

机械工业技术革新技术改造选

液态金属模压铸造

广东仪表厂
肇庆市压铸厂 编

9.9

机械工业出版社



机械工业技术革新技术改造选编

液态金属模压铸造

广东仪表厂 编
肇庆市压铸厂

机械工业出版社

内容提要 液态金属模压铸造是将一定量的金属液倒入模具中,借助压力机冲头施压于金属液面,使金属在压力下凝固结晶并成形的一项新工艺,具有铸件质量好、表面光洁度和精度高、金属利用率高、生产效率高、成形性能良好等优点,能适应铸造多种类型的合金铸件。

本书就液态金属模压铸造的基本概念,简述其工艺方法、特点、应用范围及其经济效果,着重介绍了液态金属模压铸造的模具制造及操作工艺,包括模具结构、模具的材料和热处理、模具制造工艺、合金的选择与熔炼、模具的安装、模具的预热、涂料、液态模压的压力和保压时间、辅助工具等。书中还简介了液态模压的设备、铸件的金相组织及机械性能分析和铸件的缺陷及其防止方法。

本书可供从事机械工业技术革新、技术改造的广大工人、技术人员参考。

液态金属模压铸造

广东仪表厂 肇庆市压铸厂 编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 2 · 字数 43 千字

1976 年 11 月北京第一版·1976 年 11 月北京第一次印刷

印数 00,001—18,000 · 定价 0.16 元

*

统一书号: 15033 · 4399

前 言

液态金属模压铸造是一种较年轻的工艺，它兼具压力铸造和锻造的优点，是被誉为有“锻件的性能、铸件的成本”的一种新方法。

液态金属模压铸造的原理是，把一定量的金属液倒入模具中，利用冲头施压于金属液面，金属便在压力下凝固结晶并成形。它有如下的一些特点：1. 铸件质量好，可以避免气孔、缩孔、疏松等缺陷，内部组织致密，机械性能高，各个方向上性能均匀；2. 铸件表面光洁度和精度高；3. 不需要浇冒口系统，提高了金属利用率；4. 生产效率高，便于实现机械化和自动化；5. 成形性能良好，成形功率较小，能适应多种类型的合金。

一九五八年大跃进期间，我国铸造工作者已经开始对液态金属模压铸造工艺进行研究和实践。在伟大的无产阶级文化大革命中，铸造行业的广大职工，狠批了刘少奇、林彪所推行的修正主义路线，以阶级斗争为纲，大破“爬行主义”、“洋奴哲学”，使液态金属模压铸造工艺得到了迅速的发展，国内已有不少单位在生产实践中应用这种新工艺。我厂自一九六四年底试验成功后，一九六六年起便正式投入实际生产。十年来，铸件的品种和质量都有了很大的发展与提高。我们深信，在毛主席的革命路线指引下，为“在本世纪内，全面实现农业、工业、国防和科学技术的现代化，使我国国民经济走在世界的前列”，我国工人阶级必将使液态金属模压铸造工艺应用到更加广泛的领域。

在广东省第一机械工业局的领导和组织下，为总结我们厂十年来应用液态金属模压铸造工艺的经验，我们编写了这本《液态金属模压铸造》。在本书中，我们参考和吸收了一些兄弟单位应用该工艺的经验，这里，谨向这些兄弟单位表示感谢。由于我们的理论水平和实践经验有限，书里可能会有不少的缺点和错误，希望读者提出批评和意见。

广东仪表厂

肇庆市压铸厂

目 录

前言

一、液态金属模压铸造的基本概念	1
(一) 液态金属模压铸造的工艺方法	1
(二) 液态模压的特点及应用范围	3
(三) 液态模压的经济效果	6
二、液态模压的设备	11
三、模具制造	13
(一) 模具结构	13
(二) 模具的材料及热处理	25
(三) 模具制造工艺	28
四、液态模压的制造工艺	31
(一) 合金的选择与熔炼	31
(二) 模具的安裝	33
(三) 模具的预热	34
(四) 涂料	35
(五) 液态模压的压力及保压时间	36
(六) 辅助工具	39
(七) 铸件的清理和检验	41
五、铸件的质量分析	43
(一) 铸件的金相组织及机械性能	43
(二) 铸件的缺陷及其防止方法	51

