



机电工程类专业“互联网+”创新型精品教材



浙江省普通高校“十三五”新形态教材

金工实训

JINGONG SHIXUN

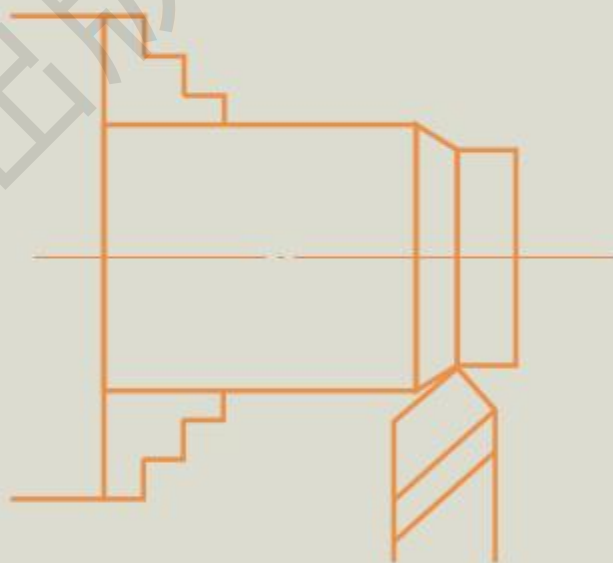
主 编 余华春 程阔华 孙立波

金工实训

主 编 余华春 程阔华 孙立波

北京出版集团公司
北京出版社

北京出版社



扫描二维码
共享立体资源

北京出版集团公司
北 京 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

金工实训 / 余华春, 程阔华, 孙立波主编. -- 北京 :
北京出版社, 2017.7 (2022 重印)

ISBN 978-7-200-13026-3

I. ①金… II. ①余… ②程… ③孙… III. ①金属加工—实习—高等职业教育—教材 IV. ①TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 109224 号

金工实训

JINGONG SHIXUN

主 编: 余华春 程阔华 孙立波

出 版: 北京出版集团公司

北 京 出 版 社

地 址: 北京北三环中路 6 号

邮 编: 100120

网 址: www.bph.com.cn

总发行: 北京出版集团公司

经 销: 新华书店

印 刷: 定州市新华印刷有限公司

版 次: 2017 年 7 月第 1 版 2022 年 9 月修订 2022 年 10 月第 3 次印刷

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张: 15.5

字 数: 273 千字

书 号: ISBN 978-7-200-13026-3

定 价: 39.80 元

质量监督电话: 010-82685218 010-58572162 010-58572393

目 录

单元一 砂型铸造	1
单元二 特种加工	18
任务1 电火花去除断入工件的丝锥	19
任务2 螺纹对刀样板的线切割加工	23
单元三 手工电弧焊	31
任务1 手工电弧焊的基本操作	32
任务2 平焊	46
单元四 钢的热处理	54
任务1 钢的退火和正火	55
任务2 钢的淬火和回火	61
单元五 磨削	68
任务1 认识磨床	69
任务2 平面磨床的加工	83
单元六 车削加工	90
任务1 认识车床	91
任务2 台阶轴的加工	99
任务3 台阶轴（有槽）的加工	103
任务4 锥度轴的加工	107

任务5 螺纹轴的加工	113
单元七 钳工	122
任务1 认识钳工	123
任务2 划线	134
任务3 锯削	139
任务4 锉削	146
任务5 钻孔、铰孔、铰孔、攻丝和套丝	152
单元八 铣削与刨削	164
任务1 认识铣床	165
任务2 卧式铣床	169
单元九 数控加工	177
任务1 认识数控车床	178
任务2 带螺纹阶梯轴的工艺分析与编程	187
任务3 带螺纹阶梯轴的加工与调试	197
任务4 认识数控铣床	206
任务5 八角连接底座的工艺分析与编程	214
任务6 八角连接底座的加工与调试	223
参考答案	238
参考文献	242

单元一

砂型铸造

铸造是一种金属成形的方 法，即将金属加热到液态，使其具有流动性，然后浇注到具有一定形状的型腔的模型中，液态金属在重力场或外力场（压力、离心力、电磁力等）的作用下充满型腔，冷却并凝固成具有型腔形状的铸件。

铸造在机器制造业中应用极其广泛。在机床、内燃机、重型机器中，铸件重量占 70% ~ 90%；在风机、压缩机中，铸件重量占 60% ~ 80%；在农业机械中，铸件重量占 40% ~ 70%；在汽车中，铸件重量占 20% ~ 30%。

