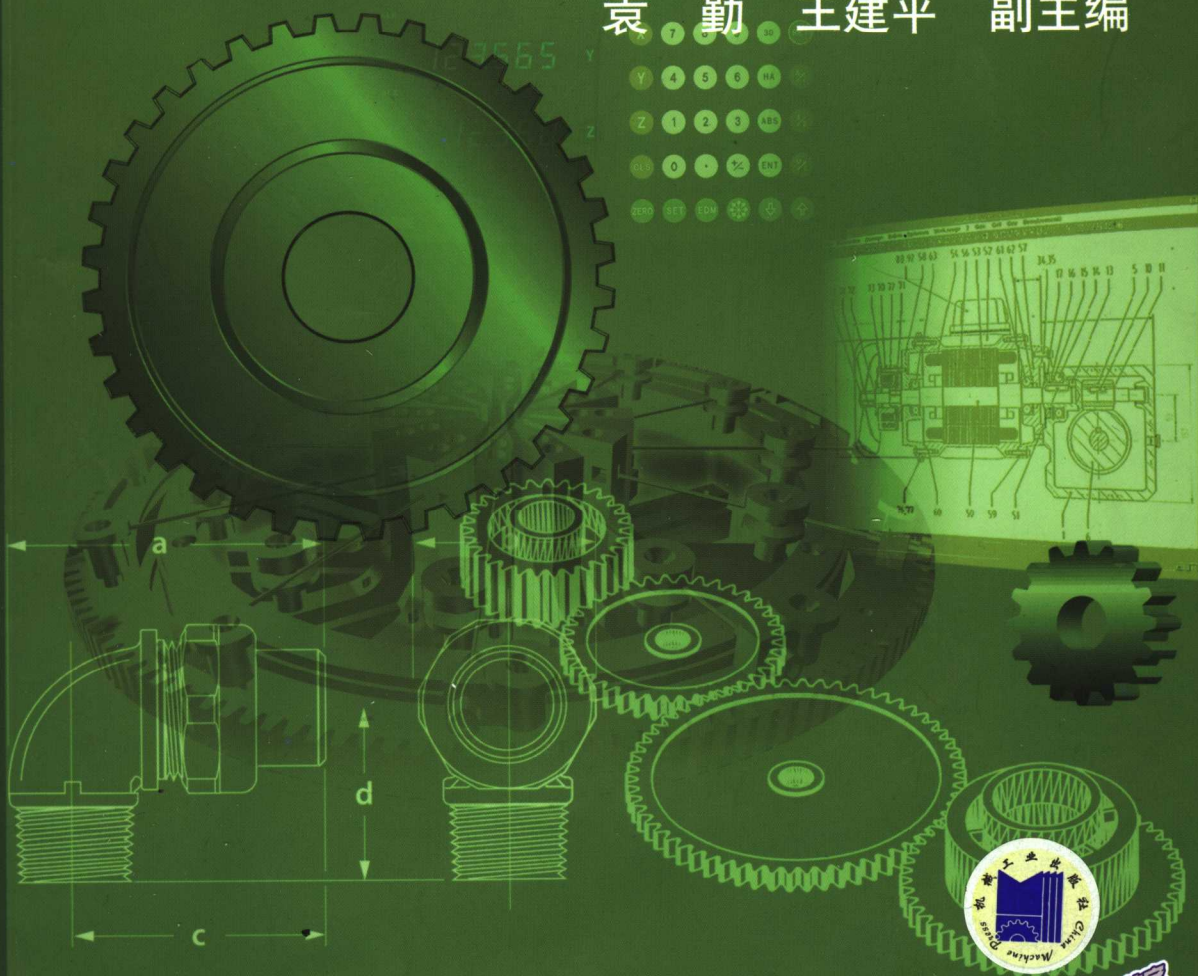


普通高等教育机电类规划教材

材料成形技术基础

第2版

施江澜 赵占西 主 编
袁 勤 王建平 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

赠 电子教案

普通高等教育机电类规划教材

材料成形技术基础

第2版

主 编	施江澜	赵占西
副主编	袁 勤	王建平
参 编	顾用中	于 赞
主 审	汤崇熙	



机械工业出版社

本教材为应用型机械类本科专业技术基础课教学用书。

本书是根据机械学科一线高级技术应用型人才的培养目标,以“强化理论基础,提升实践能力,突出创新精神,优化综合素质”为教学宗旨,对2001年机械工业出版社出版的普通高等教育机电类规划教材《材料成形技术基础》进行修订的教材。

