

项目 2 铸 造

教学目的

- ✧ 掌握砂型铸造基本知识；
- ✧ 掌握手工制作砂型、型芯的方法；
- ✧ 了解常见铸造合金的熔炼方法；
- ✧ 了解常用的特种制造方法。

教学内容

- ✧ 型砂、芯砂、铸型的基本知识；
- ✧ 手工造型、造芯的方法和操作；
- ✧ 典型金属的熔炼和浇注工艺；
- ✧ 铸件的清理和质量分析；
- ✧ 特种铸造。

教学难点

- ✧ 手工造型、造芯的方法；
- ✧ 铸件常见的缺陷及其产生原因。

熔炼金属、制造铸型并将熔融金属浇入铸型，凝固后获得一定形状和性能的铸件的工艺方法称为铸造。铸造是机械制造中零件毛坯的主要生产方法之一，铸造也可以直接生产出零件成品。

铸造是由熔融金属结晶直接形成铸件的，金属在液态下成形是铸造成形的最大特点。因此，铸造可以生产出形状十分复杂，特别是具有复杂内腔的毛坯或零件，如各种箱体，机床的床身、底座，内燃机的气缸体、气缸盖等。几乎所有的金属及合金均可以进行熔铸，其中以铸铁材料应用最广，其次有铸钢、铸造铜合金、铸造铝合金、镁合金、锌合金等。

铸造所用材料来源丰富，金属材料的利用率高，且大多数铸造方法所用设备简单，故铸造生产成本低廉。铸造的成形过程快，大多数铸造方法工序简单，因此，铸造生产周期短，生产率较高。

由于铸造生产具有许多优点，在机械制造生产中得到了广泛的应用。据统计，在机械设备中，铸件一般占机器总质量的 30%~85%，如切削机床中铸件质量约占 80%~85%，内燃机中铸件质量约占 50%，汽车、拖拉机中铸件质量约占 30%~40%等。

近年来，铸造技术发展得很快。许多新材料、新技术、新工艺的应用使铸造的加工精度提高、表面粗糙度降低，有些铸造方法实现了少切削、无切削；铸件材料的性能有较大改善，

改变了过去铸造产品粗大、笨重的面貌；铸造生产的机械化、自动化程度越来越高，铸件的质量更容易控制，铸造生产的劳动强度大大降低，劳动环境大为改善，生产率显著提高，铸造生产的应用范围也日益扩大。

2.1 砂型铸造

铸造生产方法很多，主要分为砂型铸造和特种铸造两类，其中砂型铸造应用最广。用砂紧实成形的铸造方法称为砂型铸造，简称为“砂铸”。砂型铸造用砂作为主要造型材料，利用型砂紧实形成铸型空腔，金属液浇注凝固后，打破砂型取出铸件，其生产过程主要包括制造模样和芯盒、配置型砂和芯砂、造型、造芯、合型、熔炼金属、浇注、落砂、清理及检验。如图 2-1 所示为套筒铸件的生产过程示意图。对于型芯及大铸型，在合型前还需要进行烘干。

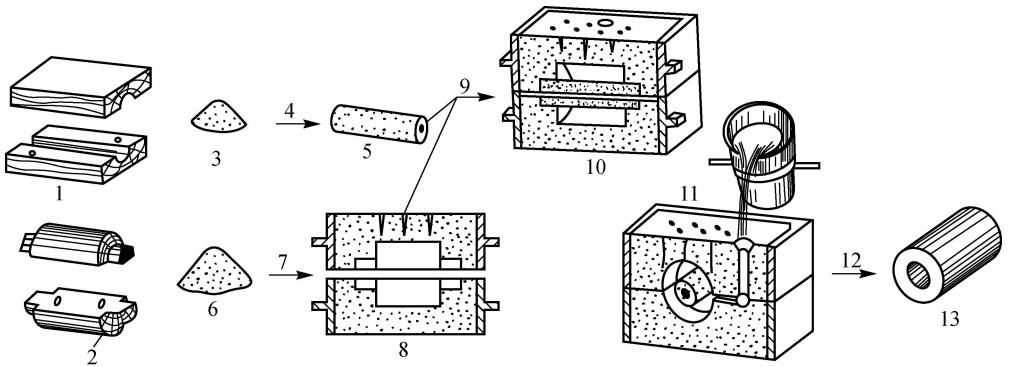


图 2-1 套筒铸件的生产过程示意图

1—芯盒；2—模样；3—芯砂；4—造芯；5—砂芯；6—型砂；7—造型；8—砂型；
9—合型；10—铸型；11—浇注；12—落砂、清理；13—铸件

2.1.1 型砂和芯砂

制造铸型(芯)用的造型材料主要包括型砂和芯砂，其质量直接影响着铸件的质量，如使用不合理可使铸件产生气孔、砂眼、黏砂和夹砂等缺陷。为了保证铸件的质量，降低成本，应合理选用型砂和芯砂，并对其性能进行严格控制。

1. 型砂和芯砂的性能要求

1) 强度

强度是指型砂和芯砂抵抗外力破坏的能力。足够的强度可保证砂型在制造、搬运和浇注过程中不至于变形毁坏。若型砂或芯砂强度不够，易产生砂眼、夹砂等缺陷。

2) 可塑性

可塑性是指型砂或芯砂在外力作用下变形，去除外力后仍能保持变形的能力。若型砂或芯砂可塑性好，柔软易变形，则其在起模和修型时不易破碎和掉落。

3) 透气性

紧实砂样的孔隙度称为透气性，即在标准温度和 98 Pa 的压力下，1 min 内通过截面为

1 cm²、高为 1 cm 的试样的空气量。熔融金属浇入砂型时,析出和高温产生的气体,必须通过砂型和砂芯排出去。若型砂或芯砂透气性差,铸件中会产生气孔、浇不足等缺陷。型砂或芯砂的透气性与砂粒的形状、粒度密切相关。

4)耐火性

耐火性是指型砂或芯砂承受高温作用的能力。耐火性好,型砂或芯砂在高温液态金属作用下不易被烧结,铸件不会产生黏砂缺陷。耐火性与型砂或芯砂中的石英含量关系最大,含石英量越多,耐火性越好。此外,型砂或芯砂粒度越大,耐火性越好。

由于砂芯多置于铸型型腔内部,浇注后周围被熔融金属包围,因此,对芯砂的性能要求尤其是耐火性要求比型砂高。

5)退让性

退让性是指铸件凝固和冷却过程中产生收缩时型砂或芯砂能被压缩、退让的能力。若型砂或芯砂退让性不足,则将产生内应力、变形和裂纹等缺陷。

2. 型砂和芯砂的组成

型砂和芯砂通常是由原砂、黏结剂、水和附加物按一定比例混制而成的。

1)原砂

原砂主要成分是石英,它是型砂或芯砂的主体。石英的含量、颗粒形状、粒度(颗粒大小与均匀程度)等对型砂或芯砂的性能影响很大。原砂粒度大,粒形圆球度高,型砂或芯砂耐火性高;原砂为多角粒形,大小不一,不但耐火性差,型砂或芯砂的透气性也差。另外,原砂的含泥量(极细砂粒和非黏土质点)和杂质含量(长石、云母等)高,会引起型砂或芯砂性能恶化。

2)黏结剂

通常用普通黏土和膨润土作为型砂或芯砂的黏结剂。黏结剂的主要作用是使砂粒黏结成具有一定可塑性和强度的型砂或芯砂。膨润土的黏结能力优于普通黏土,且可进一步提高型砂或芯砂的强度和透气性。此外,有些造型材料采用水玻璃、水泥和一些有机材料作为黏结剂。

3)水

水与黏土可形成黏土膜,从而实现砂粒的黏结作用。型砂或芯砂中水的含量对其性能及铸件质量影响极大。水分过多,黏土膜变成黏土浆,型砂或芯砂的强度降低、透气性恶化;水分过少,型砂或芯砂干而脆,其可塑性和强度等也大大降低。

4)附加物

通常在型砂或芯砂中添加适量煤粉、重油、木屑、草末等附加物,以改善型砂或芯砂的性能。煤粉、重油在熔融金属的高温作用下燃烧形成气膜,将高温液态金属与砂型隔离,减少熔融金属对砂型和砂芯的热力和化学作用,防止产生黏砂缺陷,改善铸件表面质量。将木屑、草末加入型砂或芯砂,可增加砂型和砂芯中的空隙,使型砂或芯砂具有更好的退让性和透气性。

3. 型砂和芯砂的种类

根据黏结剂的不同,型砂和芯砂可分为黏土砂、树脂砂、水玻璃砂、油砂等。黏土砂由黏土作为黏结剂,成本低,货源充足,回用性好,强度高,能适用各种造型方法,使用较广,可分

为湿型砂和干型砂两类。树脂砂强度高,透气性、退让性和回用性好,可满足各种合金及生产条件的需要。水玻璃砂用水玻璃作为黏结剂,多用于铸钢件、大型铸铁件。

4. 型砂和芯砂的配制

型砂和芯砂的配制过程是在混砂机中进行的。最简单的检验方法是手握法,即用手抓一把型砂或芯砂捏成团,然后把手掌松开,如果砂团不松散也不黏手,手印清楚,掰断时断面不粉碎,则可认为砂中黏土与水分含量适宜。

2.1.2 铸型的构造及作用

铸型一般由上型、下型、型芯、浇注系统等几部分组成。图 2-2 所示为常用两箱造型的铸型示意图,图中铸型各组成部分的作用见表 2-1。

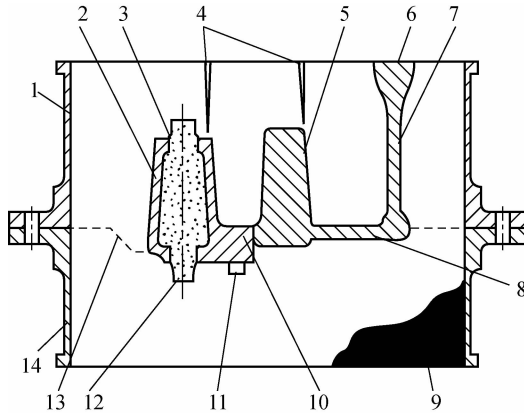


图 2-2 常用两箱造型的铸型示意图

- 1—上砂箱; 2—型腔; 3—上型芯头; 4—通气孔; 5—冒口; 6—外浇口; 7—直浇道; 8—横浇道;
9—型砂; 10—内浇道; 11—冷铁; 12—下型芯头; 13—分型面; 14—下砂箱

表 2-1 铸型各组成部分的作用

名 称	作 用
砂箱	造型时,用于盛放和填充型砂的开口容器
分型面	上、下铸型的分界面
浇注系统	金属液经浇注系统流入型腔(外浇口、浇道)
型腔	容纳金属液的空腔(由造型材料所形成)
型芯	在铸型中安放,可阻挡部分金属以形成铸件内腔或某种特定外形
通气孔	用针在铸型或型芯上扎出的用于排气的小孔
冒口	供补缩铸件用的熔融金属的空腔,有时还起排气集渣作用
冷铁	为加快铸件局部冷却,在铸型、型芯中安放的金属物

2.1.3 造型

造型时可根据铸件的形状、大小和生产批量选择造型方法。造型的方法可分为机器造型和手工造型两大类。机器造型中的填砂、紧实、起模等基本操作都已实现机械化,生产率

高,铸件质量高,质量稳定,易于组织自动流水线生产,大大减轻了工人劳动强度,适于成批、大量生产。手工造型成本低,操作灵活,适应性强,生产准备工作简单;但生产率低,质量不稳定,工人劳动强度高,主要用于单件、小批量生产及新产品试制等。下面只介绍手工造型。

手工造型常用的是砂箱和造型工具。砂箱固紧所捣实的砂子,以便于铸型的搬运及在浇注时承受液体金属的压力。造型工具主要有浇口棒、春砂锤、通气针、起模针、镘刀、秋叶、提钩和皮老虎等。手工造型操作灵活,使用图 2-3 所示的造型工具可进行整模造型、分模造型、活块造型、挖砂造型、三箱造型、地坑造型及刮板造型等。

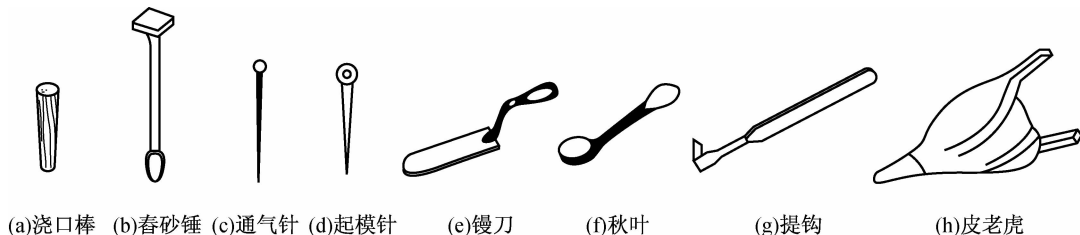


图 2-3 常用手工造型工具

1. 整模造型

整模造型的模样是整体结构,其最大截面为平面,在模样一端,整模造型的分型面多为平面。

整模造型操作简单,适用于形状简单的铸件,如盘、盖类。齿轮整模造型的过程如图 2-4 所示。

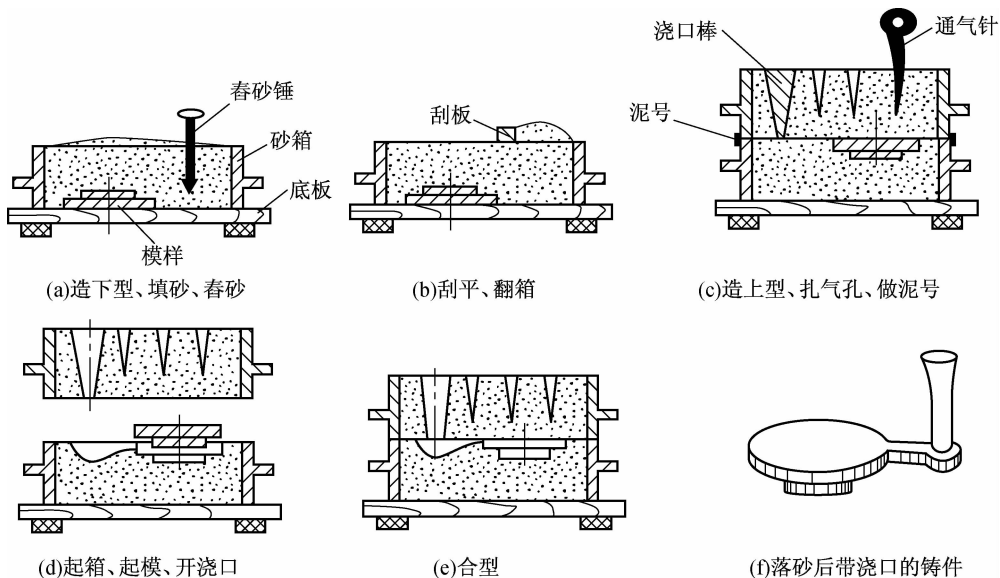


图 2-4 齿轮整模造型的过程

2. 分模造型

分模造型的模样是分开的,模样的分开面(称为分型面)必须是模样的最大截面,以利于起模。分模造型过程与整模造型过程基本相似,不同的是造上型时增加置放上模样和取下上半模样两个操作。

