

金属液态及其半固态成形

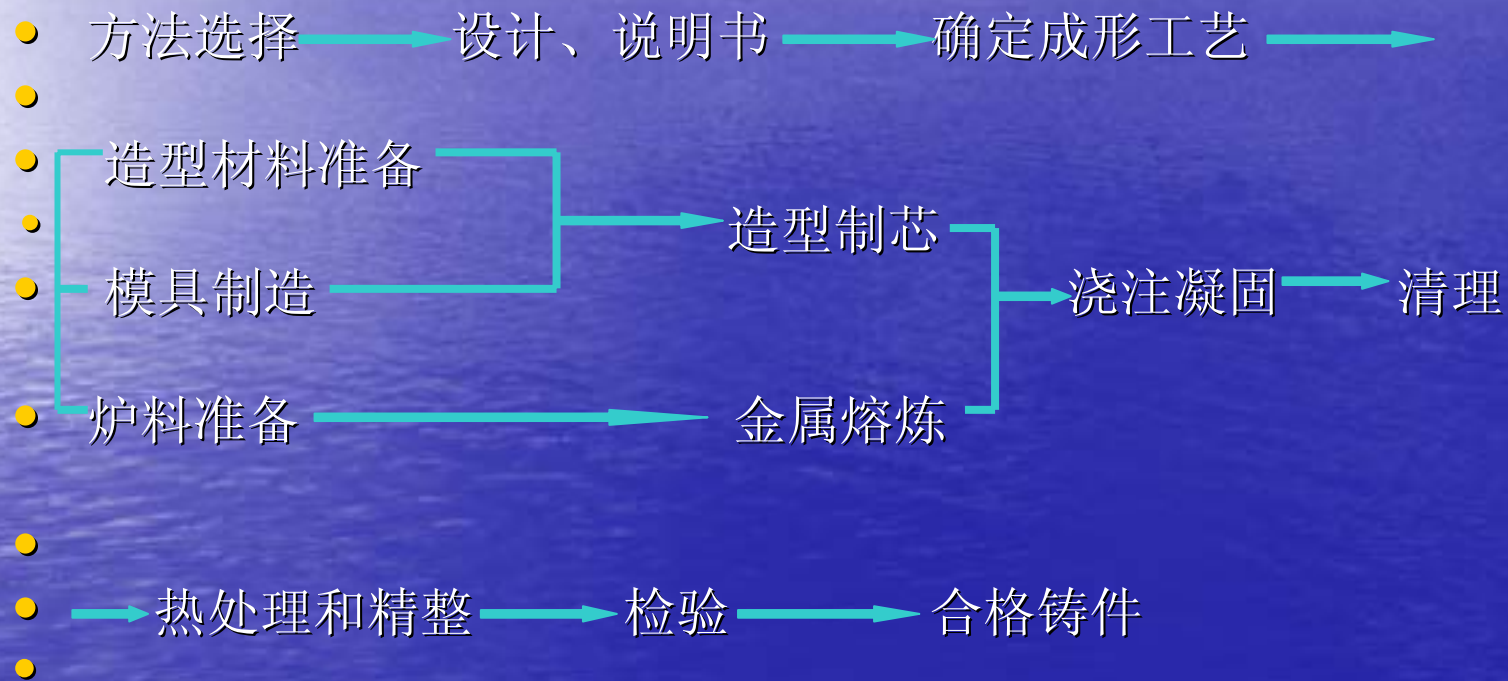


1、液态成形

定义：

- 液态成形是将材料熔化成一定成分和一定温度的液体，然后在重力或外力作用下浇入到具有一定形状、尺寸大小的型腔中，经凝固冷却后便形成所需零件的技术。

基本工艺流程



成形特点

- 适应性强，工艺灵活性大
- 成形件尺寸精度高
- 成本低廉
- 零件的力学性能较差，尺寸均一性差
- 液态成形过程劳动强度大，生产条件较差，生产率较低

液态成形合金性能

- 合金的充型能力
- 合金的收缩
- 合金的铸造应力、变形和裂纹
- 合金的偏析及吸气性

液态成形方法

- 砂型铸造
- 特种铸造 → 压力铸造（压铸）

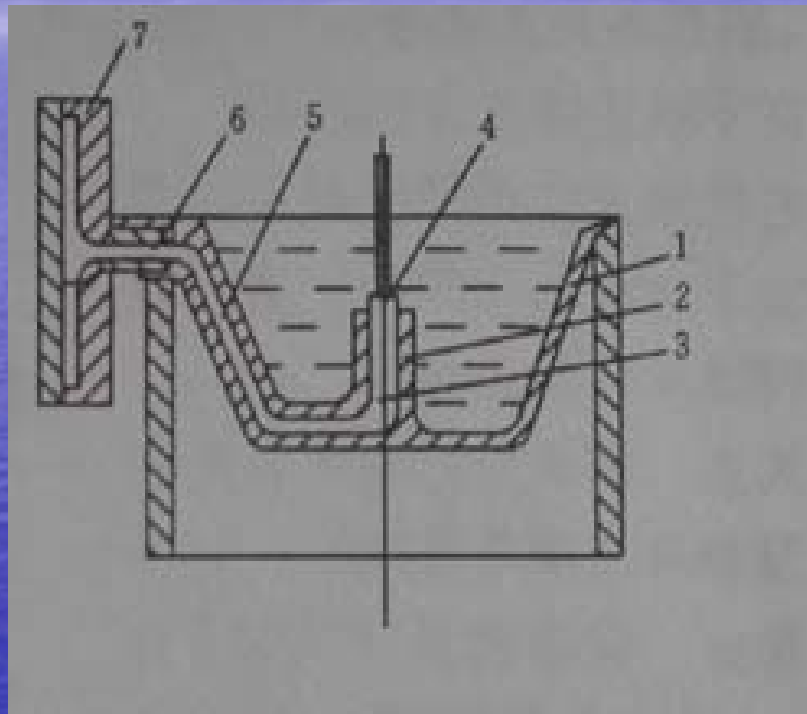
压力铸造定义

- 将液态或半液态金属浇入压铸机的压室内，使它在高压和高速下充填铸型，并在高压下结晶凝固而获得铸件的一种铸造方法。

基本设备

- - 压铸机
 -
- 热室压铸机
- 冷室压铸机

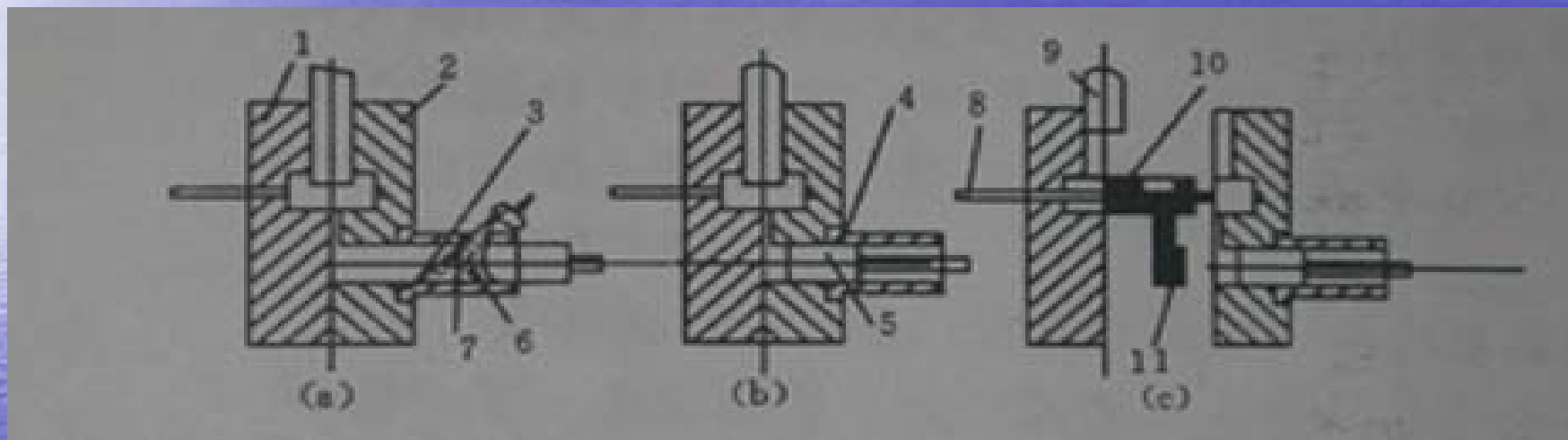
