



精品课程

材料成形装备及自动化

第二章 (2.7-2.9)

华中科技大学材料科学与工程学院

School of Material Science and Technology, HUST



内容回顾

- 2.1 概述
- 2.2 金属熔化及浇注装备
- 2.3 砂处理装备及自动检测系统
- 2.4 造型设备及自动化生产线
- 2.5 铸件落砂及清理自动化
- 2.6 压力铸造装备及自动化





2.7 低压铸造装备及自动化

金属液态成形装备及自动化

2.7.1 低压铸造机的类型及构造

低压铸造是金属液体在（气）压力作用下由下而上地充填型腔并在压力下凝固成形的一种方法，由于所用的压力较低（通常 $0.02\sim 0.06\text{MPa}$ ），故称之为低压铸造。

低压铸造装备一般由保温炉及其附属装置、模具开合机构、气压系统和控制系统组成。

按模具与保温炉的连接方式，可分为顶置式低压铸造机和侧置式低压铸造机。



2.7.1 低压铸造机的类型及构造

1) 顶置式低压铸造机

特点:

结构简单, 制造容易, 操作方便; 但生产效率较低, 因保温炉上只能放置一付模具, 操作均在炉上进行, 故一个周期内, 保温炉一半时间空闲。

其次, 下模受保温炉炉盖的热辐射影响, 冷却缓慢, 使铸件凝固时间延长; 且下模不能设置顶杆装置, 给模具设计增加不便。此外, 保温炉的密封、保养和合金处理均不方便。



1-坩埚; 2-升液管; 3-金



2.7.1 低压铸造机的类型及构造

金属液态成形装备及自动化

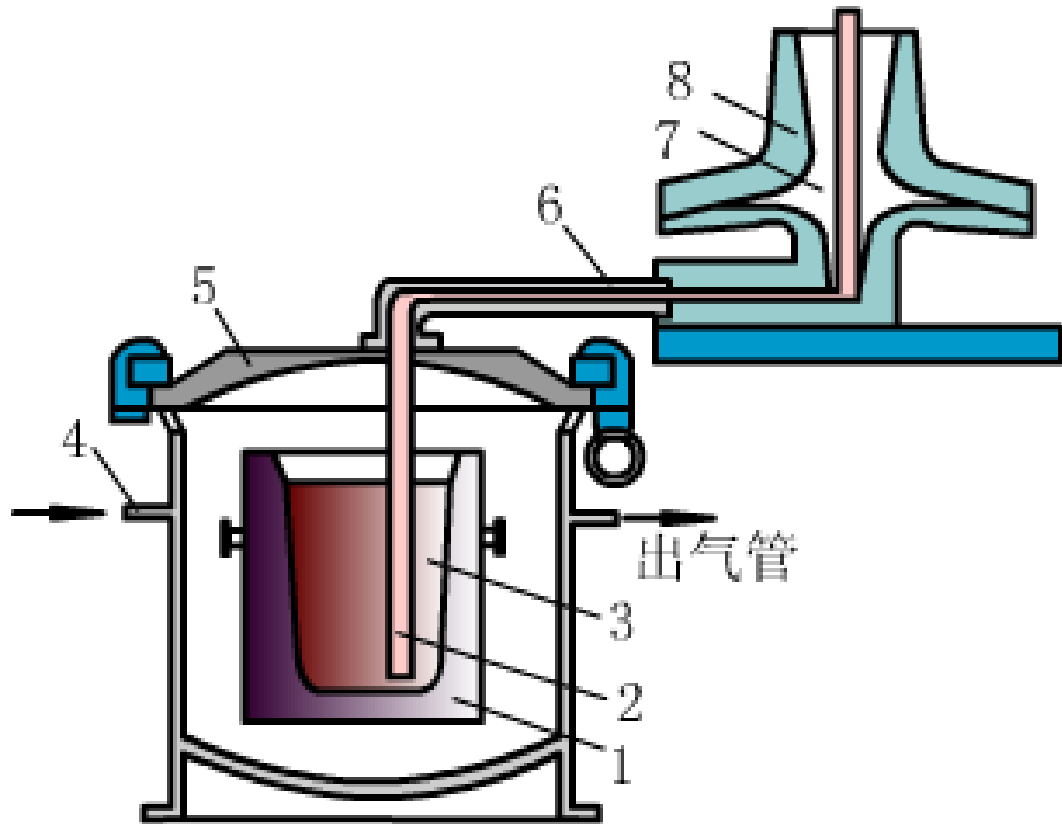
2) 侧置式低压铸造机

特点:

将铸型置于保温炉的侧面，铸型和保温炉由升液管联结。

一台保温炉上同时可为两付以上的模型提供金属液，生产效率提高。

装料、扒渣和合金液处理都较方便；铸型的受热条件得到改善。但侧置式机器结构复杂，应用受限制。



1-坩埚；2-升液管；3-金属液；4-进气管；5-密封盖；6-浇道；7-型腔；8-铸型

2.7.1 低压铸造机的类型及构造

金属液态成形装备及自动化

3) 低压铸造保温炉

一般采用坩埚式电阻炉，其优点是结构简单，温控方便。

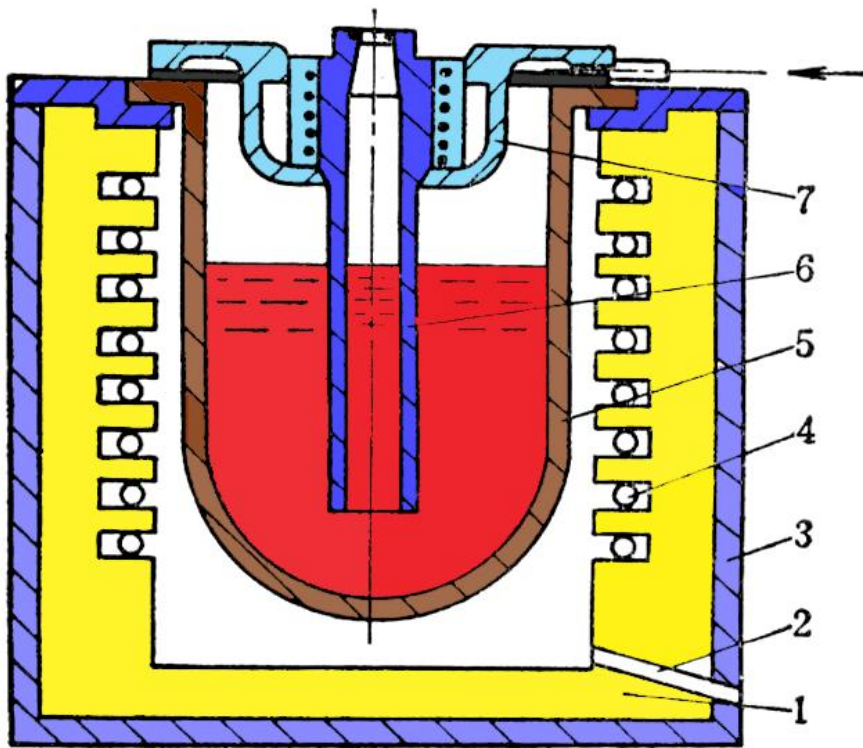


图2-83 电阻式坩埚炉（用于顶置式）

1—炉体 2—排铝孔 3—炉壳 4—电阻元件 5—铸铁坩埚 6—升液管 7—密封盖

2.7.2 低压铸造的自动加压控制系统

金属液态成形装备及自动化

1) 气体加压原理图

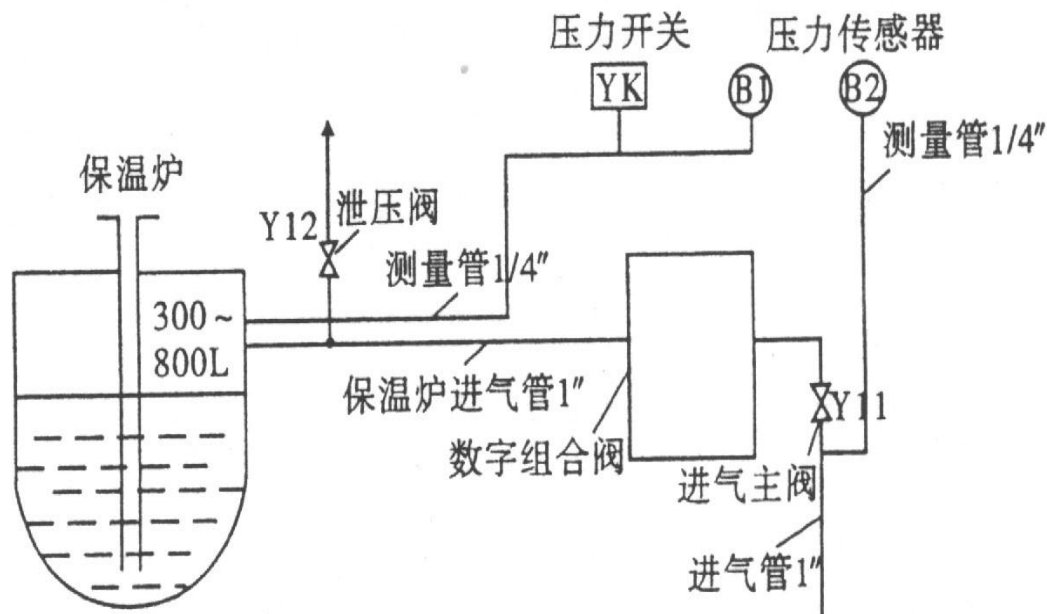


图2-84 气体加压原理图

2.7.1 低压铸造机的类型及构造

2) 简单的低压铸造液面加压工艺曲线

加压工艺曲线的数学模型为:

$$\frac{d\Delta P_i}{dt} = \rho g \left(1 + \frac{A_i}{A}\right) v_i (1 + \theta v_i)$$

式中: $d(\Delta P_i)/dt$ - 气体升压速度;

ΔP - 第*i*段压差值;

ρ - 液体金属密度;

A - 坩埚截面积;

A_i - 型腔第*i*段处截面积;

V_i - 型腔第*i*段上要求的液体金属充型速度;

θ - 气体升压速度补偿系数, 由实验确定;

G - 重力加速度。

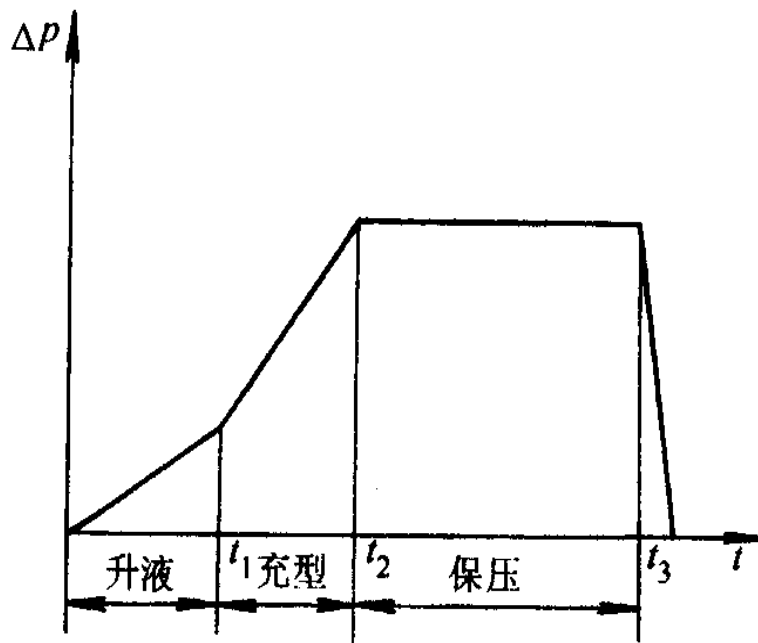


图 3-108 液面加压工艺曲线

2.7.2 低压铸造的自动加压控制系统

金属液态成形装备及自动化

3) 低压铸造计算机控制原理

计算机控制系统采用实时控制，对整个生产工艺过程进行闭环控制。为了便于编制程序和简化起见，采用块程序结构形式，即每一块程序完成一个特定的功能。程序之间的联系有跳转、调用和建立公用参数区三种方式。