一、液态金属模压铸造的 基 本 概 念

(一) 液态金属模压铸造的工艺方法

液态金属模压铸造是一种精密铸造工艺。该工艺的实质是，金属液在压力作用下强制充满型腔，并在压力下进行凝固结晶及塑性变形。由于它是介乎于压铸和模锻之间的一种工艺，所以，有人称为“液态金属模锻”、“液态金属冲压”、“液态金属挤压铸造”、“铸锻联合工艺”等；国外也有称“液态金属锻造”、“半液体模锻法”、“移位铸造”、“高压铸造”和“高压凝固铸造”等。总之，有关这一工艺的名称本身就众说纷纭，甚至连把该工艺应归到铸造范畴还是锻造范畴都曾有过分歧。但比较明确的是，多数的意见认为，液态金属模压铸造应该归到铸造的范畴。因为，单从以液态金属为材料这点讲，就与锻造有很大的区别，何况制品出现的缺陷都是铸造缺陷。因而，把这工艺归到铸造范畴还是较合适的。至于名称，暂时还未能统一。在本书中，我们采用了“液态金属模压铸造”，并在以后的叙述中简称为“液态模压”。

液态模压的工作过程是：把一定量的金属液浇入下模(凹模)型腔中；开动压力机，使上下模合拢；通过上模(凸模)施压于金属液面，迫使金属液向上移动并被挤到型腔的各个部位而形成零件。在整个凝固过程中，对零件的整个表面保持压力，以使零件内部的金属熔液不断补缩凝固时产生的自

然收缩。铸件凝固后，借助顶杆或其他方法把它退出，然后为下一轮操作做好准备（图 1）。

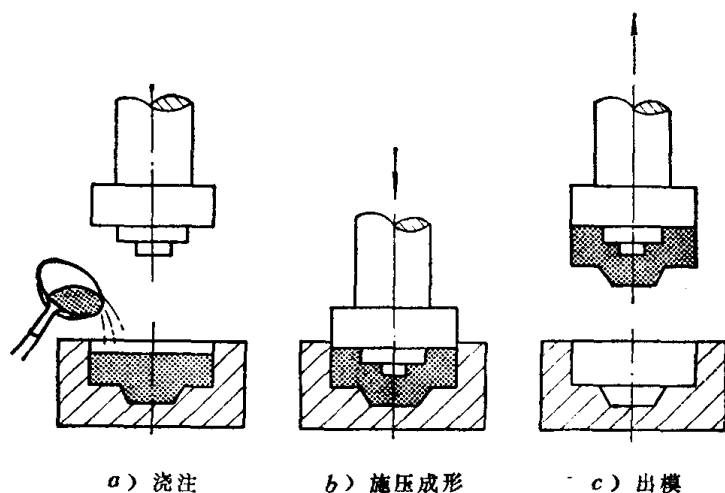


图1 液态模压工作过程示意图

液态模压工艺的基本方式有三种：1. 柱塞模压铸造；2. 直接模压铸造；3. 间接模压铸造。柱塞模压铸造仅适用于铸锭或形状简单的厚壁铸件，在柱塞压力下液态金属不产生向上的位移（图 2）。直接和间接模压铸造都是将上模压入金属液中，在加压的同时金属液发生位移和变形，直到零件成形，金属结晶凝固完了，上模方才退出（图 3、图 4）。间接模压铸造对于生产形状简单的厚壁铸件，不如柱塞模压铸造和直接模压铸造的好，但比砂型、金属型为好。

