2 硬化水玻璃砂和水玻璃自硬砂。目前,我国铸钢件年产量120多万t,其中70%以上是采用 CO_2 硬化水玻璃砂工艺,因此,中国可称得上是世界上应用水玻璃砂最多的国家之一。但是,水玻璃的加入量高、落砂性能差和再生困难一直困扰着铸造工作者。近年来,在改善水玻璃砂溃散性方面,许多科研院所、大专院校和工厂都做了大量的试验和研究工作,并取得了一定效果,使得水玻璃砂的残留强度大大降低、溃散性明显改善。一批成熟的溃散剂和改性水玻璃已商品化,一些工厂也已采用了酯硬化水玻璃砂造型。近十多年来,人们对水玻璃的基本组成和老化现象的认识不断加深,新型酯硬化水玻璃砂工艺的开发取得了突破性进

展,采用新的酯硬化工艺,可使水玻璃砂强度提高30%以上。采取上述有效措施,可使型、芯砂中水玻璃加入量由传统方法的7%~8%降低到2.5%~3.5%,从而,水玻璃砂的溃散性得到明显改善,水玻璃砂进行干法落砂、再生和回用成为可能。大量的生产实践表明,采用优质石英砂、对水玻璃进行改善和采用专用的有机酯,是用好酯硬化水玻璃砂的关键。

曾一度取代植物油的一系列有机粘结剂,如亚硫酸盐纸浆残液、渣油和合脂粘结剂等仍在一些中小型企业中使用。近几十年,我国在合成树脂粘结剂的试验研究和推广应用方面有了较大的进展。沈阳铸造研究所、上海市机械制造工艺研究所、华中科技大学、重庆长江覆膜砂厂、沈阳铸造材料厂、江苏兴业树脂厂及各大专院校都做了大量的试验研究工作。目前,我国已能够生产各类自硬砂、冷芯盒、热芯盒、壳芯等工艺所用的树脂。树脂自硬砂工艺已被许多铸铁、铸钢和非铁合金铸造厂广泛采用,它们已用树脂砂生产了形状复杂、尺寸精度要求高、表面粗糙度值低、重达500多t的大型水轮机转子铸钢件;许多机床厂已采用树脂砂生产出口机床铸件。我国现有成套的树脂砂生产线已广泛用在机床、水泵、阀门、船用柴油机、机车车辆等行业中。在树脂砂工艺中,目前以呋喃树脂自硬砂为主。而酯硬化碱性酚醛树脂砂和酚尿烷树脂砂工艺也在很多工厂得到应用。总的来看,我国铸件生产中采用树脂自硬砂的比例还偏低,仍有很大的发展空间。

覆膜砂制芯、热芯盒制芯工艺是我国铸造厂的主要制芯工艺。三乙胺法冷芯盒和 SO_2 法冷芯盒制芯工艺也在一些工厂中得到应用。同时也出现了一些无污染或低污染的有机粘结剂制芯工艺,已能生产出高强度、低膨胀、低发气量、速硬、耐热和易溃散的覆膜砂及离心铸造用覆膜砂等数十个品种。我国的覆膜砂生产已由用户自产自转变为专业厂集中生产供应,年产量达300~400t的覆膜砂专业生产厂已有数百家。覆膜砂不仅用于铸铁件,还用于铸钢件和非铁合金铸件,大量生产应用的复杂铸件有缸盖、水套、进排气歧管和泵体等。20世纪90年代以后,沈阳铸造研究所和华中科技大学等研究开发出一种优质的酚醛树脂,对提高覆膜砂的性能和扩大其品种起了一定的作用。

在涂料方面,近几年来为提高铸件质量和适应树脂砂工艺的要求,国内也加强了对涂料试验研究工作的重视,应用流变力学的理论指导,研制和生产了各种适合于铸钢、铸铁、非铁合金铸件及实型铸造的水基和醇基快干涂料,有些涂料的性能和使用效果已达到或接近国际同类涂料的水平,对改善铸件表面粗糙度、减少铸造缺陷起了重要的作用。最先由日本发明的转移涂料是一种与传统涂料不同的新型涂料,它可以使铸件的表面粗糙度接近精密铸造的水平,尺寸精度也有显著提高。国内已成功地将这一技术应用于模具和模样的制造,并取得了很好的效果。流涂涂料是适应于树脂砂生产线的一种新型涂料,它的涂敷效率比刷涂高10倍以上,铸件表面质量好,容易实现机械化生产,改善工人的劳动条件,在许多用树脂砂的铸造厂得到应用。涂料的效用也由单一的防粘砂作用向多功能化发展。