本书以零件形状结构设计与成形方法适应性为主线,讲述工程材料除切削加工以外的各种成形方法、常用成形方法成形件的结构工艺性与选择实例分析。除着重论述应用广泛的传统成形方法外,还介绍了发展前景好及当今日趋成熟、应用广泛的材料成形新工艺、新技术、新进展。

全书共分六章:金属液态成形、金属塑性成形、连接成形、非金属材料成形、粉末冶金成形及其他新型成形方法、材料成形方法选择。章后附有复习思考习题。全书配有多媒体课件。

本书可作为普通高等院校机械类专业的教科书,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料成形技术基础/施江澜,赵占西主编. —2版. —北京:机械工业出版社,2007.4

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 978-7-111-02657-0

I. 材… II. ①施…②赵… III. 工程材料-成型-高等学校-教材 IV. TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第031303号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:高文龙 版式设计:冉晓华 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷(兴文装订厂装订)

2007年8月第2版第1次印刷

169mm×239mm·8.5印张·326千字

标准书号:ISBN 978-7-111-02657-0

ISBN 978-7-89482-253-6(光盘)

定价:22.00元(含1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379711

封面防伪标均为盗版

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主 任：邱坤荣

副主任：黄鹤汀 左健民

高文龙 章 跃

王晓天 周建方

沈世德

秘 书：周骥平

委 员：（排名不分先后）

周骥平 徐文宽

唐国兴 邓海平

戴国洪 李纪明

蒋同洋 鲁屏宇

葛士恩 赵连生

芮延年 王 萍

乔 斌 李建启

葛友华

第 2 版 序

20 世纪末、21 世纪初,在社会主义经济建设、社会进步和科技飞速发展的推动下,在经济全球化、科技创新国际化、人才争夺白炽化的挑战下,我国高等教育迅猛发展,胜利跨入了高等教育大众化阶段,使高等教育理念、定位、目标和思路等发生了革命性变化,正在逐步形成以科学发展观和终身教育思想为指导的新的高等教育体系和人才培养工作体系。在这个过程中,一大批应用型本科院校和高等职业技术学院异军突起,超常发展,1999 年已见端倪。当时我们敏锐地感到,这批应用型本科院校的崛起,必须有相应的应用型本科教材来满足她的教学需求,否则就有可能使她回到老本科院校所走过的学术型办学路子。2000 年下半年,我们就和机械工业出版社、扬州大学工学院、南京工程学院、河海大学常州校区、淮海工学院、南通工学院、盐城工学院、淮阴工学院、常州工学院、江南大学等 12 所高校在南京工程学院开会,讨论策划编写出版机电类应用型本科系列教材问题,规划出版 38 种,并进行了分工,提出了明确的规范要求,得到江苏省各方面的支持和配合。2001 年 5 月开始出书,到 2004 年 7 月已出齐 38 种,还增加了 3 种急需的教材,总册数已达 45 万册。每种至少有 2 次以上印刷,最多的印刷了 5 次、发行量达 2.5 万册。据调查,用户反映良好,并反映这个系列教材基本上体现了我在序言中提出的四个特点,符合地方应用型工科本科院校的教学实际,较好地满足了一般应用型工科本科院校的教学需要。用户的评价使我们很高兴,但更是对我们的鞭策和鼓励,实际上这一轮机电类教材存在的问题还不少,需要改进的地方还很多。我们应当为过去取得的进步和成绩而高兴,同时,我们更应当为今后这些进步和成绩的进一步发展而正视自己,我们并不需要刻意去忧患,但确实存在值得忧患的现实而不去忧患,就很难有更美好的明天。今后怎么办?这是大家最关注的问题,也是我们亟待研讨和解决的问题。我们应该以对国家对人民对社会对受教育者高度负责的精神重新审视这一问题,以寻求更好的解决方案。我们认为,必须在总结前一阶段经验教训的新起点上,坚持以国家新时期教育方针和科学发展观为指导,坚持高标准、严要求,坚持“质量第一、多样发展、打造精品、服务教学”的方针,坚持高标准、严要求,把下一轮机电类教材修订、编写、出版工作做大、做优、做精、做强,为建设有中国特色的高水平的地方工科应用型本科院校做出新的更大贡献。