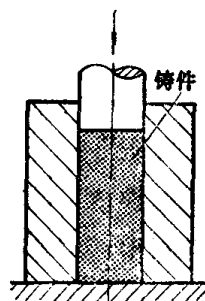


图2 柱塞模压铸造

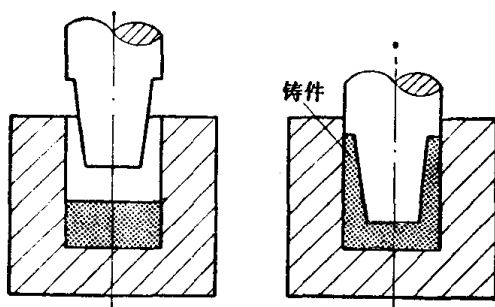


图3 直接模压铸造

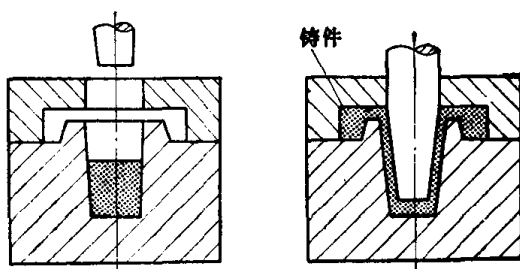


图4 间接模压铸造

(二) 液态模压的特点及应用范围

液态模压同其他铸造方法相比，有着无可置疑的独特的优越性。

普通砂型铸造固然难以消除铸造缺陷，即使金属型铸造、压力铸造、熔模铸造等特种铸造方法，有些铸造缺陷也是难以克服的，如气孔、缩孔、偏析等。前面已经提到，液态模压是介乎于压力铸造和模锻之间的一种工艺，它的工艺过程包含了压力铸造和模锻的若干因素，因而也综合了两种工艺的一些优点。

液态模压同压力铸造相比具有如下特点：

1. 压力铸造时，液体金属在极短的时间内（甚至不到十分之一秒）以高速（约 $15\sim 70$ 米/秒）压入闭合的模腔。在这样高的速度下，模腔内的空气不大可能完全排除，因而残留的气体极易进入铸件，形成皮下气孔。壁越厚，气孔越大越多，也易产生缩孔或热裂。所以，对于厚壁的零件用压力铸造方法是不适宜的。同时，压铸不宜使用需要经热处理的合金，因为铸件一经热处理，其内部的气体便受热膨胀，产生鼓泡或变形等现象。

液态模压时，则不必过多地考虑排气条件。因为在这种工艺中，液体金属系直接注入模腔的。由于浇注速度低，很容易置换模中的空气。而且上模的落下速度缓慢而稳定，气体完全可以从型腔排出。液态金属在高压下结晶，金属补给充分，不致因体积收缩而产生缩孔。另外，溶解于金属液的气体能在很高的比压下留存在固溶体中，不会在铸件内形成气孔。对于厚壁的铸件，液态模压比压铸更显其优越性。

2. 压力铸造时，金属系借助浇注系统传递压力，这一压力虽然也相当大（一般在 $100\sim 200$ 公斤/厘米² 以上），但当液态金属压入型腔后，由于浇道较长，而且浇道里的金属比铸件冷却得快，凝固得早，压力不可能维持到铸件结晶完了。因此，型腔里的金属在压力不够充分的条件下结晶，补缩不足的地方难于获得致密的金属组织，晶粒也较粗大。

液态模压时，由于没有浇注系统，当上下模闭合后，金属便在充分的压力下结晶成形，因而晶粒细化，组织致密均一。

3. 压力铸造所需的浇口、浇道及模具结构复杂，加工费用高。浇注系统耗用的金属量相当大，有时甚至占铸件的

50~100%以上。

液态模压的模具比较简单、紧凑，不需要浇口套、喷嘴、浇注系统等结构，模具的加工费用大大低于压铸模，使用寿命也较长。因无浇冒口系统，金属利用率也较高。

4. 压力铸造时，金属多从侧面进入模腔，很难避免正面冲击和产生涡流现象，这就会严重影响尖棱铸件或夹芯铸件的质量。

液态模压因为没有浇道，也就没有产生涡流的条件，金属液系按铸件整个截面向上移动，平行于模底而无正面冲击问题。

5. 压力铸造需要专门的压铸机，而液态模压可用专用设备，也可用普通的压力机进行。这对于推广应用液态模压工艺是一个有利的因素。

液态模压同模锻相比具有如下的特点：

1. 液态模压铸件的机械性能，可以接近或达到锻件的水平，原因是金属液在充分的压力下凝固结晶，其组织很致密，铸件在纵向和横向所具有的性质，比锻造的毛坯还要均匀。

2. 由于液态模压在封闭的模具内成形，使液态金属充满型腔要比固态的金属变形容易得多，故成形能低，所需的设备功率比起获得同样模锻件的设备功率约低 $2/3 \sim 3/4$ 。