压铸机工作原理图



热室压铸机工作原理图

1—坩埚 2—金属液入口 3—压室 4—压射冲头
5—金属液通道 6—喷嘴 7—压型

压铸机工作原理图



卧式冷压室压铸机工作原理图

(a) 合型浇注 (b) 压射 (c) 开型并顶出铸件

1—动型 2—静型 3—浇包 4—压室 5—压射冲头 6—金属液 7—浇注孔
8—顶杆 9—金属芯 10—铸件 11—余料

热室压铸机的特点

- 可使用较小吨位压铸机
- 可用较小比压
- 投资额较小
- 生产周期较短
- 定量较准
- 外界对炉料影响小，温度较稳定
- 炉温较低，减低氧化及坩埚腐蚀
- 气泡卷入较小
- 余料比例较小，减少了回收比率
- 没有冲头润滑剂，铸件较清洁
- 冲击行程较短，有利缩短填充时间
- 机器使用率较高，综合成本较低

冷室压铸机的特点

- 可生产大型件
- 比压较大，适合厚件生产
- 更换易损件较为容易
- 可用于不同合金的生产

工艺规范

- 压铸比压：根据合金种类和铸件结构选择比压，一般比压为30~80MPa
- 充填速度：充填速度是指金属液通过铸型内浇口导入型腔的线速度，生产中一般选择为10~40m/s