一、坚持用科学发展观指导教材修订、编写和出版工作

应用型本科院校是我国高等教育在推进大众化过程中崛起的一种新的办学类型,它除应恪守大学教育的一般办学基准外,还应有自己的个性和特色,就是要在培养具有创新精神、创业意识和创造能力的工程、生产、管理、服务一线需要的高级技术应用型人才方面办出自己的特色和水平。应用型本科人才的培养既不能简单“克隆”现有的本科院校,也不能是原有专科培养体系的相似放大。应用型人才的培养,重点仍要思考如何与社会需求的对接。既要从学生的角度考虑,以人为本,以素质教育的思想贯穿教育教学的每一个环节,实现人的全面发展;又要从经济建设的实际需求考虑,多类型、多样化地培养人才,但最根本的一条还是坚持面向工程实际,面向岗位实务,按照“本科学历+岗位技术”的双重标准,有针对性地进行人才培养。根据这样的要求,“强化理论基础,提升实践能力,突出创新精神,优化综合素质”应当是工作在一线的本科应用人才的基本特征,也是本科应用型人才的总体质量要求。

培养应用型人才的关键在于建立应用型人才的培养模式。而培养模式的核心是课程体系与教学内容。应用型的人才培养必须依靠应用型的课程和内容,用学科型的教材难以保证培养目标的实现。课程体系与教学内容要与应用型人才的知识、能力、素质结构相适应。在知识结构上,科学文化基础知识、专业基础知识、专业知识、相关学科知识等四类知识在纵向上应向应用前沿拓展,在横向上应注重知识的交叉、联系和衔接。在能力结构上,要强化学生运用专业理论解决实际问题的实践能力、组织管理能力和社会活动能力,还要注重思维能力和创造能力的培养,使学生思路清晰、条理分明,有条不紊地处理头绪纷繁的各项工作,创造性地工作。能力培养要贯彻到教学的整个过程之中。如何引导学生去发现问题、分析问题和解决问题应成为我们应用型本科教学的根本。

探讨课程体系、教学内容和培养方法,还必须服从和服务于大学生全面素质的培养。要通过形成新的知识体系和能力延伸以促进思想道德素质、文化素质、专业素质和身体心理素质的全面提高。因此,要在素质教育的思想指导下,对原有的教学计划和课程设置进行新的调整和组合,使学生能够适应社会主义现代化建设的需要。我们强调培养“三创”人才,就应当用“三创教育”、人文教育与科学教育的融合等适应时代的教育理念,选择一些新的课程内容和新的教学形式来实现。

研究课程体系,必须看到经济全球化与我国加入世界贸易组织以及高等教育的国际化对人才培养的影响。如果我们的课程内容缺乏国际性,那么我们所培养的人才就不可能具备参与国际事务、国际交流和国际竞争的能力。应当研究课程的国际性问题,增设具有国际意义的课程,加快与国外同类院校的课程

接轨。要努力借鉴国外同类应用型本科院校的办学理念和培养模式、做法来优化我们的教学。

在教材编、修、审全过程中,必须始终坚持以人的全面发展为本,紧紧围绕培养目标和基本规格进行活生生的“人”的教育。一所大学使得师生获得自由的范围和程度,往往是这所大学成功和水平的标志。同样,我们修订和编写教材,提供教学用书,最终是为了把知识转化为能力和智慧,使学生获得谋生的手段和发展的能力。因此,在修订、编写教材过程中,必须始终把师生的需要和追求放在首位,努力提供教的方便和学的便捷,努力为教师和学生留下充分展示自己教和学的风格和特色的发展空间,使他们游刃有余,得心应手,还能激发他们的科学精神和创造热情,为教和学的持续发展服务。教师是课堂教学的组织者、合作者、引导者、参与者,而不应是教学的权威。教学过程是教师引导学生,和学生共同学习、共同发展的双向互促过程。因此,修订、编写教材对于主编和参加编写的教师来说,也是一个重新学习和思想水平、学术水平不断提高的过程,决不能丢失自我,决不能将“枷锁”移嫁别人,这里“关键在自己战胜自己”,关键在自己的理念、学识、经验和水平。

