

内容提要 本书是以铝合金低压铸造为主体的专业书籍。全书共分三篇，第一篇低压铸造工艺，主要阐述了低压铸造各工序过程和各工艺要点；第二篇设备部分，主要介绍了我国目前低压铸造的一部分设备现状，供读者在生产实践中选择使用和设计参考；第三篇是需要进一步解决的几个问题。

由于这项工艺在我国应用的历史还较短，对某些问题还不能作为结论性的定论，读者在阅读过程中应结合本单位生产具体情况，参考分析运用。

低 压 铸 造

潘 增 源 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许可证出字第 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 $9 \frac{1}{8}$ · 插页 2 · 字数 215 千字

1974 年 12 月北京第一版·1974 年 12 月北京第一次印刷

印数 00,001—23,500 · 定价 0.70 元

*

统一书号：15033 · 4263

出版说明

在批林批孔运动的推动下，机械工业技术革新和技术改造的群众运动蓬勃开展，先进经验层出不穷。为及时总结推广这些先进经验，我们组织编写了“机械工业技术革新技术改造选编”。

“机械工业技术革新技术改造选编”将陆续出版，内容包括：铸、锻、焊、热处理、机械加工、改善劳动条件、三废处理等方面，每本讲一个专题，内容少而精，便于机械工业的广大职工阅读参考。

在组织编写过程中，得到有关领导部门和编写单位的大力支持，对此我们表示感谢。欢迎广大读者对这些书多提宝贵意见。

前 言

低压铸造工艺还是一项年轻的工艺，该工艺自正式应用于工业生产，至今还仅三十多年的历史，但由于该工艺具有许多优点，所以发展异常迅速。随着现代工业的迅速发展，特别是在轻金属（铝合金、镁合金）零件需要量越来越多，质量要求越来越高的情况下，低压铸造工艺必将以更快的速度得到发展和提高。

目前我国的低压铸造工艺主要是应用在有色合金（铝合金、镁合金，少数单位也用在单件的铜合金与黑色金属）中，最普遍的是用在铝合金中，本书也主要以铝合金为主体来编写的。随着铝合金材料在动力机械、电器元件、纺织工业、仪表制造工业、造船工业、汽车制造工业等方面的广泛应用，这种便于机械化、自动化、又容易得到质量好、金属利用率高的铸件的“铝合金低压铸造工艺”，其应用范围已越来越广。本书就本着这个出发点，本着互相交流共同提高的目的，阐述了有关实践和笔者体会。在编写本书过程中，由于我国还尚未颁布铝合金的标准牌号，所以书中铝合金有的是采用冶金部的标准，有的还是用的苏联的标准。读者在阅读使用时可对照机械工业出版社即将出版的“铸造有色合金手册”。

我国应用这项新工艺的历史不太长，但全国各地几乎都普遍应用了这项工艺，并对其工艺和设备做了大量的探讨工作，取得了不少的成绩。为了使低压铸造工艺能在我国铸造生产中进一步普及推广、发展提高，笔者根据几年来对该工

艺的接触和实践，收集了有关资料，编写了这本书。

限于笔者对该工艺实践工作做得还不够，对不少问题的认识还十分肤浅，所以书中内容肯定很不全面，很不深入，甚至还可能带进不少错误的观点，望读者在阅读过程中批评指出。

上海机械工艺研究所

潘 增 源

一九七四年

目 录

前言

第一篇 低压铸造工艺

第一章 绪言	1
第一节 概述	1
第二节 基本原理及铸造特点	3
1 基本原理	3
2 铸造特点	4
第二章 工艺过程	10
第一节 铝合金的熔炼	13
1 铝合金熔炼实质	13
2 铝合金的熔炼过程	20
第二节 模具的准备	41
1 砂型的准备	41
2 金属型的准备	43
第三节 浇注前的准备	47
1 密封盖的准备	47
2 密封性试验	50
3 配模(合型)	52
第四节 浇注工艺	53
1 低压铸造充型过程	53
2 结晶压力的选择与给定	62
3 结晶时间的控制	69
4 浇注温度和模具温度的控制	74

