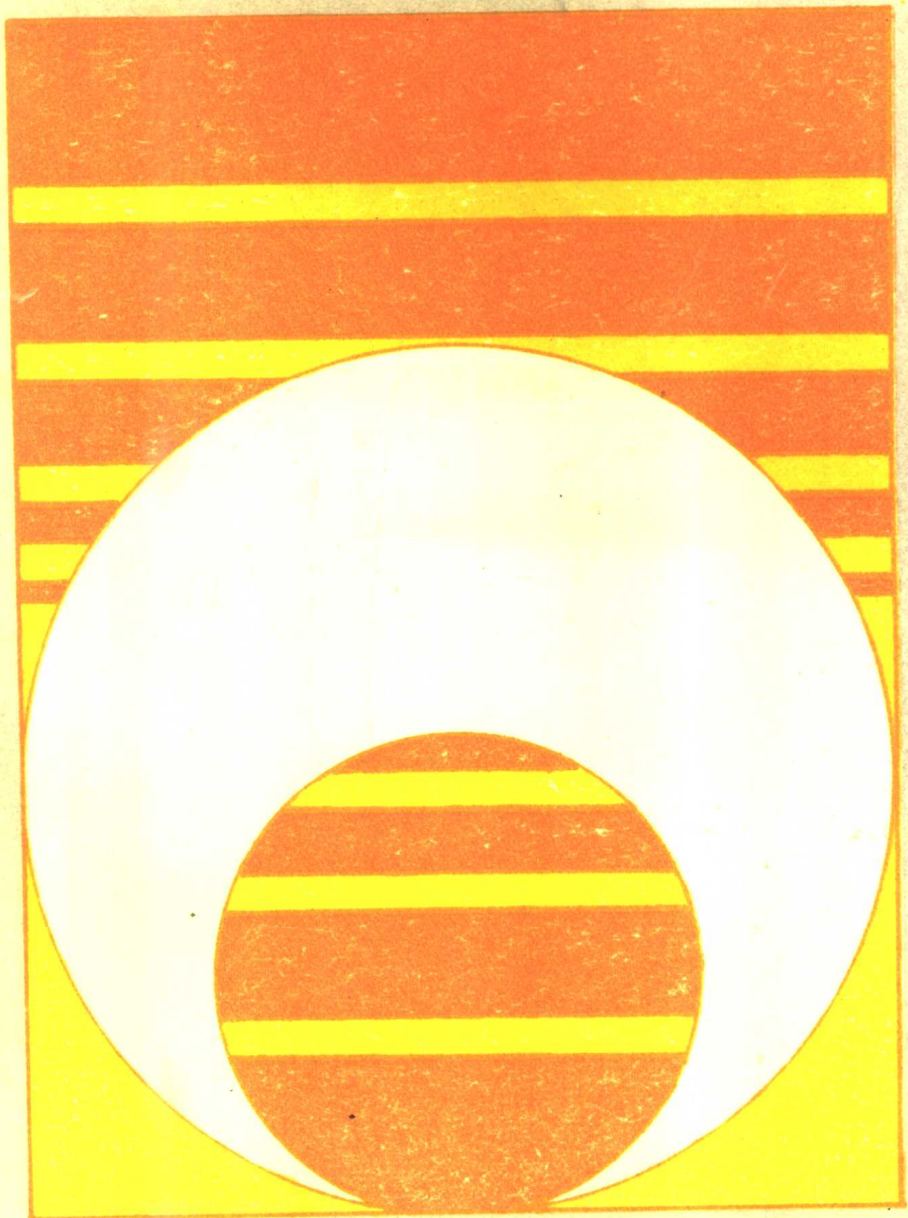


高等工科院校系列教材

热加工工艺基础

刘世雄 储 凯 胡里木 主编



重庆大学出版社



热加工工艺基础

刘世雄 储凯 胡里木 主编

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是根据国家教委《**金属材料**和机械制造基础》课程指导小组 1993 年制订的《热加工工艺基础》基本要求,针对机械制造工艺及设备专业专科的教学需要编写而成的。全书分铸造、锻压、焊接、毛坯的选择和检验四篇,共十四章。