二、坚持质量第一,努力打造精品教材

教材是教学之本。大学教材不同于学术专著,它既是学术专著,又是教学经验之理性总结,必须经得起实践和时间的考验。学术专著的错误充其量只会贻笑大方,而教材之错误则会遗害一代青年学子。有人说:“时间是真理之母”。时间是对我们所编写教材的最严厉的考官。目前,我们的教材才使用了几十年,还很难说就是好教材,因为前一阶段主要是解决有无问题,用户还没有来得及去总结和反思,所以有的问题可能还没有来得及暴露。我们必须清醒地看到这一点。今后,更要坚持高标准、严要求,用航天人员“一丝不苟”、“一秒不差”的精神严格要求自己,确保教材质量和特色。为此,必须采取以下措施:第一、高等教育的核心资源是一支优秀的教师队伍,必须重新明确主编和参加编写教师的标准和要求,实行主编招标和负责制,把好质量第一关;第二,教材要从一般工科本科应用型院校实际出发,强调实际、实用、实践,加强技能培养,突出工程实践,内容适度简练,跟踪科技前沿,合理反映时代要求,这就要求我们必须严格把好教材编写或修订计划的评审关,择优而用;第三、加强教材编写或修订的规范管理,确保参编、主编、主审以及交付出版社等各个环节的质量和标准,实行环节负责制和责任追究制;第四、确保出版质量;第五、建立教材评价制度,奖优罚劣。对经过实践使用,用户反映好的教材要进行修订再版,切实培育一批名师编写的精品教材。出版的精品教材必须和多媒体课件配套,并逐步建立在线学习网站。

三、坚持“立足江苏、面向全国、服务教学”的原则，努力扩大教材使用范围，不断提高社会效益

下一轮教材编写和修订工作，必须加快吸收有条件有积极性的外省市同类院校、民办本科院校、独立学院和有关企业参加，以集中更多的力量，建设好应用型本科教材。同时，要相应调整编审委员会的人员组成，特别要注意充实省内外的优秀的“双师型”教师和有关企业专家。

四、建立健全用户评价制度

要在使用这套教材的省市有关高校建立教材使用质量跟踪调查，并建立网站，以便快速、便捷、实时地听取各方面的意见，不断修改、充实和完善我们的教材编写和出版工作，实实在在地为教师和学生提供精品服务，实实在在地为培养高质量的应用型本科人才服务。同时也努力为造就一批工科应用型本科院校高素质高水平的教师提供优良服务。

本套教材的编审和出版一直得到机械工业出版社、江苏省教育厅和各主编、主审和参加编写高校的大力支持和配合，在此，一并表示衷心感谢。今后，我们应一如既往地更加紧密地合作，共同为工科应用型本科院校教材建设作出新的贡献，为培养高质量的应用型本科人才作出新的贡献，为建设有中国特色社会主义的应用型本科教育作出新的努力。

普通高等教育机械工程及自动化专业

机电类规划教材编审委员会

主任 教授 邱坤荣

2005 年 10 月

第 2 版 前 言

本教材为应用型机械类本科专业技术基础课教学用书。

本书是根据机械学科一线高级技术应用型人才的培养目标,以“强化理论基础,提升实践能力,突出创新精神,优化综合素质”为教学宗旨,对 2001 年机械工业出版社出版的普通高等教育机电类规划教材《材料成形技术基础》进行修订的教材。

本教材以零件结构形状设计与成形方法适应性为主线,讲述工程材料除切削加工以外的各种常用成形方法,包括金属液态成形、金属塑性成形、材料连接成形、非金属材料成形、粉末冶金成形以及其他新型成形方法。

本教材从一般工科应用型本科院校实际出发,强调实际、实用,突出工程实践,内容适度简练,并注意跟踪科技前沿,合理反映时代要求。与第 1 版相比,本书在以下几方面作了改进:

1. 在章节编排上作了一定调整,以使教材体系更为清晰。从成形方法的介绍,到成形工艺分析,到结构工艺性分析,形成一条清晰的主线。对各种成形方法进行分类比较,到总体比较,到选择原则、依据与实例的分析,给学生提供了一个初步的工程分析思路和方法。

2. 对问题的阐述、相关内容的联系、文图的配合等,都作了很多修改,力求更加确切、简洁明了、深入浅出、语言通顺流畅、全书内容贯通融合。

3. 为使教材内容更加体现再版宗旨,对教材内容(包括文、图)作了一定增删,对涉及的深广度作了一定调整,如对成形专业性过强的内容作了删改,对与主线关系密切、针对性强的内容,以及应用已趋广泛的成形新方法等的内容作了适当的加强,等等。