该系统的主控制程序包括引导工作程序、开关量状态检测程序和中断服务程序等。

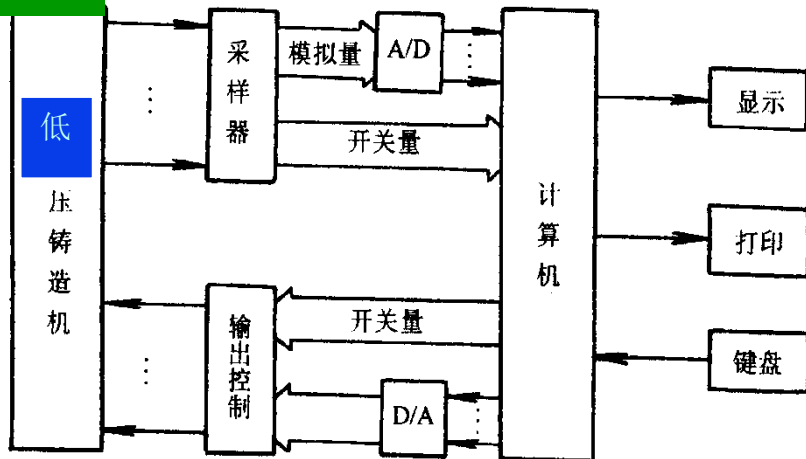


图2-86 计算机控制的低压铸造生产过程示意图

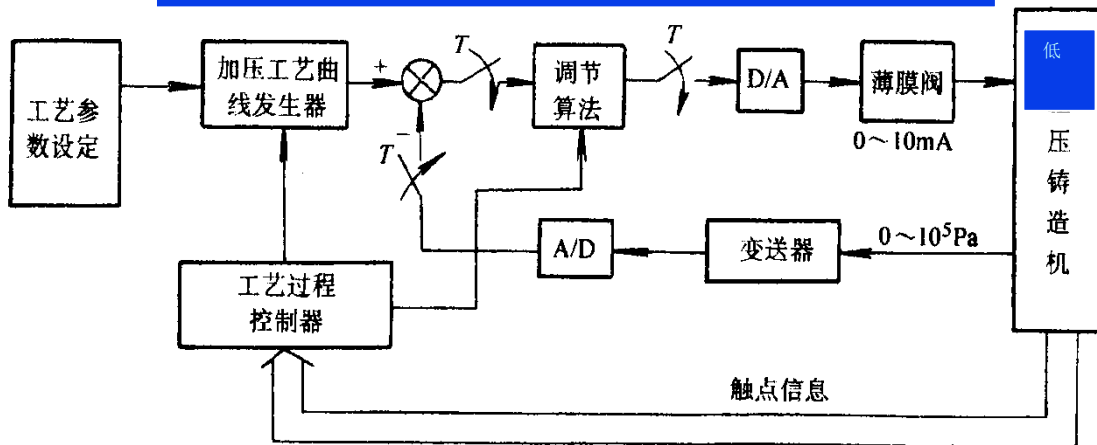
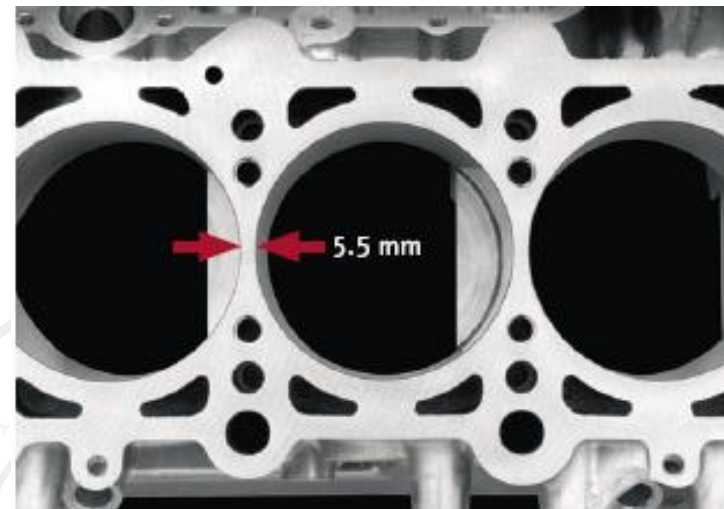
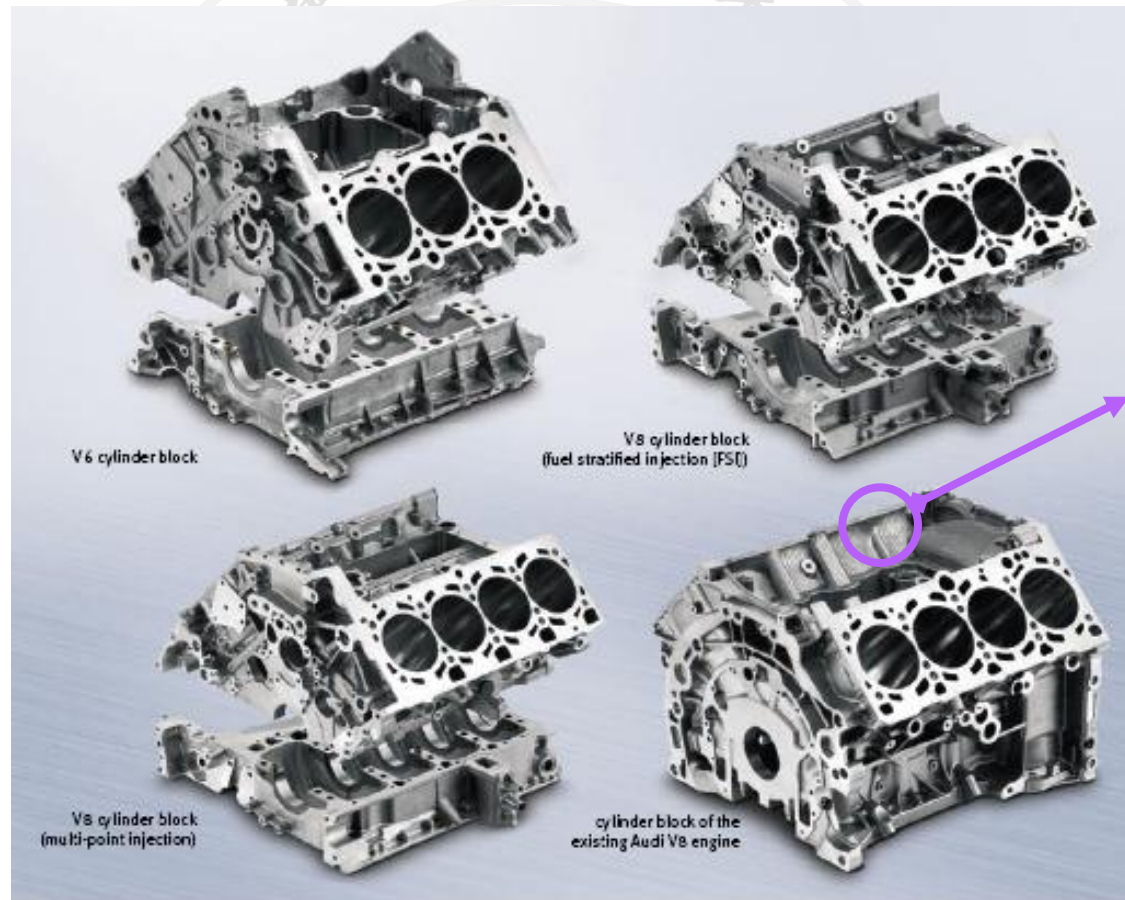


图2-87 低压铸造计算机控制原理图

2.7.2 低压铸造的自动加压控制系统

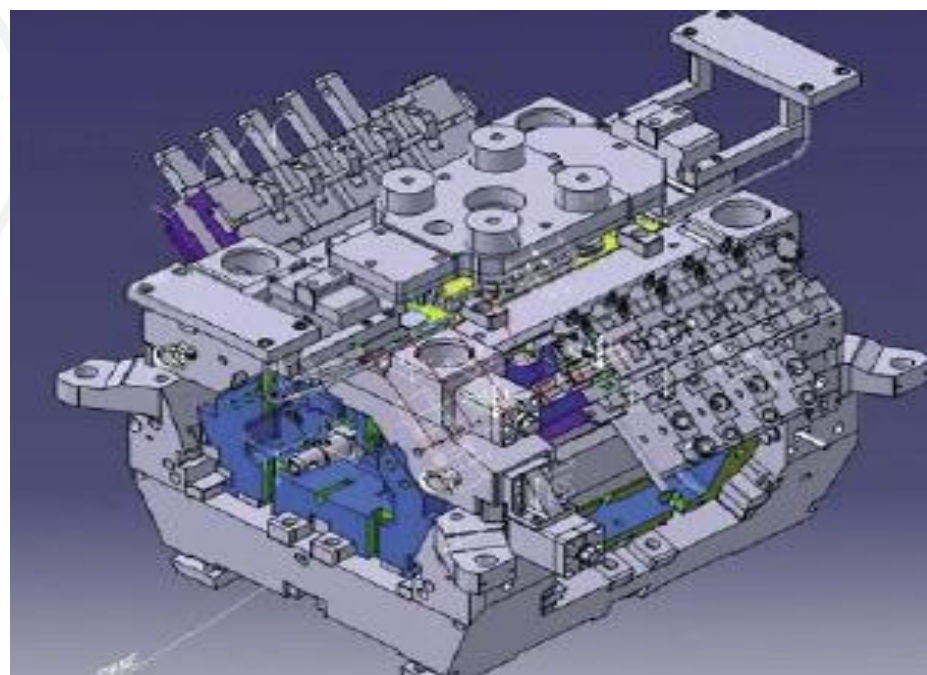
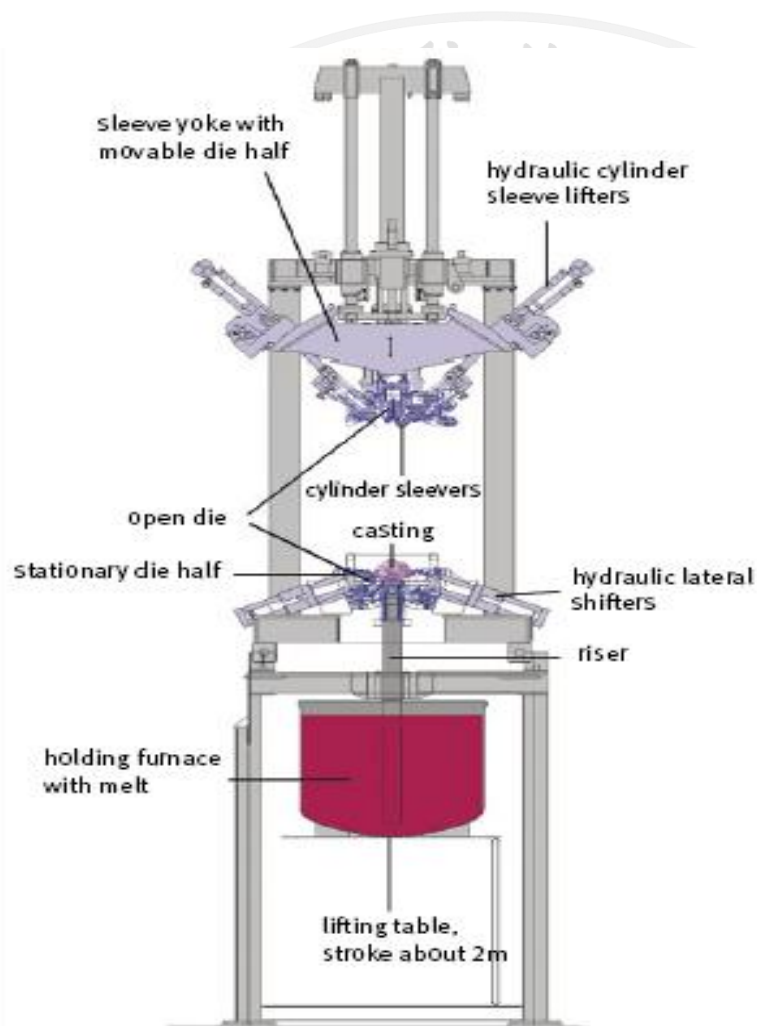
4) 低压铸造举例:



明德厚学 求是创新
WUHAN CHINA

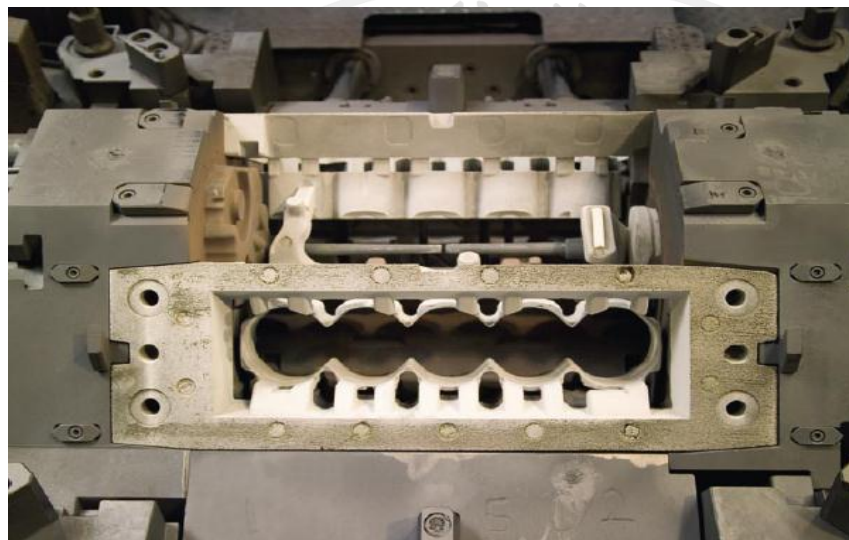
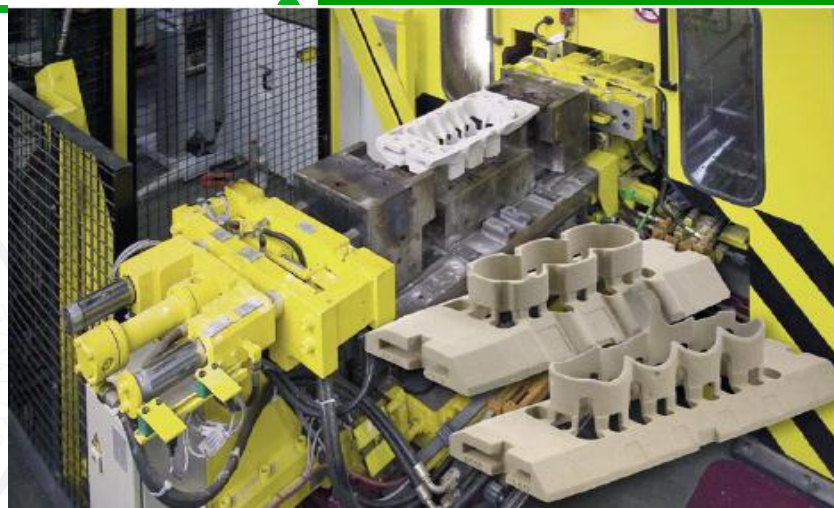
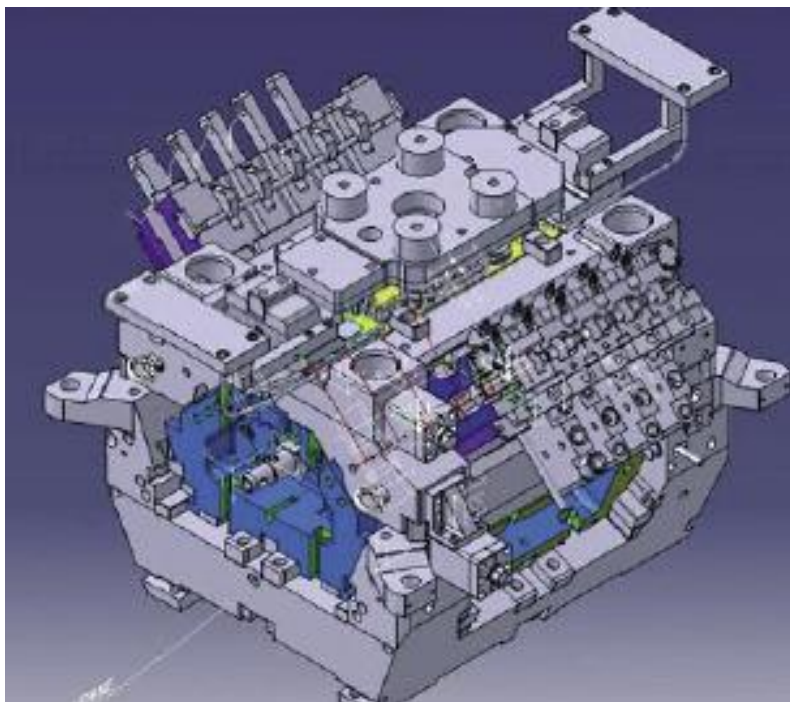


