



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

金属工艺学实习教材

(第四版)

清华大学金属工艺学教研室 编
张学政 李家枢 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

金属工艺学实习教材

Jinshu Gongyixue Shixi Jiaocai

(第四版)

清华大学金属工艺学教研室 编

张学政 李家枢 主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书是在第一、二、三版的基础上,吸取了近十年来清华大学和兄弟院校的教学改革成果和教学经验以及读者对本书第三版的使用意见,根据新颁布的有关国家标准及“普通高等学校机械制造实习(金工实习)教学基本要求(机械类专业适用)”,并考虑适应不同院校的需要而全面修订的。

本书仍保持了前三版叙述简练、深入浅出、直观形象和图文并茂的特点。

全书共分 12 章,内容包括铸造,锻压,焊接,钢的热处理,机械加工和钳工的基本知识、各种成形方法、加工方法以及新技术、新工艺等,并介绍常用设备和工具。

本书可作为高等院校机械类各专业的金工实习教材,也可供高职、高专、中央广播电视大学、职工大学相关专业师生及有关专业的工程技术人员参考。

本书第一版曾获原国家教委优秀教材二等奖。第三版被评为:北京市普通高等教育精品教材。

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学实习教材/张学政,李家枢主编:清华大学金属工艺学教研室编. —4 版. —北京:高等教育出版社,2011. 4

ISBN 978 - 7 - 04 - 031392 - 5

I. ①金… II. ①张… ②李… ③清… III. ①金属加工 - 工艺 - 实习 - 高等学校 - 教材 IV. ①TG - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 008343 号

策划编辑	卢 广	责任编辑	龙琳琳	封面设计	张 志
责任绘图	尹 莉	版式设计	马敬茹	责任校对	杨健艺
责任印制	韩 刚				

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	咨询电话	400 - 810 - 0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
			http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京市朝阳区展望印刷厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787 × 960 1/16	版 次	1982 年 5 月第 1 版
印 张	17.75		2011 年 4 月第 4 版
字 数	310 000	印 次	2011 年 4 月第 1 次印刷
插 页	1	定 价	26.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 31392 - 00

第四版前言

自2003年本教材第三版出版以来,全国各高校金工实习的条件有了很大的发展,实习情况也有了很大的变化。为适应目前高等院校本科机械类专业金工实习的需求,特对第三版教材进行了修订。

在保留前几版特点的基础上,本次修订还有如下特点:

1. 符合我国高等工科院校机械类专业的培养目标及教育部高等学校机械基础教学指导分委员会2009年修订的“普通高等学校机械制造实习(金工实习)教学基本要求”的精神。

2. 考虑到多数院校金工实习时间有所缩短,本教材仍以常规的机械制造方法为主,但适量删节了一些内容,如铸造工艺及模样结构特点、胎模锻、冲模、焊条电弧焊和气焊基本操作、焊接检验、典型焊接结构制造工艺、典型零件车削工艺、车削加工对零件结构工艺性的要求、其他类型车床、齿形加工、刨削类机床、拉削、刮削、超声波加工等。

3. 考虑到各院校金工实习基本没有涉及非金属材料成形与加工方面的内容,将第三版原第十二章非金属材料成形与加工全部删除。一些院校反映数控加工内容分散在各章令教材使用不方便,现将数控加工技术独立成章(第十二章),并适量增加工业机器人和数控自动化生产系统的发展等内容,以开阔学生眼界。

4. 在保持前三版叙述简练、深入浅出、直观形象、图文并茂特点的基础上,对全书的文字进行修改和订正,使文字言简意赅、通俗易懂。总篇幅缩减约1/4。

5. 全书名词术语和计量单位采用最新国家标准及其他相关标准。

本书由清华大学金属工艺学教研室组织编写,第一、二版由李家枢、石伯平主编,第三、四版由张学政、李家枢主编。参加第四版修订工作的有易又南(第一章)、李家枢(第二章)、严绍华(第三章)、汤彬(第四章)、张学政(绪论及第五、六、七、十章、第十二章第三节)、武静(第八、九章)、傅水根(第十一章)、张秀海(第十一章第二节、第十二章第一节)、左晶(第十二章第二节)。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010年10月