4. 全书配套了多媒体课件(含知识点、动画、图片素材),以新的教学形式为教师和学生提供教的方便和学的便捷,为教和学的持续发展服务。

本书可作为普通高等院校机械类专业的教科书,也可供相关工程技术人员参考。

学习本书内容之前,应修完“工程制图”、“金工实习”、“工程材料”、“互换性与技术测量”等先行课程。

本书第一章由赵占西、于赞编写,第二章由王建平、顾用中编写,第三章由袁勤编写,第四章由顾用中、施江澜编写,第五章由赵占西编写,第六章由施江澜编写。全书由施江澜统稿并精心修改。本书主编施江澜、赵占西,副主

编袁勤、王建平。

本书由东南大学汤崇熙教授担任主审。

尽管编者作了很大努力，但由于编者水平有限，书中难免有错误、欠妥与不尽人意之处，敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 12 月

第 1 版 前 言

本书根据 1997 年全国专业调整会议精神,为适应我国当前高等工科教育专业改革和按学科(专业大类)培养学生的需要进行编写,此教材为普通高等教育机电类规划教材之一。

本书是根据机械学科培养目标,以研究常用工程材料成形方法为主的综合性技术基础课教材。它对原《热加工工艺基础》的传统内容进行了精选、拓宽与加深,以零件形状结构设计成形方法适应性为主线,讲述工程材料除切削加工以外的各种成形方法,包括金属液态成形、金属塑性成形、材料连接成形、粉末冶金成形以及塑料、橡胶、陶瓷等非金属材料成形及复合材料成形等,并适当介绍了当今材料成形的新工艺、新技术、新进展。

为加强对学生的能力素质培养,以适应 21 世纪飞速发展的科技、工业形势的需要,针对机械类大口径专业培养目标,吸取国内兄弟院校教改和课程建设的成果,以及多种版本相关教材的优点,在以下几方面作了探索:

1. 广泛取材,比较全面地阐述了工程材料的各种成形方法,包括使用最多、最常用的或先进的和现代的成形方法。介绍了粉末冶金、工程塑料、橡胶、陶瓷、复合材料成形等内容。

2. 全书以培养学生分析零件结构工艺性与成形工艺适应性的基本能力素质为主线,突出了成形方法的实施,优缺点比较,适应的零件结构形状尺寸特点和适用条件等内容。

3. 强化了常用成形方法的选择思路及实例分析,以及在选择成形方法时应具有的质量、成本、环保、竞争等工程意识。

4. 各章后面附有复习思考习题,可供选用。

学习本书内容之前,应修完“工程制图”、“金工实习”、“工程材料”、“互换性与技术测量”等先行课程。

本书可作为普通高等院校机械类专业的教科书,也可供相关工程技术人员参考。

本书第一章和第四章由赵占西编写,其中第一章的第三节由于赞编写,第二章由顾用中、周洪编写,第三章由袁勤编写,第五章由顾用中、施江澜编写,第六章由施江澜编写。全书主编施江澜,副主编赵占西、顾用中。

本书由东南大学汤崇熙教授担任主审,东南大学多位专家对书稿亦提出了许多宝贵意见,谨此表示衷心感谢。

感谢常州技术师范学院在本书编写过程中给予的支持。

由于编者水平有限，书中难免有错误与欠妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2001 年 2 月

目 录

第2版序	
第2版前言	
第1版前言	

第一章 金属液态成形	1
第一节 金属液态成形工艺基础	2
第二节 砂型铸造	13
第三节 特种铸造	35
第四节 常用合金的铸造及铸造方法选择	45
习题	58
第二章 金属塑性成形	61
第一节 金属塑性变形基础	62
第二节 自由锻	67
第三节 模锻	78
第四节 板料冲压	91
第五节 其他塑性成形方法	107
第六节 常用塑性成形方法的选择	114
习题	116
第三章 连接成形	120
第一节 熔焊成形基础	121
第二节 电弧焊	132
第三节 其他焊接方法	142
第四节 常用金属的焊接及焊件结构工艺性	151
第五节 胶接	163
习题	167
第四章 非金属材料成形	170
第一节 塑料的成形	170
第二节 橡胶的成形	187
第三节 陶瓷的成形	191
第四节 复合材料的成形	199

习题	212
第五章 粉末冶金成形及其他新型成形方法	213
第一节 粉末冶金成形	213
第二节 其他新型成形方法简介	224
习题	231
第六章 材料成形方法选择	232
第一节 材料成形方法选择的原则与依据	232
第二节 常用机械零件的毛坯成形方法选择	240
第三节 毛坯成形方法选择举例	244
习题	251
参考文献	253