本书可供近机类本科、机类专科、成人高等教育机类专业选用及有关专业的工程技术人员、技术工人参考,可与由重庆大学出版社出版、汪万清主编的《机械加工工艺基础》配套使用。

热加工工艺基础

刘世雄 储 凯 胡里木 主编

责任编辑 梁涛

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

中国人民解放军重庆通信学院印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张: 8.5 字数: 212 千

1994年9月第1版 1994年9月第1次印刷

印数:1—7000

ISBN 7-5624-0971-4/TG·28 定价:6.00元

(川)新登字 020 号

序

近年来我国高等专科教育发展很快,各校招收专科生的人数呈逐年上升趋势,但是专科教材颇为匮乏,专科教材建设工作进展迟缓,在一定程度上制约了专科教育的发展。在重庆大学出版社的倡议下,中国西部地区14所院校(云南工学院、贵州工学院、宁夏工学院、新疆工学院、陕西工学院、广西大学、广西工学院、兰州工业高等专科学校、昆明工学院、攀枝花大学、四川工业学院、四川轻化工学院、渝州大学、重庆大学)联合起来,编写、出版机类和电类专科教材,开创了一条出版系列教材的新路。这是一项有远见的战略决策,得到国家教委的肯定与支持。

质量是这套教材的生命。围绕提高系列教材质量,采取了一系列重要举措:

第一,组织数十名教学专家反复研究机类、电类三年制专科的培养目标和教学计划,根据高等工程专科教育的培养目标——培养技术应用型人才,确定了专科学子应该具备的知识和能力结构,据此制订了教学计划,提出了50门课程的编写书目。

第二,通过主编会议审定了50门课程的编写大纲,不过分强调每门课程自身的系统性和完整性,从系列教材的整体优化原则出发,理顺了各门课程之间的关系,既保证了各门课程的基本内容,又避免了重复和交叉。

第三,规定了编写系列专科教材应该遵循的原则:

1. 教材应与专科学生的知识、能力结构相适应,不要不切实际地拔高;
2. 基础理论课的教学应以“必须、够用”为度,所谓“必须”是指专科人才培养规格之所需,所谓“够用”是指满足后续课程之需要。

3. 根据专科的人才培养规格和人才的主要去向,确定专业课教材的内容,加强针对性和实用性;

4. 减少不必要的数理论证和数学推导;

5. 注意培养学生解决实际问题的能力,强化学生的工程意识;

6. 教材中应配备习题、复习思考题、实验指示书等,以方便组织教学;

7. 教材应做到概念准确,数据正确,文字叙述简明扼要,文、图配合适当。

第四,由出版社聘请学术水平高、教学经验丰富、责任心强的专家担任主审,严格把住每门教材的学术质量关。

出版系列专科教材堪称一项“浩大的工程”。经过一年多的艰苦努力,系列专科教材陆续面市了。它汇集了中国西部地区14所院校专科教育的办学经验,是西

部地区广大教师长期教学经验的结晶。

纵观这套教材,具有如下的特色:它符合我国国情,符合专科教育的教学基本要求和教学规律;正确处理了与本科教材、中专教材的分工,具有很强的实用性;与出版单科教材不同,有计划地成套推出,实现了整体优化。

这套教材立足于我国西部地区,面向全国市场,它的出版必将对繁荣我国的专科教育发挥积极的作用。这套教材可以作为大学专科及成人高校的教材,也可作为大学本科非机类或非电类专业的教材,亦可供有关工程技术人员参考。因此我不揣冒昧向广大读者推荐这套系列教材,并希望通过教学实践后逐版修订,使之日臻完善。

吴云鹏

1993年
仲夏

前 言

在机械制造行业中,热加工工艺具有很重要的地位。在社会主义市场经济的推动下,我国有很多专家和工程技术人员致力于热加工新材料、新工艺、新方法、新技术的研究和开发,以保证和提高产品质量,提高生产效率,降低生产成本,增强产品的生命力和竞争力,获取最佳的经济效益和社会效益。热加工工艺是一门综合性技术学科,随着科学技术的飞跃发展,学科之间的互相交叉渗透和新技术的应用,热加工工艺的进步和发展很快。