近年来,我国除积极研究开发造型材料及其工艺外,也十分重视引进国外有关造型材料的专有技术,如中国北方工业公司兴安化学材料厂引进的美国的呋喃树脂砂全套工艺和 SO_2 冷芯盒法,长春一汽集团和常州有机化工厂引进的美国的三乙胺气雾冷芯盒法及其所用树脂的制造技术,中国铸造材料公司从英国引进的涂料、水玻璃粘结剂、脱模剂、发热



保温冒口和补贴材料 5 类 42 种规格的产品等,从而大大促进了我国造型材料及相关工艺的发展。

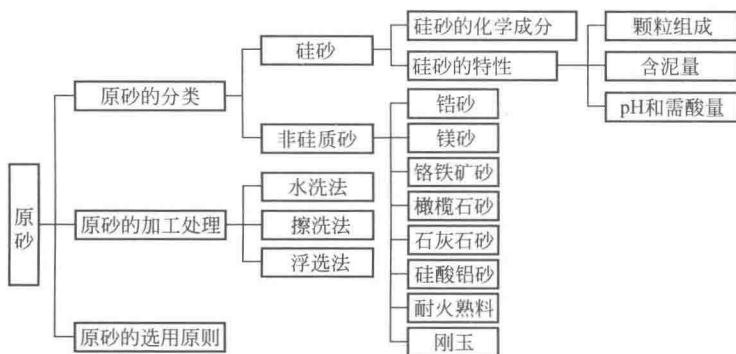
随着造型材料和工艺的发展,我国造型材料的测试技术也有了较大的发展。在清华大学、沈阳铸造研究所、华中科技大学、邯郸市自动化仪表厂等众多单位的共同努力下,造型材料测试仪器已由原来测试型砂性能的老八件发展到近百个品种,而且在仪器的测试精度、可靠性和智能化方面都有了明显改进,基本上满足了造型材料的测试要求。除了实验室的测试仪器之外,我国还自行开发和引进了一些造型材料在线检测控制系统,如水分、紧实率的在线检测控制系统,型砂性能的在线检测控制系统等。清华大学、华南理工大学、哈尔滨理工大学、沈阳工业大学、东南大学和青岛天泰铸造设备有限责任公司等单位在这方面做了许多研究开发工作。

第 2 章

原 砂



本章知识构架



本章教学目标与要求

- 掌握二氧化硅的结构及石英、鳞石英和方石英的相互转化，掌握 3 种石英的比容、膨胀率与温度之间的关系；
- 掌握原砂粒度、颗粒形状及颗粒组成的表示方法，掌握 AFS 粒度的计算方法；
- 熟悉评价铸造用原砂性能的指标；
- 熟悉原砂含泥量的定义，了解原砂 pH 和需酸量的测定方法；
- 熟悉常见的非硅质砂，了解不同原砂的线膨胀情况；
- 了解铸造用原砂的定义、作用和分类，了解硅砂的构成及化学成分；
- 了解原砂加工处理的必要性及常用加工处理方法，熟悉原砂的选用原则。



导入案例

据统计,造成铸件废品的原因一半是由造型材料引起的,其中和砂有关的缺陷占60%以上,而优质砂的成本占生产总成本的比例还不到7%,即使用最便宜的当地土砂,直接成本也只能降低5%左右,如果计算废砂处理和废品率的影响,砂对于精密铸造的综合效益是非常明显的。

江苏某树脂砂铸造厂,使用树脂自硬砂铸造多年,后来公司发展了铸钢件,出现了型砂耐火度不够的问题,换了几次耐火涂料都不成功。围场擦洗砂40/70目的含硅量为93%,烧结点为1520℃,用于铸钢件耐火度显然不够。而后改用福建海砂,含硅量97%,价格比围场擦洗砂贵一倍多,但因高温膨胀增加,造成脉纹和粘砂缺陷增加。根据铸钢件比较小和浇注温度下降快的实际情况,使用含硅量95%的砂应能满足要求,因此,采用福建海砂和围场擦洗砂1:1混合使用,砂成本下降且效果理想。

内蒙古某工厂铸钢车间的气动微震造型机生产中、小铸件,使用主要集中在40目的40/70粗粒石英砂混制型砂,平时很少对型砂进行检测,但随着石英砂回收使用次数的增多,铸件表面产生了严重的粘砂铸造缺陷。为了找到铸造缺陷产生的原因,该厂进行了一次专门的型砂性能检测,发现透气性居然高达1070左右,远远偏离工艺规程规定的透气性值80,而透气性偏高主要是由于型砂粒度变细造成的。因此,可以认为砂的目数已经偏离了40/70的标准。为此,每隔一段时间,在型砂中添加一定数量的目数为70/140原砂,结果表明粘砂铸造缺陷大大降低。同时,该厂也进行另一项实验,将使用一段时间的型砂在旋流分离器中清洗,清洗后的砂子返回到旧砂中使用。实验结果表明:该方法与添加粗原砂相当,也达到了降低粘砂铸造缺陷的目的。