2.7.2 低压铸造的自动加压控制系统



2.7.2 低压铸造的自动加压控制系统

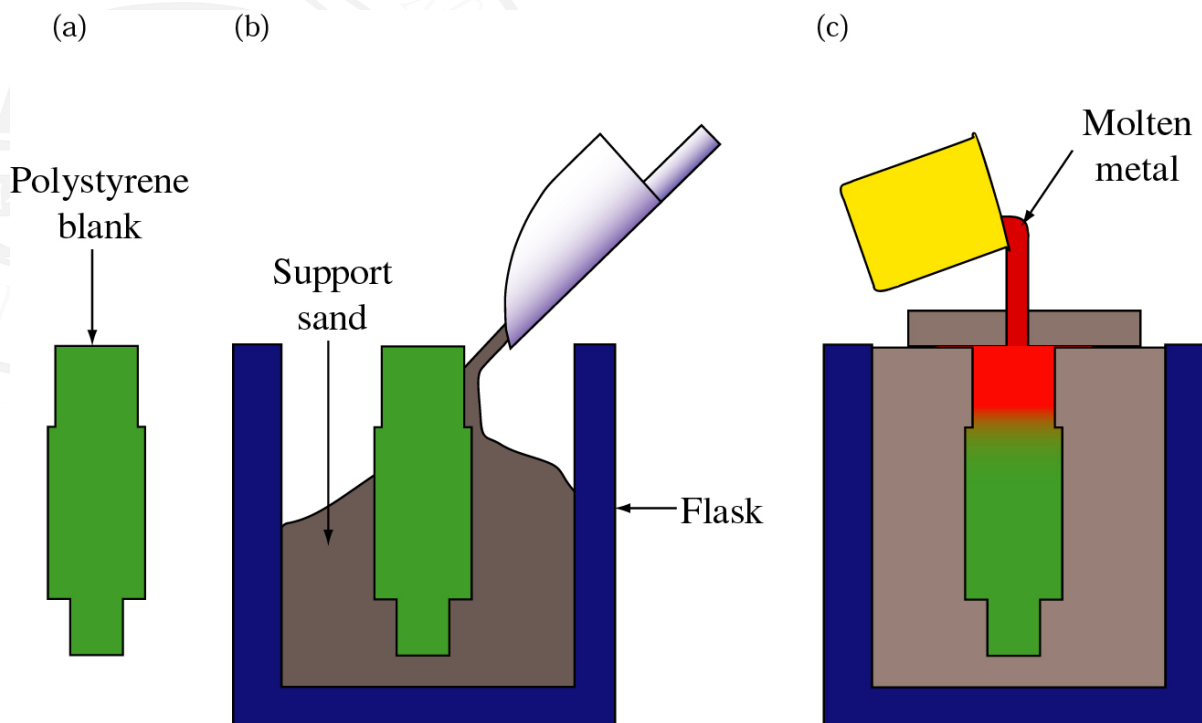
金属液态成形装备及自动化



2.8 消失模精密铸造装备及生产线

金属液态成形装备及自动化

- (1) 基本原理：它采用泡沫塑料模样代替普通模样紧实造型，造好铸型后不取出模样、直接浇入金属液，在高温金属液的作用下，泡沫塑料模样受热气化、燃烧而消失，金属液取代原来泡沫塑料模样占据的空间位置，冷却凝固后即获得所需的铸件。

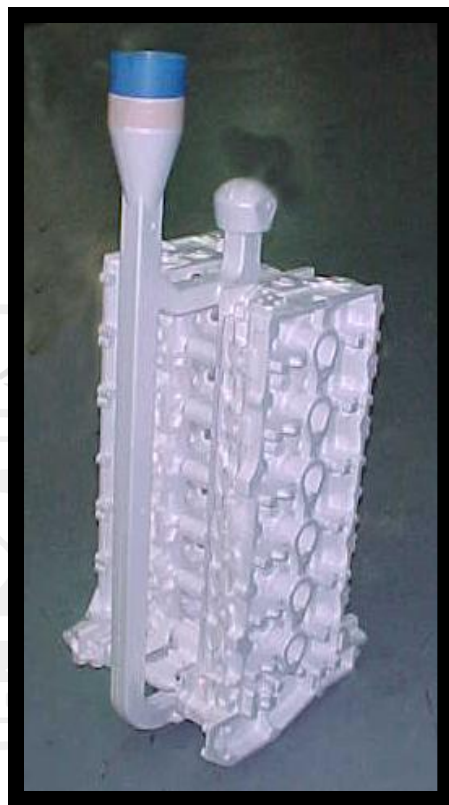
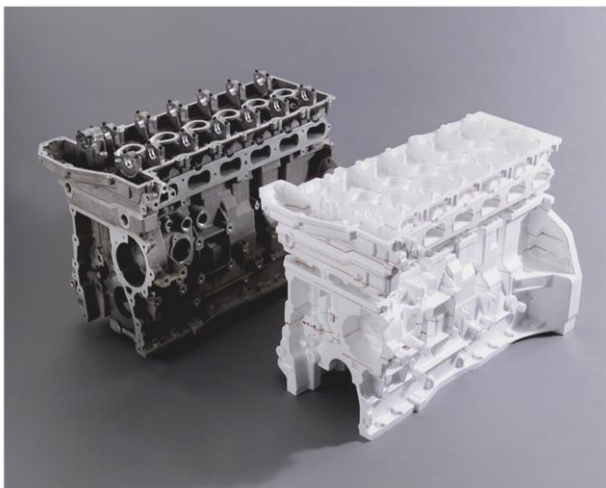
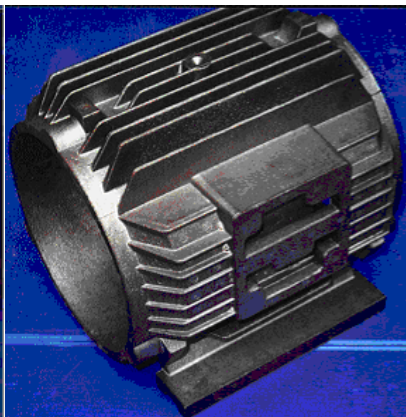
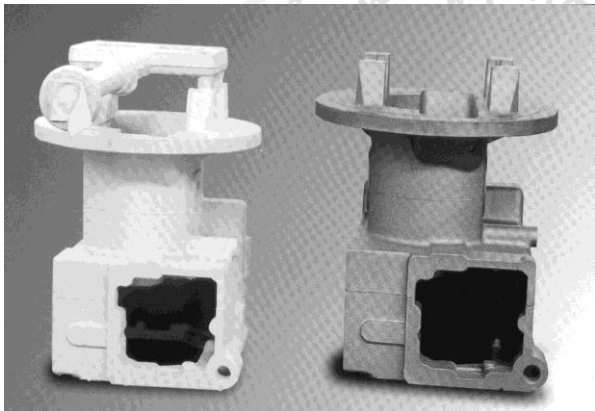


- (2) 主要装备包括：泡沫塑料模样的成形加工装备，造型装备及型砂处理装备，涂料的制备及烘干装备。



2.8 消失模精密铸造装备及生产线

3) 典型的消失模铸造零件



2.8.1 泡沫塑料模样的成形装备

模样制作的方法有两种：一是发泡成形；二是利用机床加工（泡沫模样板材）成形。前者主要设备有：预发泡机、成形发泡机等。

(1) 预发泡机

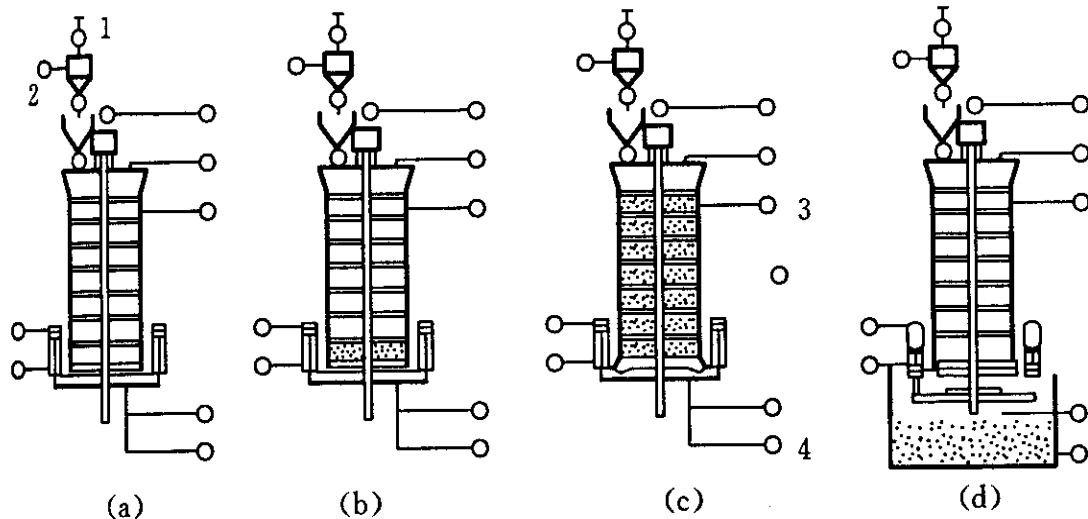


图2-89 间隙式蒸汽预发泡工艺流程

(a)称量 (b)加料 (c)预发泡 (d)卸料

1—称量传感器 2—原珠粒 3—光电管 4—蒸汽

2.8.1 泡沫塑料模样的成形装备

2) 间歇式蒸汽预发泡机

该设备的关键是：

1) 蒸汽进入不宜过于集中，压力和流量不能过大，以免造成结块、发泡不均，甚至部分珠粒因过度预发而破坏；

2) 因为珠粒直接与蒸汽接触，预发泡珠粒中水的质量分数高达10%左右，因此卸料后必须经过干燥处理。

这种预发泡不是通过时间而是通过预发泡的容积定量（即珠粒的预发泡密度定量）来控制预发泡质量，控制方便、效果良好。



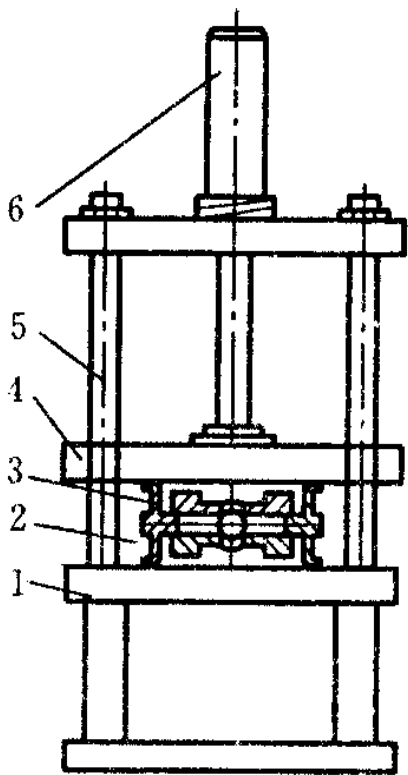


2.8.1 泡沫塑料模样的成形装备

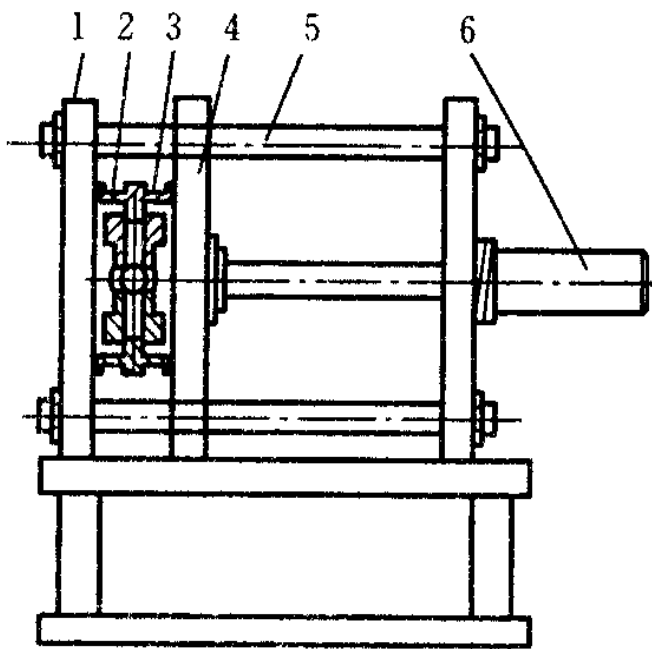
(2) 成形发泡机

1) 简易型成形机

- a. 加入预发珠粒;
- b. 通入蒸汽发泡成形;
- c. 通水冷却定形;
- d. 开模取件。



(a) 立式成形机



(b) 卧式成形机

图2-91 成形机示意图

1. 固定工作台 2. 定模 3. 动模 4. 移动工作台 5. 导杆
6. 液压缸



2.8.2 造型装备及生产线

主要装备有：雨淋加砂器、振动紧实台、真空系统、旧砂冷却除尘系统、输送辊道、浇注设备等。其中关键设备是：振动紧实台。

(1) 振动紧实台

振动紧实台分为一维紧实台、二维紧实台、三维紧实台及多维紧实台。

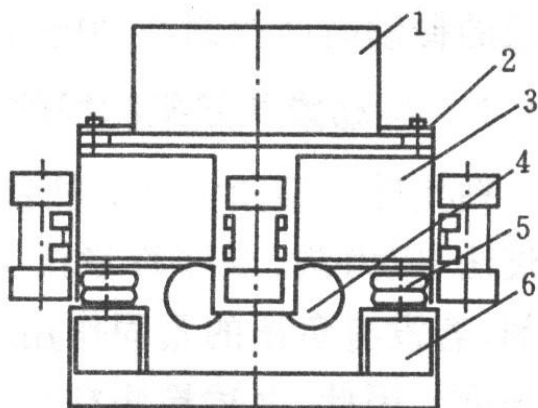
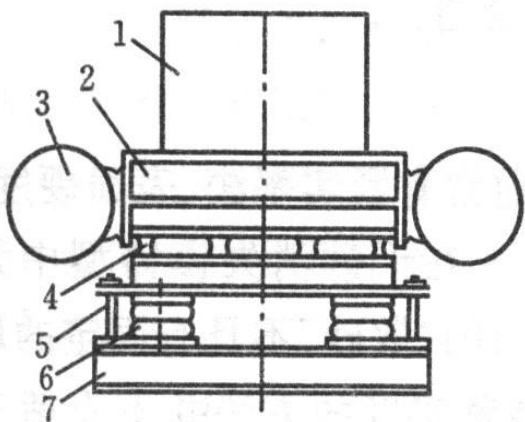


