

高等学校适用教材



(第二版)

机械制造技术

Jixie Zhizao Jishu

王丽英 主编



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

高等学校适用教材

机械制造技术

(第二版)

主 编 王丽英
副主编 张连凯
主 审 李方俊

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/王丽英主编. —2版(第二版). —北京:中国计量出版社,2009.1
高等学校适用教材
ISBN 978-7-5026-2936-6

I. 机… II. 王… III. 机械制造工艺—高等学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 184073 号

内 容 提 要

本书是根据机械工程类专业教学指导委员会推荐的指导性教学计划,为适应 21 世纪人才培养要求而编写的。全书共分十章,涵盖了材料成形工艺与机械制造工艺的知识。内容包括:铸造、塑性成形、焊接、切削加工工艺基础、特种加工与快速成形、典型表面的加工、机械加工工艺规程设计、机器装配工艺过程设计、数控加工技术、先进制造技术与生产模式。

本书结构严谨、条理清晰,突出应用性,并注重理论与实践的结合。可作为普通高等院校机电类及近机类专业本科教材,也可供有关工程技术人员参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市密东印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm × 1092 mm 16 开本 印张 18 字数 423 千字

2009 年 1 月第 2 版 2009 年 1 月第 3 次印刷

*

印数 4001—7000 定价:32.00 元

第一版前言

随着教学改革的不深入和发展，为适应我国社会主义建设事业的高速发展对高级技术人才的培养要求，吸收国际上对人才培养的先进经验，我国专业技术人才培养目标从原来专业划分过细的“计划经济”模式，向着适应当前科学技术高速发展的“市场经济”要求转变。教育部将原机械类专业面狭窄的众多专业，改为“机械工程及自动化”和“机械制造及自动化”等少数几个专业面较宽的专业。专业面拓展后，为保证拓展后专业的新教学要求，对机械制造系列课程的学时做了相应的缩减，而对教学内容却提出了更高的要求。为适应这种教学形势，迫切需要进行课程体系改革，对原相关课程进行有机重组。原“机械制造基础”与“机械制造工艺学”两门课程将合并为新的“机械制造基础”课程。本书正是基于这一要求而编写的。

本书具有如下特色：

1. 将原“机械制造基础”冷加工部分与“机械制造工艺学”合并、重组，删除了重复的内容，使之更加紧凑、连贯。
2. 注重实用的工艺基础理论的介绍，对机械制造中陈旧的工艺方法进行了精减。
3. 较大篇幅地吸收了现代制造业中的新材料、新技术以及计算机在机械制造业中的应用等新工艺知识，以拓展学生的思路、扩大学生的视野。
4. 体现技术经济、管理、环保等概念，力求从生产、成本、质量、管理、市场、竞争、环保和先

进体系的角度来全面考虑制造工艺。

本书为高等院校机械类专业的教材，也可供从事机械制造业的工程技术人员参考。

本书由北京化工大学王丽英副教授任主编，北京化工大学曹志清副教授、庞云芝讲师、刘彬硕士以及北京服装学院付建西高级工程师参加编写。具体分工如下：庞云芝（第一、二章，第三章第一、二、三、四节）；王丽英（第四章，第五章第一节，第六、七、八章）；曹志清（第五章第二、三节）；刘彬（第三章第五节，第九章）；付建西（第十章）。全书由北京化工大学林功成教授主审。

本书初稿完成后，先由茅惠祥副教授等对初稿进行认真细致的审阅，提出了不少宝贵意见，在此谨向他们表示衷心感谢，并向对本书的编写给予了热情指导和具体建议的翟丰安教授、贺建云博士表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有缺点和错误，恳请同行和读者不吝指教。

编 者
2002 年 12 月

第二版前言

机械制造技术内容宽泛，教学课时比较紧张，这就要求教材内容更加合理、精练。本次修订力求教材内容能适应新世纪应用型人才培养模式的需求，加强应用性，突出实践性，并能紧密结合制造技术的发展动向，具有脉络分明、条理清晰、文字简洁的特点。

《机械制造技术（第二版）》是在该书第一版的基础上，参考其他同类教材，特别是汲取了该书5年教学实践中教师和学生的反馈意见进行编写的，以求更加适合机械类专业本科教学的实际需要。