最传统的铸造方法是砂型铸造，压力铸造、熔模铸造的基本原理与其相同，也可以说是由其发展而来的。

一、主要内容

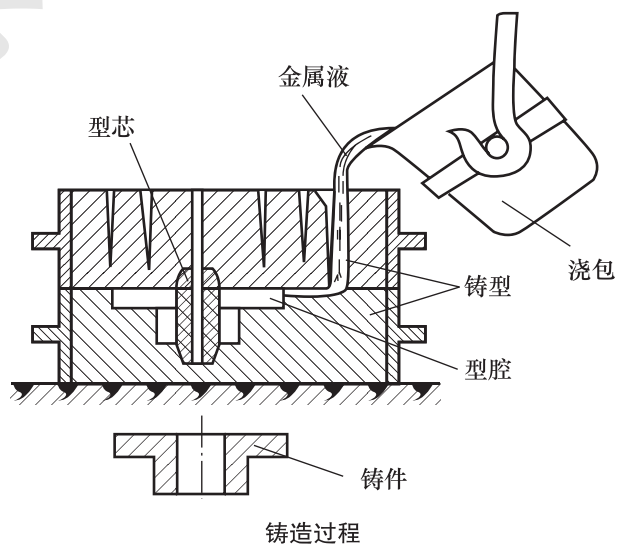
1. 砂型铸造的方法。
2. 砂型铸造的工艺过程。

二、实训要求

1. 掌握砂型铸造的操作方法。
2. 会使用各种工具造型。
3. 能吃苦耐劳，安全、文明生产。

三、基本技能要求

1. 掌握砂型铸造的工艺过程。
2. 能分析铸造中出现缺陷的原因并掌握改进措施。



【任务描述】

采用砂型铸造的方法制造出图 1-1 所示的零件，要求铸件表面光滑，无缺陷。在生产过程中遵守操作规程，养成安全、文明生产的好习惯。

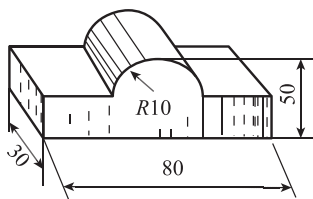


图 1-1 铸造零件

【任务目标】

- 能说出砂型铸造的含义。
- 能掌握铸造工艺的基本知识。
- 会操作砂型铸造的一般工艺流程。
- 能分析铸造中出现缺陷的原因及采取的改进措施。

【任务实施】**1. 设备、工具准备**

- (1) 认识砂型铸造的常用工具。
- (2) 准备好型砂。
- (3) 制作模样（可用木头手工制作）。
- (4) 了解安全、文明生产的知识。

2. 任务分析

其典型生产流程为制作模样—造型、制芯—合箱浇注—落砂清理—检验、加工。本任务不需要制芯，比较简单，主要掌握砂型铸造的方法。

砂型铸造的重点是造型。其具体顺序为选取合适砂箱→放置木模（模样）→填砂→紧实→放置上砂箱→安置浇冒口→填砂→紧实→起模修型→硬化。

3. 任务实施

操作步骤：

- (1) 把木模放入砂箱中，如图 1-2 所示。
- (2) 在砂箱中加入适当造型砂，使用工具将砂箱中的造型砂紧实，紧实程度要适中，如图 1-3 ~图 1-7 所示。