- 充填和持压时间：充填时间一般为0.01~0.2s，持压时间为1~3s
- 浇注温度：由于压铸过程是高速高压下充填，浇注温度一般比常温低40~80℃
- 压铸型工作前要预热，铝、镁合金压铸预热130~200℃，并喷刷特殊涂料

工艺特点

- 铸件尺寸精确度高，尺寸公差可达CT4~8级，表面粗糙度 R_a 为3.2~0.8 μm ，零件多数不经加工直接使用，可以实现嵌铸。
- 可以制造出壁薄、形状复杂精密的铸件，最小壁厚0.5mm，最小孔径0.7mm。
- 铸件组织细密，其强度较砂型铸件提高25%~40%
- 生产率高，可实现半自动化。

压铸件设计原则（以镁合金为例）

- 为了避免在凝固收缩时产生局部热点，铸件的壁厚应尽量均匀，否则易产生空洞或空穴
- 应利于顺利填充，避免涡流，铸件的边、角要圆滑
- 尽量用加强肋而不是增加壁厚的方法来增加强度
- 高速金属液的直接冲击会导致压铸模局部过热，特别是在小的突起处，这可能会使压铸模由于热疲劳而产生焊合与热裂纹
- 铸件表面上的文字，凸起比凹入要好加工
- 截面厚度的改变，铸件应从一个截面厚度逐渐过渡到另一个截面厚度以避免应力集中