分模造型适用于形状复杂的铸件,如套筒、管子和阀体等。套筒分模造型的过程如图 2-5 所示。

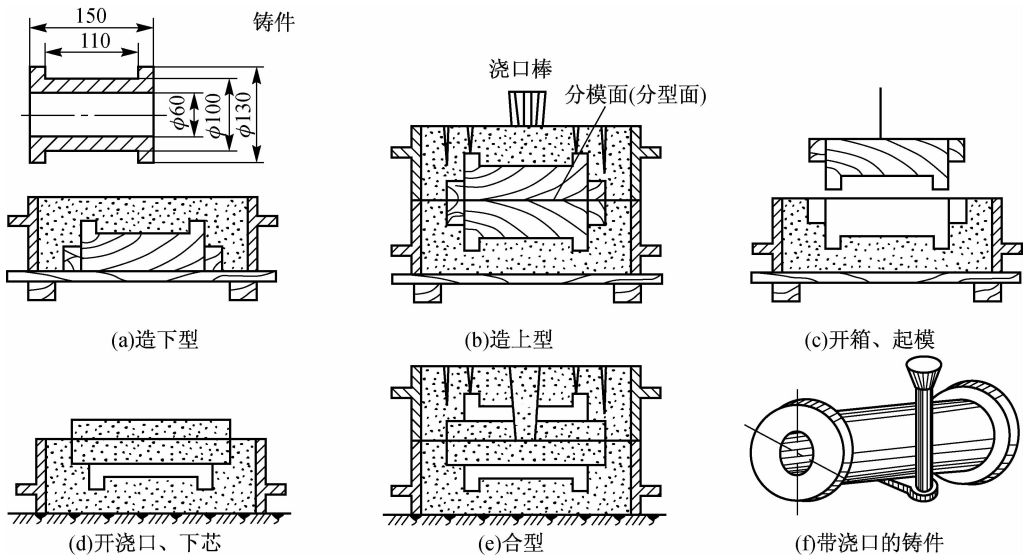


图 2-5 套筒分模造型的过程

3. 活块造型

当模样有妨碍起模的侧面伸出部分(如小凸台)时,常将该部分做成可拆卸或能活动的活块,这样的造型方式称为活块造型。活块造型在起模时,先将模样主体取出,再将留在铸型内的活块单独取出。

用钉子连接的活块造型如图 2-6 所示,应注意先将活块四周的型砂塞紧,然后拔出钉子。

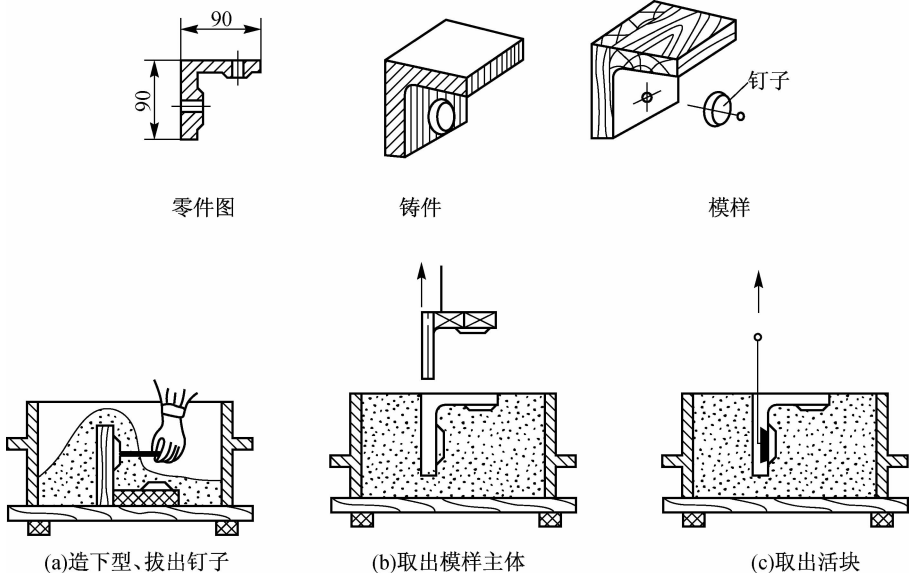


图 2-6 用钉子连接的活块造型

4. 挖砂造型

铸件按结构特点需要采用分模造型时,若由于条件限制(如模样太薄,制模困难)仍需要做成整模,为便于起模,下型分型面需挖成曲面或有高低变化的阶梯形状(称为不平分型面),这种造型方法称为挖砂造型。手轮的挖砂造型过程如图 2-7 所示。

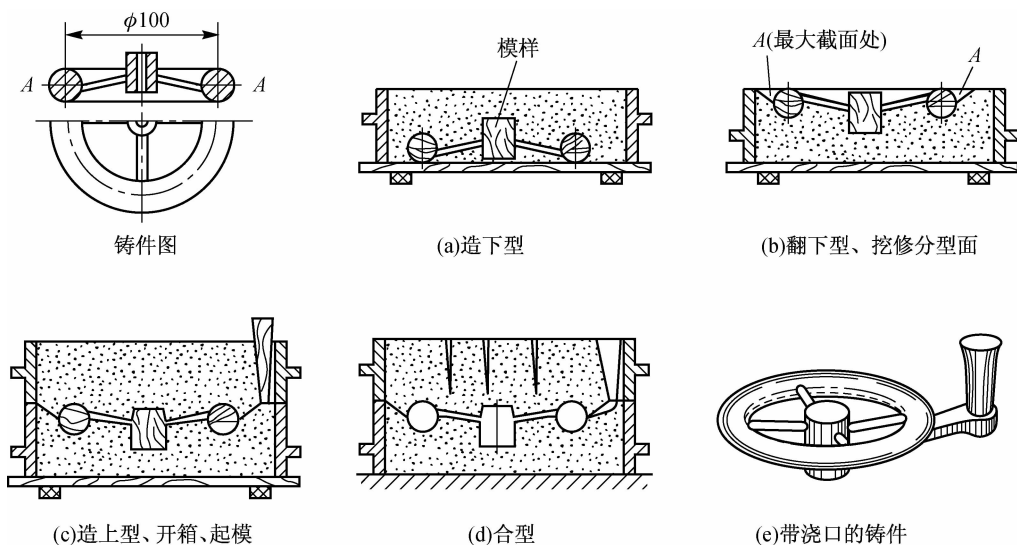


图 2-7 手轮的挖砂造型过程

5. 三箱造型

用三个砂箱制造铸型的过程称为三箱造型。前述各种造型方法都是使用两个砂箱,操作简便,应用广泛。但有些铸件如果两端截面尺寸大于中间截面尺寸,需要用三个砂箱从两个方向分别起模,如带轮铸造。带轮的三箱造型过程如图 2-8 所示。

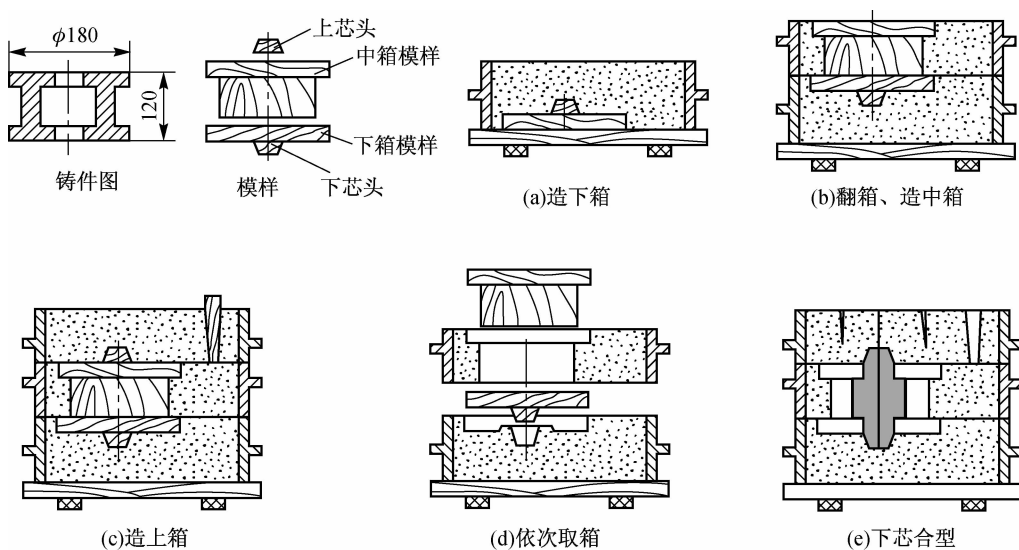


图 2-8 带轮的三箱造型过程

6. 地坑造型

在铸造车间的地上或砂坑内直接造型的方法称为地坑造型。大型铸件单件生产时,为了节省砂箱、降低铸型高度、便于浇注操作,多采用地坑造型。图 2-9 所示为地坑造型结构,造型时需要考虑浇注时能顺利地将地坑中的气体引出地面,常以焦炭、炉渣等透气物料垫底,并用通气管引出气体。

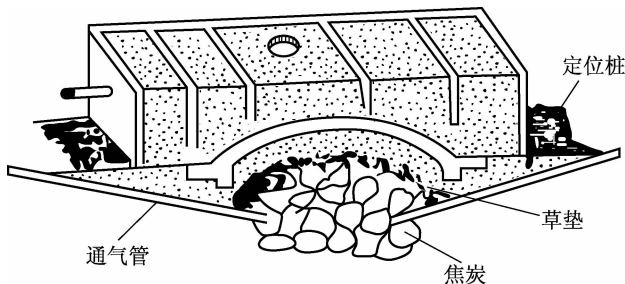


图 2-9 地坑造型结构

7. 刮板造型

尺寸大于 500 mm 的旋转体铸件,如带轮、飞轮、大齿轮等单件生产时,为了节省木材、模样加工时间及费用,可采用刮板造型。刮板是一块和铸件截面形状相适应的木板。造型时将刮板绕着固定的中心轴旋转,在砂型中刮制出所需的型腔。带轮铸件的刮板造型过程如图 2-10 所示。

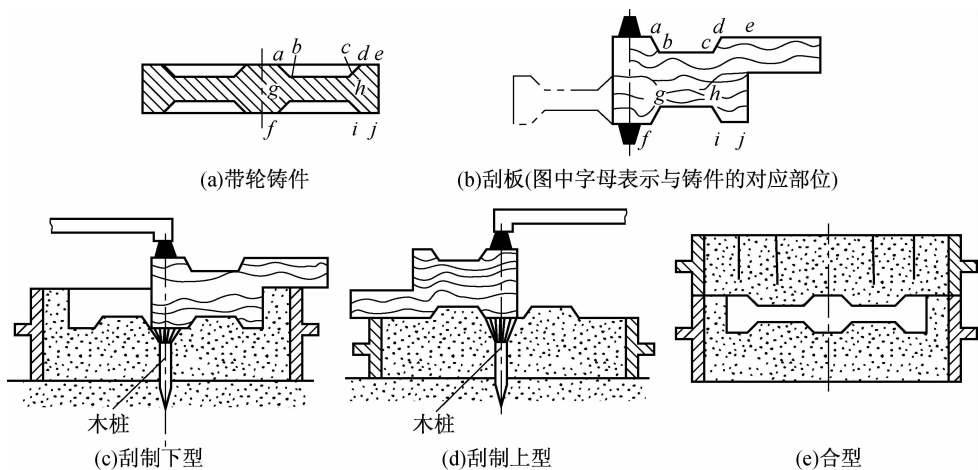


图 2-10 带轮铸件的刮板造型过程

2.1.4 造芯

1. 芯的用途与要求

芯的主要作用是形成铸件的内腔,也可形成铸件局部外形。浇注时型芯被金属液流冲刷和包围,因此,要求型芯有更好的强度、透气性、耐火性和退让性,并易于从铸件内清除。除用性能好的芯砂制芯外,一般还要采取下列工艺措施。

(1)在芯中放入芯骨,提高芯的强度。小型芯的芯骨用铁丝、铁钉制成,大、中型芯的芯骨则用铸铁浇铸成与型芯相应的形状。

(2)在芯中开设通气孔,提高排气能力。通气孔应贯穿芯子内部,并与砂型上的通气孔贯通。形状简单的型芯可用通气针或工具开出通气孔;复杂型芯可在型芯中埋蜡线,待型芯烘烤时将蜡融失,形成通气孔,如图 2-11 所示;大型芯可用焦炭(或炉渣)填充在型芯内以帮助通气,如图 2-12 所示。

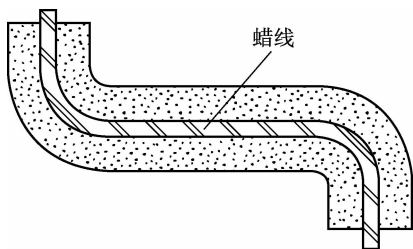


图 2-11 用蜡线做通气孔

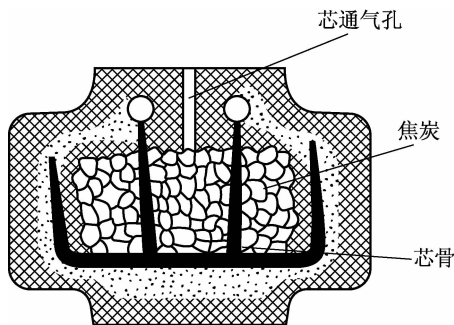


图 2-12 用焦炭通气

(3)在芯表面刷涂料,然后烘干。为了提高铸件内腔的表面质量,在型芯与金属液接触的部位应刷上涂料。铸铁件用石墨涂料,铸钢件用石英粉涂料。型芯一般需要烘干以增强透气性和强度。黏土砂型芯烘干温度为 $250\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$,油砂型芯烘干温度为 $200\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 220\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2. 制芯方法

在单件、小批量生产中大多用手工造芯,在成批、大量生产中广泛采用机器造芯。

手工造芯可用芯盒,也可用刮板。型芯一般是用芯盒制成的,对开式芯盒制芯是常用的手工制芯方法,适用于圆形截面的较复杂型芯。对开式芯盒制芯过程如图 2-13 所示,这种造芯方法应用最普遍。为了降低芯的制造成本,在制造形状简单、尺寸较大的芯时,可采用手工刮板造芯,如图 2-14 所示。