注意：为了防止造型砂粘住木模，先撒防粘材料，如图 1-3 所示。

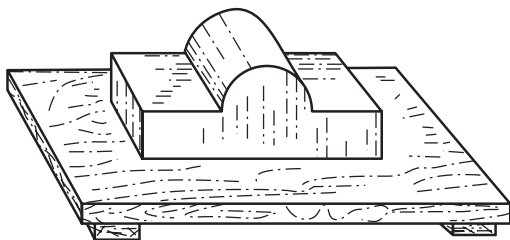


图 1-2 安放木模

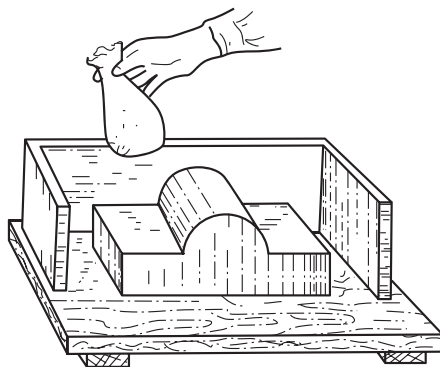


图 1-3 撒防粘材料

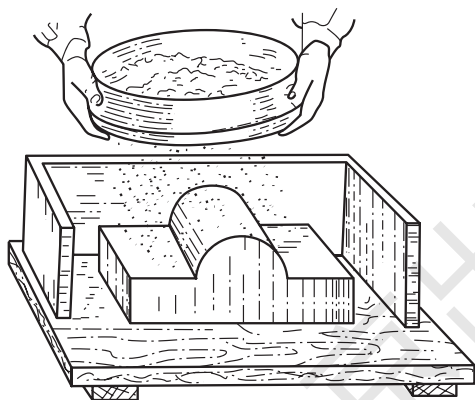


图 1-4 盖上面砂

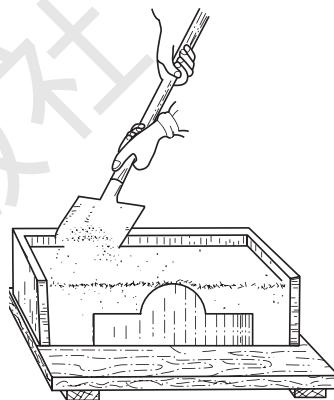


图 1-5 铲填背砂

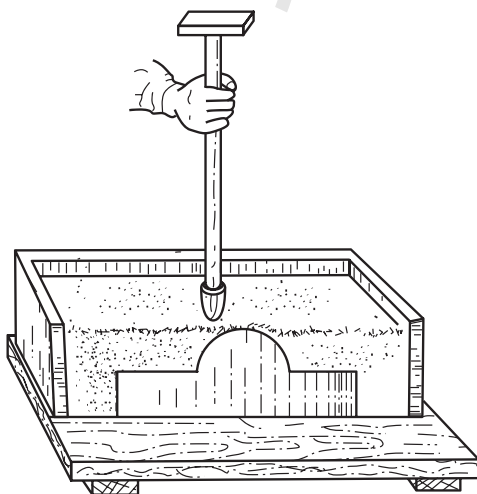


图 1-6 用尖头砂冲春砂

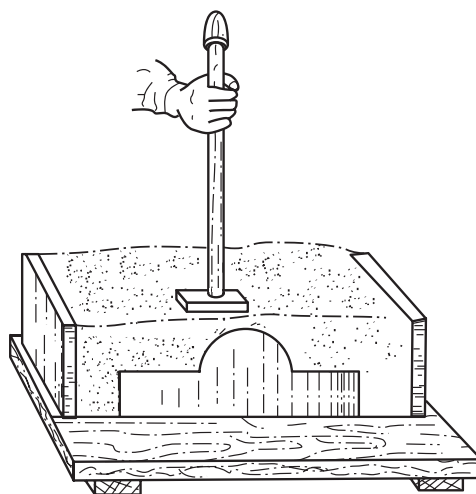


图 1-7 用平头砂冲春砂

(3) 用刮板刮去高出砂箱的造型砂，使砂型表面与砂箱的边缘平齐，如图 1-8 所示。

(4) 使用通气针扎出通气孔，如图 1-9 所示。

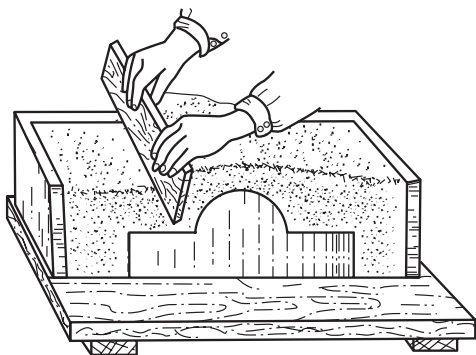


图 1-8 刮去多余型砂

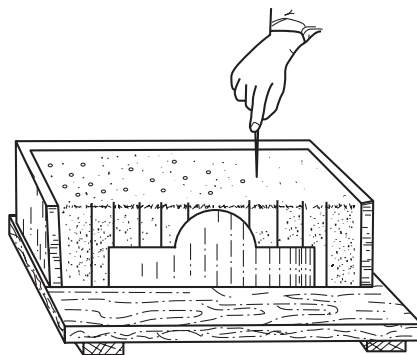


图 1-9 扎出通气孔

(5) 翻转下型，如图 1-10 所示。

(6) 撒分型砂，如图 1-11 所示。

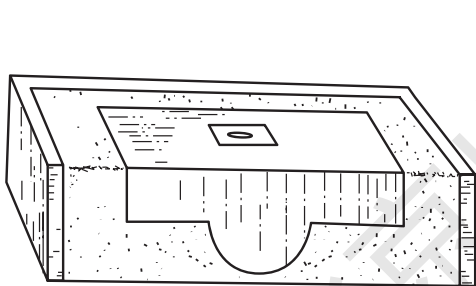


图 1-10 翻转下型

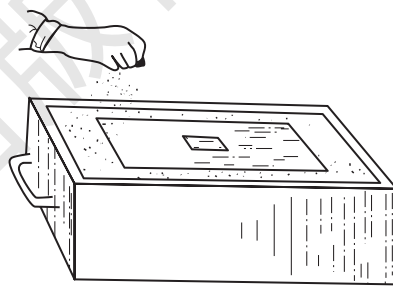


图 1-11 撒分型砂

(7) 用皮老虎吹去铸模上的分型砂，如图 1-12 所示。

(8) 安置上砂箱，如图 1-13 和图 1-14 所示。

注意：上、下砂箱的箱口要对齐，并做好对齐记号。

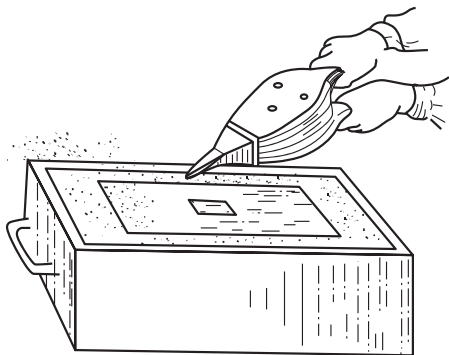


图 1-12 吹去铸模上的分型砂

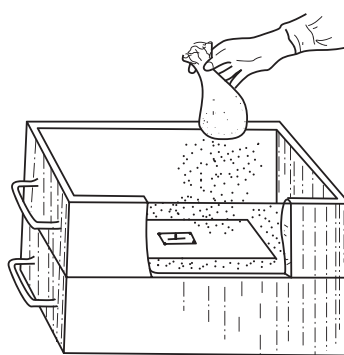


图 1-13 撒防粘材料

(9) 在上砂箱中安置浇冒口，添加造型砂并舂实，如图 1-15 所示。

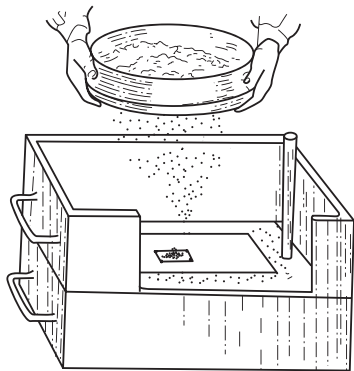


图 1-14 加面砂

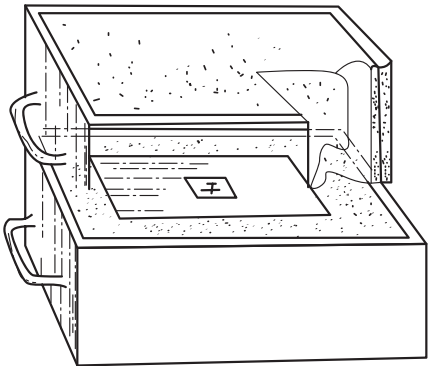


图 1-15 安置浇冒口

(10) 分箱起模并修型。移去上箱，用掸笔润湿型砂，如图 1-16 所示。起模，如图 1-17 所示。

注意：这一步需要适当地修整内腔。

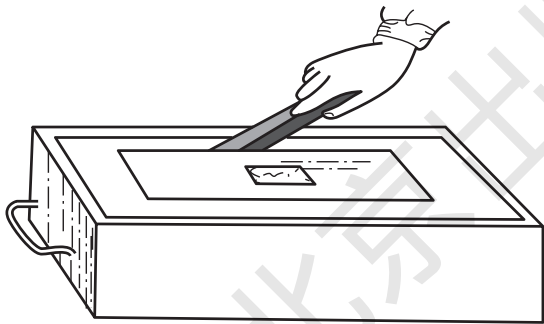


图 1-16 润湿型砂

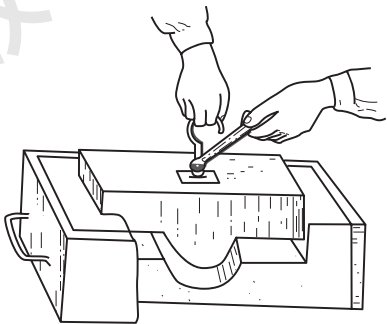


图 1-17 起模

(11) 开挖浇口，如图 1-18 和图 1-19 所示。

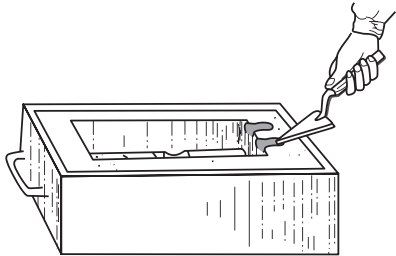


图 1-18 开挖浇口

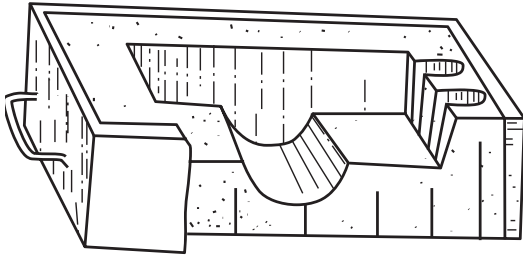


图 1-19 开挖浇口后的砂型

(12) 合箱，如图 1-20 所示。

注意：对齐记号要对准。

(13) 浇注，将充分熔化了了的金属从冒口浇注到型腔中。

注意：温高缓，温低急；引流准，浇注稳，收流猛。注意挡渣，防止飞溅，不准半浇，允许点补（缩），遇有穿漏，迅速处理。

(14) 让金属冷却。

(15) 把砂型模具敲掉后取出铸件，如图 1-21 所示。

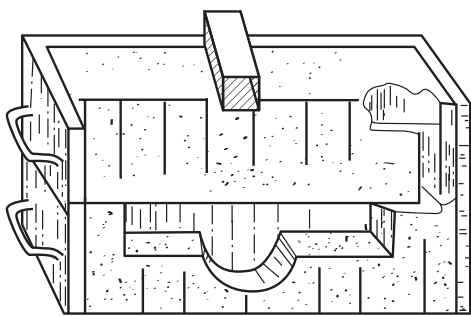


图 1-20 合箱后的砂型