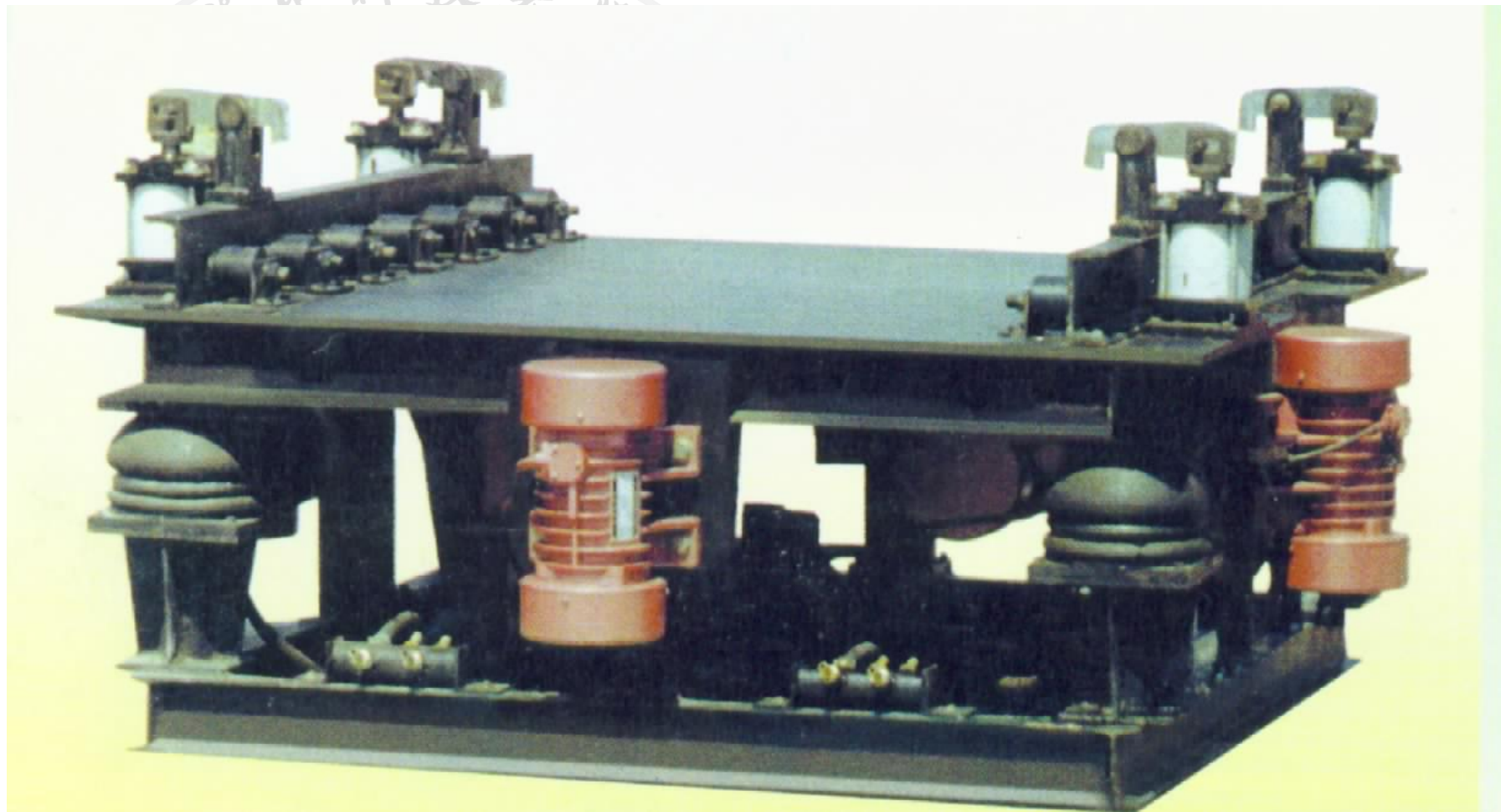
图2-93 一维振动紧实台结构示意图

1—砂箱 2—振动台体 3—振动电机 4—橡胶弹簧 5—高度限位杆 6—空气弹簧 7—底座

2.8.2 造型装备及生产线

金属液态成形装备及自动化

一种三维振动紧实台的照片



2.8.2 造型装备及生产线

(2) 双电机振动紧实

双电机驱动、可产生垂直方向圆振动的紧实台，由于有着独特的干砂充填性能，近年来应用逐渐扩大，有取代三维紧实台的趋势。

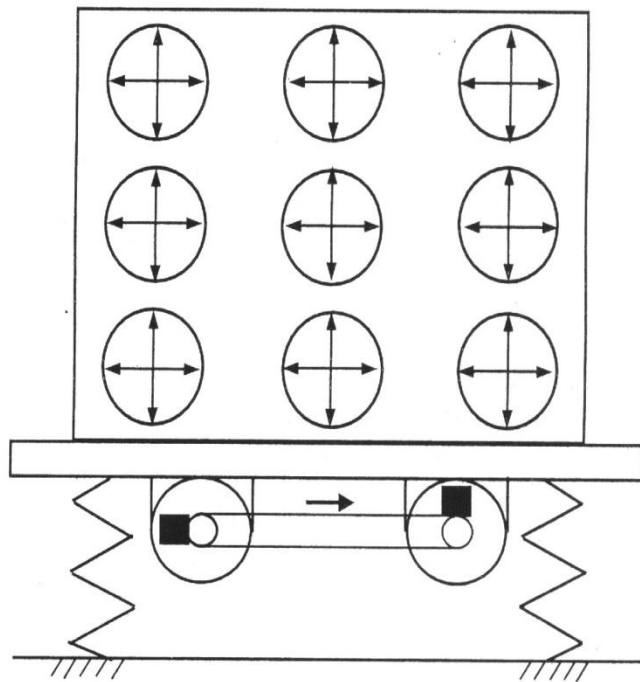
1) 不同相位的双电机驱动

相位差能使在砂箱各处形成相同振幅、相同振动加速度即均匀一致的垂直面圆振动，从而使型砂具有良好的流动充填性能。

主要控制参数为：

振幅0.3~0.5mm；

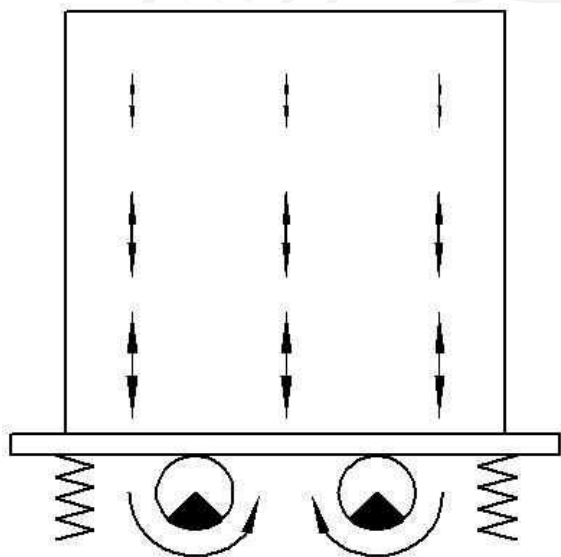
振动加速度9.8~11.76m/s²。



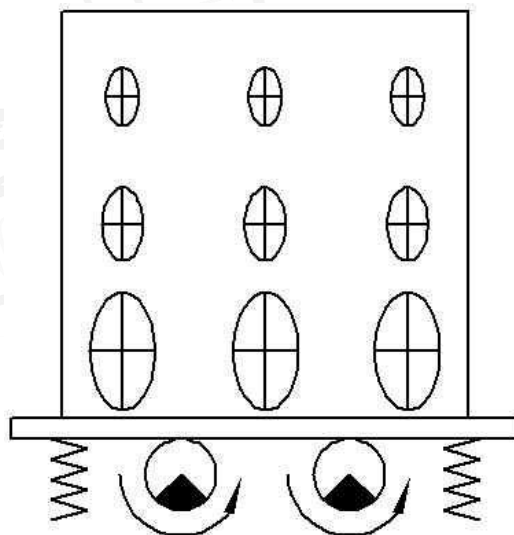


2.8.2 造型装备及生产线

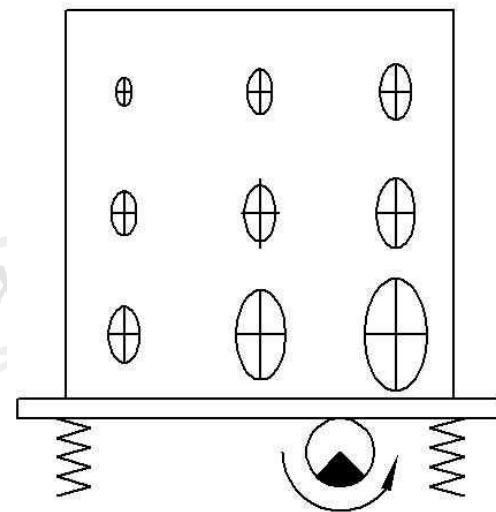
2). 双电机振动模型



双电机反向转动



双电机同向转动



单电机转动



2.8.2 造型装备及生产线

(3) 消失模铸造生产线

1) 年产1500t铸件消失模铸造生产线的黑区平面布置简图

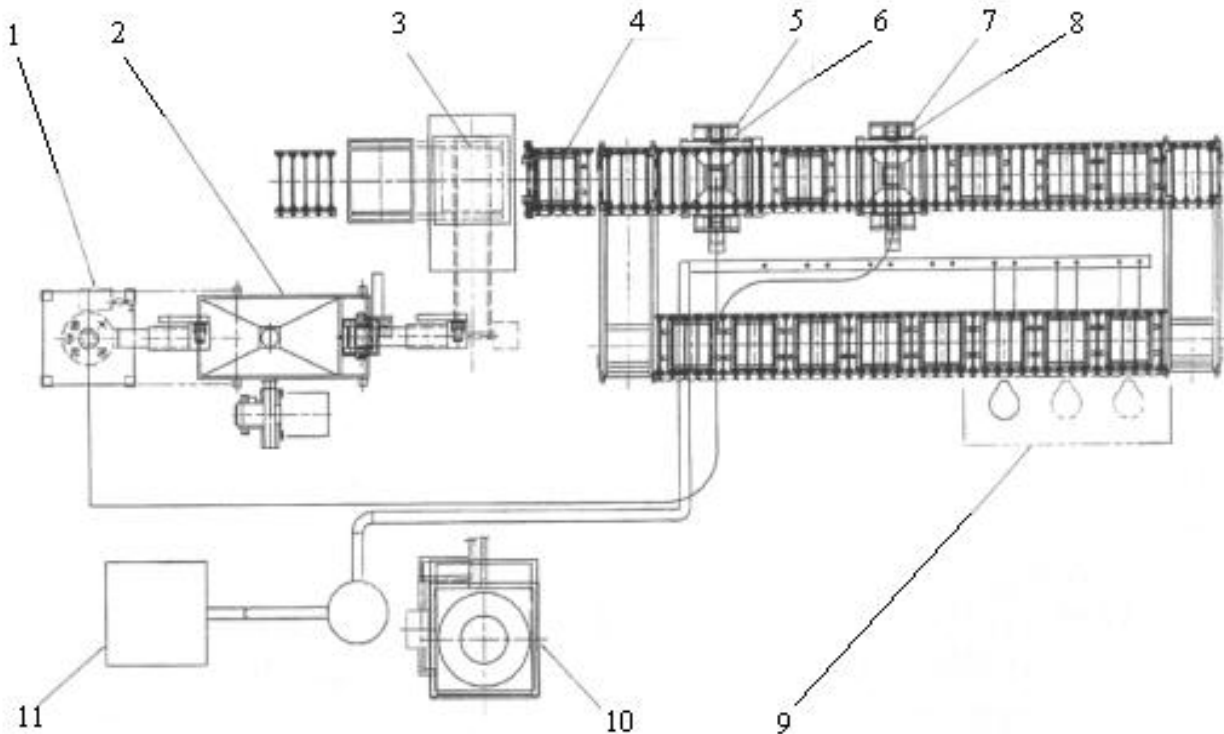
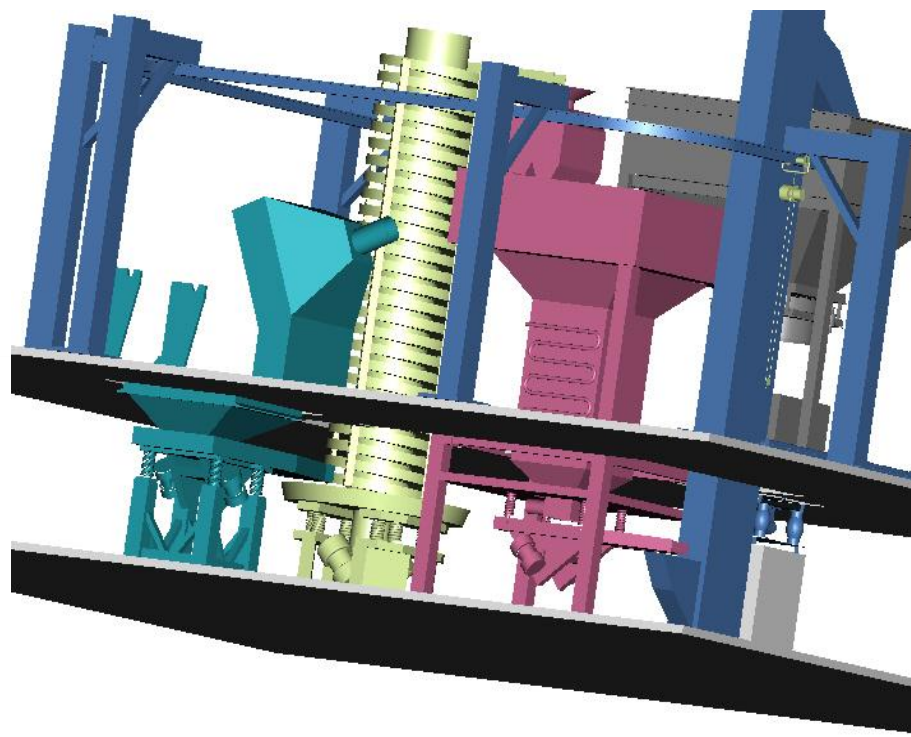
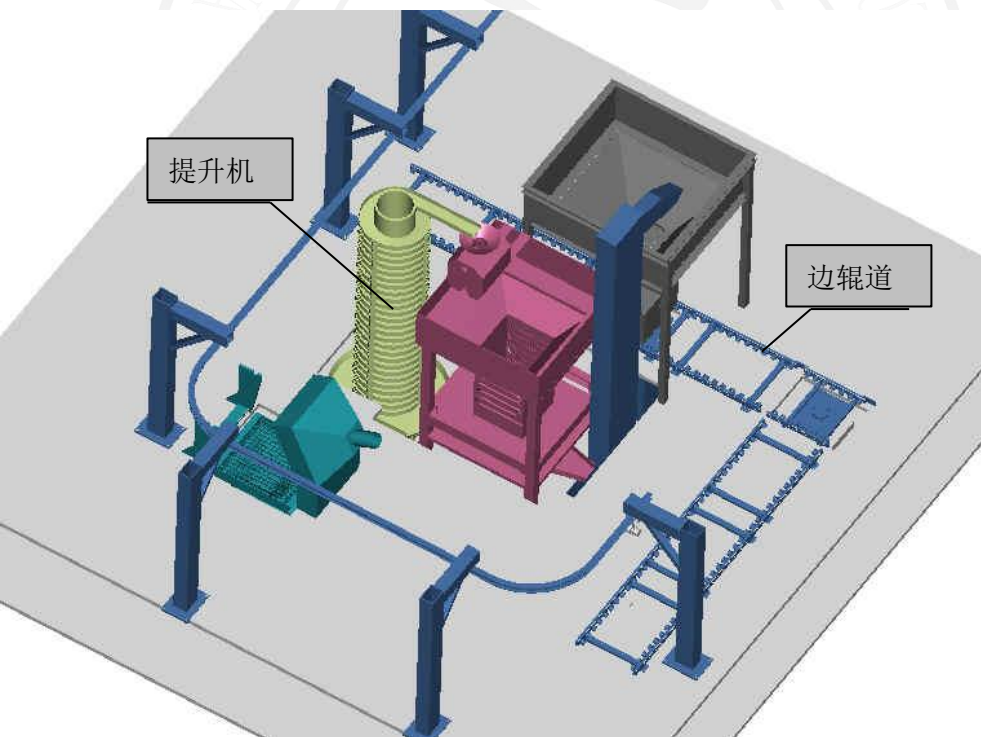