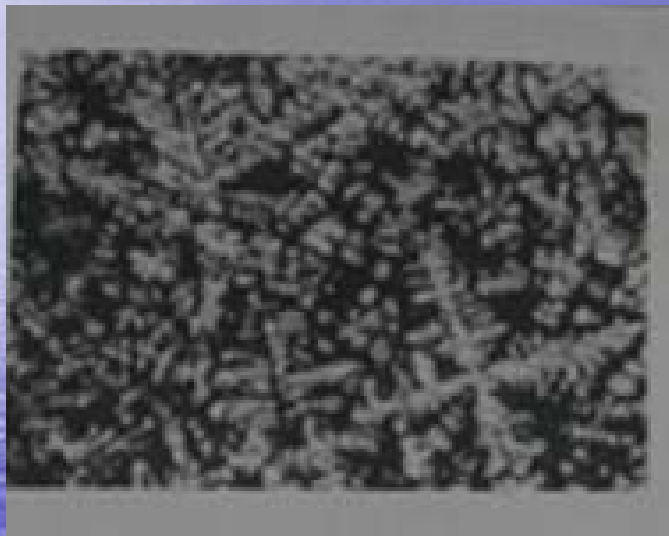


2、半固态成形

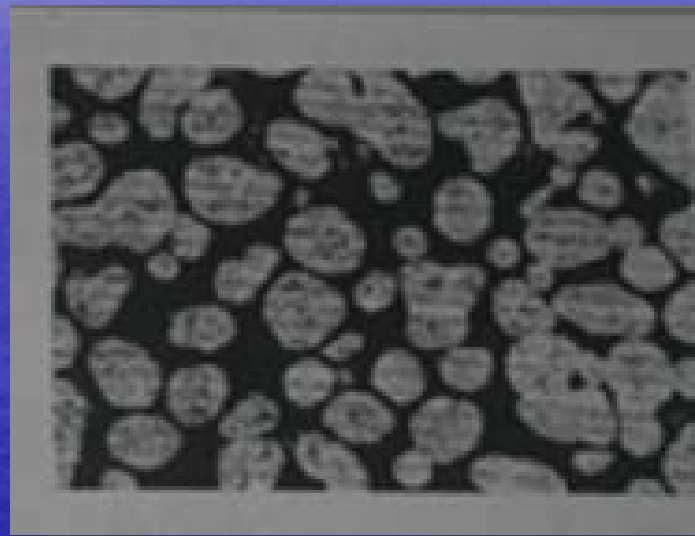
定义

- 半固态合金是将合金熔化后，待它冷却到液相线温度以下，对合金进行搅拌，在搅拌力的作用下，合金中析出的树枝状晶被破坏，并在周围金属液的摩擦熔融作用下，晶粒和破碎的枝晶小块形成卵状的颗粒，分布在整個液态金属中，这种合金即使固态组分达40%~60%，仍然象糊状悬液，具有一定的流动性。利用半固态合金独特的性质实现浇注或压注成形的方法，称为半固态成形。

半固态合金组织



(a) 普通铸造组织

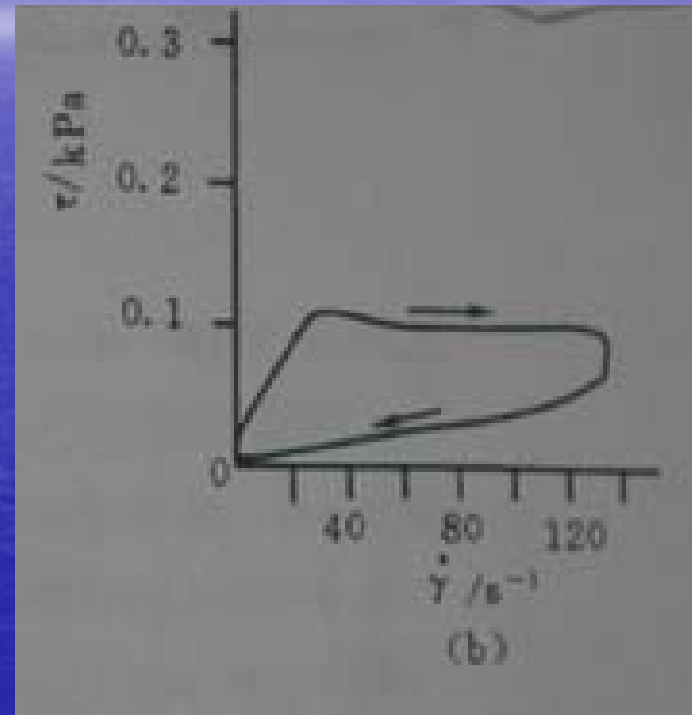
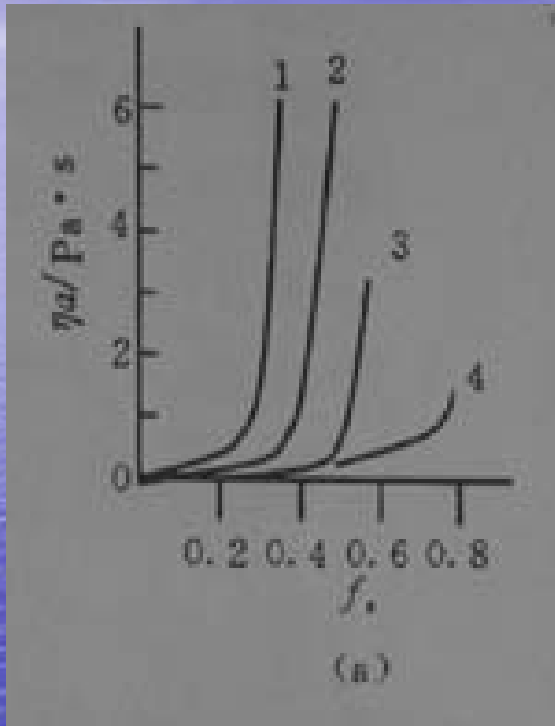