第三章 低压铸造铸型工艺	78
第一节 铸件的顺序凝固	78
1 浇注系统的开设	79
2 铸型冷却条件的控制	84
第二节 铸型的排气	90
1 利用模具拼缝排气措施	93
2 铸件平面上的排气措施	97
第三节 铸型的其它工艺要求	99
1 防止金属液抬箱措施	100
2 模具的定位	102
3 金属型顶杆机构	104
第四章 低压铸造产品工艺实例	106
第五章 几种特种低压铸造工艺的应用	129
第一节 两面加压法	129
第二节 压差法	132
第三节 真空低压铸造法	137
第六章 铸造缺陷	140
第一节 孔洞与砂眼	141
1 气孔	141
2 缩孔、缩松	149
3 渣孔	153
第二节 裂纹	157
1 冷裂	158
2 热裂	158
3 缩裂	160
第三节 表面缺陷	160
1 涨箱	160
2 粘砂	161
3 冷隔痕迹	161

4	表面结疤	162
5	表面麻点	163
第四节 精度与性能		164
1	飞边毛刺	164
2	轮廓不清	164
3	壁厚不匀, 尺寸、重量不符合要求	165
4	变形、歪扭	165
5	机械性能不合格	167

第二篇 低压铸造设备

第七章	设备总体概述	170
第八章	保温(熔炼)炉	173
第一节	焦炭炉	174
第二节	重油炉	176
第三节	煤气炉	177
第四节	感应炉	179
第五节	电阻炉	181
1	炉体	182
2	电阻丝	183
3	坩埚	188
4	密封盖	192
5	升液管	194
第九章	液面加压控制系统	197
第一节	手动控制加压系统	197
第二节	电磁阀-针形阀半自动控制加压系统	200
第三节	定压力式液面加压控制系统	213
1	射流控制液面加压系统	215
2	DKF-1型液面加压系统	219
3	随动式液面加压系统	226
第四节	气动元件	232

1	针形阀	232
2	电磁阀	234
3	减压阀	239
4	定值器	241
5	气动薄膜调节阀	244
6	比例积分调节器	245
7	恒差继动器	251
第十章 金属型开合型机构		255
第一节 开合型动力类型		255
1	手动杠杆开合型机构	256
2	机械传动开合型机构	257
3	气动开合型机构	259
4	油缸开合型机构	260
第二节 机身与炉体的配合		263
1	活动式机架	264
2	固定式机架	267
第三节 开合型控制系统		268
1	液压控制系统	268
2	射流自动控制系统	273
第三篇 需待解决的几个问题		
1	关于合金的质量	290
2	关于升液管的寿命	292
3	关于升液管的形状问题	293
4	如何提高低压铸造的生产率	294
5	如何避免铸件的氧化夹杂	297
6	关于铸件的结晶凝固时间	300
7	应该使液面加压控制系统适应铸型排气条件	301
8	低压铸造机的定型工作	302
9	扩大低压铸造的金属品种	303

第一篇 低压铸造工艺

第一章 绪 言

第一节 概 述

“低压铸造法”是介于重力铸造●和压力铸造●之间的一种铸造方法。它是利用气体压力将金属液压入铸型，并使铸件在一定压力下结晶凝固的一种特种铸造方法。用这种方法不仅可以获得比一般重力铸造质量更高的铸件，而且可以铸出一般重力铸造所难以成形的薄壁复杂铸件。同时，由于低压铸造所用的浇注系统十分简单，可使金属的实收率●（亦称金属的利用率）大大提高，通常可在90%以上。

由于“低压铸造”工艺在实际铸造生产中有着极大的铸造优点，加上该工艺有着上马快、投资少、占地小、容易实现机械化、自动化等特点，所以尽管该工艺在我国应用的历史还较短，但我国已有许多工厂和单位，成熟地运用了低压铸造工艺来生产高要求的铝合金复杂铸件。北京、上海、山东、江苏、四川、东北等地区的一些生产动力机械的专业工厂和车间，已成熟地用低压铸造法成批大量生产发动机上的铝合