第一章 金属液态成形

金属液态成形又称为铸造，是将液态金属在重力或外力作用下充填到型腔中，待其冷却凝固后，获得所需形状和尺寸的毛坯或零件，即铸件的方法，它是成形毛坯或机器零件的重要方法之一。

金属材料在液态下成形，具有很多优点：

(1) 最适合铸造形状复杂、特别是复杂内腔的铸件 如复杂箱体、机架、阀体、泵体、缸体、叶轮、螺旋桨等。

(2) 适应性广，工艺灵活性大 几乎凡能熔化成液态的金属均可铸造成形，如工业上常用的铸铁、碳素钢、合金钢、非铁合金等金属材料。对于某些塑性很差的材料，铸造几乎是其唯一的成形方法，如铸铁等。并且铸件的大小几乎不受限制，如小到重几克的钟表零件，大到重数百吨的轧钢机机架等重型机械，壁厚从1~1000mm，均可铸造成形。

(3) 成本较低 铸造用原料大多来源广泛，价格较低，铸件与最终零件的形状相似、尺寸相近，节省材料和加工工时。

但液态成形也有很多不足，如铸态组织疏松、晶粒粗大，铸件内部常有缩孔、缩松、气孔等缺陷产生，导致铸件力学性能、特别是冲击性能低于塑性成形件；铸造涉及的工序很多，不易精确控制，铸件质量不稳定；由于目前仍以砂型铸造为主，自动化程度还不很高，工作环境较差；大多数铸件只是毛坯件，需经过切削加工才能成为零件。

铸造在工业生产中应用非常广泛，而且随着特种铸造方法的发展，更可以生产出少或无切削加工的、力学性能更高的铸件。

铸造可分为砂型铸造和特种铸造两大类。其中砂型铸造工艺流程如图1-1所示。

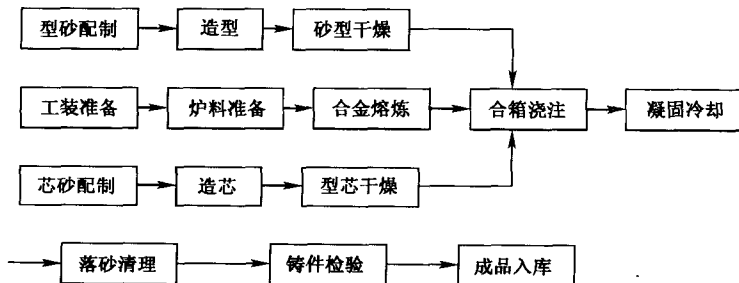


图 1-1 砂型铸造工艺流程图

第一节 金属液态成形工艺基础

一、熔融合金的流动性及充型能力

熔融合金充满型腔是获得形状完整、轮廓清晰合格铸件的保证，铸件的很多缺陷都是在此阶段形成的。为此，必须研究液态合金充满型腔的规律，以便掌握和控制这个过程。

(一) 流动性与充型能力概念

1. 流动性概念 熔融合金的流动性指其自身的流动能力。流动性好，熔融合金充填铸型的能力强，易于获得尺寸准确、外形完整和轮廓清晰的铸件；流动性不好，则充型能力差，铸件容易产生浇不到、冷隔、气孔和夹杂等铸造缺陷。对于薄壁和形状复杂铸件，合金的流动性往往是影响铸件质量的决定因素。

合金的流动性通常用如图 1-2 所示的螺旋形流动性试样的长度来衡量。显然，在相同的浇注条件下，浇出的试样越长，合金的流动性越好。

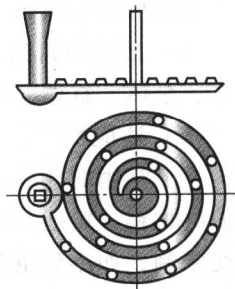


图 1-2 螺旋型试样

合金的流动性是其固有属性，主要与合金本身的化学成分（结晶特性）、杂质含量以及物理性质有关。常用合金的流动性数值如表 1-1 所示，其中，灰铸铁、硅黄铜的流动性最好，铝硅合金次之，铸钢的流动性最差。