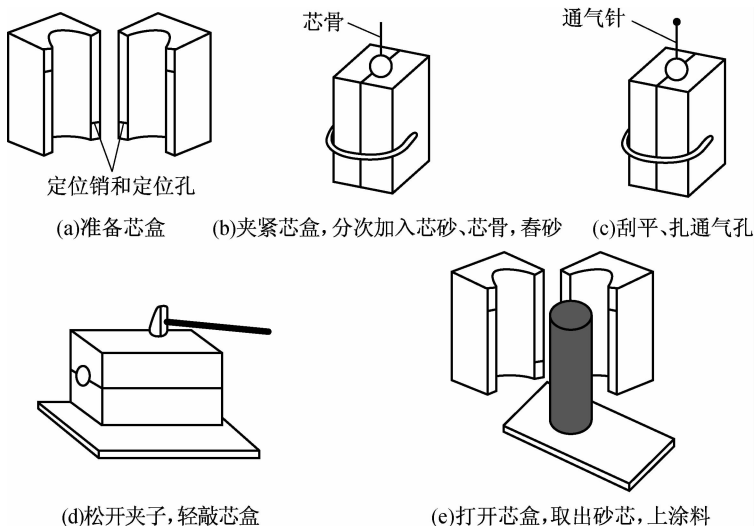


图 2-13 对开式芯盒制芯过程

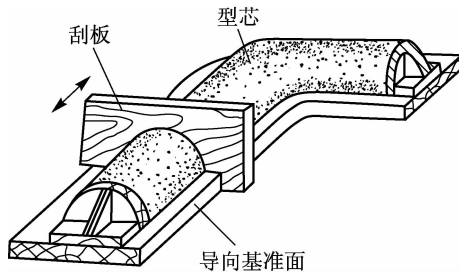


图 2-14 手工刮板造芯简图

2.1.5 造型的基本操作

虽然造型的方法很多,但每种造型方法都包括舂砂、起模、修型、合箱等最基本的工序。

1. 造型模样

使用金属、木材或其他材料制作的铸件原形统称为模样,它是用来形成铸型的型腔。用金属或塑料制成的模样称为金属模或塑料模,用木材制作的模样称为木模。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,则模样不仅是实心的,而且要在相应位置制作芯头。

2. 造型前的准备工作

造型前的准备工作如下:

(1)准备造型工具,选择平整的底板和大小适宜的砂箱。如果砂箱选择过大,不仅消耗过多的型砂,而且浪费舂砂工时;如果砂箱选择过小,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流出。通常木模与砂箱内壁及顶部之间需要留有 30~100 mm 的吃砂量,吃砂量的具体数值视木模大小而定。

(2)为了避免造型时型砂附着在木模上,造成起模时损坏型腔,造型前要擦净木模。

(3)应注意木模上的斜度方向,安放木模时不要放错位置。

3. 舂砂

舂砂时的注意事项如下:

(1)舂砂时必须分次加入型砂。对小砂箱每次加砂厚度约为 50~70 mm。加砂过多舂不紧,加砂过少则浪费工时。第一次加砂时需用手将木模周围的型砂按紧,以免木模在砂箱内出现位置移动,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)舂砂时用力大小应该适当。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是不同的,靠近砂箱内壁应舂紧,以免塌箱;靠近型腔部分,砂型应稍微紧些,以承受液体金属的压力;远离型腔的砂层应适当松些,以便透气。

(3)舂砂时要避免舂砂锤撞击木模。一般舂砂锤与木模相距 20~40 mm,否则容易损坏木模。

(4)应按一定的顺序舂砂,不可乱舂,以免各部分松紧不一。

4. 撒分型砂

在制作上型之前,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

黏在一起开不了箱。撒分型砂时,手应稍高于砂箱,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,以免分型砂在制造上型时附着到上型表面,浇注时被液体金属冲下来落入铸件中而使铸件产生缺陷。

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上用通气针扎出通气孔,以便浇注时气体容易逸出。通气孔要垂直且均匀分布。

6. 开外浇口

一般外浇口挖成 60° 的锥形,大端直径约为 $60\sim 80$ mm,浇口面应修光,与直浇道连接处应修成过渡圆弧,以引导液体金属平稳流入砂型。若外浇口挖得太浅而呈碟形,则液体金属在浇注时会四处飞溅伤人。

7. 做合箱线

如果上、下砂箱没有定位销,应在上、下型打开之前在砂箱壁上做出合箱线。最简单的做合箱线的方法是在箱壁上涂粉笔灰,然后用划针划出细线;需要进炉烘烤的砂箱,则用砂泥黏敷在砂箱壁上,用镘刀抹平,再刻出线条,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。做完合箱线后即可开箱起模。

8. 起模

起模时的注意事项如下:

(1)起模前要用水笔蘸些水刷在木模周围的型砂上,以防止起模时损坏型腔。刷水速度要快,不要使水笔停留在某一处,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垂线重合。起模前用小锤轻轻敲打起模针的下部,使木模松动。

(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,注意不要偏斜和摆动。

9. 修型

起模完成后,如果型腔有损坏,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进行修补,然后再起出。

10. 合箱

造型的最后一道工序是合箱,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,浇口是否修光等。型芯在砂型中的位置应该准确稳固,以免影响铸件准确度,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,以防止错箱。为了避免杂物落入浇口,合箱后最好用纸或木片盖住。

2.2 金属的熔炼与浇注

工业中常用的铸造合金有铸铁、铸钢和铸造非铁合金,其中铸铁是应用最多的合金。金

属的熔炼是获得高质量铸件的一个重要环节,目的是最经济地获得温度和化学成分合格的金属液。

2.2.1 铸铁的熔炼

在铸造生产中,铸铁件占铸件总质量的70%~75%,其中绝大多数采用灰铸铁。为了获得高质量的铸铁件,首先要熔化出优质铁液。

1. 铸铁件的熔炼要求

铸造时铁液温度要高,铁液化学成分要稳定在所要求的范围内。此外,还需要提高生产率,降低铸造成本。

2. 冲天炉的构造

冲天炉是铸铁熔炼的设备,如图2-15所示。冲天炉的炉身用钢板弯成圆筒形,内砌耐火砖炉衬,炉身上部有加料口、烟囱、火花罩,中部有热风胆,下部有热风风带,风带通过风口与炉内相通。从鼓风机送来的空气通过热风胆加热后经风带进入炉内,供燃烧用。熔化的铁液及炉渣从炉缸底部流入前炉。

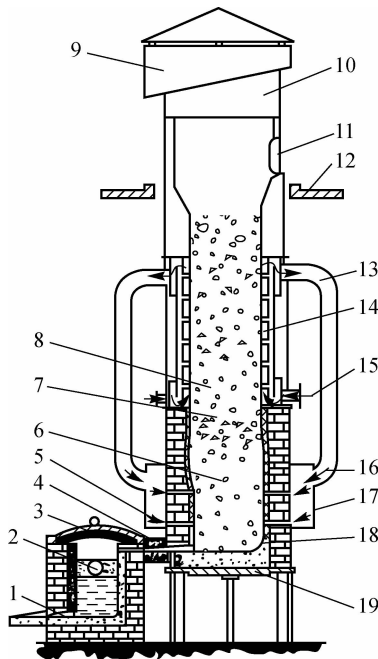


图 2-15 冲天炉的构造

- 1—出铁口; 2—出渣口; 3—前炉; 4—过桥; 5—风口; 6—底焦; 7—金属料; 8—层焦;
9—火花罩; 10—烟囱; 11—加料口; 12—加料台; 13—热风管; 14—热风胆;
15—进风口; 16—热风; 17—风带; 18—炉缸; 19—炉底门

冲天炉的大小以每小时能熔炼出铁液的质量来表示,常用的为1.5~10 t/h。

3. 冲天炉的炉料

冲天炉的炉料由金属料、燃料和熔剂等组成。

1) 金属料

金属料包括生铁、回炉铁、废钢和铁合金等。生铁是指将铁矿石经高炉冶炼后的铁碳合金块,是生产铸件的主要材料。回炉铁是指浇口、冒口和废铸件等,利用回炉铁可节约生铁用量,降低铸件成本。废钢是指机加工车间的钢料头及钢切屑等,加入废钢可降低铁液中碳的含量,提高铸件的力学性能。铁合金是指硅铁、锰铁、铬铁以及稀土合金等,用于调整铁液化学成分。由于冲天炉内通常难以脱除硫和磷,因此,欲得到低硫、低磷的铁液,主要依靠采用优质焦炭和铁料来实现。

2) 燃料

焦炭是冲天炉熔炼的常用燃料。通常焦炭的加入量一般为金属料的 $1/12 \sim 1/8$,这一数值称为焦铁比。

3) 熔剂

熔剂主要起稀释熔渣的作用。在炉料中加入石灰石(CaCO_3)和萤石(CaF_2)等矿石,会使熔渣与铁液容易分离,便于把熔渣清除。熔剂的加入量为焦炭的 $25\% \sim 30\%$ 。

4. 冲天炉熔炼的基本原理

在冲天炉熔炼过程中,炉料从加料口加入,自上而下运动,被上升的高温炉气预热,温度升高;鼓风机吹入炉内的空气使底焦燃烧,产生大量的热。当炉料下落到底焦顶面时开始熔化。铁液在下落过程中被高温炉气和灼热焦炭进一步加热(过热),过热的铁液温度可达 $1\ 600\ ^\circ\text{C}$ 左右,然后经过过桥流入前炉。此后铁液温度稍有下降,最后出铁温度为 $1\ 380\ ^\circ\text{C} \sim 1\ 430\ ^\circ\text{C}$ 。冲天炉内铸铁熔炼的过程并不是金属炉料简单重熔的过程,而是包含一系列物理、化学变化的复杂过程。熔炼后的铁液成分与金属炉料相比较,含碳量有所增加;硅、锰等合金元素含量因烧损会降低;硫含量升高,这是焦炭中的硫进入铁液中所引起的。

2.2.2 铸钢的熔炼

熔炼是铸钢生产中的重要环节,钢液的质量直接关系到铸钢件的质量。冶炼设备包括感应电炉、电弧炉、平炉等。感应电炉主要用于合金钢中、小型铸件的生产,电弧炉用得最多,平炉仅用于重型铸钢件。

1. 感应电炉炼钢

感应电炉在精密铸造和高合金钢铸造中应用最普遍。它是利用感应线圈中交流电的感应作用,使坩埚内的金属炉料及钢液产生的感应电流发出热量以使炉料熔化的。其优点是加热速度较快,热量散失少,热效率较高,氧化熔炼损耗较小,吸收气体较少;缺点是炉渣温度较低,化学性质不活泼,不能充分发挥炉渣在冶炼过程中的作用,基本上是炉料的重熔过程。

感应电炉的类型包括高频感应电炉、中频感应电炉和工频感应电炉,高频感应电炉的频率为 $1\ 000\ \text{Hz}$ 以上,容纳金属质量一般低于 $100\ \text{kg}$;中频感应电炉的频率为 $300 \sim 500\ \text{Hz}$,容量一般为 $60 \sim 1\ 000\ \text{kg}$;工频感应电炉的频率为 $50\ \text{Hz}$,容量一般为 $100 \sim 10\ 000\ \text{kg}$ 。

2. 电弧炉炼钢

电弧炉炼钢是利用电极与金属炉料间电弧产生的热量来熔炼金属的。炉子容纳金属质量为 $1 \sim 15\ \text{t}$ 。钢液质量较高,熔炼速度快,一般为 $2 \sim 3\ \text{h}$ 一炉,温度容易控制。炼钢的金属

材料主要是废钢、生铁和铁合金等,其他材料还有造渣材料、氧化剂、还原剂和增碳剂等。

2.2.3 铜、铝合金的熔炼

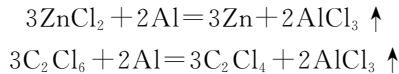
铜、铝合金熔炼时金属炉料不与燃料直接接触,可减少金属的损耗,保持金属液的纯净。在一般铸造车间里,铜、铝合金多采用以焦炭为燃料或以电为能源的坩锅炉来熔化。

1. 铜合金的熔炼

铜合金极易氧化形成 Cu_2O ,使铜合金的力学性能下降。为了防止铜合金氧化,熔化青铜时应加熔剂(如玻璃、硼砂等)以覆盖铜液。为了去除已形成的 Cu_2O ,最好在出炉前向铜液中加入质量分数为 $0.3\% \sim 0.6\%$ 的磷铜(Cu_3P)来脱氧。由于黄铜中的锌本身就是良好的脱氧剂,因而熔化黄铜时不需另加熔剂和脱氧剂。

2. 铝合金的熔炼

铝合金氧化物(Al_2O_3)的熔点高达 $2\ 050\ ^\circ\text{C}$,密度稍大于铝的密度,所以熔化搅拌时容易进入铝液,呈非金属夹渣。铝液还极易吸收氢气,使铸件产生针孔缺陷。为防止氧化和吸氢,向坩锅炉内加入 KCl 、 NaCl 等作为熔剂,将铝液与炉气隔离。为驱除铝液中已吸入的氢气、防止针孔的产生,在铝液出炉之前应进行驱氢精炼。驱氢精炼较为简便的方法是:用钟罩向铝液中压入氯化锌(ZnCl_2)、六氯乙烷(C_2Cl_6)等氯盐或氯化物,发生如下反应



反应生成的 AlCl_3 沸点仅为 $183\ ^\circ\text{C}$,故形成气泡,而氢在 AlCl_3 气泡中的分压力等于零,所以铝液中的氢向气泡中扩散,被上浮的气泡带出液面。与此同时,上浮的气泡还将 Al_2O_3 夹杂一并带出。

2.2.4 金属的浇注

把液体合金浇入铸型的过程称为浇注。浇注是铸造生产中的一个重要环节。浇注工艺是否合理不仅影响铸件质量,还涉及工人的安全。

1. 浇注工具

浇注常用的工具有浇包(如图 2-16 所示)、挡渣钩等。浇注前应根据铸件大小和批量选择合适的浇包、烘干浇包和挡渣钩等工具,以免浇注时降低金属液温度,引起液体金属的飞溅。

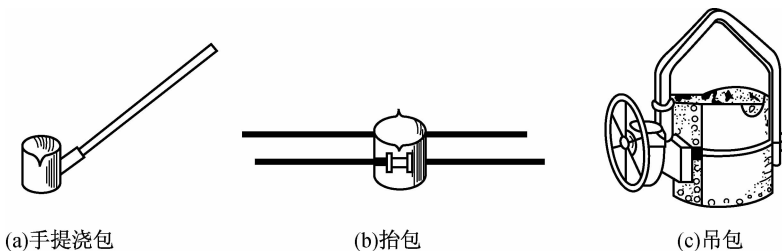


图 2-16 浇包

2. 浇注工艺

1) 浇注温度

浇注温度过高,铁液在铸型中收缩量增大,易产生缩孔、裂纹等缺陷;浇注温度过低,铁液流动性差,容易出现浇不足、冷隔和气孔等缺陷。应根据合金种类和铸件的大小、形状及壁厚来确定合适的浇注温度。形状复杂的薄壁灰铸铁件的浇注温度为 1 400 ℃左右,形状较简单的厚壁灰铸铁件的浇注温度为 1 300 ℃左右,铝合金的浇注温度一般为 700 ℃左右。

2) 浇注速度

如果浇注速度太快,会使铸型中的气体来不及排出而产生气孔,而且易造成冲砂、抬箱和跑火等缺陷;如果浇注速度太慢,铁液冷却快,易产生浇不足、冷隔和夹渣等缺陷。

3) 浇注的操作

浇注前应安排好浇注路线并估算好每个铸型需要的金属液量;浇注时应注意挡渣并保持外浇口始终充满,这样可防止熔渣和气体进入铸型;浇注结束后应将浇包中剩余的金属液倾倒在指定地点。

4) 浇注时的注意事项

浇注时的注意事项如下:

- (1) 浇注是高温操作,必须注意安全,必须穿着规定的工作服和工作皮鞋。
- (2) 浇注前必须清理浇注时行进的通道,预防意外跌撞。
- (3) 必须烘干、烘透浇包,检查砂型是否紧固。
- (4) 浇包中的金属液不能盛装太满,吊包液面应低于包口 100 mm 左右,抬包和手提浇包液面应低于包口 60 mm 左右。

2.3 铸件的清理和质量分析

铸件成型后要进行清除表面黏砂、浇冒口和毛刺等工作,同时还要对铸件进行检验,对不合格的铸件进行分析,以便采取适当的措施。

2.3.1 铸件的清理

铸件上的冒口、黏砂、飞边和毛刺等都需要后期清理,此外,型芯及芯骨也是铸件清理工作的一部分。铸铁件性能脆而硬,可用锤子敲击冒口。敲打浇道时应注意锤击方向,以免将铸件敲坏。铸件的表面清理一般可用钢丝刷、鑿子、风铲、手提式砂轮等工具进行手工清理。由于手工清理劳动条件差、生产率低,机械化清理的应用越来越广。清理滚筒是最简单、应用最普遍的清理设备,滚筒内装有高硬度的星铁,滚筒转动时,星铁对铸件进行碰撞、摩擦,将铸件表面清理干净。清理过程中的灰尘可由抽风口抽走。

2.3.2 铸件的质量分析

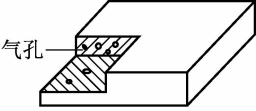
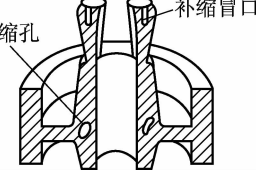
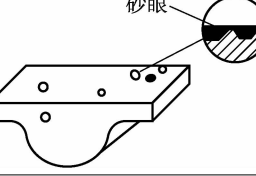
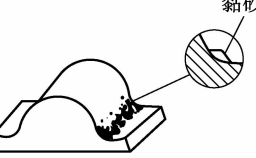
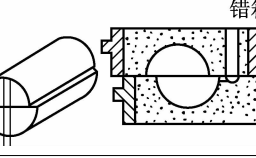
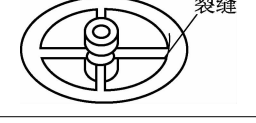
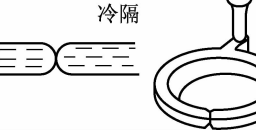
很多因素能够影响铸件质量,往往同一缺陷可能由多种因素造成。分析铸件缺陷时需从实际着手,分析造成缺陷的具体原因并及时采取相应的措施,以防止和消除缺陷。有缺陷的铸件,在保证质量的前提下应尽力修复使用,如焊补铸钢件产生的裂纹。不重要的铸件或

铸件的非要害部位存在的砂眼、气孔等缺陷,如果不影响使用,可以不列为废品,以减少浪费。

为了找出产生缺陷的原因,常需对铸件缺陷进行分析,以便采取措施加以防止。铸件设计人员只有及时、准确地了解铸件缺陷及产生原因,才能够正确地设计铸件结构,并结合铸造生产时的实际条件恰如其分地拟订技术要求。

铸件的缺陷很多,常见的铸件缺陷名称、图例、特征及其产生的主要原因见表 2-2。

表 2-2 常见的铸件缺陷名称、图例、特征及其产生的主要原因

名 称	图 例	特 征	产生的主要原因
气孔		在铸件内部或表面有大小不等的光滑孔洞	型砂含水过多,透气性差;起模和修型时刷水过多;砂芯烘干不良或砂芯通气孔堵塞;浇注温度过低或浇注速度太快等
缩孔		缩孔多分布在铸件厚断面处,形状不规则,孔内粗糙	铸件结构不合理,如壁厚相差过大,会造成局部金属积聚;浇注系统和冒口的位置不对,或冒口过小;浇注温度太高,或金属化学成分不合格,收缩过大等
砂眼		在铸件内部或表面有充塞砂粒的孔眼	型砂和芯砂的强度不够;砂型和砂芯的紧实度不够;合箱时铸型局部损坏;浇注系统不合理,冲坏了铸型
黏砂		铸件表面粗糙,粘有砂粒	型砂和芯砂的耐火性不够;浇注温度太高;未刷涂料或涂料太薄
错箱		铸件在分型面有错移	模样的上半模和下半模未对好;合箱时,上、下砂箱未对准
裂缝		铸件开裂,开裂处金属表面氧化	铸件的结构不合理,壁厚相差太大;砂型和砂芯的退让性差;落砂过早
冷隔		铸件上有未完全熔合的缝隙或洼坑,其交接处是圆滑的	浇注温度太低;浇注速度太慢或浇注过程曾有中断;浇注系统位置开设不当或浇道太小

具有缺陷的铸件是否定为废品,必须按铸件的用途和要求以及缺陷产生的部位和严重程度来决定。一般情况下,铸件有轻微缺陷,可以直接使用;铸件有中等缺陷,可允许修补后

使用;铸件有严重缺陷,则只能报废。

2.4 特种铸造

铸造方法正随着科学技术的发展和生产水平的提高而发展,也对铸件质量、劳动生产率、劳动条件和生产成本有了进一步的要求。特种铸造是指铸型用砂较少或不用砂,采用特殊工艺装备进行铸造的方法。特种铸造的优点是铸件精度和表面质量高,铸件内在性能好,原材料消耗低,工作环境好等;缺点是铸件的结构、形状、尺寸、重量、材料种类常会受到一定限制。常用的特种铸造包括熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、实型铸造、低压铸造和离心铸造等。

2.4.1 熔模铸造

1. 熔模铸造的工艺过程

1) 制造蜡模

蜡模常用 50% 石蜡和 50% 硬脂酸来配制,如图 2-17(a)所示。为了提高生产率,常把数个蜡模熔焊在蜡棒上,成为蜡模组,如图 2-17(b)所示。

2) 制造型壳

在蜡模组表面浸挂一层以水玻璃和石英粉配制的涂料,然后上面撒一层较细的硅砂,并放入固化剂(如氯化铵水溶液等)中硬化,使蜡模组外面形成由多层耐火材料组成的坚硬型壳(一般为 4~10 层),型壳的总厚度为 5~7 mm,如图 2-17(c)所示。

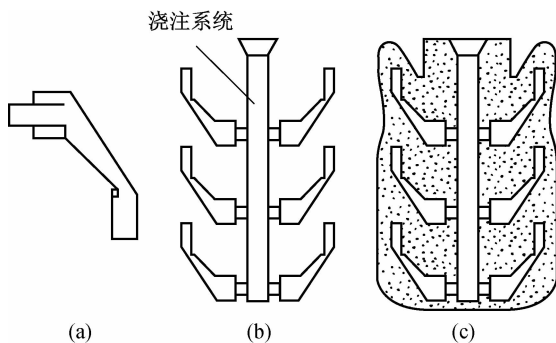


图 2-17 熔模铸造的工艺过程

3) 熔化蜡模

带有蜡模组的型壳制好后,通常放在 $80\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的热水中,使蜡料熔化后从浇注系统中流出(脱蜡),因此,熔模铸造又称为失蜡铸造。

4) 焙烧型壳

脱蜡后的型壳放入加热炉中,加热到 $800\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 950\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温 0.5~2 h,烧去型壳内的残蜡和水分,并使型壳强度进一步提高。

5) 浇注

型壳从焙烧炉中取出后,周围堆放干砂将其加固,然后趁热($600\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$)浇入合金液,并凝固冷却。

6) 脱壳和清理

用人工或机械方法去掉型壳,切除浇冒口,清理后即得铸件。

2. 熔模铸造铸件的结构工艺性

熔模铸造铸件的结构工艺性,除应满足一般的要求外,还具有其特殊性,如下所列:

- (1) 铸件壁厚一般为 $2\sim 8\text{ mm}$,不可太薄,且应尽量均匀。
- (2) 熔模铸造一般不用冷铁,很少使用冒口,多用直浇口直接补缩,故不能有分散的热节。
- (3) 铸孔不能太小和太深,否则涂料和砂粒很难进入蜡模的空洞内,此时只能采用陶瓷芯或石英玻璃管芯,但工艺复杂,清理困难。一般铸孔应大于 2 mm 。

3. 熔模铸造的特点和应用

1) 熔模铸造的特点

熔模铸造的优点有以下几点:

- (1) 高熔点和难切削合金均可铸造,铸造合金种类不受限制,优越性显著。
- (2) 生产量基本不受限制,既可成批、大量生产,又可单件、小量生产。
- (3) 熔模铸造可制造形状复杂的铸件,铸件最小壁厚可达 0.3 mm ,最小铸出孔径为 0.5 mm 。熔模铸造可一次铸出由几个零件组合成的复杂部件。
- (4) 铸件精度高,表面质量好,是少、无切削加工工艺的重要方法之一。铸件尺寸精度可达 $\text{IT}14\sim\text{IT}11$,表面粗糙度为 $Ra12.5\sim 1.6\text{ }\mu\text{m}$ 。例如,熔模铸造的涡轮发动机叶片,其铸件精度已达到无加工余量的要求。

熔模铸造也有缺点,如工序繁杂,生产周期长,生产成本较高,且铸件宜小不宜大,一般限于 25 kg 以下。

2) 熔模铸造的应用

熔模铸造可用来生产汽轮机及燃气轮机的叶片、泵的叶轮、切削刀具,以及飞机、汽车、拖拉机、风动工具和机床上小型零件。

2.4.2 金属型铸造

将液体金属在重力作用下浇入金属铸型而获得铸件的方法称为金属型铸造。铸型用金属制成,可以反复使用几百次甚至几千次。

1. 金属型的结构与材料

根据分型面位置的不同,金属型可分为垂直分型式金属型、水平分型式金属型和复合分型式金属型三种结构,其中垂直分型式金属型开设浇注系统和取出铸件比较方便,易实现机械化,应用较广。

图 2-18 所示为铸造铝合金活塞用的垂直分型式金属型,它由两个半型组成。制造金属型的材料熔点一般应高于浇注合金的熔点,如浇注锡、锌、镁等低熔点合金,可用灰铸铁制造金属型;浇注铝、铜等合金,可用合金铸铁或钢制造金属型。金属型用的芯子有砂芯和金属芯两种。

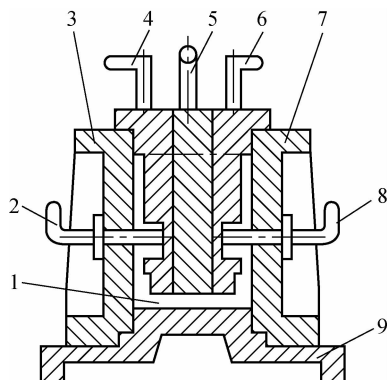


图 2-18 铸造铝合金活塞用的垂直分型式金属型

1—型腔；2、8—销孔型芯；3—左半型；4—左侧型芯；5—中间型芯；
6—右侧型芯；7—右半型；9—底板

2. 金属型铸造的工艺措施及结构工艺性

1) 金属型铸造的工艺措施

金属型导热速度快,没有退让性和透气性,必须采取一些工艺措施以确保获得优质铸件和延长金属型的使用寿命,如加强金属型的排气、表面喷刷防黏砂涂料、预热金属型等。

如果铸件在铸型中停留时间过长,易引起过大的铸造应力而导致铸件开裂。因此,除了在浇注时正确选定浇注温度和浇注速度外,冷凝后应及时从铸型中取出铸件。通常铸铁件出型温度约为 $780\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 950\text{ }^{\circ}\text{C}$,开型时间为 $10\sim 60\text{ s}$ 。

2) 金属型铸造的结构工艺性

金属型铸件的结构工艺性如下:

(1) 铸件结构的斜度应较砂型铸件的大,一定要保证铸件能顺利出型。

(2) 铸孔的孔径不能过小、过深,以便于金属型芯的安放和抽出。

(3) 铸件壁厚要均匀,壁厚不能过薄(Al-Si 合金铸件的壁厚为 $2\sim 4\text{ mm}$,Al-Mg 合金铸件的壁厚为 $3\sim 5\text{ mm}$)。

3. 金属型铸造的特点和应用

1) 金属型铸造的特点

金属型铸造的优点有以下几点:

(1) 铸件的晶粒较细,力学性能好。

(2) 可实现一型多铸,既节约了造型材料,又提高了劳动生产率。

(3) 铸件的尺寸精度高(IT16~IT12),表面粗糙度小($Ra12.5\sim 6.3\text{ }\mu\text{m}$),机械加工余量小。

金属型铸造的缺点是制造成本高,不宜生产大型、形状复杂和薄壁的铸件;由于冷却速度快,铸铁件表面易产生白口,切削加工困难;受金属型材料熔点的限制,熔点高的合金不宜用金属型铸造。

2) 金属型铸造的应用

金属型铸造可用于大批量生产铜合金、铝合金等铸件,如活塞、连杆、气缸盖等。目前铸铁件的金属型铸造也有所发展,但其尺寸限制在 300 mm 以内,质量不超过 8 kg,如电熨斗底板等。

2.4.3 压力铸造

在高压作用下将金属液以较高的速度压入高精度的型腔内,力求在压力下快速凝固,以获得优质铸件的高效率铸造方法称为压力铸造。它的基本特点是高压(5~150 MPa)和高速(5~100 m/s)。

压铸机是压力铸造的基本设备。压铸机可分为热室压铸机和冷室压铸机两大类,冷室压铸机又可分为立式和卧式等类型,但它们的工作原理基本相似。图 2-19 所示为应用较广泛的卧式冷室压铸机,它采用高压油驱动,合型力大,充型速度快,生产率高。

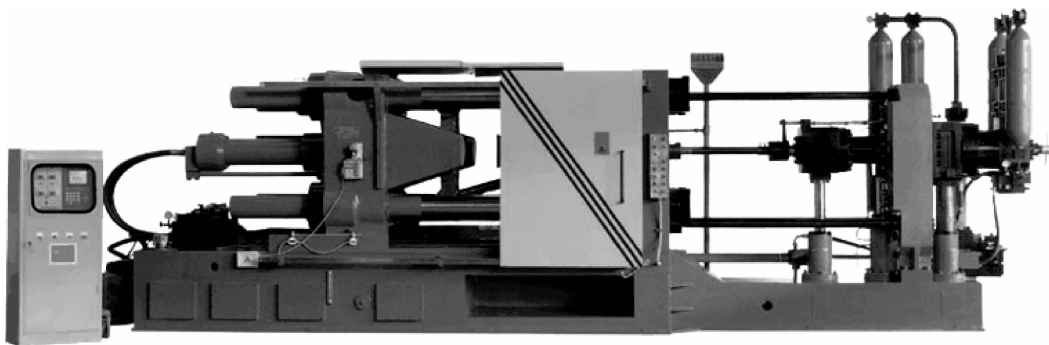


图 2-19 卧式冷室压铸机

压铸型是压力铸造生产铸件的模具,主要由固定半型和活动半型两大部分组成。固定半型固定在压铸机的定型座板上,由浇道将压铸机压射室与型腔连通。活动半型随压铸机的动型座板移动,完成开合型动作。完整的压铸型组成包括型体部分、导向装置、抽芯机构、顶出铸件机构、浇注系统、排气和冷却系统等部分。图 2-20 所示为压铸工艺过程示意图。