图2-98 消失模自动化生产线布置图

1—风力输送器 2—砂冷却装置 3—翻转式落砂机 4—砂箱及辊道
5, 7—振动台 6, 8—砂斗 9—浇注 10—除尘器 11—真空系统

2.8.2 造型装备及生产线

2) 年产1500t 铸件消失模铸造生产线的三维视图

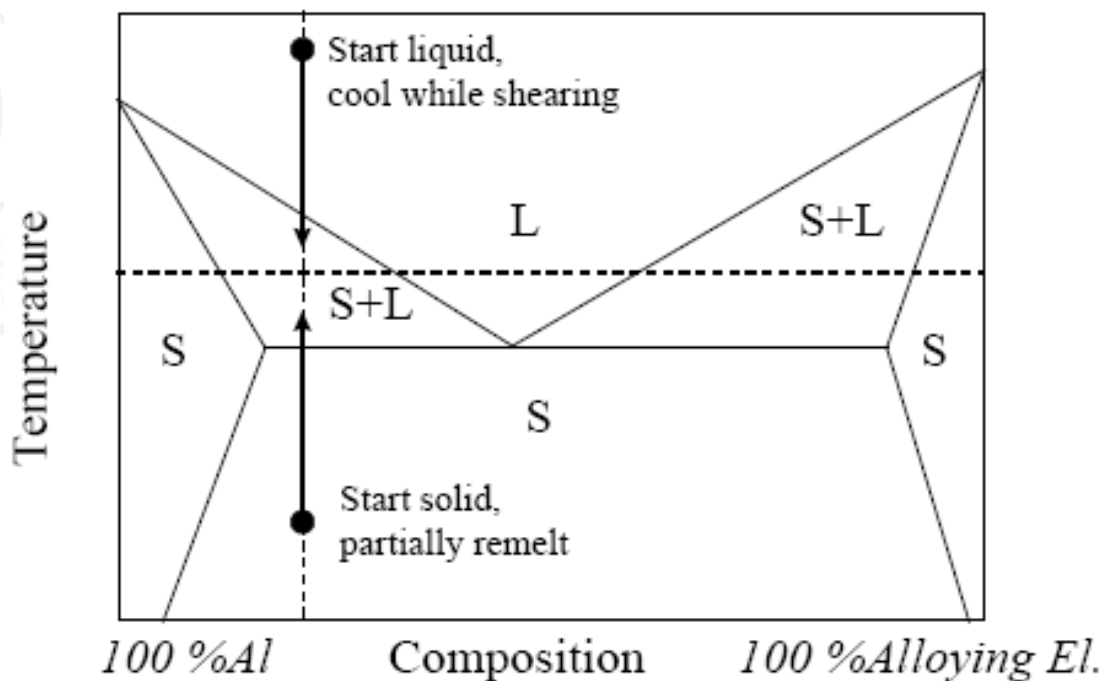


2.9 半固态铸造成形装备

金属液态成形装备及自动化

(1) 原理:

半固态铸造成形是在液态金属凝固的过程中进行强烈的搅动,使普通铸造凝固易于形成的树枝晶网络骨架被打碎而形成分散的颗粒状组织形态,从而制得半固态金属液,然后将其铸成坯料或压成铸件。





2.9 半固态铸造成形装备

金属液态成形装备及自动化

在汽车产品方面的应用

汽车零件



Thixoformed steering knuckle

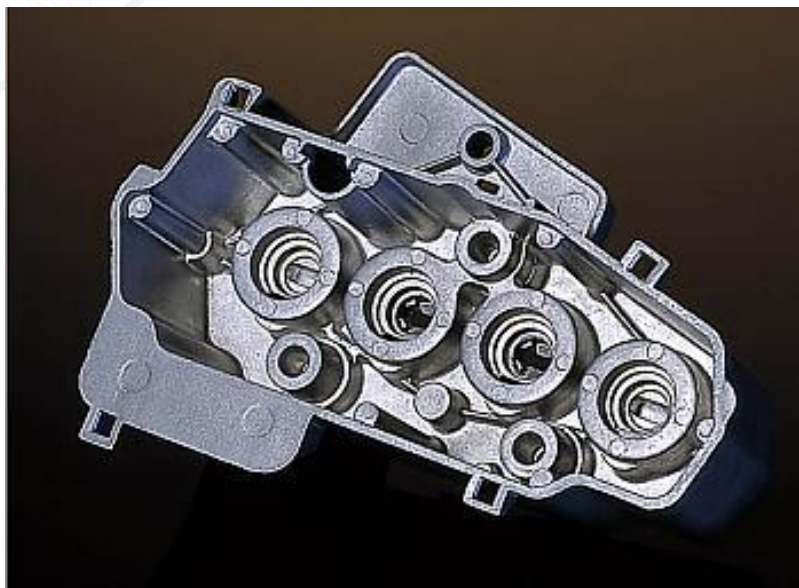
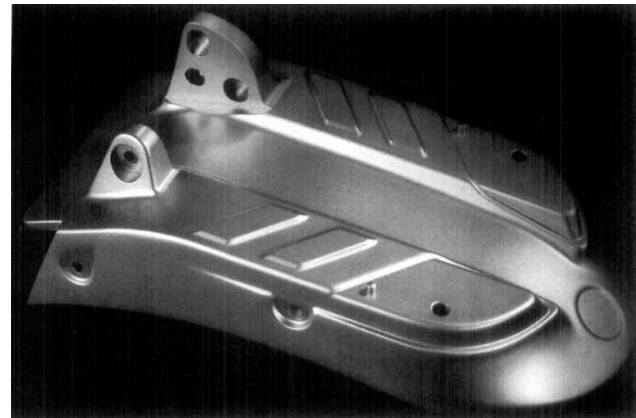
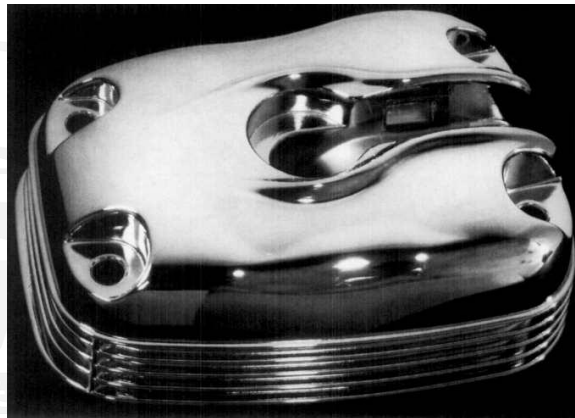
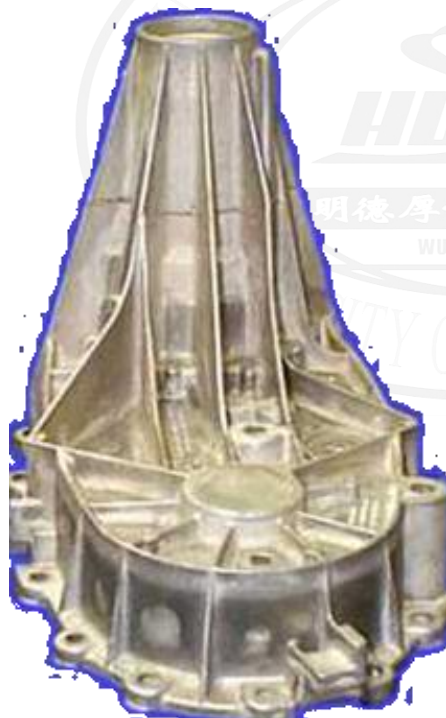




2.9 半固态铸造成形装备

金属液态成形装备及自动化

汽车零件 (二)





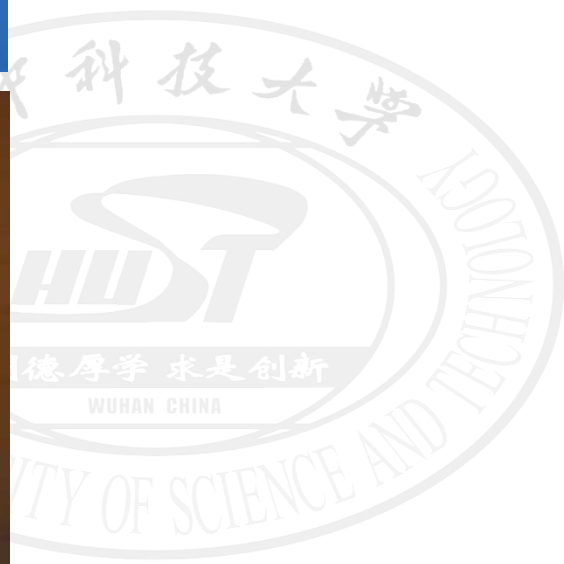
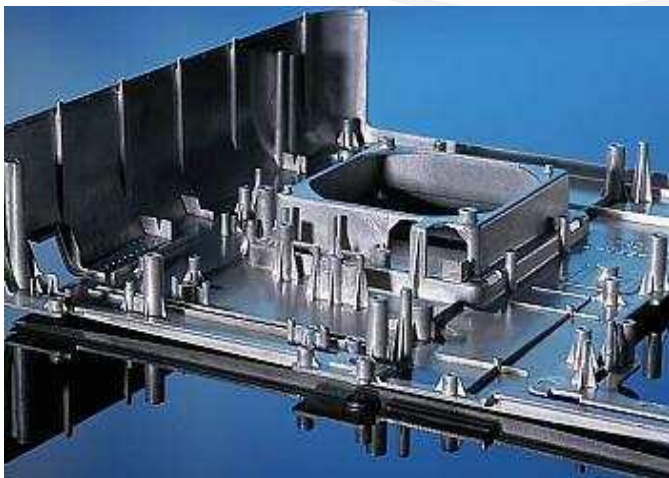
2.9 半固态铸造成形装备