3. 液态模压可以一次成形，不象模锻那样一模多腔，需要逐次锤击才能获得锻件，大大提高劳动生产率及减轻劳动强度。此外，液态模压还可大量节约模具钢及其加工费用。

4. 液态模压铸件外形准确，精度一般可达 3~5 级，表面光洁度可达 $\nabla 5 \sim \nabla 7$ ，金属切削加工余量通常为 0.5~2 毫米，有的甚至可以不用加工。锻件要达到这样的精度是相

当困难的。

当然，任何事物都得一分为二，液态模压工艺并不是万能的，十全十美的。虽然绝大多数正确形状的锻件可以用液态模压铸造出来，但液态模压却不能生产出所有的铸件。由于受到设备和模具的限制，液态模压对于太复杂的、多型芯的铸件是不适宜的，对于太薄壁及太小的铸件也有困难。因为在施加压力之前，金属液可能已经凝固而无法成形。

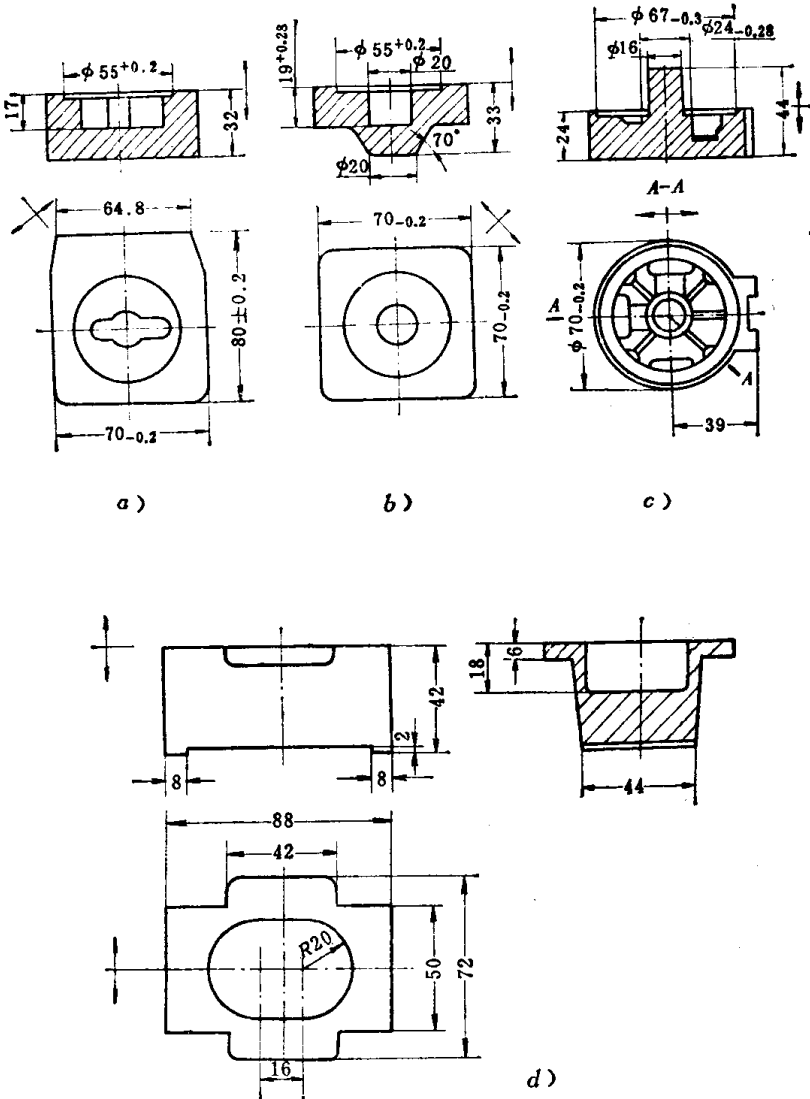
液态模压的材料适用范围较广，可用各种类型的合金，如铝合金、锌合金、铜合金、镁合金、灰口铁、球墨铸铁、碳钢、不锈钢、工具钢等。目前，多用于有色金属。至于为什么也可以适用于一些脆性材料，如锡青铜和灰口铁，那是因为金属在上模的压力下挤向压模壁，同时受到压模壁的反压力，其变形是在各个方向只产生压缩而没有拉力的情况下进行的，因而消除了脆性开裂的现象。