本书主要修订内容如下。

1. 对第一版中的部分章节内容进行了调整。将原第五章中超精密加工部分纳入第十章，并以“特种加工与快速成形”取代原第五章题目“现代制造技术”。

2. 对第一版中的部分章节内容进行了重新编写。其中，第九章、第十章为全新内容。在第十章中新增了高速切削、智能制造系统和网络化制造的内容。并以“先进制造技术与生产模式”为第十章的名称。

3. 以“强化基础、突出应用、培养能力”为指导思想，对各章节内容进行了修改。简化各加工方法的原理，突出其特点和实际应用。变化比较大的有第一章、第二章、第三章、第五章内容。

为便于教学，本教材配有相应的CAI课件，课件将文字、动画、视频融为一体，充分体现了本课程实

践性强的特点。如授课教师需要，可与作者联系，E-mail 地址为 wangly@mail.buct.edu.cn。

本次修订由王丽英任主编，张连凯任副主编。第一章由张连凯编写，第二、三、四、六、七、八章由王丽英编写，第五、十章由王永涛编写，第九章由于源编写。全书由王丽英统稿，李方俊审阅。以上作者均为北京化工大学教师。

在本次修订过程中，我们参考了国内外众多的同类教材，在此致以诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中的缺点和错误在所难免，恳请使用本书的广大读者提出宝贵意见。

编 者

2009 年 1 月

目 录

第一章 铸 造	(1)
第一节 液态成型基础	(1)
第二节 常用铸造合金性能	(7)
第三节 砂型铸造工艺	(11)
第四节 特种铸造	(18)
第五节 铸件结构设计	(23)
第六节 铸造技术发展	(30)
思考与练习题	(33)
第二章 塑性成形	(37)
第一节 塑性成形基础	(37)
第二节 自由锻	(42)
第三节 模 锻	(47)
第四节 板料冲压	(59)
第五节 锻压件结构工艺性	(65)
第六节 其他塑性成形方法	(69)
思考与练习题	(75)
第三章 焊 接	(79)
第一节 熔 焊	(79)
第二节 常用金属的焊接性能	(95)
第三节 焊接结构设计	(98)
第四节 其他焊接技术	(104)
思考与练习题	(109)
第四章 切削加工工艺基础	(113)
第一节 切削加工概述	(113)
第二节 金属切削刀具	(115)
第三节 金属切削过程中的物理现象	(120)
第四节 普通刀具切削加工方法综述	(124)
第五节 磨削加工方法综述	(138)
第六节 精密加工方法综述	(144)
第七节 机械加工精度和表面质量	(147)
思考与练习题	(150)
第五章 特种加工与快速成形	(153)
第一节 特种加工	(153)
第二节 快速成形	(162)

思考与练习题	(167)
第六章 典型表面的加工	(168)
第一节 外圆面加工方案	(168)
第二节 内圆面加工方案	(169)
第三节 平面加工方案	(171)
第四节 螺纹表面的加工	(173)
第五节 齿形加工	(175)
思考与练习题	(178)
第七章 机械加工工艺规程设计	(180)
第一节 基本概念	(180)
第二节 零件结构工艺性分析	(186)
第三节 机床夹具与工件定位	(188)
第四节 定位基准的选择	(194)
第五节 工艺路线的制定	(197)
第六节 加工余量及工序尺寸的确定	(201)
第七节 工艺尺寸链	(203)
第八节 典型零件加工工艺过程	(208)
思考与练习题	(218)
第八章 机器装配工艺过程设计	(223)
第一节 概 述	(223)
第二节 装配尺寸链	(224)
第三节 保证装配精度的装配方法	(225)
第四节 装配工艺规程的制定	(233)
思考与练习题	(235)
第九章 数控加工技术	(236)
第一节 数控技术简述	(236)
第二节 数控机床的组成及工作原理	(240)
第三节 数控机床的加工及其工艺规划	(244)
第四节 数控加工编程	(251)
思考与练习题	(255)
第十章 先进制造技术与生产模式	(256)
第一节 超精密加工与微细加工	(256)
第二节 高速切削	(260)
第三节 计算机集成制造系统 (CIMS)	(265)
第四节 其他先进生产模式	(269)
思考与练习题	(277)
参考文献	(279)