金属液态成形装备及自动化



在电子产品方面的应用

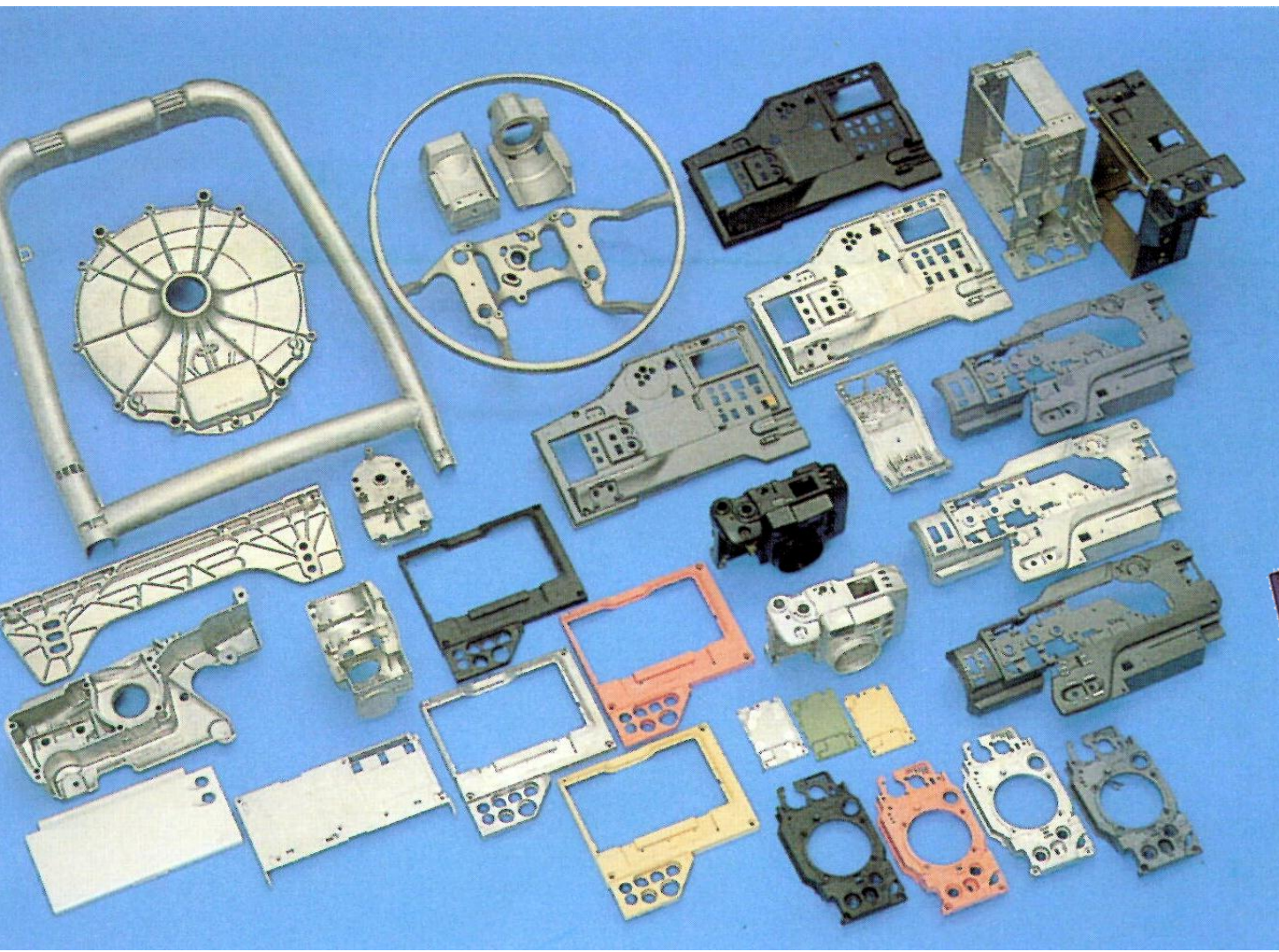
壳体及框架





2.9 半固态铸造成形装备

金属液态成形装备及自动化



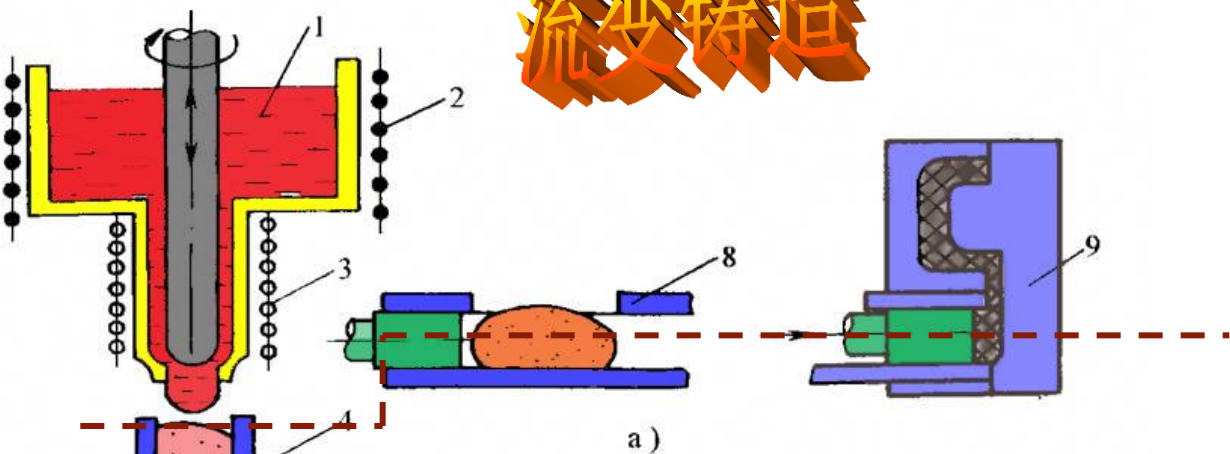
壳体及框架



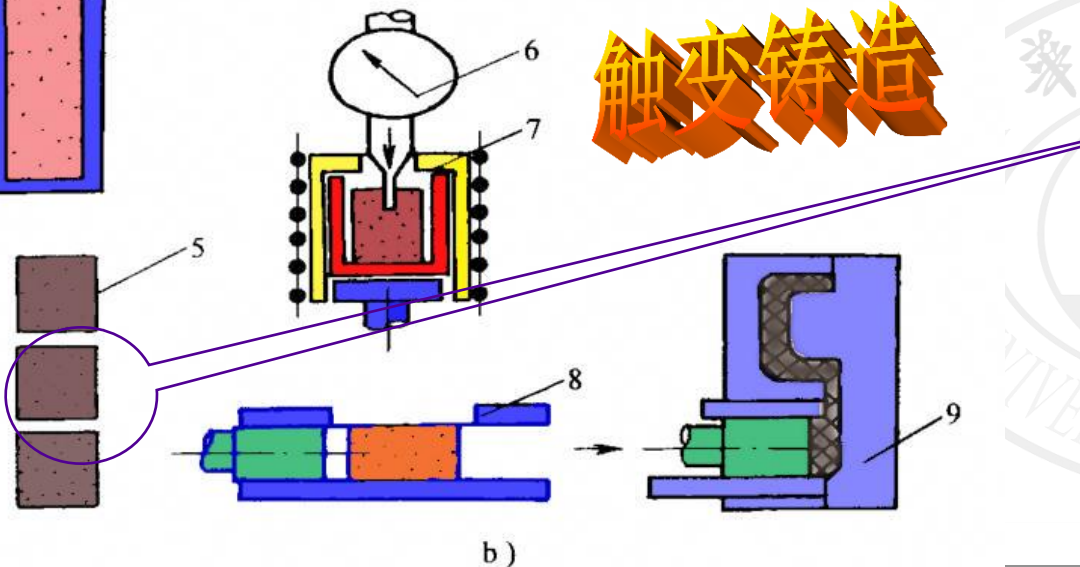


2.9.1 半固态铸造的基本原理

流变铸造



触变铸造



2.9.1 半固态铸造的基本原理

金属液态成形装备及自动化

(2) 半固态铸造方法及主要装备

按流变铸造和触变铸造分类，又有流变铸造装备和触变铸造装备。半固态铸造成形装备主要包括：半固态浆料制备装备、半固态成形装备、辅助装置等。

1) 流变铸造

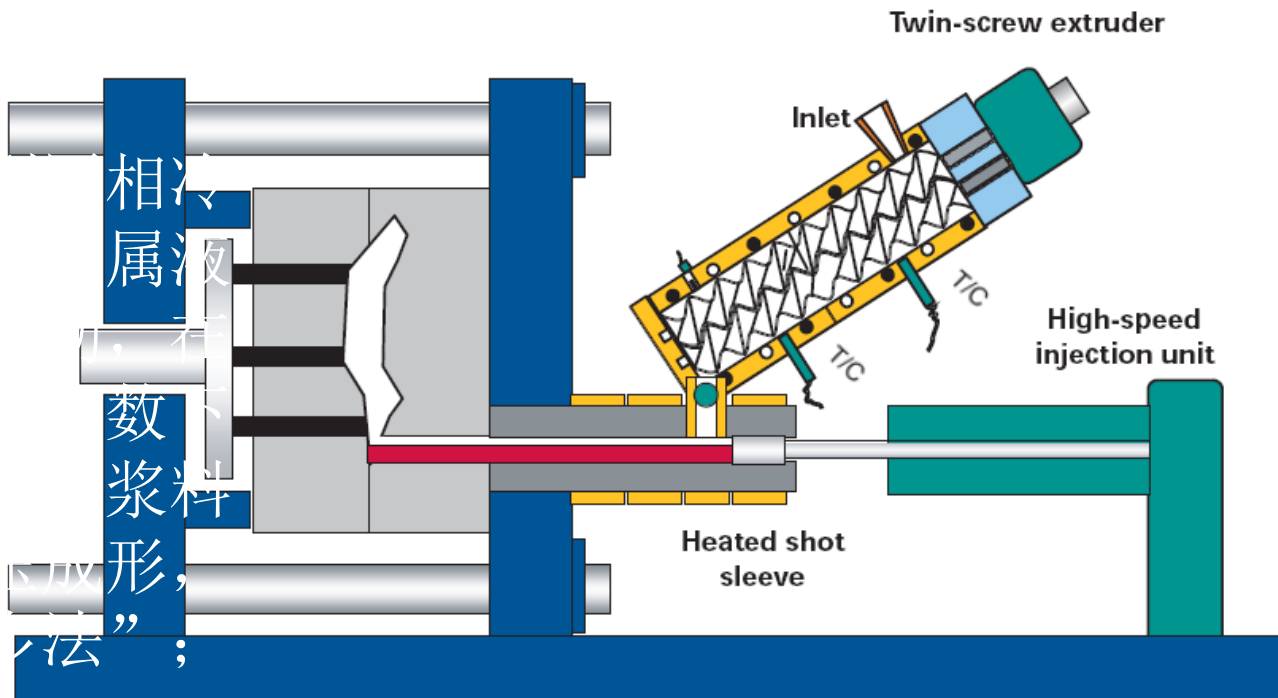
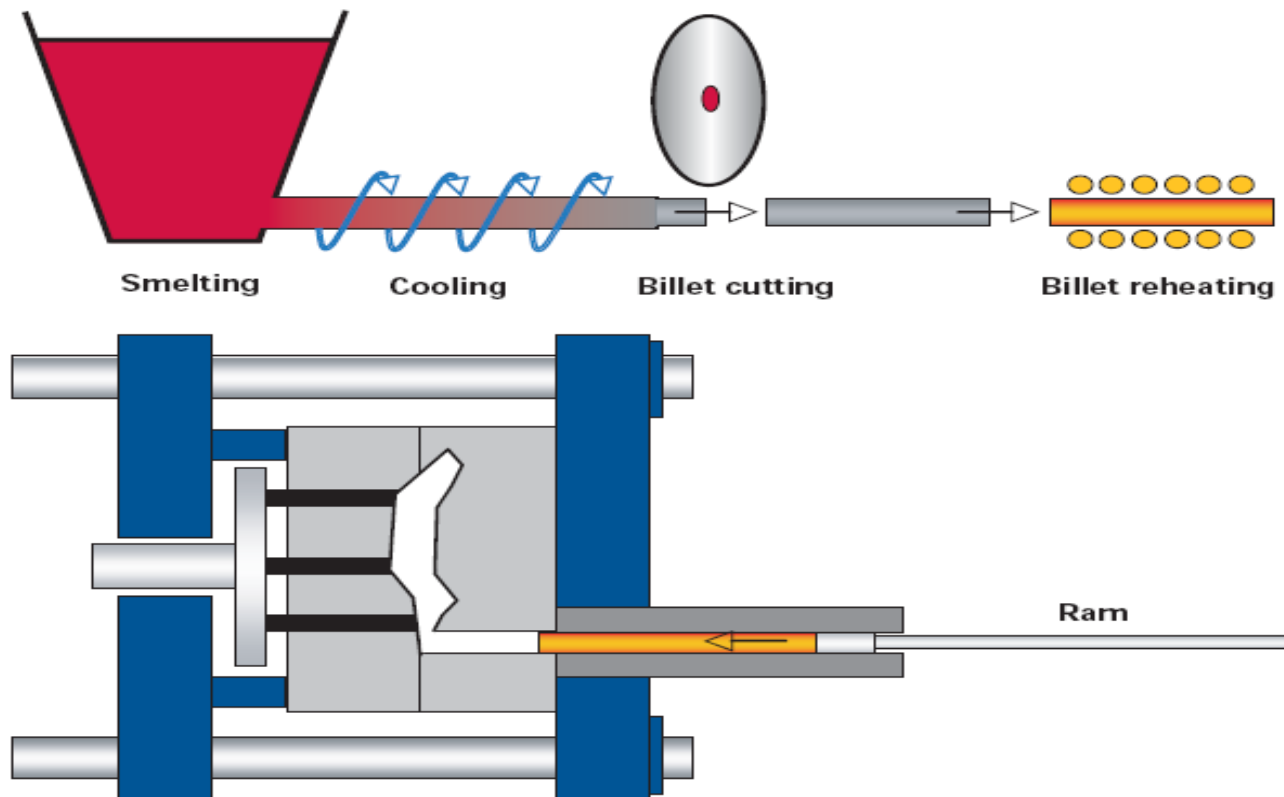