(b) 半固态铸造组织

在相同冷却条件下ZA12合金的普通铸造和半固态合金显微组织x100

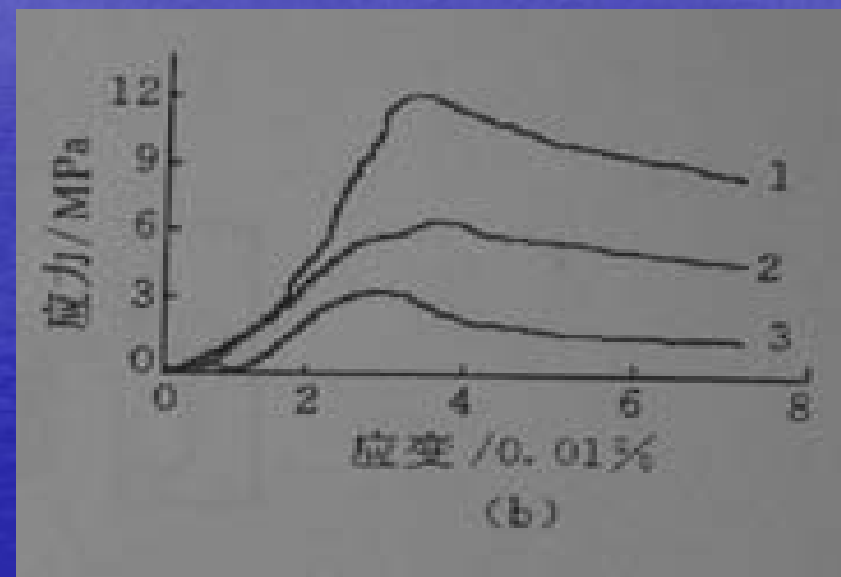
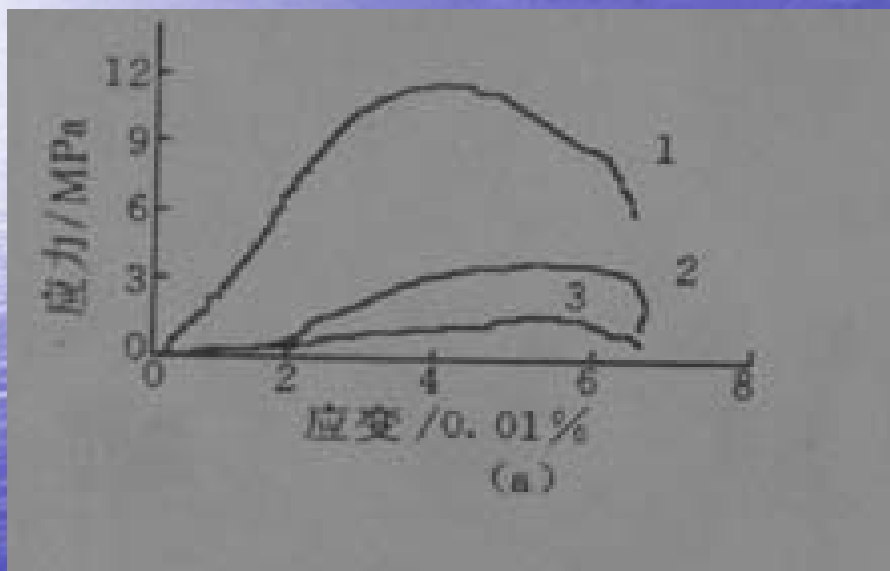
；

半固态合金的流变性能



Sn—Pb (w (Pb) = 15%) 半固态合金的流变性能
(a) 表观粘度与固含量关系, 冷却速度为 $0.005 \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$
1— 110 s^{-1} ; 2— 230 s^{-1} ; 3— 350 s^{-1} ; 4— 750 s^{-1}
(b) 触变性固相率为 40%