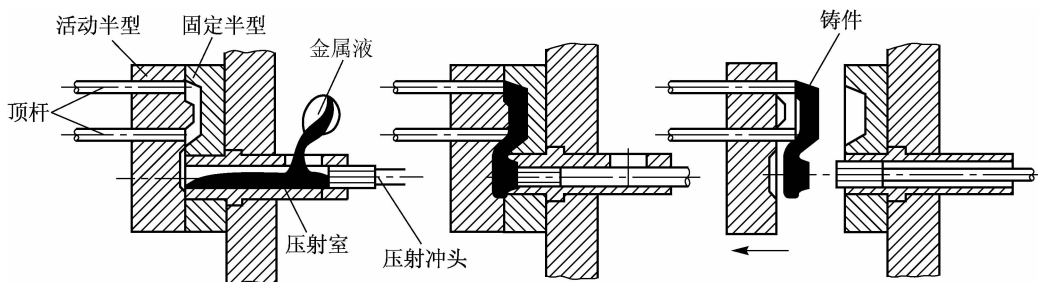


图 2-20 压铸工艺过程示意图

1. 压铸件的结构工艺性

压铸件的结构工艺性如下:

- (1) 为保证压铸件从压型中顺利取出,压铸件上应消除内侧凹。
- (2) 压力铸造可铸出细小的螺纹、孔、齿和文字等,但有一定的限制。

(3)应尽可能采用薄壁并保证壁厚均匀。由于压铸工艺的特点,金属浇注和冷却速度都很快,因而厚壁处不易得到补缩而形成缩孔、缩松。压铸件应具有适宜的壁厚,如锌合金的壁厚为 1~4 mm,铝合金的壁厚为 1.5~5 mm,铜合金的壁厚为 2~5 mm。

(4)可采用嵌铸法生产复杂而无法取芯的铸件或局部有特殊性能(如耐磨、导电、导磁和绝缘等)要求的铸件。首先把镶嵌件放在压型内,然后和压铸件铸合在一起。

2. 压力铸造的特点和应用

1) 压力铸造的特点

压力铸造的优点有以下几点:

(1)压力铸造可以压铸壁薄、形状复杂以及具有微小孔和螺纹的铸件,如锌合金的压铸件最小壁厚可达 0.8 mm,最小铸出孔径可达 0.8 mm,最小可铸螺距达 0.75 mm,还能压铸镶嵌件。

(2)压铸件尺寸精度高,表面质量好,尺寸公差等级为 IT13~IT12,表面粗糙度为 Ra6.3~1.6 μm ,可不经机械加工直接使用,且互换性好。

(3)压铸件的强度和表面硬度较高。由于是在压力下结晶,加上冷却速度快,压铸件表层晶粒细密,其抗拉强度比砂型铸件高 25%~40%。

(4)生产率高,可实现半自动化及自动化生产。

压力铸造的缺点是金属液凝固快,厚壁处来不及补缩,易产生缩孔和缩松;气体难以排出,易产生皮下气孔,不能进行热处理,也不宜在高温下工作;设备投资大,铸型制造周期长,造价高,不宜进行小批量生产。

2) 压力铸造的应用

压力铸造可用来生产锌合金、铝合金、镁合金和铜合金等铸件,广泛用于汽车、拖拉机制造业,仪表和电子仪器工业,农业机械,国防工业,计算机,医疗器械等行业。

2.4.4 实型铸造

使用泡沫聚苯乙烯塑料制造模样(包括浇注系统),在浇注时,迅速将模样燃烧汽化直到消失,金属液充填了原来模样的位置,冷却凝固而成铸件的铸造方法称为实型铸造,其工艺过程如图 2-21 所示。

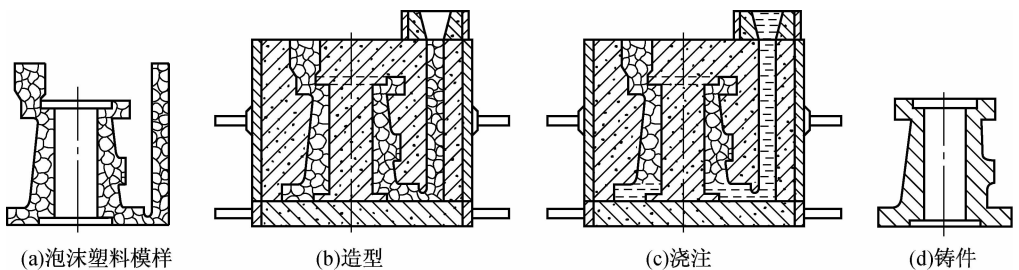


图 2-21 实型铸造工艺过程

2.4.5 低压铸造

使液体金属在较低压力作用下充填型腔,以形成铸件的铸造方法称为低压铸造。低压

铸造是介于重力铸造和压力铸造之间的一种铸造方法。浇注时压力和速度可人为控制,故适用于各种不同的铸型;充型压力及时间易于控制,所以充型平稳;铸件在压力下结晶,自上而下定向凝固,所以铸件致密,力学性能好,金属利用率高,铸件合格率高。

在密封的坩埚(或密封罐)中通入干燥的压缩空气,金属液在气体压力的作用下沿升液管上升,通过浇口平稳地进入型腔,并保持坩埚内液面上的气体压力,一直到铸件完全凝固为止;然后解除液面上的气体压力,使开液管中未凝固的金属液流回坩埚,再由气缸开型并推出铸件。

低压铸造独特的优点表现在以下几个方面:

(1)液体金属充型比较平稳。

(2)铸件组织致密,力学性能高。

(3)铸件成形性好,有利于形成轮廓清晰、表面光洁的铸件,对于大型薄壁铸件的成形更为有利。

(4)提高了金属液的工艺收缩率。低压铸造一般情况下不需要冒口,使金属液的收缩率大大提高,收缩率一般可达90%。

此外,劳动条件好、设备简单、易实现机械化和自动化,也是低压铸造的突出优点。

2.4.6 离心铸造

离心铸造是指将液态合金浇入高速旋转(250~1 500 r/min)的铸型中,使其在离心力作用下填充铸型和结晶的铸造方法。离心铸造有两种方式,如图2-22所示。用离心浇注生产中空圆筒形铸件质量较好,且不需要型芯,没有浇冒口,所以可简化工艺,出品率高,且具有较高的劳动生产率。

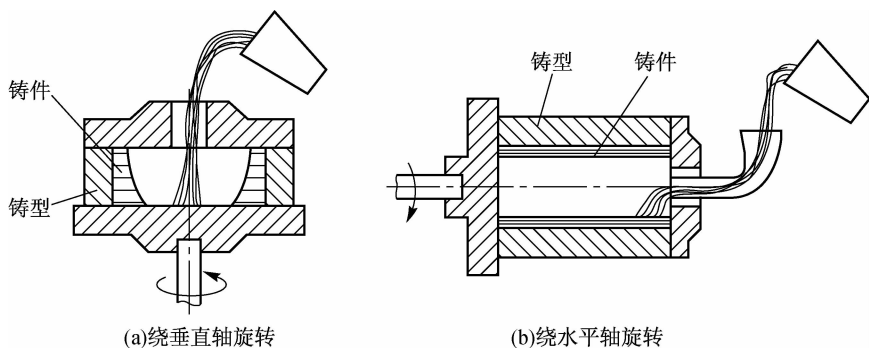


图 2-22 离心铸造方式

铸造实习安全操作规程

铸造生产工序繁多,生产过程中运输量大,又处于高温、粉尘、有害气体的生产环境中,较易发生安全事故。因此,铸造实习中应特别注意以下几点:

(1)进入车间要穿戴好防护用品,冬天不得穿大衣、风衣和戴长围巾,夏天不得赤脚、

赤臂。

(2)砂箱堆放要平稳,搬动砂箱要注意轻放,以防砸伤手脚。

(3)造型或造芯时不可用嘴吹型砂或型芯,以免砂粒飞入眼内;要保证分型面平整、吻合,同时要有足够气孔用于排气,以防气爆伤人。

(4)浇注时,浇包必须烘干且浇包内的金属液不可过满,一般不超过浇包容量的80%,不操作浇注的人员应远离浇包。

(5)铸件冷却后才能用手拿取。

(6)清理铸件时要注意周围环境,防止伤人。

(7)铸造车间内应有一定的通风排气设施,并注意控制熔化过程中有害气体、烟尘的排放,使其符合环保要求。

(8)要文明实习,每天实习完毕后将造型工具清点好,摆放在工具箱内,并清理好现场。

思考与练习 2

1. 什么是铸造? 用于铸造的金属有哪些?
2. 砂型铸造的生产过程包括哪些主要内容?
3. 砂型铸造的铸型由哪几部分组成?
4. 型砂应具备哪些性能? 这些性能怎样影响铸件的质量? 型砂和芯砂的主要组成及作用是什么?
5. 用手捏法,如何判定所用型砂的性能好坏?
6. 手工造型所用的工具有哪些?
7. 什么是分模造型、活块造型、挖砂造型和刮板造型?
8. 型芯的作用是什么?
9. 为保证砂芯的工作要求,造芯工艺应采取哪些措施?
10. 什么是分模? 分模造型时模型应从哪里分开?
11. 挖砂造型时,对挖砂分型面有什么要求?
12. 冷铁应设置在什么地方?
13. 怎样识别气孔、缩孔、砂眼等缺陷? 怎样防止这些缺陷?
14. 经过检验后,有缺陷的铸件是否都要报废?
15. 手工造型时,型砂舂得过紧或过松会产生什么缺陷?
16. 起模时为什么要在模样的周围刷水?
17. 冲天炉的炉料由哪三部分组成?
18. 常用的浇注工具有哪些?
19. 浇注时应注意哪些事项?
20. 熔模铸造的工艺过程是什么? 和砂型铸造相比,它有什么工艺特点?

项目 3 锻 压

教学目的

- ✧ 掌握锻压生产设备、工具的使用；
- ✧ 掌握自由锻和冲压的基本工序。

教学内容

- ✧ 锻坯的加热和加热设备,锻件的加热缺陷和冷却；
- ✧ 自由锻的主要设备及基本工序；
- ✧ 胎模锻的类型及胎膜锻件的工艺缺陷；
- ✧ 冲压设备及其基本工序。

教学难点

- ✧ 自由锻的基本工序及其操作方法；
- ✧ 自由锻及冲压设备的工作原理；
- ✧ 锻件的缺陷分析。

锻压是锻造与冲压的总称,属于压力加工的范畴。锻压是在外力作用下使金属材料产生塑性变形,从而获得具有一定形状、尺寸和力学性能的毛坯或零件的加工工艺。它是机械制造中的重要加工方法。

锻压生产具有改善金属组织,提高力学性能;节约材料,提高经济效益;能加工各种形状及重量的零件等优点。但是锻压也有其不足之处,如锻件的精度和表面质量不如切削加工件高,也不能获得铸件那样的复杂形状。

3.1 锻坯的加热和锻件的冷却

3.1.1 锻坯加热的目的及锻造温度范围

1. 锻坯加热的目的

锻坯加热的目的是提高金属的塑性和降低其变形抗力,即提高金属的可锻性。除少数具有良好塑性的金属可在常温下锻造成形(称为冷锻)外,大多数金属在常温下的可锻性较低。但将这些金属加热到一定温度后,可大大提高其可锻性,并只需要施加较小的锻造力,便可使其发生较大的塑性变形,这称为热锻。

2. 锻造温度范围

加热是锻造工艺过程中的一个重要环节,它直接影响锻件的质量。加热温度如果过高,会使锻件产生加热缺陷,使锻件质量下降,甚至造成废品。因此,为了保证金属在变形时具有良好的塑性,又不致产生加热缺陷,锻造必须在合理的温度范围内进行。各种金属材料锻造时允许的最高加热温度称为该材料的始锻温度,终止锻造的温度称为该材料的终锻温度。

始锻温度和终锻温度之间的温度间隔称为锻造温度范围。常见材料的锻造温度范围见表 3-1。在保证不出现加热缺陷的前提下,始锻温度应取得高些,以便有较充裕的时间使坯料锻造成形,减少加热次数。在保证坯料还有足够塑性的前提下,终锻温度应定得低些,以便获得内部组织细密、力学性能较好的锻件,同时也可延长锻造时间,减少加热次数。但终锻温度过低会使金属难以继续变形,易出现锻裂现象,损伤锻造设备。

表 3-1 常见材料的锻造温度范围

材料种类	始锻温度/℃	终锻温度/℃
低碳钢	1 200~1 250	800
中碳钢	1 150~1 200	800
合金结构钢	1 100~1 130	850
铝合金	450~500	350~380
铜合金	800~900	650~700

锻坯金属的加热温度可以用仪表测量,还可以通过观察加热毛坯的火色来判断,即用火色鉴定法。火色鉴定法是实际生产中较为常用的方法。碳素钢加热温度与火色的关系见表 3-2。

表 3-2 碳素钢加热温度与火色的关系

火 色	黄白	淡黄	黄	淡红	殷红	暗红	赤褐
温度/℃	1 300	1 200	1 100	900	800	700	600

3.1.2 锻造加热设备

在锻造生产中,根据加热采用热源的不同分为火焰加热和电加热,前者利用烟煤、重油或煤气燃烧时产生的高温火焰直接加热金属,后者利用电能转化为热能加热金属。其中,火焰加热炉包括手锻炉、反射炉、油炉和煤气炉,电加热装置包括电阻加热装置(如电阻炉)、感应加热装置和接触加热装置。

1. 手锻炉

手锻炉由灰坑、火沟槽、送风装置及其他辅助装置构成,其结构简图如图 3-1 所示。手锻炉是以煤或焦炭作为燃料的火焰加热炉。煤由前炉门 7 加入,放在炉算 4 上面,而燃烧煤所用的空气则由鼓风机 3 经过风管从炉算 4 下面进入煤层。后炉门 5 一般都是与炉算 4 相对的,这样不仅便于出渣,而且也可以供加热长杆或轴类锻件时外伸之用。

手锻炉结构简单,操作容易,升温快,但加热温度不均匀,加热质量不高,劳动生产率低,在单件、小批量生产或局部加热生产中应用较多。因此,手锻炉是目前锻造实习中普遍采用

的加热设备之一。

2. 反射炉

反射炉是以煤为燃料的火焰加热炉,燃料在燃烧室中燃烧,高温炉气及火焰通过炉顶反射到加热室中加热金属坯料,其结构简图如图 3-2 所示。燃烧室 1 中产生的高温炉气越过火墙 2 反射进入加热室 3(炉膛)内加热坯料 4,燃烧所需要的空气经过换热器 8 预热后送入燃烧室 1,而废气经烟道 7 排出,坯料从炉门 5 装取。