Exhibit 3.10 Rheo-diecasting (RDC) process

2.9.1 半固态铸造的基本原理

金属液态成形装备及自动化

- 2) 触变铸造：是先由连铸等方法制得的具有半固态组织的锭坯，然后切成所需长度，再加热到半固态状，然后再压铸或挤压成形，俗称“二步法”。

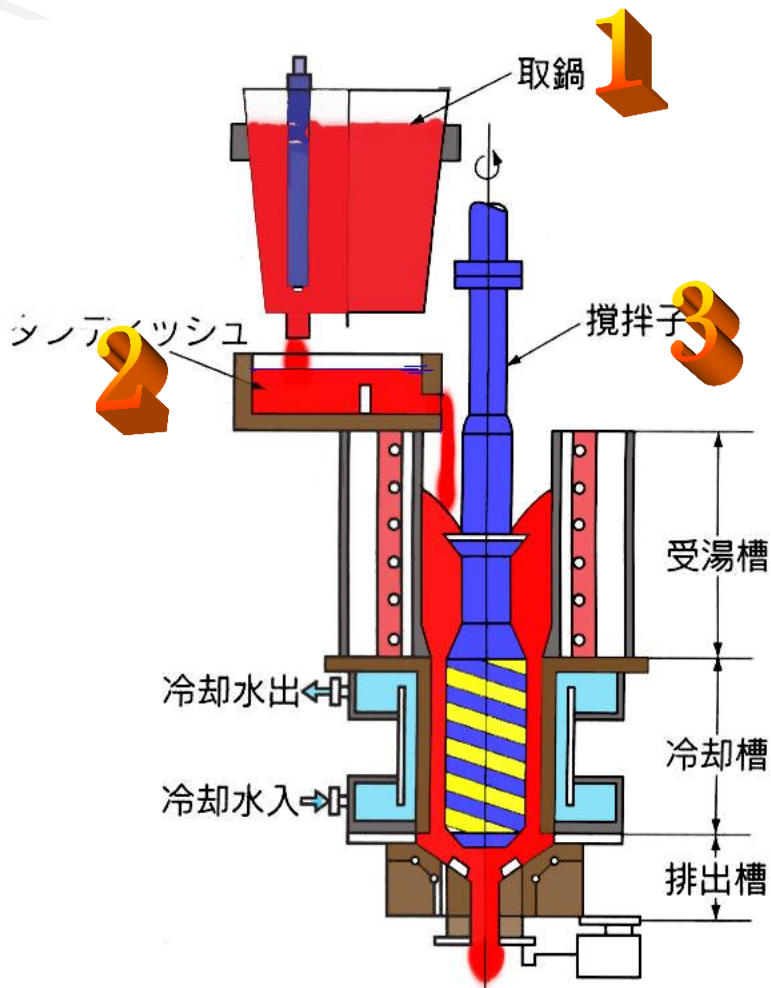


2.9.2 半固态浆料的制备装置

(1) 机械搅拌式制浆装置

图2-101 机械搅拌式制浆装置示意图

- 1-浇包
- 2-浇口杯
- 3-搅拌杆

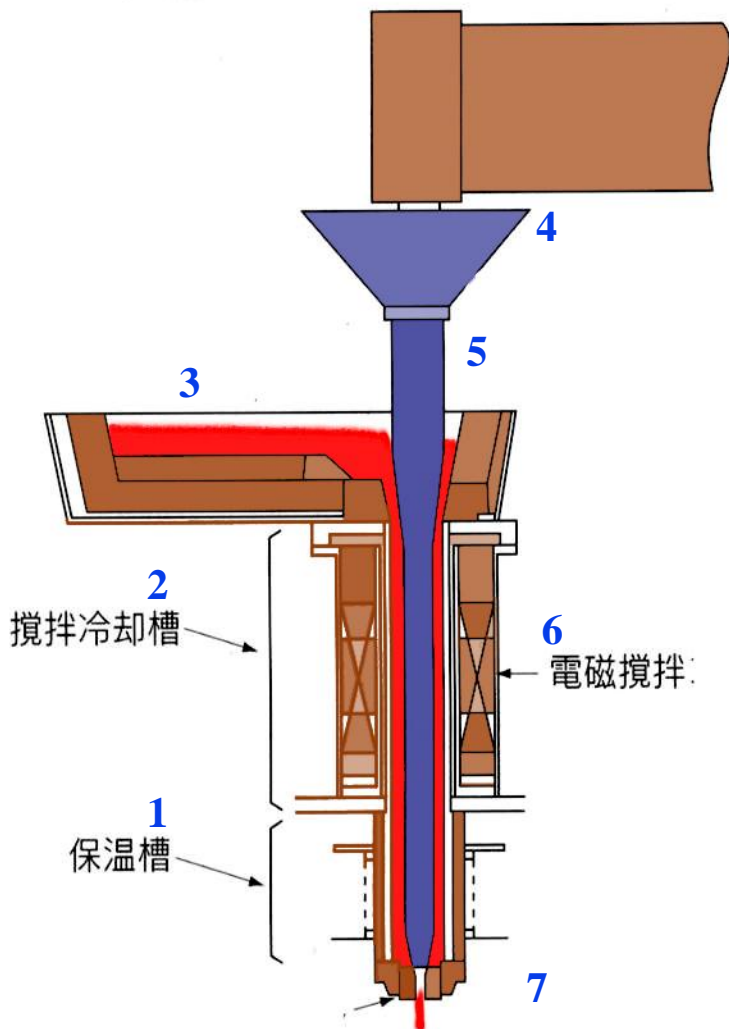


2.9.2 半固态浆料的制备装置

(2) 电磁搅拌式制浆装置

图2-102 电磁搅拌式制浆装置示意图

- 1-高频加热段
- 2-搅拌段
- 3-浇口杯
- 4-防热罩
- 5-塞杆
- 6-感应线圈
- 7-出料口



2.9.2 半固态浆料的制备装置

(3) 单辊旋转冷却式制浆装置

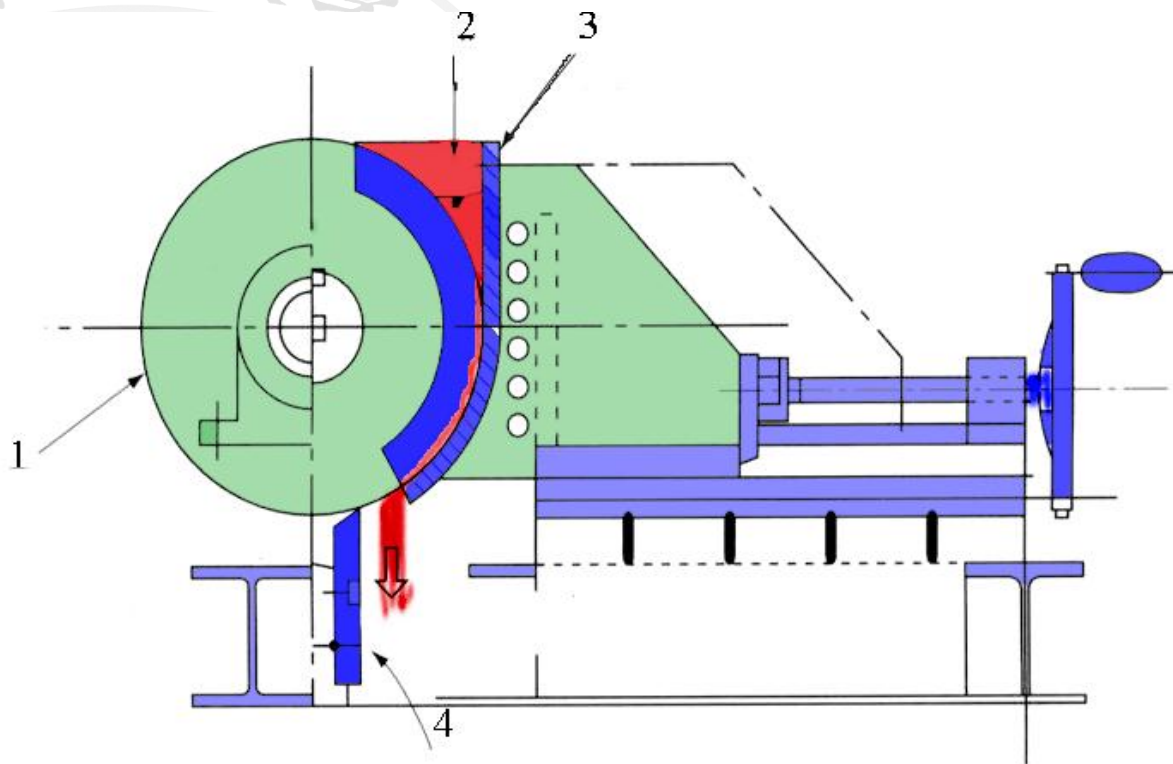


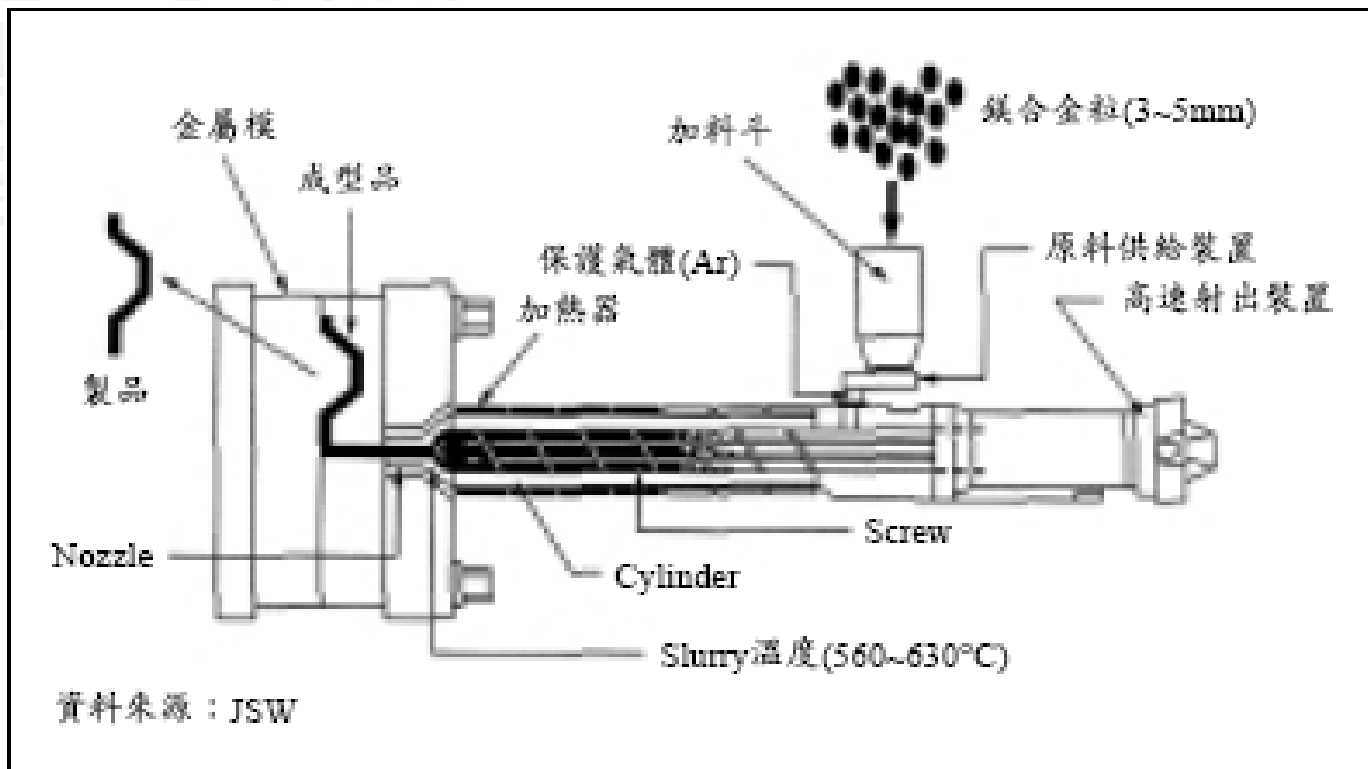
图2-103 单辊旋转式制浆装备
1—辊筒 2—加料口 3—固定板 4—档板

2.9.3 半固态铸造成形装备

(1) 半固态触变注射成形机

其成形过程为：细块

状的镁合金从料斗加入，在螺旋的作用下向前推进，镁粒在前进的过程中逐渐被加热至半固态，并贮存于螺旋的前端至规定的容积后，注射缸动作将半固态浆料压入模具凝固成形。



2.9.3 半固态铸造成形装备

(2) 半固态流变注射成形机

与触变注射成形不同点在于加入料为液态镁合金；在垂直安装的螺旋的搅拌作用下冷却至半固态。积累至一定量后，由注射装置注射成形。

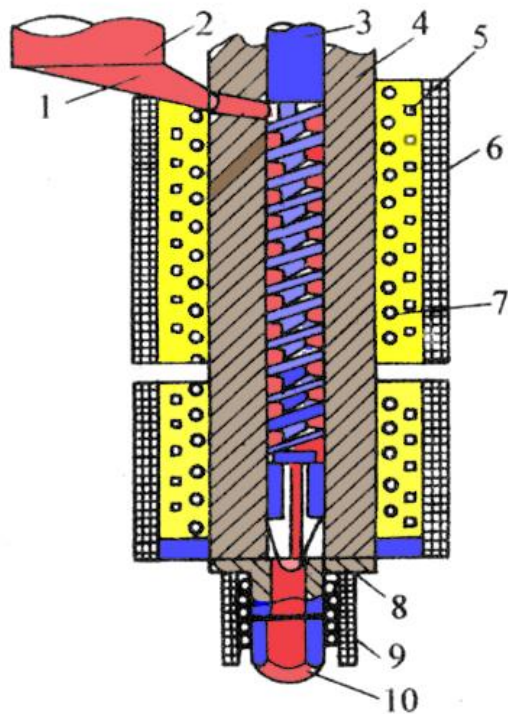


图2-105 流变注射成形原理示意图

1—金属液输入管 2—保温炉 3—螺杆 4—筒体
5—冷却管 6—绝热管 7—加热器 8—浆料累积腔
9—绝热层 10—射嘴

2.9.4 半固态铸造的其它装置

(1) 二次加热装置

(2) 重熔程度测定装置

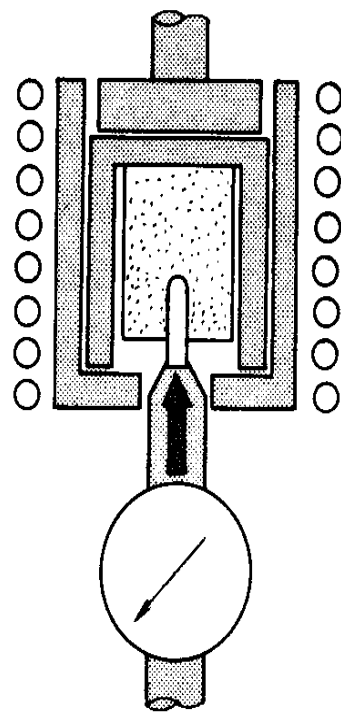
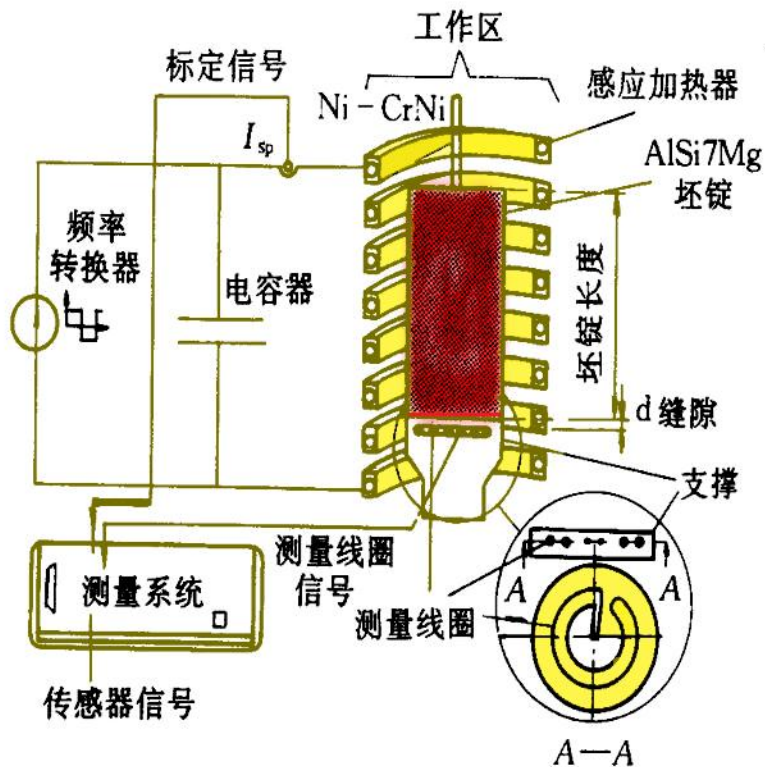