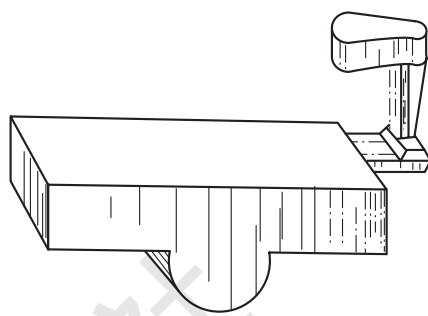


图 1-21 铸件

(16) 铸件清理。其具体顺序为清理铸件表面、型腔中的废砂→气割铸件浇口、冒口、毛刺，打磨铸件→质量验收。

特别提示：

按照要求佩戴好劳保用品，并对工作环境进行安全确认。

【任务评价】

表 1-1 考核评价表

序号	评价内容	评价要素	评分	得分
1	制作木模	要求木模轮廓完整，无裂纹、无破损、无残缺，表面光洁，尺寸符合要求，做错一项扣 3 分	15	
2	浇注系统设置	浇口、冒口的安放位置要合理，大小要适宜且不妨碍铸件收缩，便于排气、落砂和清理，不合理的酌情扣 1 ~ 5 分	20	
3	砂型型腔质量	(1) 砂型无飞边、无毛刺、无残缺，型腔内干净、无残砂等异物； (2) 型腔应干燥，硬化程度高，合箱前要保证充分干燥（冬季可适当延长硬化和烘烤的时间）； (3) 砂型轮廓完整、清晰，合箱箱印或记号完整、清晰。 发现一项不合格扣 5 分	15	
4	完成操作	操作步骤、方法正确，未按操作程序及操作规定执行的扣 10 分	25	
5	正确选择和使用工具	合理使用工具，未按规定正确使用的扣 1 ~ 5 分	15	

续表

序号	评价内容	评价要素	评分	得分
6	操作规程	遵守操作规程，违反有关规定的扣 1 ~ 5 分	5	
7	按企业文明生产规定考核	根据达到规定标准的程度进行评定，安全防护用品穿戴不整齐时酌情扣 1 ~ 5 分	5	
合计			100	

【知识链接】

1. 砂型铸造的概念

将液态合金浇注到与零件形状、尺寸相适应的砂型空腔中，待其冷却、凝固，以获得毛坯或零件的生产方法称为砂型铸造。

到目前为止，砂型铸造仍然是应用最广泛的铸造方法。这是因为砂型铸造不受合金种类、铸件形状和尺寸的限制，适应各种批量的生产，具有操作灵活、设备简单、生产准备时间短等优点。目前，我国砂型铸造件仍占铸件总产量的 80% 以上。

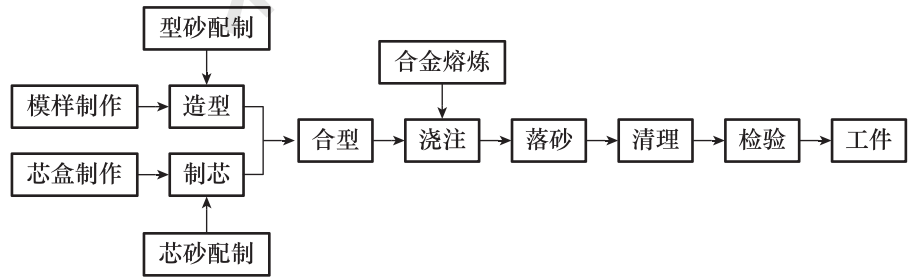
2. 砂型铸造的特点

优点：（1）可以生产出形状复杂，特别是具有复杂内腔的零件毛坯，如各种箱体、床身、机架等；（2）铸造生产的适应性广，工艺灵活性大；（3）铸造用原材料大都来源广泛，价格低廉，并可直接利用废机件，故铸件成本较低。

缺点：（1）铸造组织疏松、晶粒粗大，内部易产生缩孔、缩松、气孔等缺陷，因此，铸件的力学性能特别是冲击韧性低于同种材料的锻件；（2）铸件质量不够稳定。

3. 铸造工艺

一般铸造工艺：



4. 铸造砂

造型的基本原材料是铸造砂和型砂黏结剂。最常用的铸造砂是硅质砂。当硅质砂的高温性能不能满足使用要求时，则使用锆英砂、铬铁矿砂、刚玉砂等特种砂。为使制成的砂型和型芯具有一定的强度，在搬运、合型及浇注液态金属时不致变形或损坏，一般要在铸造中加入型砂黏结剂，将松散的砂粒黏结成型砂。应用最广的型砂黏结剂是黏土，也可采用各种干性油或半干性油、水溶性硅酸盐或磷酸盐和各种合成树脂作

为型砂黏结剂。

5. 造型工具

常用的造型工具有以下几种：

(1) 砂箱。造砂型时需要用一种无底、无盖并围绕砂型的框架，以防止型砂捣实时向外挤出，这种框架称为砂箱。砂箱的作用是便于造型、翻转砂型及搬运砂型。砂箱可紧固其内所捣实的型砂，它的四壁可承受金属液对型砂的侧压力，砂箱附有合型时的对准装置及吊运翻箱和夹紧装置，如图 1-22 所示。

砂箱的结构和尺寸做得是否合理，对获得优质铸件、提高生产效率和减轻劳动强度都有重要的意义。在选择砂箱大小时，要根据模样的大小和数量来定。模样应该有足够的吃砂量（模样边与砂箱内壁的距离），吃砂量太小，舂不紧，砂型强度低，易造成冲砂和漏箱缺陷；吃砂量太大，则浪费人力及型砂，降低生产效率。选用多大的砂箱，应根据具体情况而定。