热加工工艺是机械工程师必须掌握的技术基础知识。本书根据国家教委《工程材料及机械制造基础》课程指导小组1993年制定的《热加工工艺基础》教学基本要求,针对机械制造工艺及设备专业专科的教学需要编写。编写中吸取了一些院校课程改革的经验及同类教材的优点,注重基本理论,阐明加工方法,突出工艺特点,介绍先进经验,纳入现代科技,贯彻新国标,深入浅出,便于理解和掌握。全书由铸造、压力加工、焊接、毛坯的选择与质量检验四篇共十四章组成。每章后附有复习思考题,以启发学生思维,培养灵活运用理论知识、分析实际问题的能力。

本书按30课时编写,可供近机类本科、机类专科及成人高等教育机类各专业选作教材,供有关专业的工程技术人员、工业企业管理干部及技术工人学习参考。

参加本书编写的有新疆工学院徐彰德教授(第三章)、沈蜀西副教授(第二章)、李维民副教授(第四章)、四川轻化工学院刘世雄副教授(第一、十二章、第九章第一至六节)、四川工业学院储凯副教授(第五至八章、第九章第七节)、赵玉华讲师(第十三、十四章)、陕西工学院胡里木副教授(第十、十一章)。刘世雄任主编,储凯、胡里木任副主编,并由刘世雄负责统稿。本书由重庆大学教授吴桓文主审,在此,特表示感谢。

限于编者的水平,书中难免错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

主编

一九九四年六月

工科院校机类、电类
专科系列教材书目

高等数学
线性代数
体 育
企业管理
公共关系
文献检索
工业品市场营销
画法几何及机械制图
(非机类)
画法几何及机械制图
习题集(非机类)
画法几何及机械制图
(机类)
画法几何及机械制图
习题集(机类)
电工技术(非电类)
电子技术(非电类)
理论力学
材料力学
机械原理
机械设计
热加工工艺基础
机械加工工艺基础
机械工程材料
机械制造工艺学
机床电气自动控制
液压传动及控制
金属切削原理及刀具

EAC55108

工科院校机类、电类 专科系列教材书目

机床夹具设计
金属切削机床
冲压工艺及模具设计
机械工程测试技术
工程力学
机械基础
电路分析及磁路(上)
电路分析及磁路(下)
模拟电子技术
数字电子技术
控制工程基础
电磁测量
电机及电力拖动基础
电机学
自动控制原理
计算机导论及算法语言
微机、单片机原理及应用
微机控制技术
电力电子技术
电力系统及电力网
发配电电气设备及运行
电力系统继电保护
电力系统自动装置
高电压技术
可编程控制及其应用
自动控制系统
工厂供电及节能
工厂电气控制技术

目 录

第一篇 铸造	1
第一章 铸造工艺基础	1
第一节 合金的流动性与充型能力	1
第二节 合金的收缩	3
第三节 铸造应力、变形和裂纹	6
复习思考题	8
第二章 砂型铸造	9
第一节 砂型铸造的特点	9
第二节 铸造工艺图的制订	9
第三节 钢和有色金属铸件的铸造工艺特点	15
复习思考题	16
第三章 特种铸造	17
第一节 熔模铸造	17
第二节 金属型铸造	19
第三节 压力铸造	20
第四节 离心铸造	22
第五节 壳型铸造	22
第六节 其它特种铸造方法	23
复习思考题	26
第四章 铸件结构设计	27
第一节 铸造工艺对结构设计的要求	27
第二节 合金铸造性能对结构设计的要求	30
复习思考题	35
第二篇 锻压	36
第五章 金属压力加工工艺基础	36
第一节 金属塑性变形后的组织和性能	36
第二节 金属的可锻性	38
第三节 金属的加热	39
复习思考题	42
第六章 锻造	43
第一节 自由锻、模锻和胎模锻	43
第二节 常用锻造设备及其锻造特点	47
复习思考题	50
第七章 冲压	51
第一节 板料冲压的基本工序	51