第三版前言

自1994年本教材第二版出版以来,全国金工系列课程改革已取得一系列重要成果,各高校金工实习的条件也有了很大的发展和变化。为适应目前高等院校本科机械类专业金工实习的需求,特对第二版教材进行修订。

本教材经本次修订具有如下特点:

1. 符合我国高等工科院校机械类专业的培养目标及教育部工程材料及机械制造基础课程指导小组1995年制定的《高等工业学校金工实习教学基本要求》和1997年制定的《重点高等工科院校金工系列课程改革指南》的精神。考虑到多数院校现有的实习条件,本教材以常规的机械制造方法为主,适量增加常用的先进制造技术的介绍,如数控加工、特种加工和非金属材料加工等。

2. 既注重学生获取知识、分析问题与解决工程技术实际问题能力的培养,又力求体现对学生工程素质和创新思维能力的培养。

3. 与高等教育出版社出版的后续课教材《工程材料》、《热加工工艺基础》和《机械制造工艺基础》分工明确,配合紧密。

4. 本教材配有《金属工艺学实习概论》课件和《金属工艺学实习素材库》和光盘库。

5. 全书名词术语和计量单位采用最新国家标准及其他有关标准。

6. 本书后面附有可供学生练习的“金属工艺学实习报告”。

7. 保持本书第一、二版叙述简练、深入浅出、直观形象、图文并茂的特点,总篇幅基本不变。

本次修订稿由北京理工大学朱铁保教授、中国农业大学张政兴教授审稿。他们对本书提出了宝贵意见,在此表示衷心感谢。

本教材由清华大学金属工艺学教研室编写,第一、二版由李家枢、石伯平任主编,第三版由张学政、李家枢任主编。参加第三版修订工作的有:易又南(第一章)、李家枢(第二章)、严绍华(第三章)、李而立(第四章)、张学政(绪论及第五、六、七、十章)、武静(第八、九章)、傅水根(第十一、十二章)、张秀海(第六章第八节、第十一章第二节)、钟淑苹(第十一章第三节)、左晶(第七章第六节)。全书插图稿由左晶整理。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2002年12月

目 录

绪论	1
第一章 铸造	6
第一节 概述	6
第二节 型砂	7
第三节 造型	10
第四节 造芯	18
第五节 合金的熔炼和浇注	20
第六节 铸件的落砂、清理和缺陷分析	24
第七节 特种铸造	28
复习思考题	32
第二章 锻压	35
第一节 概述	35
第二节 锻造生产过程	35
第三节 自由锻	37
第四节 板料冲压	47
复习思考题	52
第三章 焊接	54
第一节 概述	54
第二节 焊条电弧焊	55
第三节 气焊与热切割	63
第四节 气体保护电弧焊	71
第五节 其他焊接方法	74
第六节 焊接变形和焊接缺陷	80
复习思考题	83
第四章 钢的热处理	85
第一节 概述	85
第二节 钢的热处理工艺过程及基本工艺	86
第三节 常用热处理方法简介	87
复习思考题	91
第五章 切削加工基本知识	92
第一节 概述	92
第二节 零件技术要求简介	94

第三节	刀具材料	96
第四节	量具	98
复习思考题		105
第六章	车工	106
第一节	概述	106
第二节	卧式车床	107
第三节	车刀及其安装	112
第四节	工件安装及所用附件	116
第五节	车床操作要点	123
第六节	基本车削工作	126
复习思考题		138
第七章	铣工	140
第一节	概述	140
第二节	普通铣床	143
第三节	铣刀及其安装	146
第四节	铣床附件及工件安装	148
第五节	铣削工作	152
复习思考题		156
第八章	刨工	158
第一节	概述	158
第二节	牛头刨床	159
第三节	刨刀	162
第四节	工件安装方法	163
第五节	刨削工作	165
复习思考题		167
第九章	磨工	169
第一节	概述	169
第二节	磨床	170
第三节	砂轮	175
第四节	磨削工作	176
复习思考题		181
第十章	钳工	182
第一节	概述	182
第二节	划线	183
第三节	锯削	188
第四节	锉削	190
第五节	钻孔、扩孔和铰孔	193
第六节	攻螺纹和套螺纹	199