第一章 铸 造

铸造是将熔化的液态金属浇注到铸型中，待冷却凝固后获得毛坯或零件的一种工艺方法。铸造主要有以下优点：

(1) 适应性强

铸件的大小和重量几乎不受限制，小到几克大到几百吨；可以铸造形状复杂并具有内腔的毛坯或零件。

(2) 成本低

铸造材料广泛，包括各种金属，如生铁、铝、铜等。也可以用回炉料，如浇冒口、废铸件、下脚料、旧机件等。

铸造在机械制造业中应用很广泛，但是铸造是个极其复杂的物理化学过程，需要与生产实践经验密切结合，其中每个工艺环节，如铸件结构、工艺、型砂处理、造型、熔炼、浇注、凝固、冷却、清理等，都会影响铸件质量，所以传统铸造工艺生产的铸件质量很难控制，废品和次品率很高。

随着计算机技术的发展，可以利用软件来模拟铸造工艺过程，从而改进铸件结构，优化工艺过程，使整个铸造工艺得以很大改进，成功地解决了大型复杂结构铸件工艺问题，并且向着精确成型技术发展。

铸造工艺目标是获得合格的铸件。应该从影响铸件质量的各种因素入手，从理论上分析这些因素对铸件质量的影响过程，从而为合理的铸件结构和工艺设计打下基础。

第一节 液态成型基础

一、合金铸造性能

合金的铸造性能主要是指合金本身的属性，主要取决于其熔化、流动、凝固、收缩等物理性能，需要参考这些性能来进行铸件结构和铸造工艺设计。

1. 流动性

流动性是指液态金属本身的流动能力。当流动性好时，合金容易进入铸型狭小空间，获得薄壁形状复杂的铸件，同时有利于合金中杂质上浮，还能提高铸型内铸件补缩效果，对提高铸件质量有益。

流动性一般是利用如图 1-1 所示的“螺旋形流动试验”来进行评价。在同样浇注条件下，被浇注合金试样的螺旋长度越长，合金的流动性就越好。

影响流动性的因素主要是化学成分。不同成分合金的凝固温度范围不同，凝固温度范围越宽，液、固两相区域过渡时间越长，合金的流动性越差。如图 1-2 所示为铁碳合金流动性示意图，由图可见，纯金属和共晶成分合金的流动性最好。