第二节	冲模和冲床	54
复习思考题	.....	56
第八章	锻压件结构设计	57
第一节	自由锻件的结构设计	57
第二节	模锻件的结构设计	58
第三节	冲压件的结构设计	59
复习思考题	.....	61
第九章	其它压力加工方法	62
第一节	精密模锻	62
第二节	爆炸成形	63
第三节	轧制	65
第四节	超塑性成形	67
第五节	旋压和摆辗	68
第六节	粉末锻造	69
第七节	挤压	70
复习思考题	.....	71
第三篇	焊接	72
第十章	熔化焊	72
第一节	熔化焊的基本知识	72
第二节	电弧焊	77
第三节	其它熔化焊方法	84
复习思考题	.....	87
第十一章	压力焊和钎焊	88
第一节	压力焊	88
第二节	钎焊	91
第三节	微机在焊接中的应用	92
复习思考题	.....	93
第十二章	常用金属材料的焊接	94
第一节	金属材料的焊接性	94
第二节	碳钢和普通低合金结构钢的焊接	95
第三节	奥氏体不锈钢及复合板的焊接	96
第四节	铸铁的焊补	98
第五节	有色金属的焊接	99
第六节	焊接结构设计	101
复习思考题	.....	105
第四篇	毛坯的选择和检验	106
第十三章	材料和毛坯的选择	106
第一节	零件材料的选择	106
第二节	毛坯的选择	107
第三节	毛坯选择实例	110

第十四章 毛坯质量检验	117
第一节 毛坯质量概念及检验意义	117
第二节 毛坯的检验	120
复习思考题	123
参考文献	124

第一篇 铸 造

第一章 铸造工艺基础

将金属加热到熔融状态,浇注到铸型型腔中,凝固、清理后获得毛坯或零件的工艺过程叫铸造。

铸造生产的适应性很强,铸件可轻到仅几克,重达数百吨;小仅几毫米,大到十几米;壁薄仅半毫米,厚至千毫米。金属的绝大多数品种均可以铸造。一些塑性差、焊接性差的合金,则只有经过铸造成形,才能制成机器零件,如铸铁、铸造铝合金、铸造铜合金。铸造生产一般无需精密的设备,投资较少,成本较低。铸造生产是运用最广泛的毛坯制造方法,铸件重量通常占一台机器重量的一半以上,有时甚至达 80%。

但是,铸件结晶组织粗大、不均匀,且难免不产生一些铸造缺陷,因而铸件的机械性能比压力加工件差,且质量不够稳定。

要保证铸件质量,必须熔炼出成分合乎要求的合金熔液,并设计和贯彻正确的铸造工艺。在设计铸造工艺时,必须考虑所选用铸造合金的铸造性能。

合金的铸造性能是指合金在铸造中表现的综合工艺性能,包括流动性、吸气性、收缩、偏析等。其中流动性和收缩对合金的铸造性能影响最大。

第一节 合金的流动性与充型能力

一、流动性的概念

熔融金属的流动能力称为流动性,是影响熔融金属充型能力的主要因素之一。合金的流动性好,在浇注细长、薄壁、形状复杂的铸件时,容易获得完整的外形、清晰的轮廓,而不易产生冷隔、浇不足的缺陷;熔液中的气体及渣、砂等杂物能在较小的阻力下,且有较充分的时间浮出,利于减少气孔、夹渣和砂眼等缺陷的产生。因此,合金流动性的好坏在铸件结构设计和制订铸造工艺时要予以充分考虑。

将熔融合金浇入图 1-1 所示的螺旋线形的铸型型腔中,以得到的螺旋形试样的长度来评定其流动性。试样越长,流动性越好。灰口铸铁的流动性最好,硅黄铜次之,铸钢最差。常用铸造合金的流动性列于表 1-1 中。