第七节 装配的概念	201
复习思考题	204
第十一章 特种加工技术	205
第一节 概述	205
第二节 电火花成形与穿孔加工	206
第三节 电火花线切割加工	208
第四节 激光加工	212
复习思考题	213
第十二章 数控加工技术	214
第一节 数控车床及其加工	214
第二节 数控铣床及其加工	220
第三节 数控自动化生产系统的发展	223
复习思考题	229
附录 1 切削加工方法 60 例	230
附录 2 工件装夹方法 16 例	233
附录 3 金属切削机床类组型划分表摘录	235
附录 4 表面粗糙度 Ra, Rz 允许值及加工方法	238
附录 5 基本尺寸小于 500 mm 时的标准公差 (摘自 GB/T 1800.3—1998) ...	239
金工实习报告	241
参考文献	273

绪 论

机械制造业是整个工业的基础和重要组成部分,其发展水平是衡量一个国家经济发展水平和综合国力的重要标志。无论对于哪个行业,现代化的生产手段都是以机械化和自动化为标志的,而自动化也要以机械化为基础,机械是进行一切现代化生产的基本手段。因此,传授机械制造基础知识和基本技能的金属工艺学实习,就成为绝大多数工科专业、管理专业、部分理科专业学生的必修课。

金属工艺学实习(简称金工实习,又称机械制造实习)是一门实践性很强的技术基础课,是对大学生进行工程训练、使其学习工艺知识、增强实践能力、提高综合素质、培养创新意识和创新能力不可缺少的重要环节。

一、金工实习的内容

1. 机械制造过程

金属工艺学实习涉及普通机械制造的全过程。机械制造的宏观过程如图 0-1 所示,首先是设计图样,再根据图样制定工艺文件和进行工艺准备,然后进行产品制造,最后是市场营销。再将各个阶段的信息反馈回来,使产品不断完善。

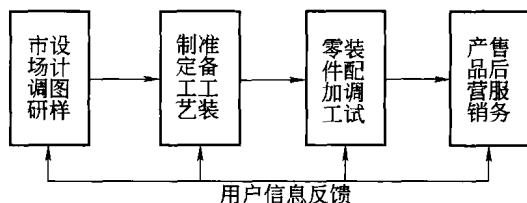


图 0-1 机械制造的宏观过程

机械制造的具体过程如图 0-2 所示。原材料包括生铁、钢锭、各种金属型材及非金属材料等。将原材料用铸造、锻造、冲压、焊接等方法制成零件的毛坯(或半成品、成品),再经过切削加工、特种加工等制成零件,最后将零件和电子元器件装配成合格的机电产品。现将机械制造过程中的主要工艺方法简介如下:

铸造 是把熔化的金属液浇注到预先制好的铸型型腔中,待其冷却凝固后而获得铸件毛坯的加工方法。铸造的主要优点是可以生产形状复杂,特别是内腔复杂的毛坯,而且成本低廉。铸造的应用十分广泛,在一般机械中铸件的质量