（三）液态模压的经济效果

我厂生产的一部分仪表，是由许多方形的铝合金环室组合而成。在环室上要钻很多孔，孔道之间相隔只有几毫米，但不能透气，否则就会影响仪表的性能。因此，零件的气密性要求很高。过去，这种环室采用砂型铸造，但质量达不到要求，很快被放弃了。后改用金属型铸造，先铸成铝方条，然后一块块切割。这种铸件质量稍好，气密性有很大改善，但切削加工量很大，远远赶不上生产的需要。最后应用了液态模压工艺，铸件的质量才得到保证，切削加工量大为降低，劳动生产率大大提高。十年来，我厂已有三十种近六十个规格的零件应用液态模压工艺，效果良好。在这些零件中，最重的为 1.5 公斤（锌合金），最轻的为 0.18 公斤；最厚的 55

毫米，最薄的 12 毫米；投影面积最大为 75 厘米²。

图 5 是我厂几种典型液态模压的零件图。



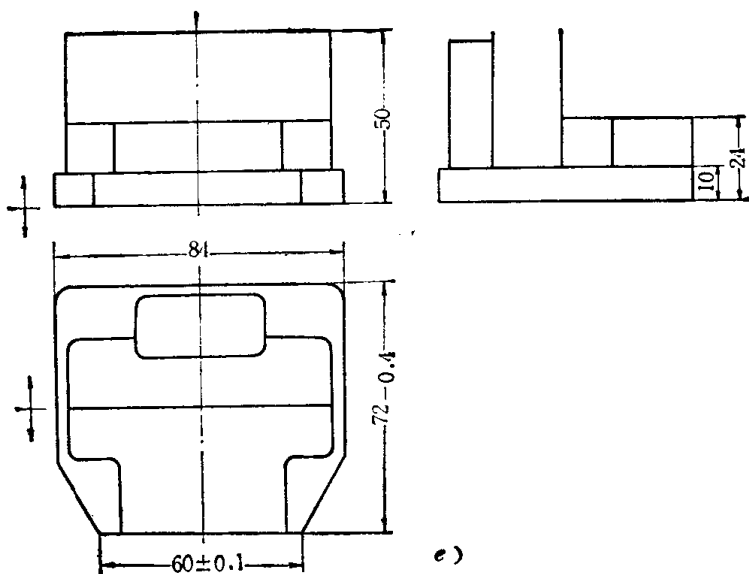


图5 几种典型液态模压零件图

对我厂几种大批量的零件进行一下分析和比较，液态模压的经济效果是极为显著的。表 1 所列是指零件全部加工完毕所需要的工时。数字表明，用液态模压制得的毛坯来加工零件，其加工工时可以比金属型铸造所制得的毛坯节省百分之四十到百分之七十多。表 2 是把零件整个加工过程中相同的工序抽出来，然后将金属型铸造制得的毛坯加工到液态模压制得的毛坯形状时它们所需加工工时的比较。对比的结果，新工艺的效率最高可比原工艺提高 25 倍。效率的提高主要是液态模压的铸件已具有零件所需的大部分形状，其尺寸精度及光洁度已达到不用再进行机械加工的程度；而金属型铸造的毛坯却要加工每一个面。很明显，光从大大减少机械加工量这点看，其经济效果已经是相当可观的。何况金属利用

率的提高、铸件质量的改善、有利于机械化自动化生产等优点，液态模压的经济效果就不言而喻了。

表1 不同工艺的零件机械加工工时比较 (单位: 分钟)

图 号	液 态 模 压				金 属 型									新工艺比 原工艺节 省工时 (%)	
	模 压	车	钳 加 工	去 毛 刺	合 计	铸	车 ₁	车 ₂	铣 四 边	铣 圆 角	修 圆 角	钳 加 工	去 毛 刺		合 计
380.002	2	8	21	2	33	不计	15	8	5.5	3	4	21	1.5	58	43.2
380.008	2	4	4	2	12	不计	9	6.5	5.5	3	4	10	1.5	39.5	69.5
380.030	2	4	4	2	12	不计	15	6.5	5.5	3	4	10	1.5	45.5	73.8
380.038	2	7	0	2	11	不计	10	7	5.5	3	4	6	1.5	37	70.3