表 1-1 常用铸造合金的流动性

铸造合金种类	铸型种类	浇注温度(°C)	螺旋线长度(mm)
铸铁,碳硅含量6.2%	砂型	1300	1800
	砂型	1300	1300
	砂型	1300	1000
	砂型	1300	900
	砂型	1300	600
铸钢,碳含量 0.4%	砂型	1600	100
铸钢,碳含量 0.4%	砂型	1640	200
纯铝	金属型 300°C	680	400
铝硅合金	金属型 300°C	680~720	700~800
镁铝锌合金	砂型	700	400~600
锡锌青铜	砂型	1040	420
锡锌铅镍青铜	砂型	930	195
锡锌铅镍青铜	砂型	1050	240
锡锌铅镍青铜	砂型	1100	340
硅黄铜	砂型	1100	1000

二、影响充型能力的因素

影响充型能力的因素很多,除合金本身的化学成分外,还有工艺条件,如浇注温度、铸型种类等。凡是能使液态合金在铸型中流动的速度加快、时间延长的因素,都有利于提高流动性。

1. 化学成分的影响

共晶成分合金的流动性最好。它是在恒温下自表层向中心逐层凝固的,凝固面光滑,合金流动的摩擦阻力小,充型快。而且,共晶合金能在并不很高的温度下获得较大的过热度,有利于延长流动时间。非共晶成分的合金在一定温度范围逐步凝固,处于固液两相共存状态,初生的树枝状晶体使凝固表面粗糙,不仅阻碍流动,且导热系数大,冷却快,流动时间短。显然,非共晶合金流动性较差。因此凝固温度范围越宽,流动性越差,铸件的充型能力也越差。

2. 浇注温度的影响

浇注温度高,过热度高,熔液的流动时间延长,粘度也降低,流速增加。铸铁的浇注温度每提高 10°C,流动性指标增长 100mm。但是,浇注温度过高,又影响吸气性、收缩,以及易粘砂、促成粗晶等。因此,应根据合金成分及铸件结构特点具体确定适当的浇注温度,以便全面保证质量。

合金的流动性是影响液态合金充型能力的主要因素。影响充型能力的另一主要因素是铸

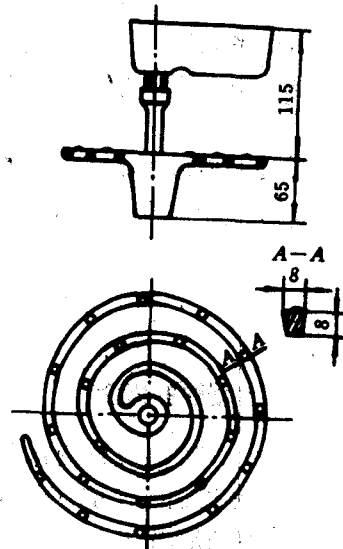


图 1-1 螺旋线流动性试样

造条件,包括铸型的蓄热系数、导热性能、浇注系统和铸型的排气能力等。此外,铸件结构本身对充型能力也有相当的影响。

第二节 合金的收缩

一、合金的收缩

液态合金在型腔内凝固和冷却的过程中,体积缩小的现象称为收缩。合金的收缩分三个阶段:

液态收缩 从浇注到开始凝固期间的收缩。

凝固收缩 从开始凝固到完全凝固期间的收缩。

固态收缩 从完全凝固到室温期间的收缩。

液态收缩和凝固收缩表现为熔液体积缩小,用体积收缩率表示收缩的程度。固态收缩表现为铸件尺寸的缩小,常用线收缩率表示固态收缩的程度。体积收缩是产生缩孔、缩松的基本原因;固态收缩是铸件变形、产生内应力和裂纹的主要原因。

常用铸造合金的收缩率,铸钢最大,灰口铸铁最小(见表 1-2)。灰口铸铁中的碳仅有少数与铁化合为 Fe_3C ,其余的碳在结晶过程中作为石墨析出,石墨的比容大,使体积膨胀,可抵消一部分凝固收缩量,所以灰口铸铁总收缩最小。