半固态合金的形变特性



LY12半固态合金的应力—应变曲线

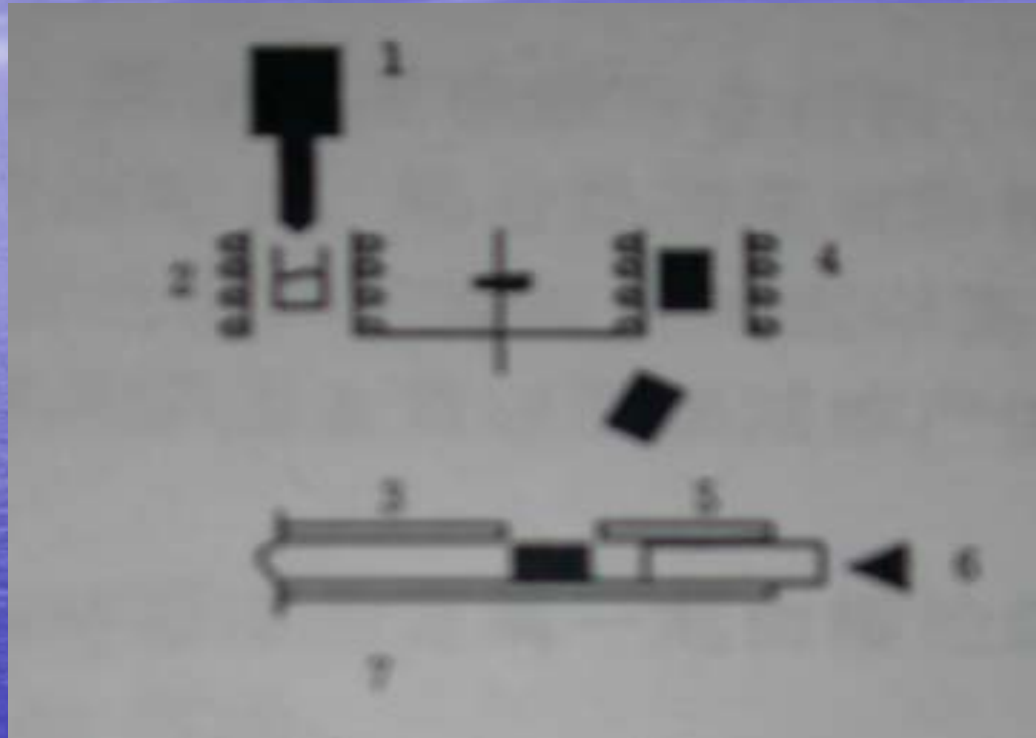
(a) 拉伸变形; (b) 压缩变形

1—545°C; 0.06 s⁻¹; 2—560°C; 0.060 s⁻¹; 3—560°C, 0.012 s⁻¹

半固态成形方法

- **流变成形**：指利用半固态金属制备器批量制备或连续制备糊状浆料，直接进行加工成形（铸造、挤压、轧制、模锻等）的方法。
- **触变成形**：指将用浆料连续制备器生产的半固态浆料铸成一定形状的铸锭的成形方法，它像软的固体一样可以搬运、切块、储藏，使用时将其重新加热到半固态温度范围，装入成形机进行成形（铸造、挤压、轧制、模锻等）。