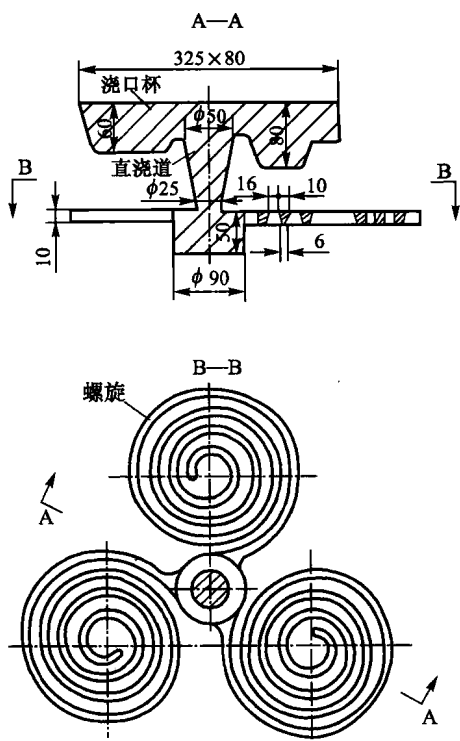


图 1-1 螺旋形流动性试样示意图

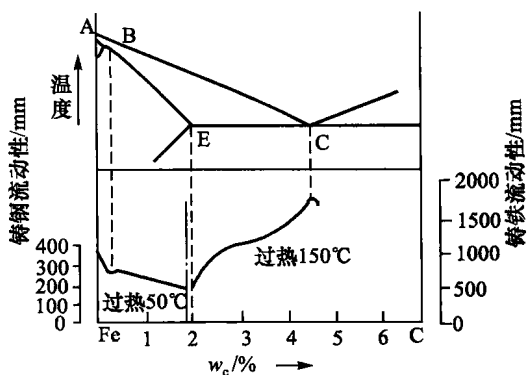


图 1-2 铁碳合金流动性示意图

通过添加合金元素来改变流动性。如在铸铁中加入少量磷，可以降低铸铁的共晶点和表面张力，缩小铁碳合金凝固温度范围，改善合金的流动性。

2. 收缩

铸造合金从液态冷却凝固到室温，随着温度的降低合金体积会发生变化，主要分为以下三个收缩阶段。

(1) 液态收缩

从浇注温度到开始凝固温度，就是在液相线以上的收缩。

(2) 凝固收缩

从凝固开始到凝固结束温度，就是在液相线和固相线之间的收缩。

(3) 固态收缩

从凝固结束到室温之间的收缩，就是固相线以下的收缩。

液态收缩和凝固收缩都会使合金铸件体积减小，如果得不到及时的补充，铸件内则无法保持致密的组织结构；而如果固态收缩时受到限制，则会在铸件内部形成铸造应力。

影响收缩的主要因素如下。

(1) 合金成分

合金成分接近纯金属或共晶合金时，凝固温度域窄，从而凝固收缩小。所以对于铁碳合金而言，铸铁收缩小，而铸钢收缩就比较大。

(2) 浇注温度

浇注温度越高, 液态合金的氧化吸气能力越强, 产生气孔等缺陷的可能性越大。一般将浇注温度控制在高于液相线以上 $50 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 即可。

(3) 铸件结构和铸型条件

在铸造过程中由于铸件结构和铸型等原因, 导致铸件各部位的冷却速度差异, 收缩速率不尽相同。同时, 铸型和型芯的退让性也会影响到铸件的自然收缩。

二、充型能力

液态合金充满型腔, 获得轮廓清晰、形状完整铸件的能力, 称为液态合金的充型能力。充型能力差时, 铸件会出现浇注不足、冷隔等缺陷, 直接影响铸件质量。

在同等铸造条件下, 不同成分合金的充型能力不同; 而同样成分的合金, 不同铸造条件下的充型能力也不同。流动性、铸型条件、浇注条件和铸件结构等因素都会影响到液态合金的充型能力。

(1) 流动性

流动性好, 则液态合金充满型腔的几率就高。所以, 提高流动性的因素都可以改善充型能力。

(2) 铸型条件

主要取决于铸型材料、铸型温度和铸型排气效果。

①铸型材料 铸型导热系数大, 激冷效果强, 合金在铸型中液态时间短, 充满型腔的时间有限, 导致充型能力下降。例如, 合金在金属型中的充型能力就要低于砂型中的。

②铸型温度 提高铸型温度可以减缓合金冷却速度, 提高充型能力。所以, 在金属型铸造等工艺中经常将铸型预热, 以降低液态合金与铸型之间温度差; 也可以在铸型表面喷涂涂料, 以降低铸件冷却速度, 改善充型能力。

③排气性能 浇注时铸型被熔合金加热, 型腔内气体膨胀, 砂型中水分汽化, 有机物燃烧产生气体, 这些气体如果不能及时导出, 占据了型腔空间, 则阻碍液态合金流动, 降低充型能力。

(3) 浇注条件

主要取决于浇注温度和充型压力。

①浇注温度 浇注温度高, 则液态合金表面张力和黏度低, 且凝固前有更多的时间充满型腔, 因此合金的充型能力随浇注温度的提高而上升。例如, 对于薄壁铸件或流动性比较差的合金, 可以适当提高浇注温度来提高其充型能力。但若浇注温度过高, 收缩量将会增大而不易控制铸件质量, 所以在保证足够充型能力的前提下, 不宜采取过高的浇注温度。

②充型压力 提高液态合金浇注时的静压力或浇注速度可以改善充型能力。如增加直浇口高度, 合理布置浇注系统通道截面, 采用较高的浇注速度, 都可以使充型能力有所提升。

(4) 铸件结构

铸件形状复杂程度和壁厚直接影响到充型能力。

①铸件壁厚 铸件的壁也是浇注过程液态合金流动通道。若壁薄则通道狭窄, 合金流动阻力大, 而且冷却快, 所以不容易充满型腔。

②铸件结构 铸件形状复杂, 合金流动通道长而弯道多, 则流动阻力增加, 影响充型能力。

三、铸造性能对铸件质量的影响

铸造性能直接影响到铸件质量。铸件质量缺陷主要有缩松、缩孔、气孔、冷隔、未浇足、裂纹和铸造应力过大等。

1. 缩孔与缩松

(1) 缩孔和缩松的形成

在合金凝固结晶过程中, 如果合金液态收缩和凝固收缩得不到及时补充, 铸件内部最后凝固的部位组织就不够致密, 形成集中或分散的孔洞。容积较大的集中孔洞称为缩孔, 容积较小的弥散孔洞称为缩松。一般来说, 纯金属和共晶成分的合金形成缩孔的可能性较大, 如灰铸铁; 凝固温度范围宽的合金形成缩松的可能性较大, 如铸钢。缩孔和缩松的形成过程如图 1-3、图 1-4 所示。