表 1-2 几种铁碳合金的体积收缩率

合金种类	含碳量 (%)	浇注温度 (°C)	液态收缩 (%)	凝固收缩 (%)	固态收缩 (%)	总体积收缩 (%)
碳素铸钢	0.35	1610	1.6	3	7.86	12.46
白口铸铁	3.0	1400	2.4	4.2	5.4~6.3	12~12.9
灰口铸铁	3.5	1400	3.5	0.1	3.3~4.2	6.9~7.8

二、影响收缩的因素

1. 化学成分

碳素钢的含碳量增加,结晶温度范围变宽,凝固收缩增大。灰口铸铁中,碳是形成石墨的元素,硅促进石墨化,硫阻碍石墨化。因此碳硅量越多,硫越少,石墨析出越多,凝固收缩越小。

2. 浇注温度

浇注温度越高,过热度越大,液态收缩越大。

三、铸件线收缩量

表 1-2 所列合金的收缩率是自由收缩条件下的体积收缩率理论值,理论线收缩率为其三分之一。铸件收缩率是以模样长度和铸件长度差与模样长度之比的百分数表示。由于造型、起模和铸件结构等因素,该值小于理论线收缩率,在制造模样时,通常灰口铸铁取 0.7~1%,铸钢取 1.3~2%。

四、缩孔和缩松的形成

铸造时,由于液态收缩和凝固收缩在铸件最后凝固部分会形成一些孔洞。大而集中的孔洞称为缩孔,小而分散的孔洞,叫缩松。

1. 缩孔的形成

液态合金充满型腔后,最初的液态收缩能从浇注系统得到补充。铸件外缘散热最快,温度最低,首先凝固,结成外壳,堵住了内浇口(图 1-2b)。在此后凝固的过程中,壳内的液态收缩得不到补充,体积减缩,液面逐渐下降,在上部形成了表面不光滑,形状不规则,但多近于倒圆锥形的缩孔(图 1-2e)。

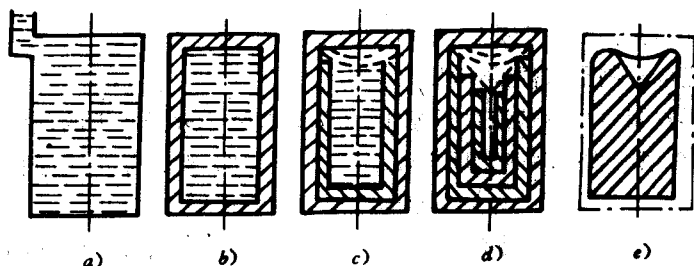


图 1-2 圆柱体铸件中缩孔形成示意图

若凝固过程中不析出或只少量析出气体,缩孔为真空或接近真空,大气压力可将顶面压凹下去。此时的缩孔就包括缩凹和缩孔两部分。

有时缩孔产生在最后凝固的表面处,呈现明显的凹坑,这种缩孔叫明缩孔。

2. 缩松的形成

当合金的结晶温度范围很宽,铸件的温度梯度小时,凝固过程中有较宽的糊状固液两相并存的区域。随着树枝状晶粒的长大,该区域被分割成许多孤立的小部分,各部分内剩余液态金属的收缩得不到补充,便在靠近缩孔下方轴心的附近,形成表面很粗糙、散布较宽的密集孔洞。这些孔洞,剖切后能用眼或放大镜检视,称为宏观缩松(图 1-3)。

当晶粒以树枝状长大方式长大大时,晶轴间最后凝固的液体合金部分的收缩得不到补充便形成在显微镜下才能观察到的许多微小的孔洞——显微缩松。一般铸件都或多或少存在显微缩松。通常不把显微缩松当作铸造缺陷,除非铸件有高气密性,高机械性能等的要求。

3. 缩孔与缩松的分配

缩孔与缩松产生的基本原因相同,产生缩孔或是缩松,以及缩孔与缩松的比例,取决于凝固方式。

缩孔形成于逐层凝固过程,共晶成分合金和纯金属的凝固属于逐层凝固,易形成缩孔(图 1-4a)。若整个断面都是固液并存的凝固区,即先成糊状,而后全部凝固,这种凝固方式叫糊状凝