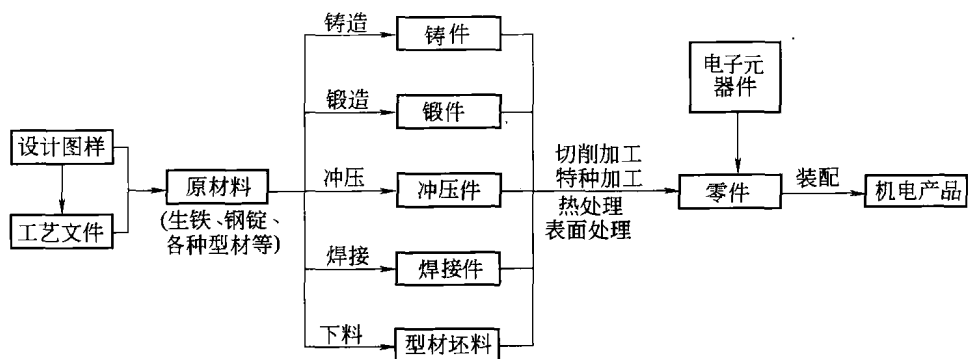


图 0-2 机械制造的具体过程

占整机质量的 50% 以上,如各种机械的机体、机座、机架、箱体和工作台等大都采用铸件。

锻造 是将金属加热到一定温度,利用冲击力或压力使其产生塑性变形而获得锻件毛坯的加工方法。锻件的组织比铸件致密,力学性能高,但其所能达到的形状复杂程度远不如铸件,锻造的材料利用率也较低。各种机械中的传动零件和承受重载及复杂载荷的零件,如主轴、传动轴、齿轮、凸轮、叶轮和叶片等,大都采用锻件。

冲压 是利用压力机和专用模具使金属板料产生塑性变形或分离,从而获得零件或制品的加工方法。冲压通常在常温下进行。冲压件具有重量轻、刚度好和尺寸精度高等优点。各种机械和仪器、仪表中的薄板成形件及生活用品中的金属制品,绝大多数是冲压件。

焊接 是通过加热或加热同时再加压,使两部分分离的金属件通过原子间的结合形成永久性连接的加工方法。焊接具有连接质量好、节省金属和生产率高等优点。焊接主要用于制造金属结构件,如锅炉、容器、机架、桥梁和船舶等,也可制造零件毛坯,如某些机座和箱体等。

下料 是将各种型材通过气割、机锯或剪切等获得零件坯料的一种方法。

非金属成形 在各种机械零件和构件中,除采用金属材料外还采用非金属材料,如木材、玻璃、橡胶、陶瓷、皮革和工程塑料等。非金属材料的成形方法因材料的种类不同而异。例如:橡胶制品是通过塑炼—混炼—成形—硫化等过程制成;陶瓷制品是利用天然或人工合成的粉状化合物,经过成形和高温烧结制成的;工程塑料制品是将颗粒状的原材料,在注塑机上加热熔融后注入专用的模具型腔内冷却而制成的。

切削加工 是利用切削工具(主要是刀具)和工件做相对运动,从毛坯或型材坯料上切除多余的材料,获得尺寸精度、形状精度、位置精度和表面粗糙度完

全符合图样要求的零件的加工方法。切削加工包括机械加工(简称机工)和钳工两大类。机工主要是通过工人操纵机床来完成切削加工的,常见的机床有车床、铣床、刨床和磨床等,相应的加工方法称为车削、铣削、刨削和磨削等。钳工一般通过工人手持工具进行切削加工,其基本操作包括划线、锯削、锉削、刮削、攻螺纹、套螺纹和研磨等。通常把钻床加工也包括在钳工范围内,如钻孔、扩孔和铰孔等。

特种加工 是相对传统切削加工而言的。切削加工主要依靠机械能,而特种加工是直接利用电、光、声、化学、电化学等能量形式去除工件的多余材料。特种加工的方法很多,常用的有电火花、电解、激光、超声波、电子束和离子束加工等,主要用于各种难加工材料、复杂结构和有特殊要求工件的加工。

热处理 在毛坯制造和切削加工过程中常常要对工件进行热处理。热处理是将固态金属在一定的介质中加热、保温后再以某种方式冷却,以改变金属的整体或表面组织从而获得所需性能的加工方法。通过热处理可以提高材料的强度和硬度,或者改善其塑性和韧性,充分发挥金属材料的性能潜力,满足不同的使用要求或加工要求。重要的机械零件在制造过程中大都要经过热处理。常用的热处理方法有退火、正火、淬火、回火和表面热处理等。

表面处理 是在保持材料内部组织和性能的前提下,改善其表面性能(如耐磨性、耐腐蚀性等)或表面状态的加工方法。除表面热处理外,表面处理常用的方法还有电镀、磷化、发蓝和喷塑等。

装配 是将加工好的零件及电子元器件按一定顺序和配合关系组装成部件和整机,并经过调试和检验使之成为合格产品的工艺过程。

在单件小批量生产中,习惯把铸造、锻造、焊接和热处理称为热加工,把切削加工和装配称为冷加工。

2. 金工实习的内容

机械类专业金工实习应安排铸造、锻造、冲压、焊接、车工、铣工、刨工、磨工和钳工等工种的实习。具体实习内容如下:

- (1) 常用钢铁材料及热处理的基本知识;
- (2) 冷、热加工的主要加工方法及简单的加工工艺;
- (3) 冷、热加工所用设备、附件及其工具、夹具、量具、刀具的大致结构、工作原理和使用方法。

3. 金工实习的教学环节

实习在工厂或工程训练中心按工种进行。教学环节有实际操作、现场演示、专题讲课、综合练习和教学实验等。

实际操作 是实习的主要环节,学生通过实际操作获得各种加工方法的感性知识,初步学会使用有关的设备和工具,具有一定的动手能力。

现场演示 在实际操作的基础上进行,以扩大学生必要的工艺知识面。

专题讲课 是就某些工艺问题而安排的专题讲解。

综合练习 是使学生运用所学知识和技能,独立分析和解决某个具体的工艺问题,并亲自付诸实践的一种综合性训练。

教学实验 以介绍新技术、新工艺为主,扩大学生的知识面,使学生开阔眼界。

二、金工实习的目的

金工实习的目的是使学生学习工艺知识,增强实践能力,提高综合素质,培养创新意识和创新能力。

1. 学习工艺知识

理工科院校的学生除了应具备较强的基础理论知识和专业技术知识外,还必须具备一定的机械制造的基本工艺知识。与一般的理论课程不同,学生在金工实习中主要是通过自己的亲身实践来获取机械制造的基本工艺知识。这些工艺知识都是非常具体、生动而实际的。这些实际知识,对于机械类各专业的学生学习后续课程、进行毕业设计乃至以后从事工作都是必要的基础。

2. 增强实践能力

这里所说的实践能力,包括动手能力,在实践中学习、获取知识的能力,以及运用所学知识和技能独立分析和解决工艺技术问题的能力。这些能力对于理工科大学学生是非常重要的,而这些能力只能通过实习、实验、作业、课程设计和毕业设计等实践性课程或教学环节来培养。在金工实习中,学生亲自动手操作各种机器设备,使用各种工具、夹具、量具、刀具,尽可能结合实际生产进行各工种操作培训。在有条件的情况下,还要安排综合性练习、工艺设计和工艺讨论等训练环节。

3. 提高综合素质

作为一个工程技术人员应具有较高的综合素质,即应具有坚定正确的政治方向,艰苦奋斗的创业精神,勤奋的工作态度,严谨求实的科学作风,良好的心理素质及较高的工程素养等。其中工程素养包括市场、质量、安全、群体、环境、社会、经济、管理、法律等方面的意识。金工实习是在生产实践的特殊环境下进行的,对大多数学生来说是第一次接触工人群众,第一次用自身的劳动为社会创造物质财富,第一次通过理论与实践的结合来检验自身的学习效果,同时接受社会化生产的熏陶和组织性、纪律性的教育。学生将亲身感受到劳动的艰辛,体验到劳动成果的来之不易,增强对劳动人民的思想感情,加强对工程素养的认识。所有这些对提高学生的综合素质必然起到重要的作用。

4. 培养创新意识和创新能力

启蒙式的潜移默化对培养学生的创新意识和创新能力是非常重要的。在金工实习中,学生要接触到几十种机械、电气与电子设备,并了解、熟悉和掌握其中一部分设备的结构、原理和使用方法。这些设备是人类的创造发明,强烈地映射出创造者们历经长期追求和苦苦探索所燃起的智慧火花。在这种环境下学习有利于培养学生的创新意识。在实习过程中,还要有意识地安排一些自行设计、自行制作的创新训练环节,以培养学生的创新能力。

三、金工实习的要求

金工实习是一门实践性很强的课程,不同于一般的理论性课程。它没有系统的理论、定理和公式,除了一些基本原则以外,大都是一些具体的生产经验和工艺知识;主要的学习课堂不是教室,而是工厂或实验室;主要的学习对象不是书本,而是具体的生产过程,学习的指导者是现场的教学指导人员。因此学生的学习方法主要是在实践中学习。要注重在生产过程中学习工艺知识和基本技能;要注意实习教材的预习和复习,按时完成实习报告和实验报告;要严格遵守厂纪、厂规和安全操作规程,重视人身和设备的安全。