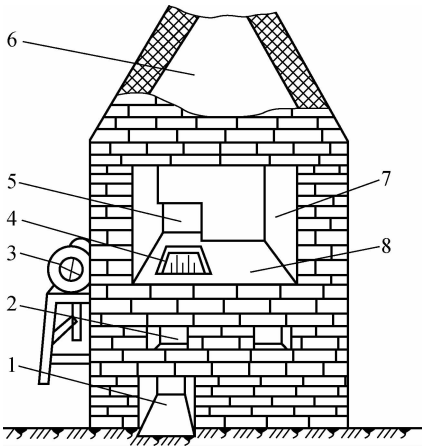


图 3-1 手锻炉结构简图

1—灰坑; 2—火沟槽; 3—鼓风机; 4—炉算; 5—后炉门;
6—烟囱; 7—前炉门; 8—堆料平台

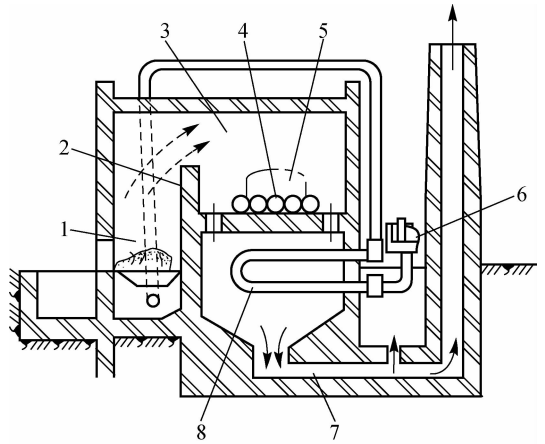


图 3-2 反射炉结构简图

1—燃烧室; 2—火墙; 3—加热室; 4—坯料;
5—炉门; 6—鼓风机; 7—烟道; 8—换热器

反射炉普遍适用于中、小批量锻件的生产。

3. 室式重油炉和煤气炉

室式(箱式)重油炉结构简图如图 3-3 所示。重油和压缩空气分别由两个管道送入喷嘴,压缩空气从喷嘴喷出时所造成的负压将重油带出并喷成雾状,在炉膛内燃烧。

煤气炉的构造与重油炉基本相同,主要区别是喷嘴的构造不同。

4. 电阻炉

电阻炉是常用的电加热设备,利用电流通过布置在炉膛围壁上的电热元件产生的电阻热为热源。中温箱式电阻炉的结构简图如图 3-4 所示,该装置以电阻丝作为电热元件,通常做成丝状或带状,放在炉内的砖槽中或搁板上,最高使用温度为 $1\ 000\ ^\circ\text{C}$;高温箱式电阻炉通常以硅碳棒作为电热元件,最高使用温度为 $1\ 350\ ^\circ\text{C}$ 。

电阻炉结构简单,体积小,操作简便,炉温均匀并易于调节,坯料氧化较小,加热质量好,坯料加热温度适应范围较大,但电能消耗大,热效率较低,适合于自由锻或模锻合金钢、有色金属坯料的单件或成批加热。

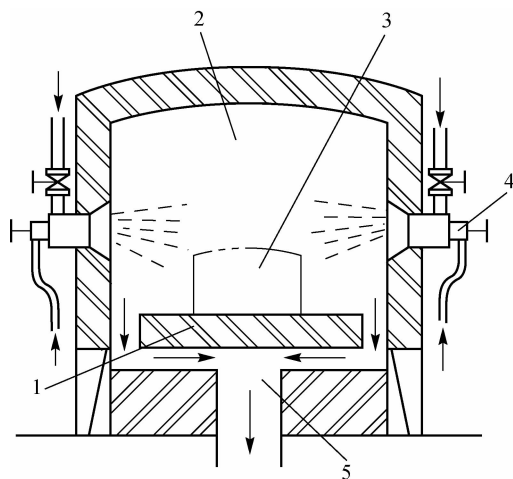


图 3-3 室式重油炉结构简图

1—坯料；2—炉膛；3—炉门；
4—喷嘴；5—烟道

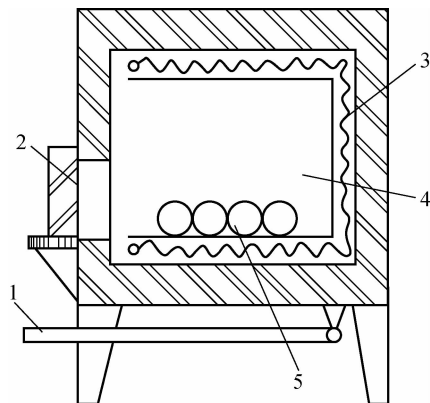


图 3-4 中温箱式电阻炉的结构简图

1—踏杆(控制炉门升降)；2—炉门；3—电阻丝；
4—炉膛；5—坯料

感应加热是利用交流感应线圈产生交变磁场,使置于线圈中的坯料产生涡流损耗和磁滞损耗而升温加热,具有加热速度快、加热质量好、控温准确、易于实现自动化等特点,但是成本高。感应器能加热的坯料尺寸小,适合于模锻或有色金属坯料的大批量加热。接触加热是利用大电流通过金属坯料产生的电阻热加热。这种加热方式加热速度快、金属烧损少、热效率高,适合于模锻坯料的大批量加热。

3.1.3 锻件的常见加热缺陷

1. 氧化和脱碳

如果将金属坯料加热到高温,坯料表层中的铁将和炉气中的氧化性气体(如氧气、二氧化碳、水蒸气、二氧化硫等)发生化学反应,生成氧化皮,这种现象称为氧化。氧化造成金属烧毁,每加热一次,烧损量约为坯料重量的2%~3%,严重的氧化会造成锻件表面质量下降,加剧锻模磨损,降低模具的使用寿命。

金属坯料加热到高温时,表层的碳与氧或氢产生化学反应而烧损,造成坯料表面含碳量减少,这种现象称为脱碳。金属脱碳后,表层的硬度与强度会明显降低。如果脱碳层厚度小于机械加工余量,则对锻件没有什么危害;反之,将严重影响锻件质量,甚至造成锻件的报废。

在能够保证加热质量的前提下严格控制送风量,采用快速加热,避免坯料在高温下停留时间过长或采用少氧化、无氧化的加热方法是减少锻件氧化和脱碳的主要措施。

2. 过热和过烧

坯料的加热温度过高或高温下保持时间过长,都会引起晶粒迅速长大变粗,这种现象称为过热。过热会导致钢的强度和冲击韧性降低、力学性能下降,应尽量避免。可以采取多次锻打过热的坯料,把晶粒打碎,或在锻后进行热处理(调质或正火)的方法使其晶粒细化,以改善坯料的力学性能。

坯料的加热温度过高,甚至接近于熔化温度或在高温下长时间停留时,由于炉气中的氧化性气体的渗入,使晶粒间的物质被氧化,晶粒内部组织间的结合力将完全消失,这时坯料经锻打会破碎成废品,这种现象称为过烧。过烧的坯料无法挽救,避免过烧的措施是严格控制加热温度和保温时间,应使坯料的加热温度至少低于熔点 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

3. 裂纹

加热大型锻件坯料或导热性较差的金属材料时,如果加热温度过高或过快,将使坯料的心部和外部表层温差过大,产生的热应力超过材料的强度极限,会使坯料产生裂纹,故加热应分段进行。为防止裂纹现象的产生,应严格制订和遵守正确的加热规范(包括入炉温度、加热速度及保温时间等)。

3.1.4 锻件的冷却

锻件的冷却同加热一样,也是保证锻件质量的重要环节。锻件的冷却是指锻后从终锻温度冷却到室温。如果冷却的方法不当,会使坯料产生硬化、变形或裂纹缺陷。常用的冷却方法有空冷、坑冷和炉冷三种。

1. 空冷

空冷是指在无风的空气中,将锻件放在干燥的地面上冷却。常用于低碳钢、中碳钢和合金结构钢的小型锻件。

2. 坑冷

坑冷是指将锻件放在充填有石灰、砂子或炉灰的地坑或铁箱中进行冷却。坑冷速度较空冷速度慢,用于碳素工具钢和合金工具钢锻件的冷却。

3. 炉冷

炉冷是指锻件在 $500\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的加热炉中随炉缓慢冷却。适用于大型锻件和高合金锻件。

3.2 自由锻造

将加热后的金属坯料置于砧铁上或锻压机器的上、下砧铁之间直接进行的锻造,称为自由锻造(简称为自由锻)。前者称为手工自由锻,简称手锻;后者称为机器自由锻,简称机锻。相对来说,自由锻生产率低,劳动强度大,锻件的精度低,对操作工人的技术要求较高。但是自由锻所使用的工具简单,设备的通用性强,工艺灵活性高,所以广泛用于单件、小批量零件及大型锻件毛坯的生产。

3.2.1 自由锻的设备及工具

常用的自由锻设备有空气锤、蒸汽—空气锤和水压机等。其中空气锤使用灵活,操作方便,是生产小型锻件最常用的自由锻设备。

1. 空气锤

空气锤是生产小型锻件及胎膜锻造的最常用的自由锻设备,其结构主要由锤身(单柱

式)、双缸(压缩缸和工作缸)、传动机构、操纵机构、落下部分和锤砧等几个部分组成。

图 3-5 所示为空气锤的工作原理,电动机 7 经过一级带轮减速机构 6 减速,通过连杆 16,使压缩活塞 15 在压缩缸 3 内做往复运动,使其产生的压缩空气进入工作缸 1,使锤杆做上下运动以完成各项工作。

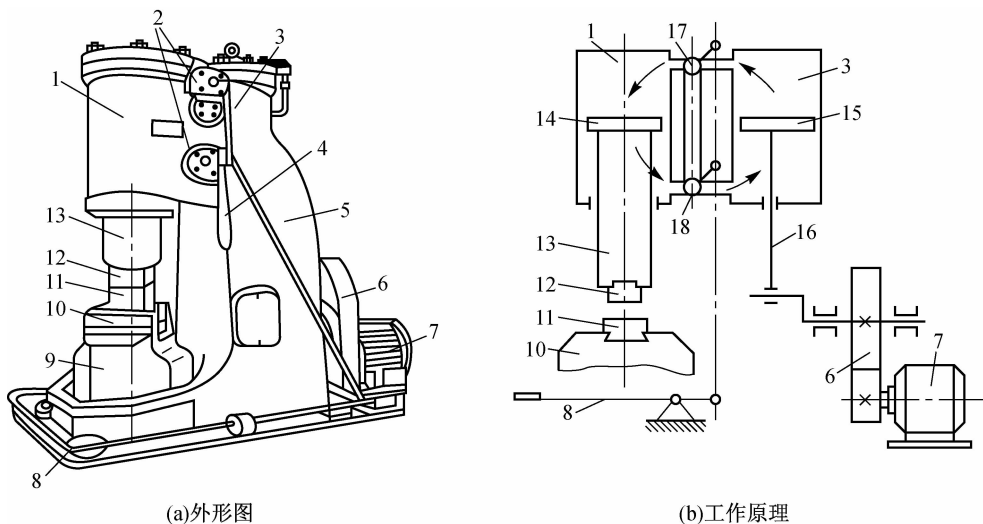


图 3-5 空气锤

1—工作缸; 2、17、18—旋阀; 3—压缩缸(锤身内部); 4—手柄; 5—锤身; 6—减速机构; 7—电动机;

8—脚踏杆; 9—砧座; 10—砧垫; 11—下砧块; 12—上砧块; 13—锤杆;

14—工作活塞; 15—压缩活塞; 16—连杆

空气锤将电能转化为压缩空气的压力能来产生打击力。空气锤的规格是以落下部分(包括工作活塞、锤杆和上砧铁)的质量来表示的。例如,150 kg 空气锤就是指锤的落下部分质量为 150 kg。锻锤的打击力大约是落下部分质量的 100 倍。常用的空气锤规格为 65~750 kg,可以根据锻件的质量和尺寸合理选用。

2. 蒸汽—空气锤

蒸汽—空气锤是以蒸汽或压缩空气作为工作介质驱动锤头上下运动,对坯料进行打击的常用自由锻设备。图 3-6 所示为双柱拱式蒸汽—空气锤,其工作原理是通过操纵手柄 4 控制滑阀,使气体进入工作汽缸 1 的上下腔并推动活塞上下运动,实现锤头上悬、下压、单打或连续打击等动作。蒸汽—空气锤自身不带动力装置,需蒸汽锅炉向其提供具有一定压力的蒸汽,或由空气压缩机向其提供压缩空气,其锻造能力明显大于空气锤,一般为 1~5 t,所以常用于大、中型锻件的锻造生产。

3. 水压机

液压机常用来锻造大型锻件,水压机是最常用的一种,如图 3-7 所示。水压机不依靠冲击力,而靠静压力使坯料变形,工作平稳,因此,工作时振动小,不需要笨重的砧座;锻件变形速度低,变形均匀,易将锻件锻透,使整个截面呈细晶粒化,从而改善和提高了锻件的力学性能,容易获得大的工作行程,并能在行程的任何位置进行锻压,劳动条件较好。但由于水压机主体庞大,并需配备供水和操纵系统,故造价较高。水压机的压力大,其规格为 500~12 500 t,能锻造 1~300 t 的大型、重型坯料。

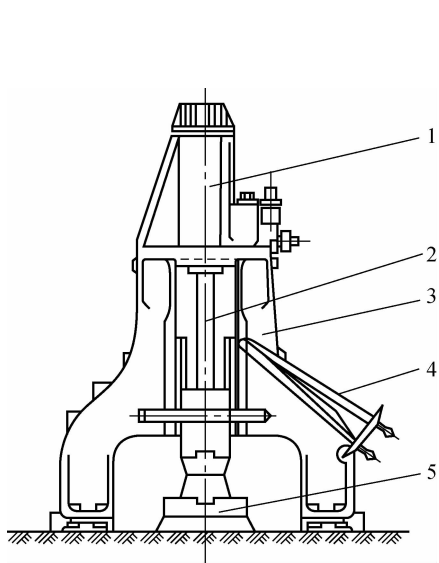


图 3-6 双柱拱式蒸汽—空气锤

1—工作汽缸；2—落下部分；3—机架；
4—操纵手柄；5—砧座

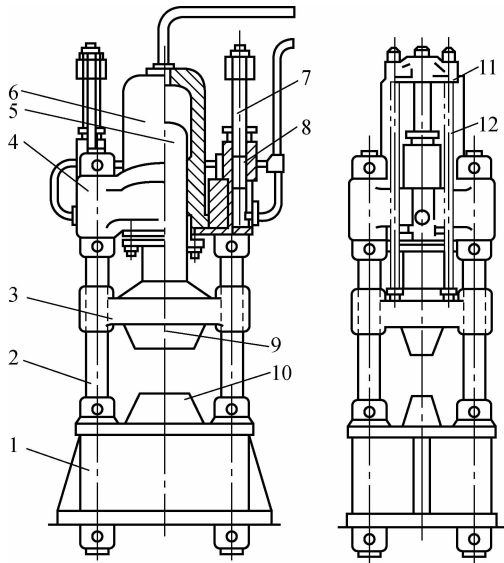


图 3-7 水压机

1—下横梁；2—立柱；3—活动横梁；4—上横梁；5—工作柱塞；
6—工作缸；7—回程柱塞；8—回程缸；9—上砧；
10—下砧；11—回程横梁；12—拉杆

4. 自由锻工具

常用的自由锻工具按功能可分为支持工具、夹持工具、衬垫工具、打击工具和测量工具等，部分工具图如图 3-8 所示。

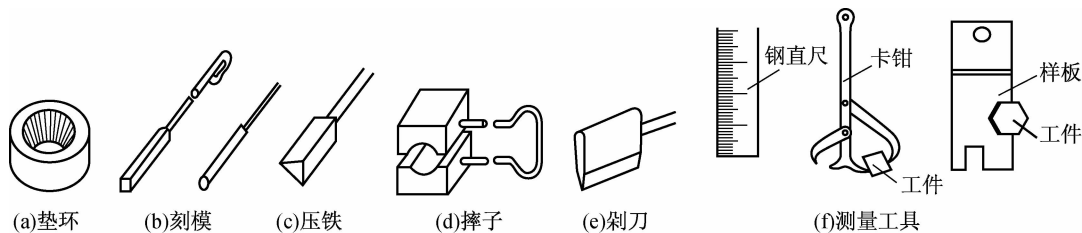


图 3-8 常用自由锻工具

3.2.2 自由锻的基本工序及其操作

锻件的成形过程是由各种变形工序组成的。根据变形的性质和程度不同，自由锻工序可分为基本工序、辅助工序和修整工序三大类。

基本工序是指能够大幅度地改变坯料的形状和尺寸的工序，是锻造过程中的主要变形工序，如镦粗、拔长、冲孔、扩孔、心轴拔长、切割、弯曲、扭转、错移、锻接等，其中镦粗、拔长和冲孔三个工序应用得最多。辅助工序是指在坯料进入基本工序前的预先变形工序，如压钳口、切肩、压痕等。修整工序是指用来精整锻件尺寸和形状，消除锻件表面不平、歪曲等，使锻件完全达到锻件图样要求的工序，如滚圆、平整及校正等。