(2) 筛子。筛子有方形筛和圆形筛两种。方形筛用来筛分原砂或型砂，如图 1-23 所示；圆形筛一般为手筛，用来将面砂筛到模样表面。

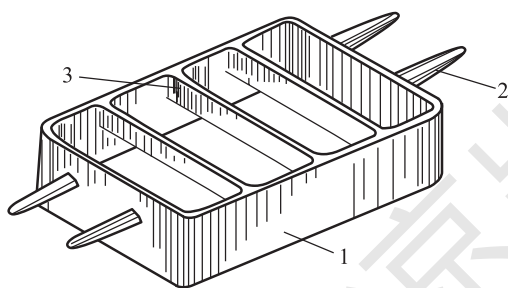


图 1-22 砂箱

1—箱体； 2—搭手； 3—箱挡

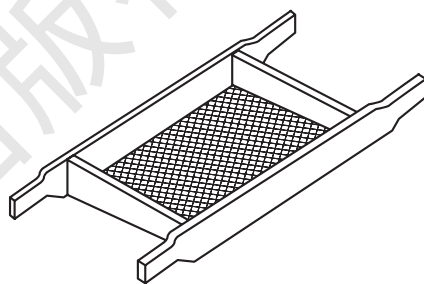


图 1-23 筛子

(3) 铁锹。铁锹用来铲运和拌和型（芯）砂，如图 1-24（a）所示。

(4) 掸笔。掸笔用来在起模前润湿模样边缘的型砂，或在小的砂型和砂芯上涂刷涂料，如图 1-24（b）所示。

(5) 通气针。通气针又称气眼针，有直的和弯的两种，用来扎出通气的孔眼，由铁丝或钢条制成，如图 1-24（c）所示。

(6) 皮老虎。皮老虎用来吹去砂型上散落的灰土和砂粒，使用时不可用力过猛，以免损坏砂型，如图 1-24（d）所示。

(7) 砂冲。砂冲用来舂实型砂，砂冲的头部分为扁头和平头两种，一般将它们分别做在砂冲的两端，扁头砂冲用来舂实模样周围及砂箱靠边处或狭窄部分的型砂，平头砂冲用来舂平砂型表面，如图 1-24（e）所示。

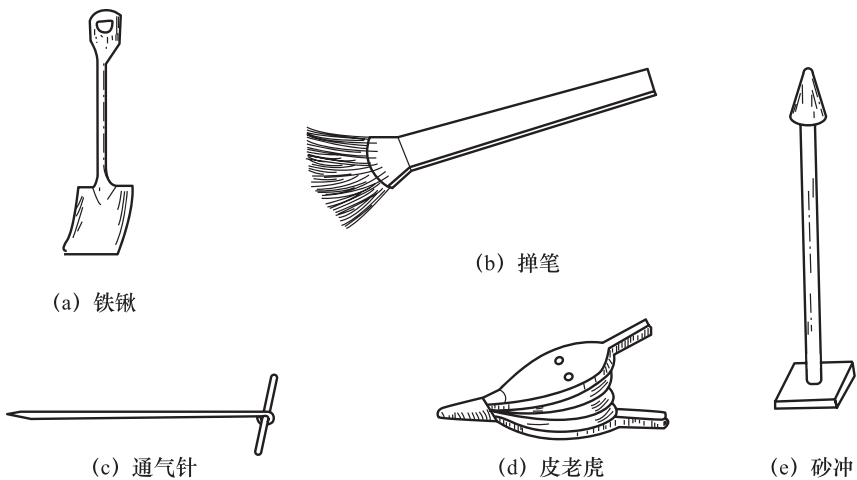


图 1-24 造型工具

6. 修型工具

制好的砂型（芯）还要用各种形状的修型工具把其缺陷修补好，使砂型（芯）质量合格。常用的修型工具有以下几种：

（1）刮刀。刮刀一般用工具钢制成，其头部形状有平头的、圆头的和尖头的几种，手柄用硬木制成，如图 1-25（a）所示。刮刀用来修理砂型（芯）的较大平面，开挖浇冒口，切割大的沟槽及在砂型插钉时把钉子拍入砂型等。

（2）竹片梗。竹片梗用来修整垂直弧形的内壁和它的底面，如图 1-25（b）所示。

（3）榔头钩。榔头钩用来修整圆形、弧形凹槽、法兰面等，如图 1-25（c）所示。

（4）提钩。提钩用工具钢制成，如图 1-25（d）所示。提钩用来修理砂型（芯）中深而窄的底面和侧壁及落在砂型中的散砂。

（5）双头铜勺。双头铜勺是一种铜制的、两头均为匙形的修型工具，如图 1-25（e）所示。双头铜勺用来修整曲面或窄小的凹面。

（6）法兰梗。法兰梗由钢或青铜制成，如图 1-25（f）所示。法兰梗用来修理砂型（芯）深而窄的底面及管子两端法兰的窄边。

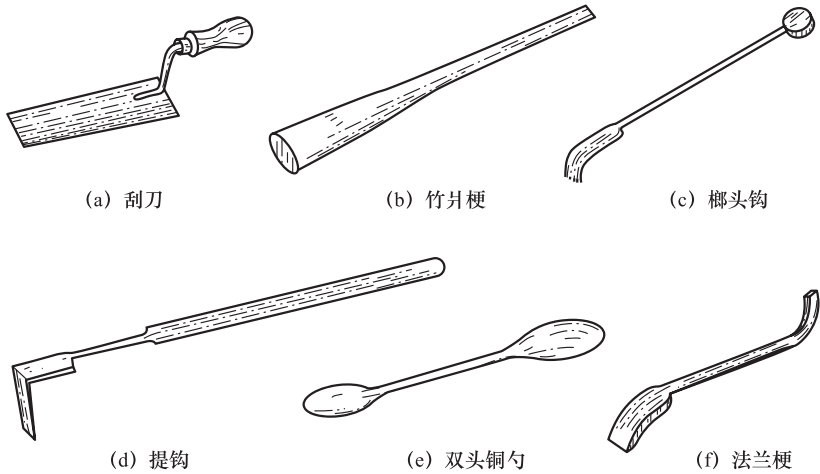


图 1-25 修型工具

7. 造型方法

造型方法有很多,但每种造型方法大都包括舂砂、起模、修型和合箱这几道工序。

(1) 造型模样

用木材、金属或其他材料制成的铸件原形统称为模样,它是用来形成铸型的型腔。用木材制作的模样称为木模,用金属或塑料制成的模样称为金属模或塑料模。目前,大多数工厂使用的是木模。模样的外形与铸件的外形相似,不同的是铸件上如有孔穴,在模样上不仅实心无孔,而且要在相应位置制作出芯头。