金工实习对安全的要求主要有以下几点:

(1) 树立安全第一的思想 安全生产对国家、集体、个人都是非常重要的。“安全第一”既是完成金工实习学习任务的基本保证,也是培养合格的高质量工程技术人员的一项基本内容。在整个金工实习中,学生要自始至终树立“安全第一”的思想,时刻警惕是否有麻痹大意的情绪。

(2) 处理好三个辩证关系 在整个实习过程中一定要处理好安全方面的三个辩证关系:一是虚心学习和主动开创的关系,二是“大胆”和“心细”的关系,三是“一万”和“万一”的关系。

(3) 遵守工厂规章制度 要严格遵守工厂车间各种设备的安全操作规程;上班要穿工作服,女同学要戴工作帽,夏天不准穿凉鞋;在热加工现场要穿劳保鞋,在焊接现场要穿防护袜;在机床上操作时要戴防护眼镜,不准戴手套;在实习现场要注意上下左右,不得打闹和乱跑,避免碰伤、砸伤和烧伤;不得擅自用非自用的机床、设备、工具和量具;发生安全事故时要立即切断电源,保护现场,及时上报,以便总结经验教训。

第一章 铸 造

第一节 概 述

将熔融金属液浇入具有和零件形状相适应的铸型空腔中,凝固后获得一定形状和性能的金属件(铸件)的方法称为铸造。

熔融金属及铸型是铸造的两大基本要素。适于铸造的金属有铸铁、铸钢和铸造有色合金等,其中铸铁(特别是灰铸铁)用得最为普遍。铸型可用型砂、金属或其他耐火材料做成,其中砂型用得最为广泛,适用于铸造铸铁件、铸钢件及有色合金铸件。本章重点介绍铸铁件的粘土砂型铸造方法。

砂型铸造的生产工序很多,主要工序为制模、配砂、造型、造芯、合型、熔炼、浇注、落砂、清理和检验。套筒铸件的生产过程如图 1-1 所示。首先分别配制型砂和芯砂,并用相应工艺装备(模样、芯盒等)造出砂型和砂芯,然后合为一个整体铸型,将熔融的金属浇注入铸型内,冷却凝固后取出铸件。

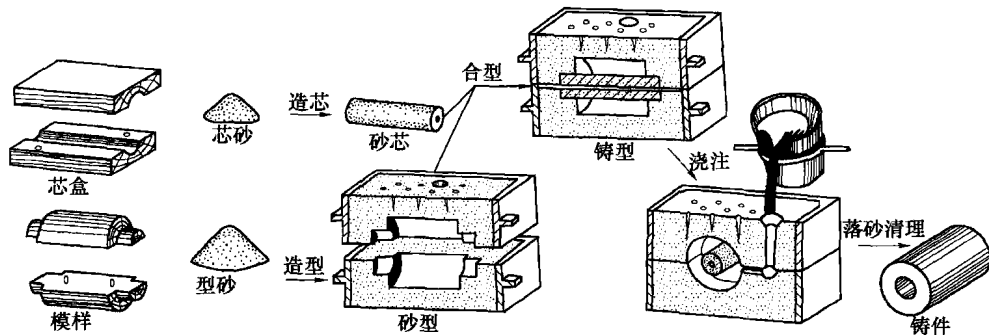


图 1-1 套筒铸件的砂型铸造过程

除砂型铸造外,对于某些特殊铸件,还可采用其他特种铸造方法,如熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造、离心铸造、壳型铸造和消失模铸造等。

铸造的优点是适应性强(可制造各种合金类别、形状和尺寸的铸件),成本低廉,其缺点是生产工序多,铸件质量难以控制,铸件力学性能较差,劳动强度大。铸造主要用于形状复杂的毛坯件生产,如机床床身、发动机气缸体、各种支架、箱体等。它是制造具有复杂结构的金属件的最灵活的成形方法。