1. 镦粗

镦粗是自由锻最基本的工序,是使毛坯高度减小、横截面积增大的锻造工序。镦粗有完全镦粗和局部镦粗两种方式,如图 3-9 所示。镦粗主要用来锻造圆盘类(如齿轮坯)及法兰等锻件。锻造空心锻件可作为冲孔前的预备工序。

镦粗的一般原则、操作方法及注意事项如下:

(1)所用镦粗坯料的截面一般是圆形的,如果是方形截面的坯料,镦粗时应将坯料锻成圆形再镦粗,以免形成夹层。

(2)始锻温度采用坯料允许的最高始锻温度,并应烧透镦粗坯料。坯料的加热要均匀,否则镦粗时工件变形不均匀,对某些材料还可能造成锻裂。

(3)坯料的原始高径(或边长)比应小于 2.5,否则镦粗时会产生镦弯,或形成双鼓形及夹层等锻造缺陷,如图 3-10 所示。局部镦粗时,镦粗部分的高径比也应满足上述要求。

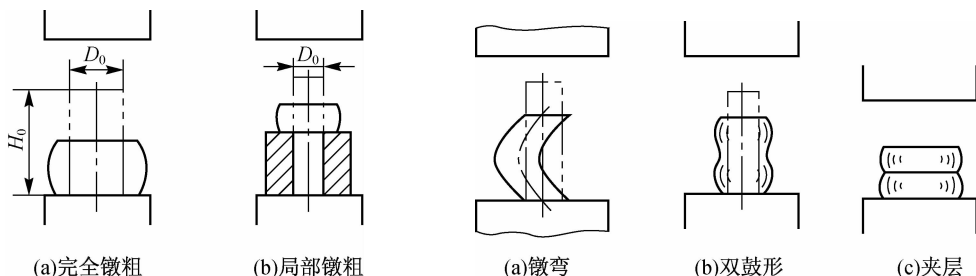


图 3-9 镦粗

图 3-10 坯料高径比太大时镦粗形成的缺陷

2. 拔长

拔长又称为延伸或引伸,是指使坯料横截面积减小而长度增大的工序。拔长用于锻制长度大而截面小的工件,如轴类、杆类和长筒形类锻件,还常用来改善锻件的内部质量。

拔长操作时,应注意以下几点:

(1)坯料的宽高比应小于 2.5,否则翻转 90°后再锻打时容易产生弯曲,甚至造成夹层缺陷。

(2)拔长过程中,坯料应沿砧铁的宽度方向送进,每次的送进量应为砧铁宽度的 30%~70%,如图 3-11(a)所示;送进量太大,金属主要向宽度方向流动,反而降低拔长率,如图 3-11(b)所示;送进量太小,又容易产生夹层,如图 3-11(c)所示。另外,单边压下量应小于送进量,否则会产生折叠。

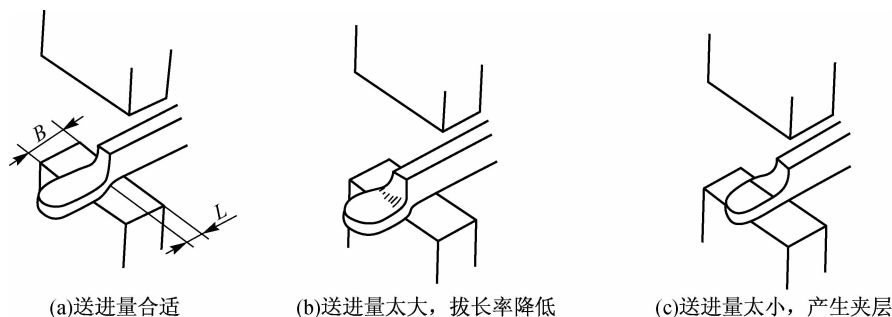


图 3-11 拔长时的送进方向和进给量

(3)拔长时,要将坯料不断反复地翻转 90°并沿轴向送进,如图 3-12(a)所示。螺旋式翻转拔长如图 3-12(b)所示,它是将毛坯沿一个方向翻转 90°,并沿轴向送进的操作。单面顺序拔长如图 3-12(c)所示,它是将毛坯沿整个长度方向锻打一遍后,再翻转 90°并沿轴向送进的操作。用这种方法拔长时,应注意工件的宽厚比不要超过 2.5,否则再次翻转继续拔长时容易产生折叠。

(4)拔长工序总是用在方形截面的坯料中,若坯料是圆形截面的,应锻成方形截面,然后拔长到接近所需直径时再滚圆,如图 3-13 所示。

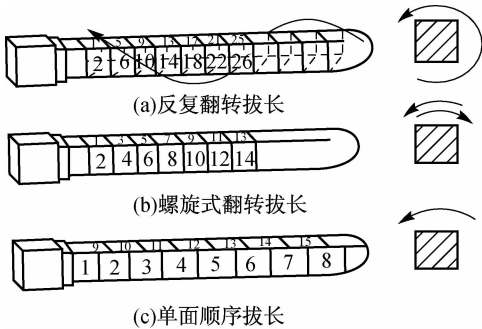


图 3-12 拔长时锻件的翻转方向

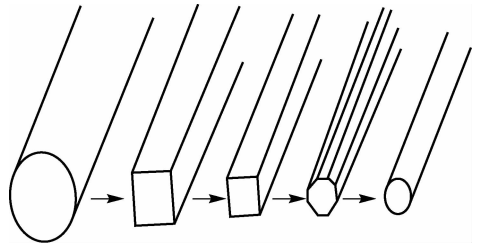


图 3-13 大直径坯料拔长时的变形过程

(5)局部拔长时,应先压肩,以使过渡表面平整。压肩分为方料压肩和圆料压肩,如图 3-14 所示。

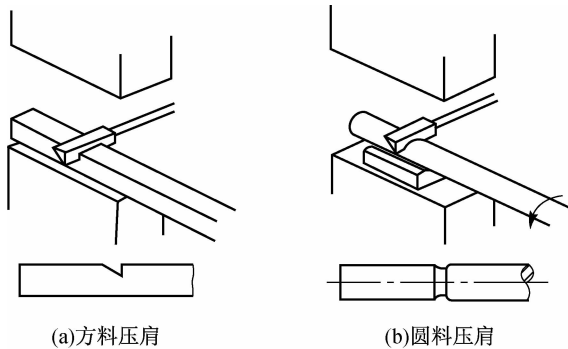


图 3-14 压肩

3. 冲孔

冲孔是指在坯料上锻出盲孔或通孔的锻造工序。常用的冲孔方法有双面冲孔(如图 3-15 所示)和单面冲孔(如图 3-16 所示)。

坯料应在冲孔前加热到始锻温度,而且要均匀热透,从而保证有足够的塑性,以防坯料被冲裂或损坏冲子,冲孔完毕后冲子也应易于拔出。

坯料应在冲孔前镦粗,以减少冲孔的深度并使端面平整。为了保证孔位正确,防止冲偏,冲孔前应先试冲,即冲孔前首先用冲子轻轻冲出孔的压痕,然后检查孔的位置是否正确,经检查无误后在压痕内撒少量煤粉,以利于拔出冲子,然后继续冲深,要注意防止冲歪。

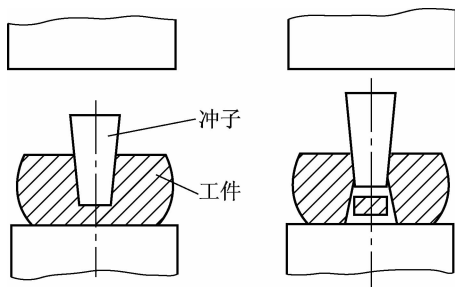


图 3-15 双面冲孔

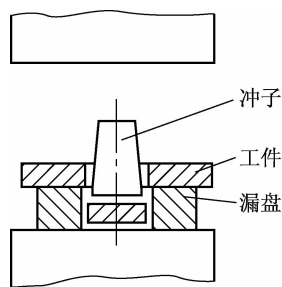


图 3-16 单面冲孔

双面冲孔法是最常用的冲孔方法,一般在孔冲到坯料厚度的 $2/3 \sim 3/4$ 时取出冲子,翻转工件从反面冲透。较薄的锻件可采用单面冲孔法,单面冲孔时应将冲子大头朝下,漏盘孔径不宜太大,且需要对正。

4. 弯曲

弯曲是指使坯料弯成一定角度或形状的锻造工序,常用于各种弯曲轴类锻件,如图 3-17 所示。弯曲时只需将坯料待弯曲部分加热。

5. 错移

错移是指将毛坯的一部分相对另一部分上、下错开,但仍保持这两部分轴心线平行的锻造工序。错移常用于曲轴的锻造。错移前毛坯须先进行压肩等辅助工序,如图 3-18 所示。

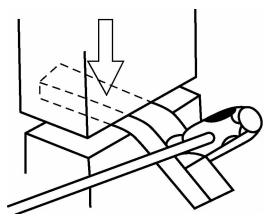


图 3-17 弯曲

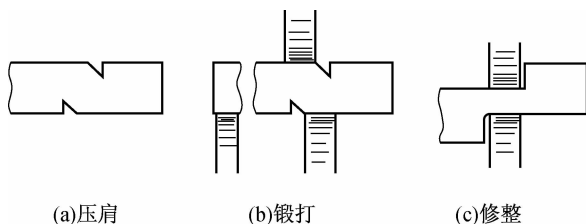


图 3-18 错移

6. 切割

切割是指将坯料分割开或切除钢锭的冒口、底部,切除锻件料头的工序,如图 3-19 所示。切割的基本工具是各种形状的剁刀。

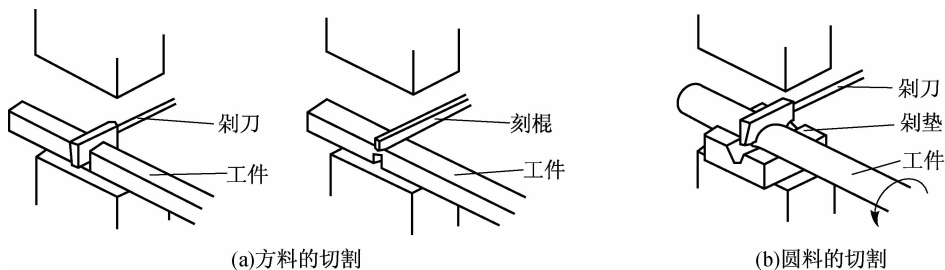


图 3-19 切割

3.3 胎模 锻

模锻是指在锻压设备动力作用下使坯料在锻模模膛中塑性流动,从而获得锻件的锻造方法。模锻与自由锻相比较,具有生产率高、尺寸精度高、材料利用率高、机械加工余量小、适用形状复杂锻件、操作简便及劳动强度小等优点。但是模锻需采用专用的模锻设备,投资大,生产准备周期长,锻模成本高,寿命低,工艺灵活性不如自由锻。因此,模锻适用于中、小型锻件的大批量生产。

按照所使用的设备不同,模锻可分为胎模锻、锤上模锻、压力机上模锻等,这里主要介绍胎模锻。

3.3.1 胎模锻的类型

生产中,在自由锻造设备上使用简单的模具(即胎模)来生产模锻件的工艺方法称为胎模锻。胎模锻一般采用自由锻方法制坯,然后在胎模中终锻成形。常用的胎模按其结构可分为扣模、套筒模和合模三种类型。

1. 扣模

扣模用来对非回转体锻件扣形或制坯,主要生产杆状非回转体锻件,如图 3-20 所示。

2. 套筒模

套筒模为圆筒形锻模,主要用于锻造齿轮、法兰盘等回转体盘类锻件,如图 3-21 所示。

3. 合模

合模通常由上模和下模两部分组成,主要用于生产形状复杂的非回转体锻件,如连杆、叉形件等,如图 3-22 所示。

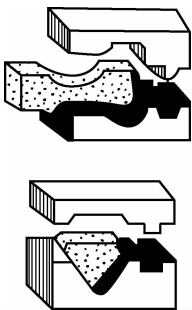


图 3-20 扣模

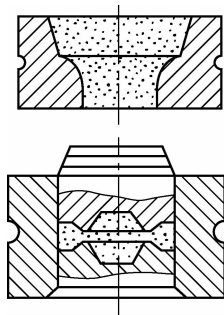


图 3-21 套筒模

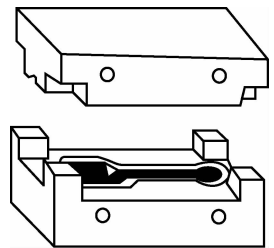


图 3-22 合模

3.3.2 胎模锻件的工艺缺陷

原材料本身的缺陷、下料的缺陷、加热的缺陷、锻模的缺陷、切边的缺陷、锻后热处理的缺陷和清理的缺陷等是造成胎模锻件工艺缺陷的主要因素。胎模锻件的工艺缺陷主要有错模、局部充不满、凹坑和残留毛刺等。

错模是锻造过程中由模具安装原因所造成的。局部充不满是由于坯料体积过小或坯料放偏等原因致使锻件上的凸肋、内外圆角等部位因模槽未充满而欠缺,此种缺陷一般无法进行修正。凹坑是由于锻模槽中未清除的氧化皮被压入锻件中,锻件被清理后氧化皮脱落而形成的。残留毛刺是由于切边模的间隙过大或间隙不均匀,以及切边模刃口变钝等原因而导致锻件切边后在分模面处出现的缺陷。毛刺过大时,通常使用砂轮进行修磨。

3.4 冲 压

冲压是指利用冲压设备和冲模使金属或非金属材料产生分离或变形,从而获得具有一定形状、尺寸和性能的毛坯或零件的压力加工方法,也称为板料冲压。它是机械制造中重要的加工方法之一,应用十分广泛。冲压通常是在常温下进行的,所以又称为冷冲压。