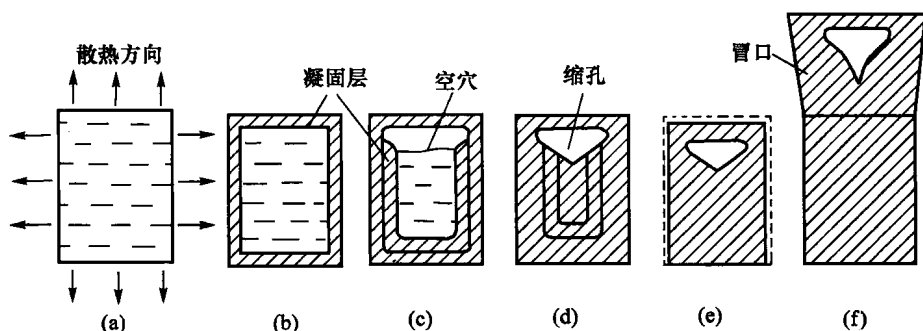


图 1-3 缩孔形成过程示意图

(a) 充型后液态收缩从浇注系统得到补偿; (b) 铸件表层凝固结壳, 内浇口冻结; (c) 液态收缩和凝固收缩速度快于固态收缩, 液面下降, 金属液与硬壳顶面分离; (d) 凝固后铸件上部形成倒锥形缩孔; (e) 固态收缩, 铸件尺寸缩小; (f) 若铸件顶部设置冒口, 缩孔将移至冒口内

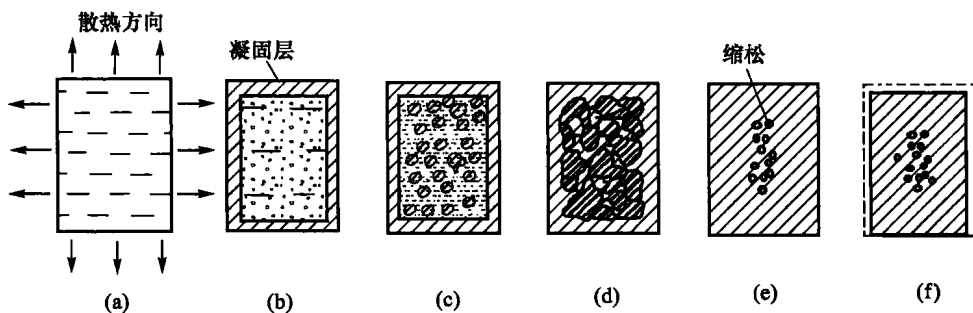


图 1-4 缩松形成过程示意图

(a), (b) 同缩孔; (c), (d) 继续凝固, 固相不断长大, 形成许多封闭区域; (e) 封闭区域得不到金属液的补充, 形成很多小而分散的孔洞; (f) 固态收缩

(2) 避免缩孔与缩松的措施

出现缩孔和缩松都会降低铸件的力学、气密性能, 对于像阀座类有密封要求的铸件, 缩松和缩孔会导致泄漏而使铸件报废。避免缩孔和缩松的关键是使铸件在凝固过程中能够及时

补充液态金属。

铸型上用于浇注液态合金的通道称为浇口，而那些让液态合金溢出的通道称为冒口。冒口和浇口并不属于铸件结构，所以在凝固过程中可以利用冒口和浇口来进行补缩，并在铸件清理时将其去除。

在铸型结构设计上，考虑让铸件某些部位先凝固，然后逐渐使其他部位依次凝固，最后凝固的是浇口和冒口，铸件的收缩就都累积在浇口和冒口部位，这在铸造工艺上被称为顺序凝固。如果仅从铸型结构上控制顺序凝固有难度，还可以在希望先冷却的部位布置冷铁，促使这些部位先冷却凝固。