第二节 型 砂

粘土砂型的型砂是由原砂加粘土加水混制而成的。型砂的质量直接影响着铸件的质量,型砂质量不好会使铸件产生气孔、砂眼、粘砂和夹砂等缺陷,其造成的废品约占铸件总废品的 50% 以上。中、小铸件广泛采用粘土湿砂型(不经烘干可直接浇注的砂型),大铸件则用干粘土砂型(经过烘干的砂型)制造。

一、湿型砂的组成

湿型砂主要由石英砂、膨润土、煤粉和水等材料所组成,也称潮模砂。石英砂是型砂的主体,主要成分是 SiO_2 , 其熔点为 1713°C , 是耐高温的物质。膨润土是粘结性较大的一种粘土,用做粘结剂,吸水后形成胶状的粘土膜,包覆在砂粒表面,把单个砂粒粘结起来,使型砂具有湿态强度。煤粉是附加物质,在高温受热时,分解出一层带光泽的碳附着在型腔表面,起防止铸铁件粘砂的作用。砂粒之间的空隙起透气作用。紧实后的型砂结构见图 1-2。

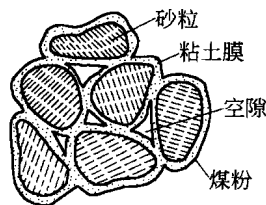


图 1-2 型砂结构示意图

二、对湿型砂的性能要求

为保证铸件质量,必须严格控制型砂的性能。对湿型砂的性能要求分为两类:一类是工作性能,指砂型经受自重、外力、高温金属液烘烤和气体压力等作用的能力,包括湿强度、透气性、耐火度和退让性等。另一类是工艺性能,指便于造型、修型和起模的性能,如流动性、韧性、起模性和紧实率等。特别在机器造型中,这些性能更为重要。

(1) 湿强度 湿型砂抵抗外力破坏的能力称为湿强度,包括抗压、抗拉和抗剪强度等,其中抗压强度影响最大,其数值一般要求控制在 $5 \sim 15 \text{ N/cm}^2$, 有专门强度仪测定。足够的强度可保证铸型在铸造过程中不破损、塌落和胀大,但强度太高,会使铸型过硬,透气性、退让性和落砂性很差。

(2) 透气性 型砂间的孔隙透过气体的能力称为透气性。浇注时,型内会产生大量气体(水分汽化为高温过热蒸汽和空气受热膨胀),这些气体必须通过铸型排出去。如果型砂透气性太低,气体留在型内,会使铸件形成呛火、气孔等缺陷。但透气性太高会使砂型疏松,铸件易出现表面粗糙和机械粘砂的缺陷。透气性用专门仪器测定,以在单位压力下,单位时间内通过单位面积和单位长度型砂试样的空气量来表示。一般要求透气性值为 $30 \sim 100$ (习惯不写

单位)。

(3) 耐火度 耐火度是指型砂经受高温热作用的能力。耐火度主要取决于砂中 SiO_2 的含量, SiO_2 含量越多, 型砂耐火度越高。对铸铁件, 砂中 SiO_2 含量 $\geq 90\%$ 就能满足要求。

(4) 退让性 铸件凝固和冷却过程中产生收缩时, 型砂能被压缩、退让的性能称为退让性。型砂退让性不足, 会使铸件收缩受到阻碍, 产生内应力和变形、裂纹等缺陷。对小砂型要避免舂得过紧, 对大砂型, 常在型(芯)砂中加入锯末、焦炭粒等材料以增加退让性。

(5) 溃散性 溃散性是指型砂浇注后容易溃散的性能。溃散性好可以节省落砂和清砂的劳动量。溃散性与型砂配比及粘结剂种类有关。

(6) 流动性 型砂在外力或本身重量作用下, 砂粒间相对移动的能力称为流动性。流动性好的型砂易于充填、舂紧和形成紧实度均匀、轮廓清晰、表面光洁的型腔, 可减轻紧砂劳动量, 提高生产率。