用于冲压的材料必须具有良好的塑性,常用的有低碳钢、铝和铝合金、铜和铜合金、镁合金、奥氏体不锈钢等金属材料,以及塑料板、胶木板、皮革、云母片等非金属材料。

冲压的特点是可冲出形状复杂的零件,材料利用率高;冲压件表面质量高、强度高、刚性好;操作简单、生产率高,易于实现机械化和自动化;冲模精度要求高、结构复杂,制造成本高等。因此,冲压适用于大批量生产的场合。

3.4.1 冲压设备

常用的冲压设备有剪床和冲床。

1. 剪床

剪床是下料用的基本设备,其传动系统如图 3-23 所示。电动机 4 经带轮 5、齿轮 10、离合器 11 使曲轴 7 转动,曲轴 7 带动装有上切削刃 2 的滑块 8 沿导轨 3 上下移动,与装在工作台上的下切削刃 1 相配合,进行剪切。下料的尺寸由挡铁 12 控制。制动器 6 的作用是使上切削刃 2 剪切后停在最高位置,为下次剪切做好准备。

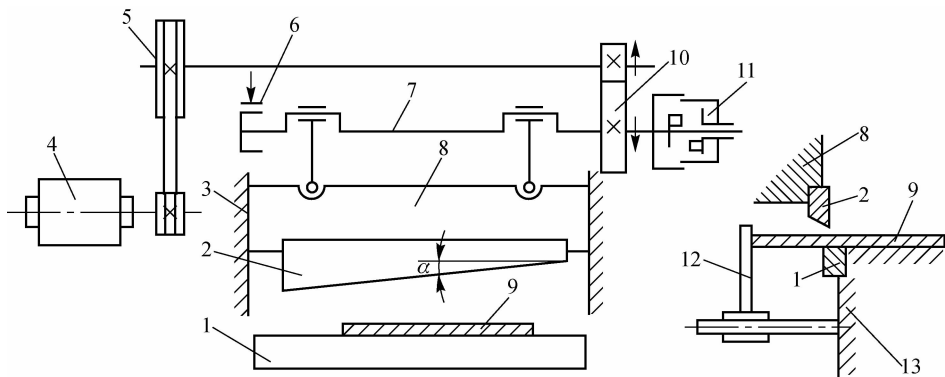


图 3-23 剪床传动系统

- 1—下切削刃; 2—上切削刃; 3—导轨; 4—电动机; 5—带轮; 6—制动器; 7—曲轴;
8—滑块; 9—板料; 10—齿轮; 11—离合器; 12—挡铁; 13—工作台

2. 冲床

冲床是进行冲压加工的基本设备,常用的开式单柱曲轴冲床如图 3-24 所示。电动机 5 通过 V 带减速系统 4 带动带轮转动,踩下踏板 7 后,离合器 3 闭合并带动曲轴 2 旋转,在经过连杆 11 带动滑块 9 沿导轨 10 做上下往复运动后,进行冲压加工。若踏板 7 踩下后立即抬起,则滑块 9 冲压一次后,便在制动器 1 的作用下停止在最高位置;若踏板 7 踩下后不抬起,则滑块 9 将连续动作,进行连续冲压。

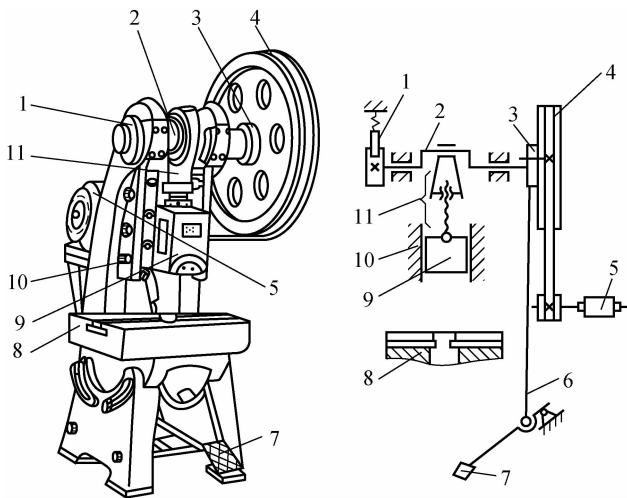


图 3-24 开式单柱曲轴冲床

1—制动器; 2—曲轴; 3—离合器; 4—V 带减速系统; 5—电动机; 6—拉杆;
7—踏板; 8—工作台; 9—滑块; 10—导轨; 11—连杆

3.4.2 冲模

冲模是使板料分离或变形的主要工具。按照结构特点的不同,冲模可以分为简单模、连续模及复合模三种。

1. 简单模

在冲床滑块的一次行程中只完成一道工序的模具称为简单模,又称为单工序模。简单模结构简单,容易制造,适用于生产单工序完成的冲压件。

2. 连续模

在压力机的一次行程中,能在一套模具的不同位置上同时完成几个工序的冲模称为连续模,又称为级进模或跳步模。连续模使用设备和模具较少,生产率高,操作方便、安全,易于实现自动化,但是定位误差会影响其加工工件的精度。因此,连续模一般适用于精度要求低、多工序的小型零件。

3. 复合模

在冲床滑块的一次行程中,能在模具的同一个位置完成两个以上的冲压工序的模具称为复合模。复合模的生产率高,结构复杂,制造精度要求高,因此,适用于生产大批量、高精度的冲压件。

典型的复合模结构如图 3-25 所示,它由上模和下模两部分组成的。凹模 7 用下压板 6 固定在下模板 5 上,下模板 5 用螺栓固定在中床工作台上。凸模 11 用上压板 12 固定在上模板 2 上,上模板 2 则通过模柄 1 与冲床的滑块连接,凸模 11 可随滑块作上下运动。上模和下模利用导套 3 和导柱 4 的滑动配合导向,保持凸模 11 和凹模 7 之间的间隙均匀。条料在凹模 7 上沿两个导料板 9 之间送进,碰到定位销 8 为止。凸模 11 向下冲压时冲下部分进入凹模孔,而条料则夹住凹模 7 一起回程向上运动。条料碰到卸料板 10 时被推下,这样条料继续在导料板 9 之间送进。重复上述动作,即可连续冲压。

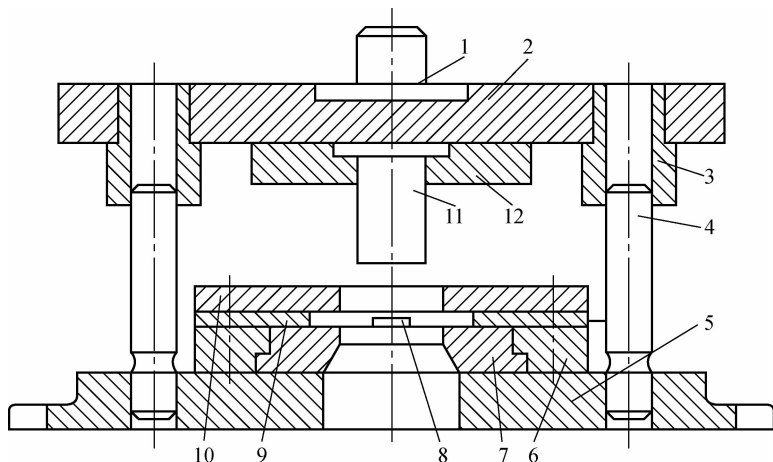


图 3-25 典型的复合模结构

一—模柄；2—上模板；3—导套；4—导柱；5—下模板；6—下压板；7—凹模；8—定位销；
9—导料板；10—卸料板；11—凸模；12—上压板

3.4.3 冲压的基本工序

冲压的基本工序有分离工序和变形工序两类。分离工序是使零件与母材沿一定的轮廓相互分离的工序,如剪切、落料、冲孔、整修等;变形工序是在板料不被破坏的情况下产生局部或整体塑性变形的工序,如弯曲、拉深、翻边等。

1. 剪切

剪切是按不封闭的轮廓线从板料中分离出零件或毛坯件的工序。生产中的剪切主要在剪床上进行,用于毛坯的下料。

2. 落料和冲孔

落料和冲孔都是按照封闭的轮廓线将板料分离的工序,统称为冲裁,如图 3-26 所示。从板料上冲下所需形状的零件(或毛坯)称为落料,即冲下部分为成品,剩下周边部分作为废料;而冲孔则相反,它是在板料上冲出所需形状的孔,即冲下部分作为废料,剩余周边部分作为成品。

3. 弯曲

弯曲是指将板料或型材利用冲模弯成一定角度的工序,主要应用于制造各种弯曲形状的冲压件。如图 3-27 所示,弯曲件有最小弯曲半径的限制,凹模的工作部位必须有圆角过

渡,以免拉伤工件。

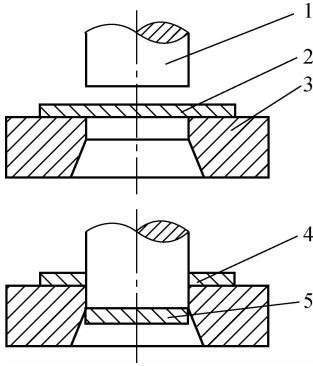


图 3-26 落料和冲孔

1—冲头; 2—坯料; 3—凹模; 4—冲孔成品; 5—落料成品

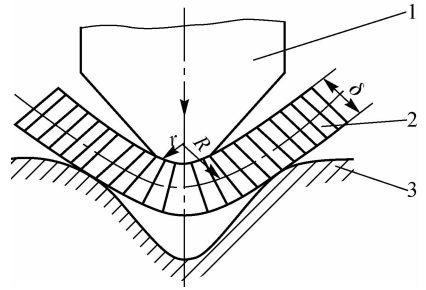


图 3-27 弯曲时金属变形简图

1—冲头; 2—弯曲件; 3—凹模

4. 拉深

拉深是指利用冲模使板料形成开口空心零件的工序,其过程简图如图 3-28 所示。为了防止起皱,要用压板将坯料压紧,凹模和凸模必须有圆角过渡。

5. 翻边

在带孔的平坯料上用扩孔的方法使板料沿一定的曲率翻成直立边缘的冲压成形方法称为翻边。如图 3-29 所示, d_0 为坯料上孔的直径, δ 为坯料的厚度, d 为凸缘的平均直径, h 为凸缘的高度。翻边的变形程度受到限制,对于凸缘高度较大的工件,可以采用先拉深后冲孔再翻边的工艺来实现。翻边工序主要应用于带有凸缘或具有初步翻边的冲压件。

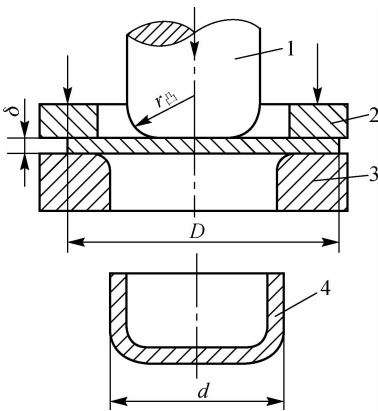


图 3-28 拉深过程简图

1—冲头; 2—压板; 3—凹模; 4—拉深工件

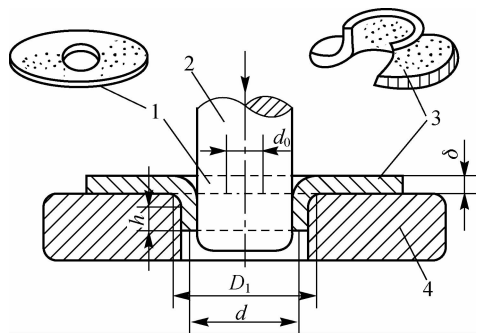


图 3-29 翻边简图

1—毛坯; 2—凸模; 3—翻边工件; 4—凹模

锻造实习安全操作规程

(1)进入实习(训练)场地前穿戴好规定的安全防护用品。

(2)检查各种工具(如榔头、锤子等)的木柄是否牢固,空气锤的上、下砧铁是否稳固,砧铁上不允许有油、水和氧化皮。

(3)钳子的钳口必须与锻件的截面相吻合,保证夹持牢靠,防止锻打时坯料飞出伤人。

(4)坯料在炉内加热时,风门应逐渐增大,防止突然产生高温使煤屑和火焰喷出伤人。

(5)锻打时应将锻件的锻打部位置于下砧的中部,锻件及砧铁等工具必须放正、放平,以防飞出伤人。

(6)两人手工锤打时,必须高度协调;拿钳子时不要对准腹部,挥锤时严禁任何人站在身后 2.5 m 范围内;坯料切断时,挥锤者必须站在坯料被切断飞出方向的侧面,快切断时必须轻击。

(7)只有在专业人员直接指导下才能操作空气锤。严禁用空气锤空击、锻打未加热的锻件、终锻温度极低的锻件以及过烧的锻件。

(8)锻锤工件时,严禁用手伸入工作区域内或在工作区域内放取各种工具、模具。

(9)锻区内的锻件毛坯必须用钳子夹取,不许将手伸入上、下砧铁之间直接拿取,以防烫伤。

(10)实习完毕应清理工具、夹具、量具,并清扫工作场地。

冲压实习安全操作规程

(1)进入实习(训练)场地前穿戴好规定的安全防护用品。

(2)必须在掌握相关设备和工具的正确使用方法后进行操作。未经许可或指导教师不在场的情况下,不得私自开动机床。

(3)机床工作台面、冲模之间不准堆放杂物和量具等。安装模具时,必须将滑块开到下止点;闭合高度必须正确,尽量避免偏心载荷;模具必须紧固,并通过试压检查。

(4)冲压前应仔细检查机床各转动部位安全装置是否良好,主要紧固螺钉有无松动,模具有无裂纹,操作机构、自动停止装置、离合器、制动器是否正常,润滑系统有无堵塞或缺油,并进行空车试验。若有迟滞、连冲现象或其他故障,要及时排除,禁止带故障作业。

(5)每次冲完一个工件后,手和脚必须离开按钮或踏板,以防发生误操作。严禁用压住按钮或脚踏板的办法使电路常开,进行连车操作。连车操作应经批准或根据工艺文件进行。

(6)严禁两人同时操作,脚踏开关必须由操作者使用,不准随意踩踏。

(7)机床运行中严禁在冲模之间伸手取放工件,在冲压小型件时,必须用专用工具取放工件,严禁用手直接取放,以免造成人身事故。

(8)操作时设备出现冲床运转或声响异常(如连击爆裂声)应停止送料,检查原因,如果冲模出现异常或零件堵塞在模具内需要清理,或转动部件松动、操纵装置失灵等均应停车检修,待查明原因进行处理后,方能继续操作。

(9)在排除故障或维修时必须先切断电源、气源或水源,待机床完全停止运动后方可进行。

(10)实习(训练)结束后滑块应在落下位置,将模具落靠,立即断开电源、气源或水源,整理好工件及工具等物品,擦净机床并将场地清扫干净。

思考与练习 3

1. 锻造前坯料加热的目的是什么？加热不当会产生哪些工艺缺陷？
2. 自由锻有哪些基本工序？这些工序各适用于哪些类型的锻件？
3. 简述胎模锻件在生产过程中主要有哪些缺陷。
4. 冲压的基本工序有哪些？试列举出几个日常生活中常见的冲压件。