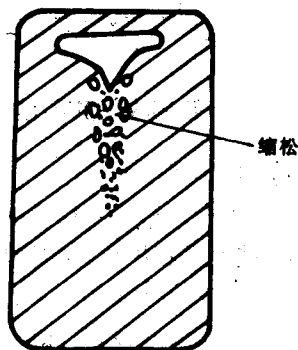


图 1-3 缩孔下方的缩松

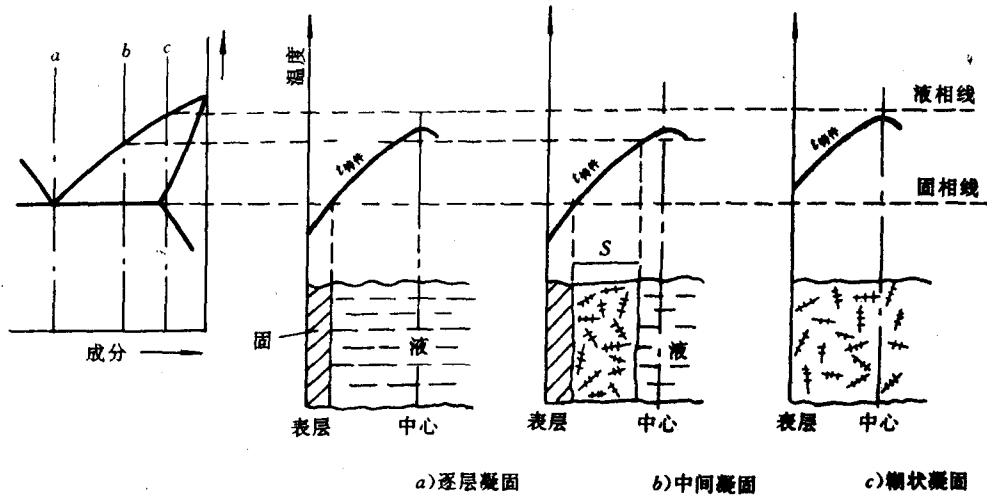


图 1-4 铸件的凝固方式

固(图 1-4c)。糊状凝固补缩困难,易于形成缩松。实际上铸件的凝固方式大多介于两种凝固方式之间,即两种凝固方式并存(图 1-4b),因此,既形成缩孔,也形成缩松,其总收缩容积为两者容积之和(不计凹缩)。两者的分配与合金的成分有关。由图 1-5 可见,凝固温度范围宽的合金缩松容积占的比例大。

除合金成分外;过热度、冷却条件和凝固压力等均影响缩孔与缩松的分配。

五、缩孔的防止

缩孔是危害较大的铸件缺陷,应根据铸件所用的合金、结构、要求等采取工艺措施,控制其凝固过程,将收缩集中移入冒口之内,或分散为缩松。

1. 采用顺序凝固方式

使铸件从远离浇冒口的部分到冒口之间形成递增的温度梯度,凝固从远离浇冒口的部分开始,顺序地向浇冒口方向进行。如图 1-6 所示,细薄部分由厚实部分补缩,厚实处由冒口补缩,最后缩孔移入冒口内,获得致密的铸件。