(7) 韧性 韧性也称可塑性, 指型砂在外力作用下变形、去除外力后仍保持所获得形状的能力。韧性好, 型砂柔软、容易变形, 起模和修型时不易破碎及掉落。手工起模时在模样周围砂型上刷水的作用就是增加局部型砂的水分, 以提高型砂韧性。

(8) 水分、最适宜的干湿程度和紧实率 为得到所需的湿强度和韧性, 湿型砂必须含有适量水分, 使型砂具有最适宜的干湿程度。型砂太干或太湿均不适于造型, 也易引起各种铸造缺陷。

判断型砂的干湿程度有以下几种方法:

① 水分 指定量的型砂试样在 $105 \sim 110^\circ\text{C}$ 下烘干至恒重, 能去除的水分含量(%). 但是当型砂中含有大量吸水的粉尘类材料时, 虽然水分很高, 型砂仍然显得既干又脆。因为达到最适宜干湿程度的水分随型砂的组成不同而不同, 故这种干湿程度判断方法不很准确。

② 手感 用手攥一把型砂, 感到潮湿但不沾手, 柔软易变形, 印在砂团上的手指痕迹清楚, 砂团掰断时断面不粉碎, 说明型砂的干湿程度适宜、性能合格, 如图 1-3 所示。这种方法简单易行, 但需凭个人经验, 因人而异, 也不准确。

③ 紧实率 是指一定体积的松散型砂试样紧实前后的体积变化率, 以试样紧实后减小的体积与原体积的百分比表示。过干的型砂自由流入试样筒时, 砂粒堆积得较密实, 紧实后体积变化较小, 则紧实率小。这种型砂虽流动性好, 但韧性差, 起模时易掉砂, 铸件易出现砂眼、冲砂等缺陷。过湿的型砂易结成小团, 自由堆积时较疏松, 紧实后体积减小较多, 则紧实率大。这种型砂湿强度和透气性很差, 砂型硬度不均匀, 铸件易产生气孔、胀砂、夹砂结疤和表面粗糙等缺陷。



图 1-3 手感法检验型砂

紧实率是能较科学地表示湿型砂的水分和干湿程度的方法。对手工造型和一般机器造型的型砂,要求紧实率保持在 45% ~ 50%,对现代机器造型的高密度铸型型砂则要求紧实率低一些,一般为 35% ~ 40%。

三、型砂的种类

按粘结剂的不同,型砂可分为下列几种:

1. 粘土砂

粘土砂是以粘土(包括膨润土和普通粘土)为粘结剂的型砂。其用量约占整个铸造用砂量的 70% ~ 80%。其中湿型砂使用最为广泛,因为湿型铸造不用烘干,可节省烘干设备和燃料,降低成本;工序简单,生产率高;便于组织流水生产,实现铸造机械化和自动化。但湿型砂强度不高,不能用于大铸件生产。

为节约原材料,合理使用型砂,往往把湿型砂分成面砂和背砂。与模样接触的那一层型砂,称为面砂,其强度、透气性等要求较高,需专门配制。远离模样在砂箱中起填充加固作用的型砂称为背砂,一般使用旧砂。在机械化造型生产中,为提高生产率,简化操作,往往不分面砂和背砂,而用单一砂。铸铁件常用湿型砂的配比和性能见表 1-1。

表 1-1 铸铁件常用湿型砂的配比和性能

型砂种类	型砂成分/%(质量)				型砂性能			
	新砂	旧砂	膨润土	煤粉	水分/% (质量)	紧实率 /%	透气性	湿压强度 N/cm ²
手工造型面砂	40 ~ 50	50 ~ 60	4 ~ 5	4 ~ 5	4.5 ~ 5.5	45 ~ 55	~ 50	7 ~ 10
机器造型单一砂	10 ~ 20	80 ~ 90	1.0 ~ 1.5	2 ~ 3	4 ~ 5	40 ~ 50	~ 80	8 ~ 12

2. 水玻璃砂

水玻璃砂是由水玻璃(硅酸钠的水溶液)为粘结剂配制而成的型砂。水玻璃加入量为砂子质量的 6% ~ 8%。

水玻璃砂型浇注前需进行硬化,以提高强度。硬化的方法有通 CO₂ 气化学