(2) 造型前的准备工作

①准备造型工具,选择平整的底板和大小适应的砂箱。砂箱选择过大,不仅消耗过多的型砂,而且浪费舂砂工时;砂箱选择过小,则木模周围的型砂舂不紧,在浇注的时候金属液容易从分型面(交界面)间流出。通常,木模与砂箱内壁及顶部之间须留有 30 ~ 100 mm 的距离,此距离称为吃砂量。吃砂量的具体数值视木模大小而定。

②擦净木模,以免造型时型砂粘在木模上,当起模时损坏型腔。

③安放木模时应注意木模上的斜度方向,不要把它放错。

(3) 舂砂

①舂砂时必须分次加入型砂。对小砂箱每次加砂 50 ~ 70 mm。加砂过多舂不紧,而加砂过少又费工时。第一次加砂时须用手将木模周围的型砂按紧,以免木模在砂箱内的位置发生移动。然后用舂砂锤的尖头分次舂紧,最后改用舂砂锤的平头舂紧型砂的最上层。

②舂砂应按一定的路线进行。切不可东一下、西一下地乱舂,以免各部分松紧不一。

③舂砂用力大小应该适当。用力过大,砂型太紧,浇注时型腔内的气体跑不出来;用力过小,砂型太松易塌箱。同一砂型各部分的松紧度是不同的,靠近砂箱内壁部分应舂紧,以免塌箱;靠近型腔部分应稍紧些,以承受液体金属的压力;远离型腔部分应适当松些,以利于透气。

④舂砂时应避免舂砂锤撞击木模。一般舂砂锤与木模相距 20 ~ 40 mm,否则易损坏木模。

(4) 撒分型砂

在造上砂型之前,应在分型面上撒一层细粒无黏土的干砂(分型砂),以防止上、下砂箱粘在一起开不了箱。撒分型砂时,手应距砂箱稍高,一边转圈一边摆动,使分型砂经指缝缓慢而均匀地散落下来,薄薄地覆盖在分型面上。最后应将木模上的分型砂吹掉,以免在造上砂型时分型砂粘到上砂型表面,而在浇注时被金属液冲下来落入铸件中,使其产生缺陷。

(5) 扎通气孔

除了保证型砂有良好的透气性外,还要在已舂紧和刮平的型砂用通气针扎出通气孔,以便浇注时气体易于逸出。通气孔要垂直而且均匀分布。

(6) 开浇冒口

外浇口应挖成 60° 的锥形, 大端直径为 $60 \sim 80 \text{ mm}$ 。浇口面应修光, 与直浇道的连接处应修成圆弧过渡, 以引导金属液平稳地流入砂型。若外浇口挖得太浅而成碟形, 则在浇注金属液时会四处飞溅伤人。

(7) 做合箱线

若上、下砂箱没有定位销, 则应在上、下砂型打开之前, 在砂箱壁上做出合箱线。其最简单的方法是在箱壁上涂上粉笔灰, 然后用划针画出细线。需进炉烘烤的砂箱, 则用砂泥粘敷在砂箱壁上, 用戥刀抹平后刻出线条, 称为打泥号。合箱线应位于砂箱壁上两直角边最远处, 以保证 x 和 y 方向均能定位, 并可限制砂型转动。两处合箱线的线数应不相等, 以免合箱时弄错。做完合箱线, 即可开箱起模。

(8) 起模

①起模前要用掸笔蘸些水, 刷在木模周围的型砂上, 以防止起模时损坏砂型型腔。刷水时应一刷而过, 不要使掸笔停留在某一处, 以免局部水分过多而在浇注时产生大量水蒸气, 使铸件产生气孔缺陷。

②起模针的位置要尽量与木模的重心铅锤线重合。起模前, 要用小锤轻轻地敲打起模针的下部, 使木模松动, 便于起模。

③起模时慢慢将木模垂直提起, 待木模即将全部起出时快速取出。起模时注意不要偏斜和摆动。

(9) 修型

起模后, 型腔如有损坏, 应根据型腔形状和损坏程度, 正确使用各种修型工具进行修补。如果型腔损坏较大, 可将木模重新放入型腔中进行修补, 然后起出。

砂型型腔的质量要求:

①砂型无飞边、无毛刺、无残缺, 型腔内干净, 无残砂等异物。

②型腔应干燥、硬化程度高, 合箱前要保证充分干燥(冬季可适当延长硬化和烘烤的时间)。

③砂型轮廓完整、清晰, 合箱箱印或记号完整、清晰。

④浇口、冒口的位置设置合理, 大小符合要求; 排气孔通畅, 浇注系统根据铸件设置合理。

(10) 合箱

合箱是造型的最后一道工序, 它对砂型的质量起着重要的作用。合箱前, 应仔细检查砂型有无损坏和散砂, 浇口是否修光等。如果要下型芯, 应先检查型芯是否烘干、有无破损及通气孔是否堵塞等。型芯在砂型中的位置应该准确、稳固, 以免影响铸件的准确度, 并避免浇注时被液体金属冲偏。合箱时应注意使上砂箱保持水平下降, 并应对准合箱线, 防止错箱。合箱后最好用纸或木片盖住浇口, 以免落入砂子或杂物。

8. 浇注系统设置

浇口、冒口的安放位置应合理,大小适宜,不妨碍铸件收缩,便于排气、落砂和清理,应使铸型尺寸尽量减小,简化造型操作,节省型砂用量和降低劳动强度。

9. 浇注前的准备工作

- (1) 了解浇注合金的种类、牌号、待浇注铸型的数量和估算所需金属液的重量。
- (2) 检查浇包的修理质量、烘干预热情况及其运输与倾转机构的灵活性和可靠性。
- (3) 熟悉各种铸型在车间所处的位置,以确定浇注次序。
- (4) 检查浇口、冒口圈的安放及铸型的紧固情况。
- (5) 清理浇注场地,保证浇注安全。

10. 为了获得合格铸件,必须控制浇注温度、浇注速度,严格遵守浇注操作规程

浇注温度对铸件质量影响很大,因此应根据合金种类、铸件结构和铸型特点确定合理的浇注温度范围。金属液由炉中注入浇包时,温度都会降低。根据碳钢的型号,选择适宜的浇注温度,一般浇注温度为 $1\,540 \sim 1\,580\text{ }^{\circ}\text{C}$ (浇包内钢水的温度)。