设冒口补缩,造型费工,多耗金属,增加铸件成本,主要用于凝固收缩大,结晶温度范围小的合金,如铸钢、球墨铸铁、高牌号灰口铸铁、黄铜等。

2. 采用同时凝固方式

使铸件各部分的温度均匀,接近同时凝固(图 1-7),将其收缩均匀分散,成为缩松。这样可不用冒口补缩,但铸件气密性差。

同时凝固主要用于靠石墨化膨胀补偿凝固收缩的球墨铸铁铸件;用于倾向糊状凝固,不易实现冒口补缩的锡青铜铸件以及补缩效果差的薄壁铸钢件等。

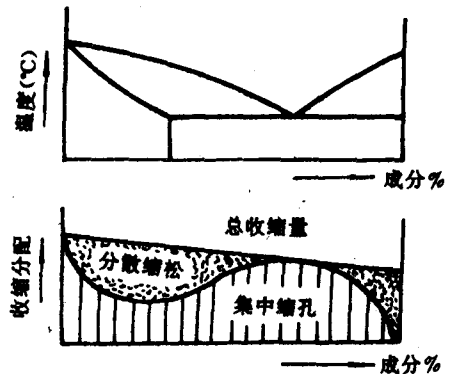


图 1-5 状态图与缩孔、缩松倾向的关系

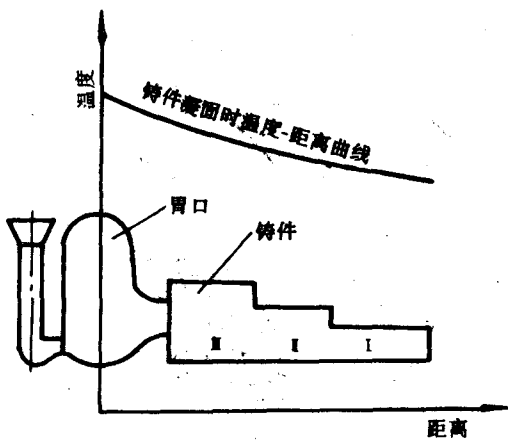


图 1-6 铸件实现顺序凝固示意图

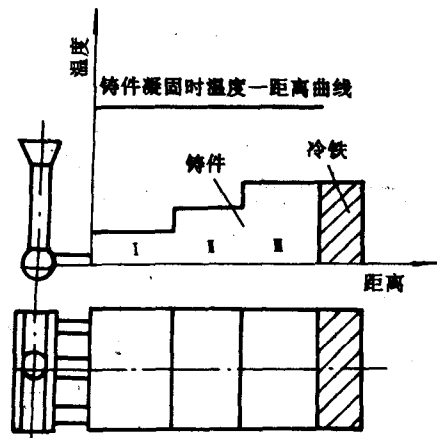


图 1-7 铸件的同时凝固

第三节 铸造应力、变形和裂纹

铸件凝固后，温度继续下降，产生固态收缩，尺寸缩小。当收缩受到阻碍时，便在铸件内部产生应力。这种内应力有的仅存在于冷却过程中，有的一直残留到室温，称为残余应力。铸造内应力导致铸件变形，也是产生裂纹的基本因素。

一、收缩应力

铸造内应力简称铸造应力，按产生的机理分收缩应力、热应力和全相组织转变时体积变化产生的相变应力。

收缩应力是由于铸件在固态收缩时受到铸型和型芯的阻碍而产生的(图 1-8)。但落砂后，收缩阻力消失，收缩应力即随之消失。要注意的是收缩应力和热应力的共同作用，可能使个别部分的拉应力超过铸件材料高温时的强度，导致产生裂纹，如图 1-8 中 A 处。因此应保证型砂和芯砂具有足够的退让性，正确设置型芯骨，合理布置浇注系统，及时落砂，以减小收缩应力。

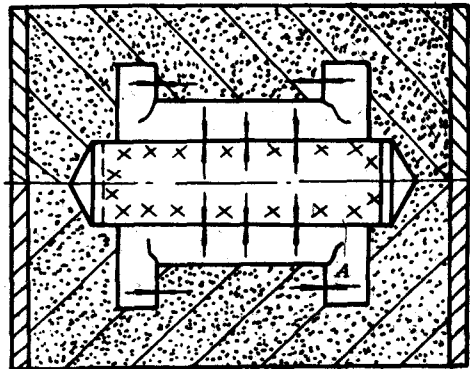


图 1-8 铸件产生收缩应力示意

二、热应力与变形

热应力是由于铸件各部分壁厚不同，各部分的冷却速度不同，因而固态收缩不一致而产生。

如图 1-9 所示铸件中，I 部壁厚，散热快，先凝