表 1-1 常用合金的流动性（砂型，试样截面 $8\text{mm} \times 8\text{mm}$ ）

合金种类	铸型种类	浇注温度/ $^{\circ}\text{C}$	螺旋线长度/mm
铸铁 $w_{\text{C}+\text{Si}} = 6.2\%$ $w_{\text{C}+\text{Si}} = 5.9\%$ $w_{\text{C}+\text{Si}} = 5.2\%$ $w_{\text{C}+\text{Si}} = 4.2\%$	砂型	1300	1800
	砂型	1300	1300
	砂型	1300	1000
	砂型	1300	600
铸钢 $w_{\text{C}} = 0.4\%$	砂型	1600	100
	砂型	1640	200
铝硅合金（硅铝明）	金属型（ 300°C ）	680 ~ 720	700 ~ 800
锡青铜（ $w_{\text{Sn}} \approx 10\%$ ， $w_{\text{Zn}} \approx 2\%$ ）	砂型	1040	420
硅黄铜（ $w_{\text{Si}} = 1.5\% \sim 4.5\%$ ）	砂型	1100	1000

2. 充型能力概念 充型能力是指熔融合金充满型腔，获得轮廓清晰、形状完整的优质铸件的能力。它不仅与合金流动性有关，还与浇注条件、铸型条件等因素有关。

(二) 影响流动性与充型能力的主要因素

1. 化学成分 成分不同的合金具有不同的结晶特性，对合金流动性的影响最为显著。

纯金属和共晶成分合金在恒温下结晶，结晶时从表层逐渐向中心凝固（逐层凝固），凝固层表面（固液界面）比较光滑，对未凝固区的液态金属的流动阻力较小（见图 1-3a），故流动性好。特别是共晶合金的凝固温度最低，可获得较大的过热度，故流动性最好。

在一定温度范围内结晶的固溶体合金，其结晶过程是在铸件截面上一定宽度区域内进行的，在结晶区域中，既有形状复杂的初生树枝状晶体，又有未结晶的液体，即呈液固两相共存的糊状区（糊状凝固），固液界面粗糙，复杂枝晶使合金熔液的流动阻力加大（图 1-3b），而且使合金熔液的冷却速度加快，所以流动性差。合金的结晶温度范围越宽，流动性越差。

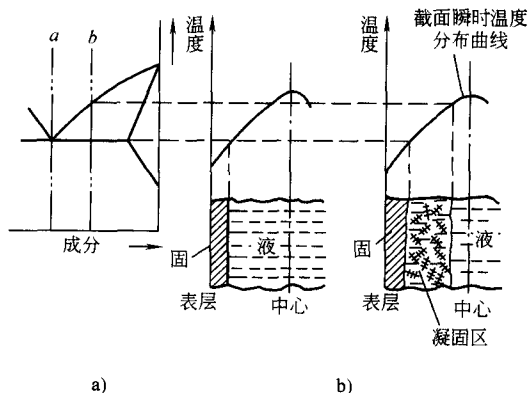


图 1-3 结晶特性对流动性的影响

a) 恒温下结晶 b) 在一定温度范围内结晶

图 1-4 表示 Fe-C 合金的流动

性与碳质量分数之间的关系，亚共晶铸铁随碳质量分数增加，结晶温度区间减小，流动性逐渐提高，愈接近共晶成分，合金的流动性愈好。

2. 浇注条件 包括浇注温度、浇注速度、充型压力等条件。

浇注温度对合金充型能力的影响非常显著。提高浇注温度即提高熔融合金的过热度，可延长液态保持时间，并提高其流动性（粘度降低），有利于充型。但浇注温度太高会使合金的收缩量增加，吸气增多，氧化严重，反而使铸件容易产生缩孔、缩松、粘砂、夹杂等缺陷。因此必须综合各因素，在保证流动性足够的条件下，尽量采用较低的浇注温度。生产中，每种合金都有一定的浇注温度范围。一般铸钢为 $1520 \sim 1620^{\circ}\text{C}$ ；铸铁为 $1230 \sim 1450^{\circ}\text{C}$ ；铝合金为 $680 \sim 780^{\circ}\text{C}$ 。

增大充型压力可改善熔融合金的充型能力，如生产中常采用增加直浇口高度，或应用压力铸造、离心铸造来增大充型压力，以提高熔融合金的充型能力。

此外，提高浇注速度也会使合金的充型能力得到提高。

3. 铸型条件 熔融合金充型时，铸型的阻力及铸型对合金的冷却作用，将影响合金的充型能力。