11. 浇注操作要点

- (1) 浇注之前需除去浇包中金属液面上的熔渣。
- (2) 根据规定的浇注速度和时间范围进行浇注。
- (3) 有冒口的铸型,在浇注后期应按工艺规范进行点注和补注。对大、中型铸件在浇注成型后,冒口要加保温盐进行保温。补火要及时,大型冒口要采取多次补火,补火应在冒口内的钢液凝固结壳前进行。
- (4) 一般浇注大、中型铸钢件时,钢水要在钢包内静置 $1 \sim 2\text{ min}$ 后进行浇注。
- (5) 在保证型腔内的气体排出顺畅的条件下,对要求同时凝固的铸件可采用较高的浇注速度;对要求实现顺序凝固的铸件,尽可能采用较低的浇注速度。
- (6) 对较厚的大铸件或采用底注式浇注系统时,浇注速度可先快后慢;对薄壁小件,浇注速度可先慢后快。
- (7) 温高缓,温低急;引流准、浇注稳,收流猛;包口近杯,不断流,不准碰杯,注意挡渣,防止飞溅,不准半浇,允许点补(缩),遇有穿漏,迅速处理。
- (8) 浇注后待铸件凝固完毕,要及时卸除压铁和箱卡,以减少铸件收缩阻力,避免产生裂纹。

12. 铸件清理

在铸件凝固、冷却到一定温度后,把铸件从砂箱中取出,去掉铸件表面及内腔中的型砂和芯砂的工艺过程称为落砂。落砂通常分为人工落砂和机械落砂两种。

铸件在未完全凝固前,不准搬动铸件,也不允许铸件在 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时喷水强冷。铸件一般经自然冷却 $2 \sim 3\text{ h}$ 后进行清件。

清件工作流程为清理铸件表面、型腔废砂→气割铸件浇口、冒口、毛刺→再次清理铸件残砂→焊补铸件→打磨铸件→质量验收。

按照要求佩戴好劳保用品,并对工作环境进行安全确认;准备好所用机器设备和工具并认真检查,确保机器设备、工具完好,能正常、安全运行和使用。

(1) 利用风镐或水清砂机进行铸件废砂清理。

(2) 铸件废砂清理完毕,按照气割安全技术操作规程操作割枪,切割铸件浇口、冒口、飞边、毛刺。

(3) 铸件切割完毕,符合要求,按照《电焊工安全技术操作规程》操作电焊机,对铸件残缺部位进行焊补,确保铸件完整。

(4) 焊补完毕,符合工艺要求,利用砂轮机对铸件切割、焊补等部位进行打磨处理,以保证切割部位和焊补部位光洁、平整。

(5) 打磨完毕进行验收,准备进行热处理。

13. 铸造应力的防止和消除措施

(1) 采用同时凝固的原则。通过设置冷铁、布置浇口位置等工艺措施,使铸件温差尽量变小,基本实现铸件各部分在同一时间凝固。

(2) 提高铸型温度。

(3) 改善铸型和型芯的退让性。

(4) 进行去应力退火。

【任务拓展】

铸造的发展历程

铸造是将金属熔炼成符合一定要求的液体并浇进铸型里,经冷却凝固、清整处理后得到有预定形状、尺寸和性能的铸件的工艺过程。铸造是现代机械制造业的基础工艺之一。

铸造是人类掌握比较早的一种金属热加工工艺,距今已有约 6 000 年的历史。中国在公元前 1700 年至前 1000 年进入青铜铸件的全盛期,工艺上已达到相当高的水平。中国商朝的 875 kg 的司母戊方鼎、战国时期的曾侯乙尊盘、西汉的透光镜,都是古代铸造的代表产品。

早期的铸件大多是农业生产、宗教、生活等方面的工具或用具,具有浓厚的艺术色彩。那时的铸造工艺是与制陶工艺并行发展的,受陶器的影响很大。

中国在公元前 513 年铸出了世界上最早见于文字记载的铸铁件——晋国铸刑鼎,约重 270 kg。欧洲在公元 8 世纪前后也开始生产铸铁件。铸铁件的出现,扩大了铸件的应用范围。如在 15 至 17 世纪,德、法国先后铺设了不少向居民供饮用水的铸铁管道。18 世纪工业革命以后,蒸汽机、纺织机和铁路等工业兴起,铸件进入为大工业服务的新时期,铸造技术开始有了大的发展。

进入 20 世纪,铸造的发展速度很快,其重要因素之一是产品技术的进步,要求铸

件的各种机械性能更好,同时仍具有良好的机械加工性能;另一个原因是机械工业和其他工业(如化工、仪表等)的发展,给铸造业创造了有利的物质条件。如检测手段的发展,保证了铸件质量的提高和稳定,并给铸造理论的发展提供了条件;电子显微镜等的发明,帮助人们深入到金属的微观世界,探查金属结晶的奥秘,研究金属凝固的理论,指导铸造生产。

在这一时期内开发出大量性能优越、品种丰富的新铸造金属材料,如球墨铸铁、能焊接的可锻铸铁、超低碳不锈钢,铝铜、铝硅、铝镁合金,钛基、镍基合金等,并发明了对灰铸铁进行孕育处理的新工艺,使铸件的适应性更为广泛。

20世纪50年代以后,出现了湿砂高压造型、化学硬化砂造型和造芯、负压造型及其他特种铸造、抛丸清理等新工艺,使铸件具有很高的形状、尺寸精度和良好的表面光洁度,铸造车间的劳动条件和环境卫生也大为改善。

在20世纪以来铸造业的重大进展中,灰铸铁的孕育处理和化学硬化砂造型这两项新工艺有着特殊的意义。这两项发明,冲破了延续几千年的传统方法,给铸造工艺开辟了新的领域,对提高铸件的竞争能力产生了重大的影响。

铸造一般按造型方法来分类,习惯上分为普通砂型铸造和特种铸造。普通砂型铸造包括湿砂型、干砂型和化学硬化砂型三类。特种铸造按造型材料的不同又可分为两大类:一类以天然矿产砂石作为主要造型材料,如熔模铸造、壳型铸造、负压铸造、泥型铸造、实型铸造、陶瓷型铸造等;另一类以金属作为主要铸型材料,如金属型铸造、离心铸造、连续铸造、压力铸造、低压铸造等。

铸造工艺可分为三个基本部分,即铸造金属准备、铸型准备和铸件处理。铸造金属是指铸造生产中用于浇注铸件的金属材料,它是以一种金属元素为主要成分,并加入其他金属或非金属元素而组成的合金,习惯上称为铸造合金,主要有铸铁、铸钢和铸造有色合金。