以上案例表明了砂在造型中的重要性,铸造面对的是多因一果的问题,重视砂无疑是对的,但真正用好砂也不是一件容易的事情。不同的铸造有不同的要求,任何原砂都不可能同时具有所有优良性能,只能根据不同的铸造工艺和质量要求,从生产实际出发,合理选择原砂,合理使用原砂。

问题:

1. 耐火度可作为评价原砂的指标,那么除此之外,原砂还有哪些性能指标?
2. 原砂的目数表示为40/70和70/140等,它们的含义是什么?如何定义目数?
3. 案例中提到了海砂和擦洗砂,那么原砂的加工处理方法有哪些?

资料来源: <http://baike.cdgtw.com>

2.1 概 述

原砂是指铸造厂配制型(芯)砂所用的砂子,是型(芯)砂中的基本组成部分。原砂的化学性质和物理性状对型(芯)砂的工艺性能乃至用其制得的铸件的质量都有很重要的影响。按照降低生产成本和保证铸件质量的原则适当地选用原砂,一直是铸造工艺人员最为关切的问题。要做出正确的选择,不但要充分考虑铸件的材质和结构特点、生产批量及可供利用的资源条件,而且还要对原砂的各种特性做尽可能全面的分析。

在过去很长的历史时期内,铸造用的型砂都采用粘土类物质作粘结剂。化学粘结剂的使用,是在第二次世界大战以后,至于其在铸造行业中占有一定的地位,则是最近30多年的事。因此,过去对原砂的认识,是在长期使用粘土粘结砂的基础上逐步建立的。随着化学粘结剂使用范围的日益扩大,对于这类新的粘结剂体系,原先建立的对原砂的认识已远远不够,而且有相当一部分已不再适用。即使是对于粘土粘结砂,随着铸造技术的进步和新检测手段的实用化,人们对原砂的认识也需要不断更新和补充。

铸造原砂的用量也是非常重要的。近年来,出于经济和环境方面的考虑,人们都十分重视旧砂的回收与再生,投入生产的砂再生系统也日益增多。同时,在设计铸造工艺时,也比较注重降低用砂量。尽管如此,即使在先进的工业国,每生产1t铸件,仍大致要耗用1~2t原砂。

型(芯)砂要受高温液态金属的作用,原砂的化学成分是重要的特性,通常都要根据铸造合金的浇注温度和铸件的厚度来确定对石英砂质量的要求。在特定的条件下,需要采用特种砂来代替石英砂。但是,对于铸造用的原砂,其物理性状有时比化学成分更为重要。原砂的表面性状、颗粒形状、粒度及其分布状况等,都是评定其是否适于生产优质铸件的基本指标。

根据原砂的基本组成,铸造原砂通常可分为硅砂和非硅质砂两大类。

2.2 铸造用硅砂

铸造用的原砂仍以硅砂为主。硅砂资源丰富,价格低廉,其性能通常可满足铸件的要求。硅砂是岩石经过风化作用,再经风、水、冰川等的搬运和沉积作用而成的天然矿物。由于其在形成过程中的经历不同,天然硅砂可分为山砂、河砂和海砂。山砂多是岩石风化后在原地沉积而成,含有较多的泥分和杂质。河砂和海砂是经水力搬运后沉积下来的矿物,泥分较少,由于运动中的摩擦作用,形状多为圆形或半圆形。经风力搬运而沉积的砂为风积砂,多产在内陆地区,泥分较少,形状也较圆。沉积后的硅砂,经地壳运动时的高温高压作用,可形成石英岩。石英岩破碎加工后,就是人造硅砂。人造硅砂杂质少,其形状呈不规则的尖角形或多角形。

2.2.1 硅砂的化学成分和分类

1. 化学成分

硅砂是以石英为主的矿物,但与其共生的还有其他矿物,主要有长石、云母、铁的氧化物(如赤铁矿 Fe_2O_3 、磁铁矿 Fe_3O_4 、褐铁矿 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)、碳酸盐(如石灰石 CaCO_3 、镁石 MgCO_3 、白云石 $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)、硫化物(如黄铁矿 FeS_2)等,其中主要是长石和云母。在一般条件下,矿物成分较难分析,故通常进行化学分析。根据化学分析的结果,可以大致判断矿物成分的纯度。

硅砂的矿物成分和化学成分直接影响砂子的耐火度、热化学稳定性和复用性,对在铸件表面上是否产生粘砂也有很大的影响。