2. 铸造应力、铸件变形与裂纹

(1) 铸造应力

铸造过程中铸件在凝固过程中收缩不均匀，或者在固态收缩过程中受到阻碍，都会在铸件内形成内应力，这种内应力被称为铸造应力。铸造应力使铸件处于非平衡状态，应力释放会导致铸件变形，严重时形成裂纹。从形成原因区分，铸造应力可以分为热应力和机械应力两类。

①热应力 因铸件壁厚不匀，冷却速度差异，凝固后固态收缩不一致而形成。图 1-5 所示为典型的铸造应力框试样，其铸造热应力形成过程如下。

处于图 1-5 (a) 阶段 ($T < T_1$) 的铸件刚凝固时，虽然中间粗杆和两边细杆收缩速度不同，但处于高温状态下的铸件塑性很好，由杆件塑性变形来平衡收缩速率的不同，不产生铸件内应力。

处于图 1-5 (b) 阶段 ($T_1 < T < T_2$) 时，两边细杆冷却快也收缩快，中间粗杆冷却慢也收缩慢，有阻碍细杆收缩的趋势，所以此时两边细杆受拉伸，中间粗杆受压缩，形成了暂时内应力，但这个内应力随之便被粗杆的微量塑性变形而消失，如图 1-5 (c)。

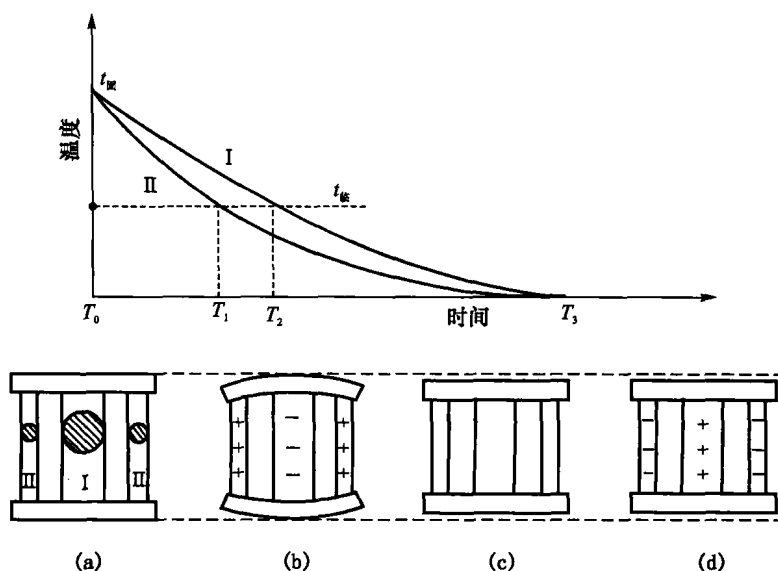


图 1-5 热应力的形成
(+ 表示拉应力；- 表示压应力)

处于图 1-5 (d) 阶段 ($T > T_2$) 时, 粗、细杆均进入弹性状态, 此时粗杆温度较高, 冷却时还将产生较大收缩, 细杆温度较低, 收缩已趋停止, 因此粗杆的收缩必然受到细杆的阻碍, 于是细杆受压缩、粗杆受拉伸, 直到室温, 形成了残余内应力。

对于刚铸造完的应力框, 如果用钢锯来锯中间粗杆, 未等完全锯开, 拉应力就会使粗杆断裂。

②机械应力 因铸件冷却收缩受到铸型或型芯的阻碍而形成的内部应力, 如图 1-6 所示。当这个应力超过铸件强度会形成裂纹。当铸件落砂后, 这个应力可以自行消除。

降低铸造应力的措施很多。例如, 在设计上要尽量使铸件壁厚均匀; 当铸件壁厚不均匀时, 把浇口开在薄壁处, 使之最后冷却, 同时把冷铁放置在厚壁处加速冷却, 力求铸型各部位冷却速率均匀, 如图 1-7 所示; 提高造型材料的退让性, 同时及时开箱清砂, 可以降低机械应力。