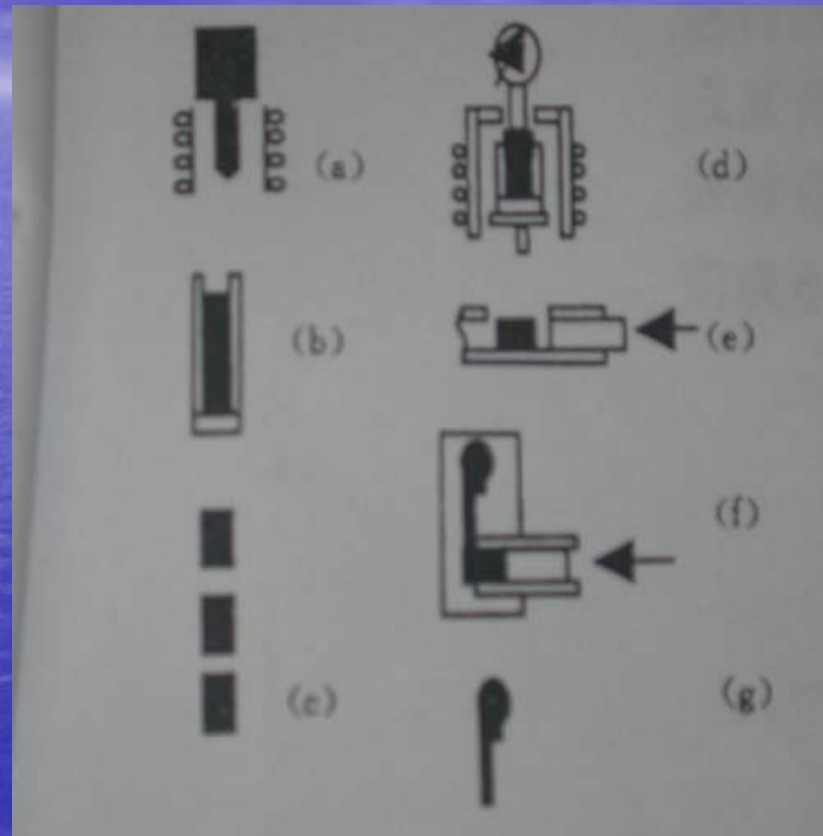
流变成形工艺过程



流变成形工艺过程示意图

1—浆料制备；2—充型；3—转运台
4—运出；5—运送台；6—柱塞；7—成形系统

触变成形工艺过程



半固态合金触变成形工艺过程

(a) 浆料连续制备器；(b) 半固态锭料；(c) 切割后的锭料；
(d) 重新加热锭料到需要的温度；(e) 加热后的锭料送入成形机的压室中；(f) 成形；(g) 零件

半固态成形特点

- 应用范围广，适合于各种合金和复合材料，可采用铸造、挤压、锻造和焊接等多种成形工艺
- 铸件质量高，力学性能好，尺寸精度高，合金充填过程平稳，无涡流等，减小了铸件缺陷，组织细密均匀，可进行热处理，铸件质量和性能可达到锻件水平，同时，合金收缩小，铸件尺寸精度高（CT7~4）、表面粗糙度小（ R_a 6.3~1.6 μm ）
- 减小了对成形装置的热冲击，节约能源，工艺操作温度比常规低100℃左右
- 便于实现自动化，提高了劳动生产率
- 生产成本低，能源消耗少，铸件形状更接近于产品的尺寸形状，原材料和机械加工费用低，设备使用周期长

半固态注射成形与传统压铸工艺比较（以镁合金为例）

（1）工艺特点比较

比较项目	半固态注射成形	热室压铸	冷室压铸
AZ91浇注温度/℃	低590~600	中630~650	高680~700
压射速度/ m.s^{-1}	1~4	1~4	1~8
压射比压/MPa	50~120	25~35	40~70
增压	无	无	有（厚壁件有利）
铸件投影面积	小	小	大
成形稳定性	有时不稳定	良好	良好
给料方式	供料器自动给料	坩埚直接给料	自动浇注机送料
安全性	非常好	良好	良好
熔渣	无	普通	多
压射周期	1（基准）	0.9	1.1
保护气 SF_6 的使用	无	有	有

半固态注射成形与传统压铸工艺比较（以镁合金为例）

（2）质量与性能比较

比较项目	半固态注射成形	热室压铸	冷室压铸
铸造流痕	普通（低温不利）	良好	良好
气孔、收缩裂纹	小	中	中
薄壁件充型流动性	普通（低温不利）	良好	良好
氧化夹杂	普通	少	多
气泡缺陷	少	普通	多
薄壁	因高固相率，可能	不可制造	可能（要改善质量）
厚壁			
收缩率	3.8~4.45/1000	5~5.5/1000	7~8/1000
尺寸精确度	良	普通	较差
力学性能	良	普通	良
耐腐蚀性	普通	良（使用SF ₆ 气体）	良好（使用SF ₆ 气体）

半固态注射成形与传统压铸工艺比较（以镁合金为例）

（3）经济性比较

比较项目	半固态注射成形	热室压铸	冷室压铸
热效率	良	普通	良
制品合格率	高	良	普通
制品/原材料	1（基准）	0.9	1.2
原材料费	1（基准）	0.85	0.9
消耗备件费	高（耐热备件）	较高	少
设备价格	1（基准）	0.8（镁专用机）	0.5（铝压铸机）
专利费	有	无	无

完