表2 金属型铸造毛坯加工到液态模压毛坯形状所花的工时表 (单位: 分钟)

图 号	液态 模压 工时	金属型铸造毛坯加工工时							新工艺效 率相当于 旧工艺效 率的倍数 (倍)
		铸	车 ₁	铣 四 边	铣 圆 角	修 圆 角	铣 圆 槽	合 计	
380.002	2	不计	15	5.5	3	4	—	27.5	13.8
380.008	2	不计	9	5.5	3	4	—	21.5	10.8
380.030	2	不计	15	5.5	3	4	—	27.5	13.8
380.038	2	不计	10	5.5	3	4	—	22.5	11.3
380.007	2	不计	10	8	4	5	25	52	26
380.013	2	不计	10	5.5	3.5	4	25	48	24

图 6 所示是我厂生产的部分液态模压零件实物。

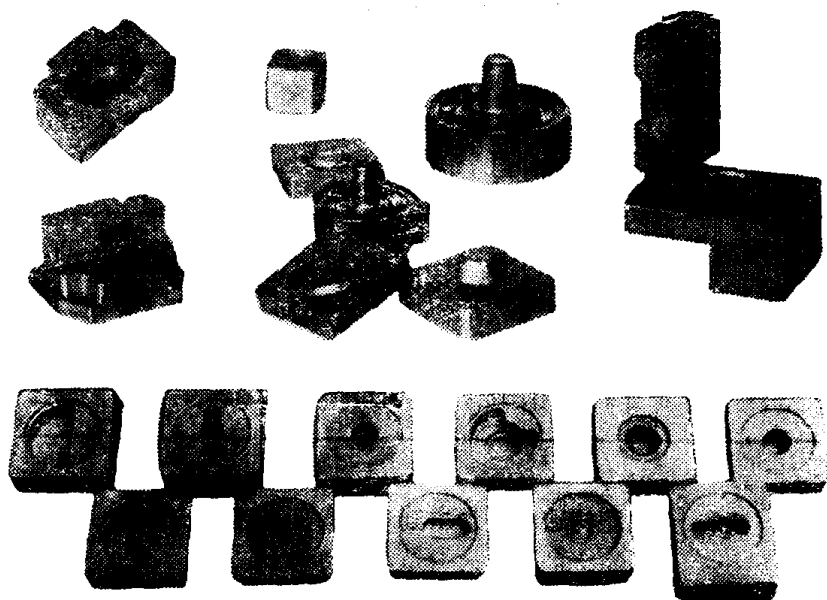


图6 我厂生产的部分液态模压零件

二、液态模压的设备

液态模压必须要有压力机。目前国内基本上是在液压机或摩擦压力机上进行的。因为摩擦压力机的压力和速度无法调整控制，冲击性很大，金属要等到半液态时才可挤压，否则喷溅严重，而且保压时间很难控制，操作比较困难，故已很少使用。液压机有足够的压力和速度，操作容易，施压平稳，不易产生飞溅现象。所以，目前液态模压工艺绝大多数都在液压机上进行。

从理论上讲，铸件的投影面积越大，压力机的功率也应增大。但除了零件的大小外，零件的使用要求、外形的复杂程度、壁厚、内腔深度、金属材料等，也影响到所需的压力。一般铸件采用 100~300 吨的油压机或水压机就足够了。

液态模压工艺对压力机有如下的要求：

1. 需要有模具的开闭装置。一般来说，有上下两个压缩缸就可以达到要求。上缸用来施加压力并拉出上模，下缸则可用来顶出铸件。

2. 如果要在垂直分型面的模具中压制铸件，而模具本身没有锁紧结构或没有足够的位移可以让铸件退出时，则压力机就需要有两个互相垂直的压缩缸，以使水平方向上能拉出半模，让铸件能退出。

3. 金属收缩时，会把上模的型芯紧紧地“咬住”。为了能使上模从铸件中拔出，垂直缸应有足够的提升力量。水平缸也应有足够的压力，以便在上模施压于金属时，能使模具保持闭紧状态，不使金属液挤出。