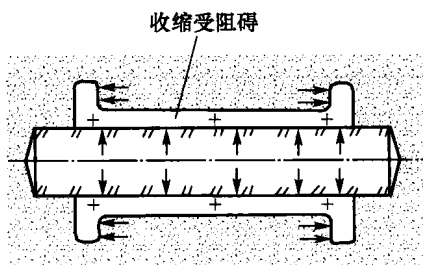


图 1-6 受砂型和砂芯机械阻碍的铸件

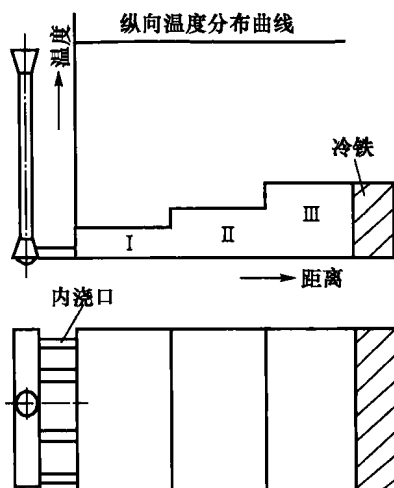


图 1-7 降低铸造热应力的措施

(2) 裂纹

当铸造应力超过铸件材料强度时就会产生裂纹, 按裂纹形成机理的不同可以分成热裂和冷裂。

①热裂 在铸件凝固末期高温期间形成, 所以裂纹表面有氧化层, 形状曲折而不规则, 易发生于铸件后期凝固的区域和尖角部位。

当合金凝固温度范围比较宽时, 先凝固合金形成枝状骨架, 尚存少量未凝固合金, 强度不足而塑性也低, 在应力作用下容易开裂。提高铸型退让性可以有效避免热裂发生。

②冷裂 在温度不太高的条件下形成的, 其细小且呈连续直线状, 裂纹表面基本无氧化层。易发生在复杂形状大型铸件的尖角、缩孔、气孔、夹渣等应力集中部位。

复杂铸件一些截面突变和过渡转角部位容易形成应力集中, 可以从降低铸造应力和改进铸件结构两方面来避免冷裂的出现。

(3) 变形

铸件在凝固和冷却过程中会形成内应力,变形是内应力释放最主要的形式。如图 1-8 所示的铸钢“T”形梁,若其刚度不够,则形成图示的纵向弯曲变形。

降低铸造应力是减少铸件变形最有效的措施。如果铸件结构设计上不可避免地会形成铸造应力而导致变形,也可以采用反变形法来获得合格的铸件。

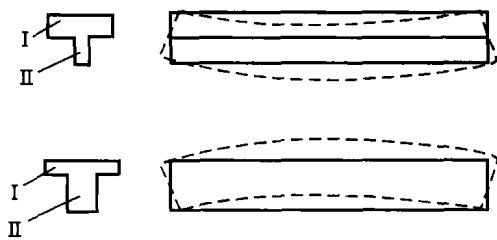


图 1-8 T 形梁铸钢件变形示意图

(4) 降低或消除铸造应力的措施

降低或消除铸造应力的常用工艺是时效处理。目前使用比较多的有如下几种方法:

①自然时效 将铸件露天放置,经历日晒、风吹、雨淋数月以至于数年,使其缓慢变形,以释放应力。它是传统铸造工艺最常用的方法,效果好但周期长。

②人工时效 为了加快时效速度,将铸件在隧道窑内加热到 $550 \sim 650^{\circ}\text{C}$,并保温一段时间,进行去应力退火。它是小型铸件常用的处理方法,去应力效果好但能耗高。

③振动时效 小型铸件可以放在滚筒内,任其互相碰撞、释放应力;而大型铸件可以用激振器引起共振,使内部铸造应力释放。这种方法周期短、适用范围广、发展很快。

3. 铸件的气孔

液态合金凝固时,气体不能及时逸出而占据了空间就在铸件中形成气孔。气孔不仅减小了铸件结构的有效截面积,使铸件抗拉强度降低,还作为内部缺陷形成应力集中,降低了铸件的断裂韧性和抗疲劳强度。另外,气孔的存在也直接影响铸件的气密性能,容器类铸件要尽量减少气孔缺陷。防止铸件中形成气孔主要通过以下途径:

(1) 降低浇注金属液体含气量

熔炼和浇注时使液态合金与空气隔离,如采用真空铸造;浇注前在液态合金中加入除气剂,使气体提前逸出;降低浇注温度,以减少气体在液态合金中的溶解量等。

(2) 降低铸型发气量

控制铸砂水分含量,清除冷铁和型芯骨架上的油污,以防水分汽化和油污燃烧而产生大量气体。如在铸造前进行烘型预热处理,可以有效降低铸型表面含水量。

(3) 提高铸型排气能力

要充分考虑铸型材料本身的透气性能,造型过程中要合理控制型砂的紧实度以保持一定透气性能,利用型芯骨架引出型芯中气体,布置一定数量的排气孔利于气体排出,在铸型结构上利用冒口引导气体排出。

第二节 常用铸造合金性能

虽然几乎所有固态材料都可以用于铸造生产,但是在机械制造行业目前使用最多的还是铸铁、铸钢、铸铝和铸铜。这里主要介绍铸铁和铸钢。

一、铸铁

铸铁以铁碳成分为主,添加硅、锰、镁等其他元素构成多元合金。由于成本相对低廉,

具有多种优良性能，是最常用的铸造合金。

铸铁中的碳可以化合物和石墨形式存在，常用的有白口铸铁、灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁和蠕墨铸铁等，也可以添加其他合金元素生产出具有耐磨、耐热、耐蚀等性能的特种铸铁。

1. 白口铸铁

在浇注过程中不做任何处理，所获得的铸件为共晶或过共晶组织，碳主要以化合物形式存在，新鲜断口呈闪亮色泽，故称为白口铸铁。白口铸铁硬而脆，几乎没有工业价值，只是作为可锻铸铁生产的原料。

2. 灰铸铁

灰铸铁由于新鲜断面呈灰色而得名，其内部石墨以片状存在。在熔化铁水中加入孕育剂，可以获得组织更加细小的灰铸铁。灰铸铁按基体组织可分为铁素体灰铸铁、铁素体—珠光体灰铸铁和珠光体灰铸铁。

(1) 灰铸铁的力学性能

在结构上灰铸铁好似在钢基体中夹杂着片状石墨，这些石墨割裂基体，所以灰铸铁的抗拉强度远低于钢，塑性和韧性也很差。随着基体组织和石墨片的细化、珠光体数量增多，灰铸铁的力学性能也有所提高。由于内部大量片状石墨的存在，灰铸铁具有很好的减振性能，暴露在表面的石墨使灰铸铁自润滑性能很好，这些石墨分布也降低了灰铸铁的缺口敏感性，并且也利于切削加工。

(2) 灰铸铁的铸造性能

由于接近共晶成分，灰铸铁具有良好的流动性，可以浇注形状复杂的薄壁铸件。在凝固过程中有大量石墨的析出，灰铸铁的收缩小，只要壁厚合适，不会产生缩孔和显著的铸造应力。

灰铸铁铸造性能良好，原料来源丰富，生产工艺简单，所以得到了广泛应用。灰铸铁的牌号、组织、性能和应用如表 1-1 所示。

表 1-1 灰铸铁的牌号、组织、性能和应用

牌号	铸件壁厚 /mm	抗拉强度 /MPa	显微组织		应用范围
			基体	石墨	
HT 100	2.5 ~ 10	≥130	F	粗片状	手工造型砂箱、井盖、下水管、机床底座、手轮等
	10 ~ 20	≥100			
	20 ~ 30	≥90			
	30 ~ 50	≥80			
HT 150	2.5 ~ 10	≥175	F + P	稍粗片状	机械常用铸件，底座、刀架、手轮、泵壳、阀体、托辊、框架等
	10 ~ 20	≥145			
	20 ~ 30	≥130			
	30 ~ 50	≥120			
HT 200	2.5 ~ 10	≥220	P	中等片状	农用柴油机缸体、缸盖、排气管、飞轮等；机床导轨、床身等；动力机械轴承座、外壳、泵体、阀体等
	10 ~ 20	≥195			
	20 ~ 30	≥170			
	30 ~ 50	≥160			
HT 250	4.0 ~ 10	≥270	细 P	较细片状	发动机缸体、缸盖、缸套、排气歧管等；机床立柱、横梁、滑板、箱体等；水泥转窑齿轮等
	10 ~ 20	≥240			
	20 ~ 30	≥220			
	30 ~ 50	≥200			