金属熔炼不仅仅是单纯的熔化,还包括冶炼过程,使浇进铸型的金属在温度、化学成分和纯净度方面都符合预期要求。为此,在熔炼过程中要进行以控制质量为目的的各种检查、测试,液态金属在达到各项规定指标后才能允许浇注。有时,为了达到更高要求,金属液在出炉后还要经炉外处理,如脱硫、真空脱气、炉外精炼、孕育或变质处理等。熔炼金属常用的设备有冲天炉、电弧炉、感应炉、电阻炉、反射炉等。

不同的铸造方法有不同的铸型准备内容。以应用最广泛的砂型铸造为例,铸型准备包括造型材料准备和造型造芯两大项工作。砂型铸造中用来造型造芯的各种原材料,如铸造砂、型砂黏结剂和其他辅料,以及由它们配制成的型砂、芯砂、涂料等统称为造型材料。造型材料准备的任务是按照铸件的要求、金属的性质,选择合适的原砂、黏结剂和辅料,然后按一定的比例把它们混合成具有一定性能的型砂和芯砂。常用的混砂设备有碾轮式混砂机、逆流式混砂机和叶片沟槽式混砂机。后者是专为混合化学自硬砂设计的,可连续混合,速度快。

造型造芯是根据铸造工艺要求，在确定好造型方法、准备好造型材料的基础上进行的。铸件的精度和全部生产过程的经济效果，主要取决于这道工序。在很多现代化的铸造车间里，造型造芯都实现了机械化或自动化。常用的砂型造型造芯设备有高、中、低压造型机，抛砂机，无箱射压造型机，射芯机，冷热芯盒制芯机等。

铸件自浇注冷却的铸型中取出后，有浇口、冒口及金属毛刺披缝，砂型铸造的铸件还黏附着砂子，因此必须经过清理工序。进行这种工作的设备有抛丸机、浇冒口切割机等。砂型铸件落砂清理是劳动条件较差的一道工序，所以在选择造型方法时应尽量考虑到为落砂清理创造方便条件。有些铸件因特殊要求，还要经铸件后处理，如热处理、整形、防锈处理、粗加工等。

铸造是比较经济的毛坯成形方法，形状复杂的零件更能显示出它的经济性，如汽车发动机的缸体和缸盖、船舶螺旋桨及精致的艺术品等。有些难以切削的零件，如汽轮机的镍基合金零件不用铸造方法就无法成形。

另外，铸造的零件尺寸和重量的适应范围很宽，金属种类几乎不受限制；零件在具有一般机械性能的同时，还具有耐磨、耐腐蚀、吸震等综合性能，是其他金属成形方法如锻、轧、焊、冲等所做不到的。因此，在机器制造业中，用铸造方法生产的毛坯零件在数量和吨位上迄今仍是最多的。

铸造生产经常要用的材料有各种金属、焦炭、木材、塑料、气体和液体燃料、造型材料等。所需设备有冶炼金属用的各种炉子，有混砂用的各种混砂机，有造型造芯用的各种造型机、造芯机，有清理铸件用的落砂机、抛丸机等。还有供特种铸造用的机器和设备，以及许多运输和物料处理的设备。

铸造生产有与其他工艺不同的特点，主要是适应性广、需用材料和设备多、污染环境等。铸造生产会产生粉尘、有害气体和噪声，其对环境的污染比其他机械制造工艺更为严重，需要采取措施进行控制。

铸造产品发展的趋势是要求铸件有更好的综合性能、更高的精度、更少的余量和更光洁的表面。此外，节能的要求和社会对恢复自然环境的呼声也越来越高。为适应这些要求，新的铸造合金将得到开发，冶炼新工艺和新设备将相应出现。

铸造生产的机械化和自动化程度在不断提高的同时，将更多地向柔性生产方面发展，以扩大对不同批量和多品种生产的适应性。节约能源和原材料的新技术将会得到优先发展，少产生或不产生污染物的新工艺、新设备将首先受到重视。质量控制技术在各道工序中的检测和无损探伤、应力测定方面将有新的发展。

铸造工作者在电子技术和测试手段不断进步的条件下，将对金属结晶凝固和型砂紧实等理论进行更深入的探索，以研究提高铸件性能和内部质量的有效途径。机器人和电子计算机在铸造生产和管理领域中的应用也将日益广泛。

【职业技能知识点考核】

一、填空题

1. 常见毛坯种类有铸件、压力加工件和焊接件。其中，对于形状较复杂的毛坯一般采用_____。
2. 影响合金充型能力的因素有很多，其中主要有_____、_____
_____和_____三个方面。
3. 铸件应力过大会引起_____、裂纹等缺陷。因此，在进行铸件结构设计时应注意使铸件的_____尽量均匀一致。
4. 制造砂型时，应用模样可以获得与零件外部轮廓相似的铸件外形，而铸件内部的孔腔则是由_____形成的。
5. 铸件常见的缺陷有浇不足、冷隔、_____、_____
和_____等。

二、选择题

1. 下列合金流动性最好的是（ ）。
A. 普通灰铸铁 B. 球墨铸铁
C. 可锻铸铁 D. 蠕墨铸铁
2. 用“最小壁厚”指标限制铸件的壁厚，主要是因为壁厚过小的铸件易产生（ ）。
A. 变形与裂纹 B. 缩孔和缩松
C. 气孔 D. 冷隔和浇不足
3. 为防止大型铸钢件热节处产生缩孔或缩松，生产中常采用的工艺措施是（ ）。
A. 采用在热节处加明、暗冒口或冷铁，以实现顺序凝固
B. 尽量使铸件壁厚均匀，以实现同时凝固
C. 提高浇注温度
D. 采用颗粒大而均匀的原砂，以改善填充条件
4. 在铸造中，设置冒口的目的是（ ）。
A. 改善冷却条件 B. 排出型腔中的空气
C. 减少砂型用量 D. 有效地补充收缩
5. 铸造时不需要使用型芯而能获得圆筒形铸件的铸造方法是（ ）。
A. 砂型铸造 B. 离心铸造 C. 熔模铸造 D. 压力铸造

三、判断题

1. 到目前为止，砂型铸造仍然是应用最广泛的铸造方法。 （ ）

2. 一般浇注大、中型铸钢件时，钢水要在钢包内静置 1 ~ 2 min 后进行浇注。 ()
3. 起模时慢慢将木模垂直提起，待木模即将全部起出时快速取出。 ()
4. 用通气针扎出通气孔，以便浇注时气体易于逸出。 ()
5. 浇注之前不需要除去浇包中金属液面上的熔渣。 ()

四、简答题

1. 砂型铸造的一般工艺过程是怎样的？
2. 砂型型腔的质量要求有哪些？
3. 铸造应力的防止和消除措施有哪些？

北京出版社