图2-106 一种二次加热装置的原理图

图2-107 半固态金属重熔硬度测定装置

2.9.5 半固态铸造生产线及自动化

金属液态成形装备及自动化

(1) 半固态触变成形生产线

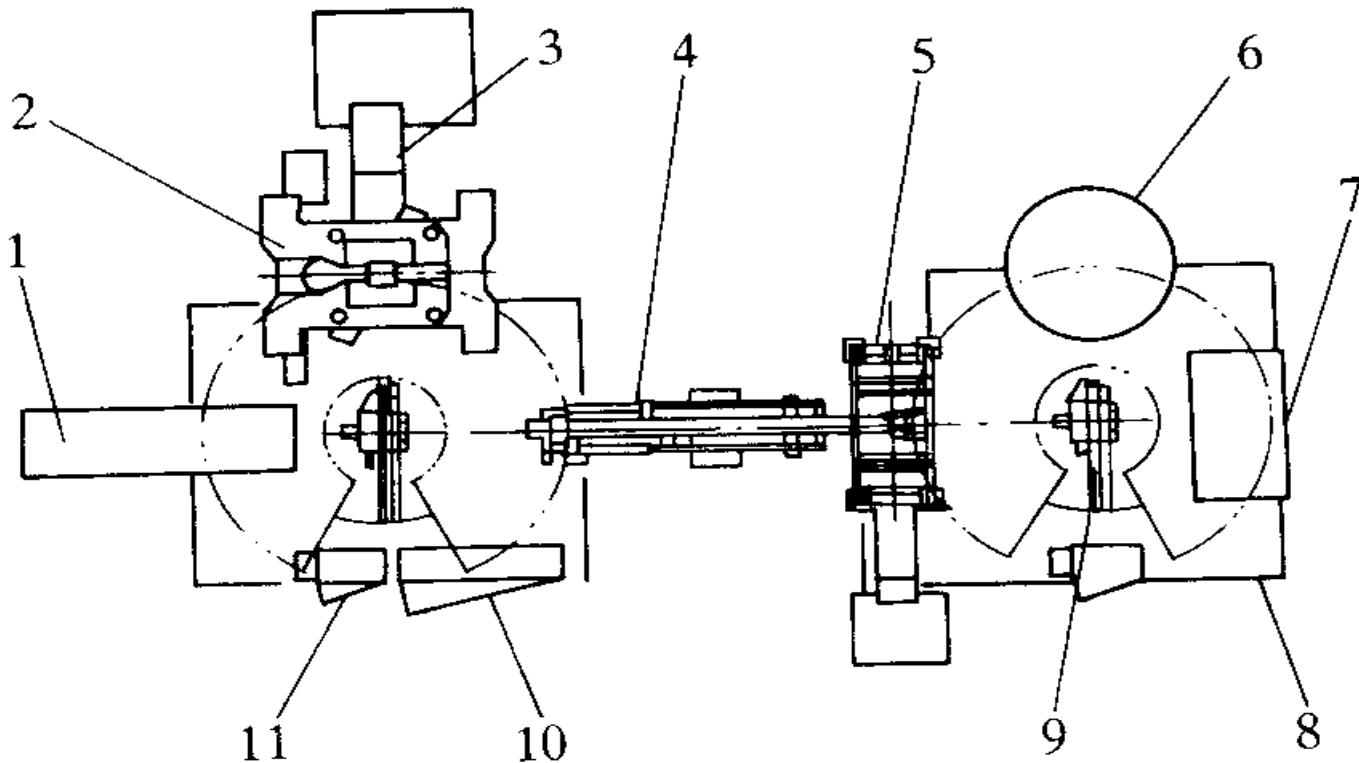


图2-108 半固态触变成形生产线平面布置图

1-送料装置 2-立式半固态成形机 3-残渣清除装置 4-零件冷却装置 5-去毛刺机 6-后处理系统 7-集装箱包装系统 8-安全护栏 9-工业机器人 10-系统控制柜 11-机器人控制柜



2.9.5 半固态铸造生产线及自动化

金属液态成形装备及自动化

(2) 触变挤
压成形设备



Semi Solid Metal Forming facility in HKPC
生產力局的 SSM 壓鑄機



2.9.5 半固态铸造生产线及自动化

(3) 半固态流变铸造生产线及自动化

由铝合金熔化炉、挤压铸造机、转盘式制浆装置、自动浇注装置、坩埚自动清扫、喷涂料装置等组成。

工艺过程为：

首先，浇注机械手3将铝液从熔化炉2中浇入制浆机4的金属容器中冷却；以此同时浆料搬运机械手5从制浆机的感应加热工位抓取小坩埚，搬运至挤压铸造机并浇入压射室中成形。

随后，继续旋转将空坩埚返回送至回转式清扫装置上的空工位；并从另一个工位抓去一个清扫过的小坩埚旋转放置到制浆机上。然后制浆机和清扫机同时旋转一个角度，进入下一个循环。

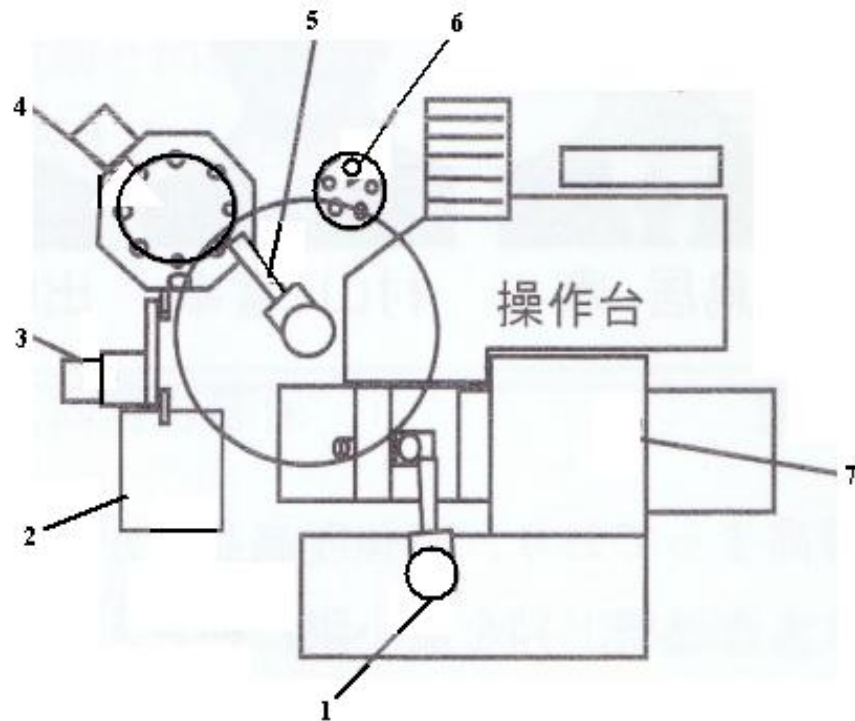


图2-110 新流变铸造自动化生产线

1—取件机械手 2—熔化炉 3—浇注机械手 4—转盘式浆料制备装置 5—浆料搬运/浇注机械手 6—转盘式自动清扫和喷涂料装置 7—挤压铸造机

2.9.5 半固态铸造生产线及自动化

金属液态成形装备及自动化

(4) 新流变铸造法的半固态浆料制备原理

新流变铸造法的核心是采用冷却控制法的半固态浆料制备装置。其结构示意图如图2-110中4所示，它采用转盘式结构，转盘上均匀布置8个冷却工位。工作原理，如图2-111所示。

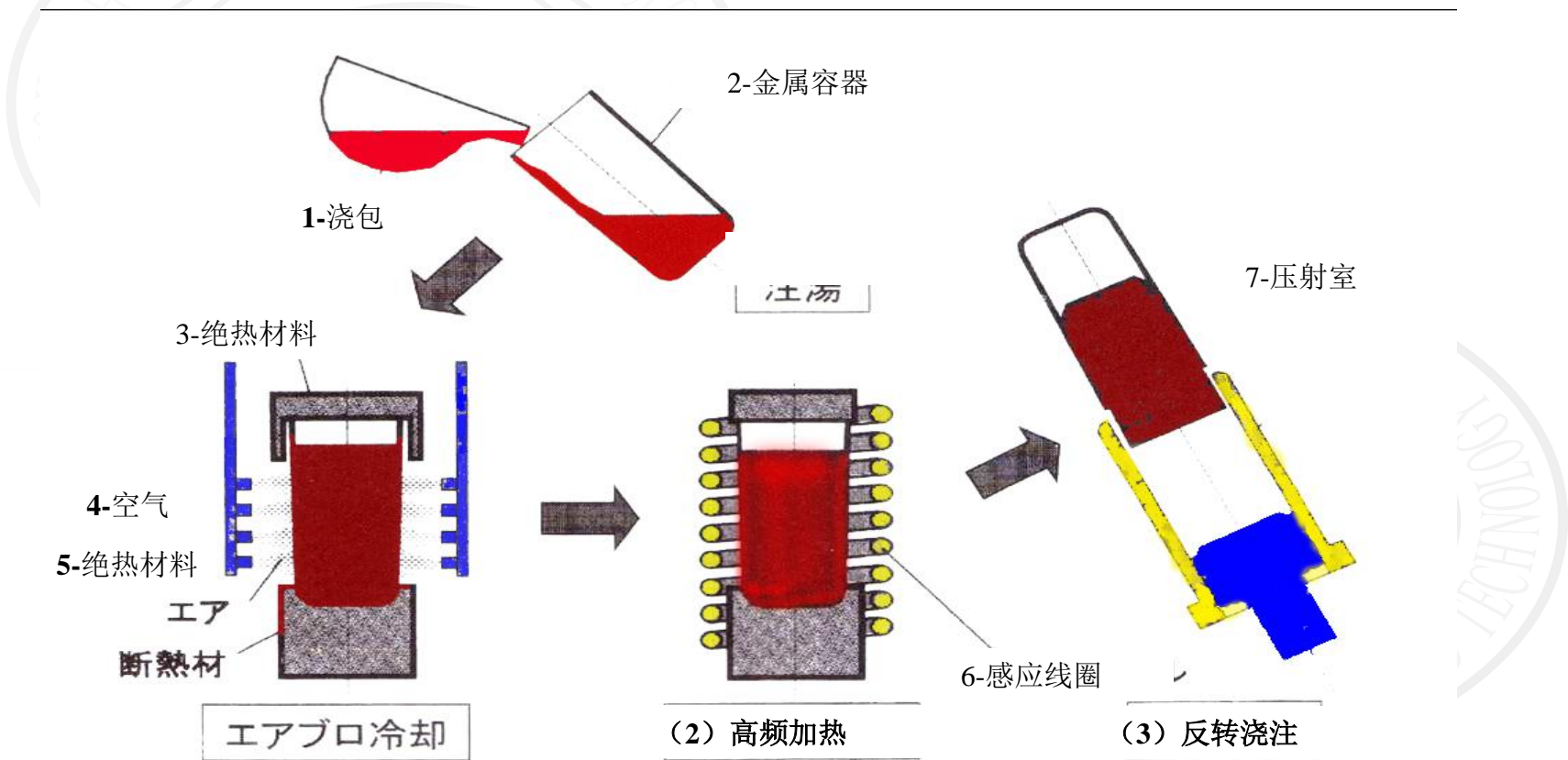


图2-111 新流变铸造法的半固态浆料制备原理

1-浇包 2-金属容器 3-绝热材料 4-空气 5-绝热材料 6-感应线圈 7-压射室



2.9.5 半固态铸造生产线及自动化

金属液态成形装备及自动化

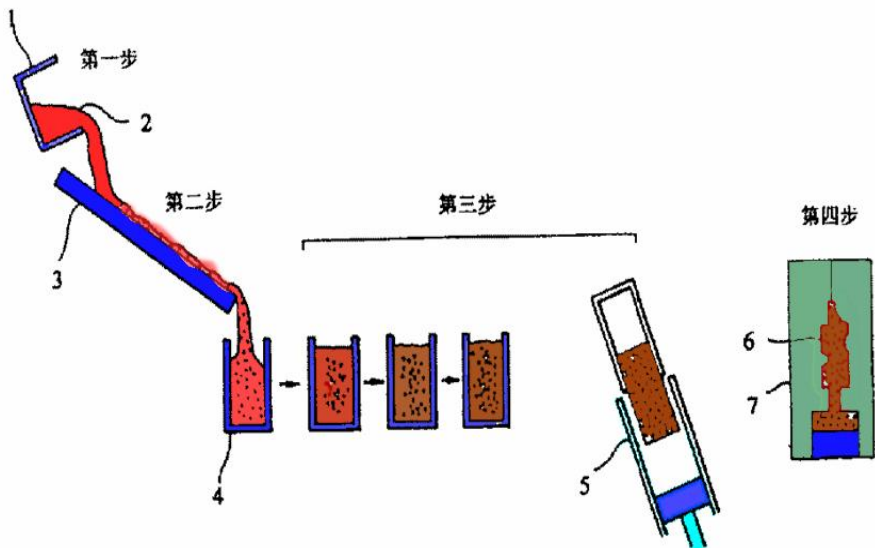


图5 低过热度倾斜板浇注式流变铸造工艺示意图

1. 熔化坩埚 2. 合金液 3. 倾斜板 4. 收集坩埚 5. 射室 6. 毛坯 7. 模具





本讲思考题

- 1、简述低压铸造机的类型及构造
- 2、消失模精密铸造有哪些主要装备？简述各自的作用。
- 3、简述半固态铸造成形方法及主要装备类型与作用。
- 4、简述金属半固态注射成形与塑料注射成形装备在结构及材料上的区别。





谢谢!