● 重力铸造——指一般自由铸造。

● 压力铸造——由压铸机依靠活塞压射金属液来充型结晶的铸造方法，通常称为“压铸”。

● 金属实收率 = $\frac{\text{铸件毛重}}{\text{铸件毛重} + \text{浇冒口}} \times 100\%$ 。

金汽缸体、汽缸头、曲轴箱、活塞体等铸件。有些单位甚至已成功地运用低压铸造法来浇注大型薄壁叶片复杂铸件，实现了以铸代锻。也有些设计单位和专业生产工厂，设计制造了具有相当水平的自动化低压铸造机，并在正式生产中得到了应用。还有不少单位的工人老师傅和革命技术人员一起，将“低压铸造法”发展成了“差压法”、“两面加压法”、“真空低压铸造法”[●]等各种新工艺，大连机车车辆厂的工人老师傅已敢想敢干，将低压铸造工艺应用到了浇注球墨铸铁曲轴上。解决了一些高难度和高要求的产品问题。

目前我国“低压铸造”工艺主要应用在铝合金铸件的产品上，但随着我国工业水平的迅速发展，对铝合金铸件的质量要求和性能要求越来越高的情况下，“铝合金低压铸造”几乎已成为一项必不可少的工艺，并在一定情况下，代替了部分“压铸”铝合金铸件，这就更使这项年轻的工艺在实际生产中显示了强大的生命力。

由于低压铸造可以用较快的上马速度和低廉的设备投资，同时又可得到较高质量的铸件（见表 1-1），该工艺已越

表1-1 各种特种铸造方法铸件的光洁度和精度

铸造方法	表 面 光 洁 度	尺 寸 精 度
压力铸造	$\nabla 5 \sim \nabla 8$ 大都为 $\nabla 7$	3 ~ 5 级 大都为 3 级
熔模铸造	$\nabla 4 \sim \nabla 7$ 大都为 $\nabla 6$	3 ~ 5 级 大都为 3 ~ 4 级
陶瓷型铸造	$\nabla 6 \sim \nabla 7$ 抛光后可达 $\nabla 10$	3 ~ 4 级
低压铸造	$\nabla 1 \sim \nabla 7$ 左右	3 ~ 5 级 大都为 3 ~ 4 级
金属型铸造	$\nabla 1 \sim \nabla 7$ 大都为 $\nabla 5$	4 ~ 8 级 大都为 5 级左右
壳模铸造	$\nabla 2 \sim \nabla 7$	5 ~ 8 级
高压造型	$\nabla 3 \sim \nabla 5$	5 ~ 7 级
砂型铸造	$\nabla 1 \sim \nabla 3$	8 ~ 9 级

● 关于“差压法”、“两面加压法”、“真空低压铸造”请阅第五章。

来越广泛地应用在我国铸造生产上。随着批林批孔运动的普及、深入，群众性的技术革新、技术革命运动正在蓬勃发展，低压铸造工艺定将得到迅猛的发展。

第二节 基本原理及铸造特点

1 基本原理

图 1-1 是低压铸造的基本原理图。它的主要工作原理是：在密封容器（坩埚）1 中通入干燥的压缩气体于保持一定温度的金属液面 3 上，金属液在气体压力的作用下，沿升液管自下而上的上升，通过铸型浇口 6，平稳地进入到铸件型腔 8 中去，并保持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 3 上的气体压力，使升液管 2 和浇口 6 中没有凝固的金属液依靠自重回到坩埚 1 中去。这样，已经凝固的金属便在型腔内形成了所需要的铸件，经脱模后便得到了所需的铸件。

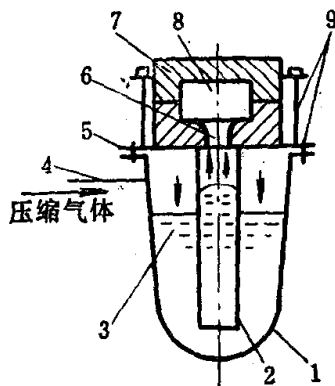


图1-1 基本原理图

- 1—坩埚（密封容器），2—升液管，
3—铝液，4—气管（进压缩气），
5—密封盖，6—浇口，7—铸型，
8—型腔，9—紧固螺栓

从低压铸造的成形过程可以清楚地看出：低压铸造成形原理的主要特点是——金属液是依靠外界气体压力的推动，使之在型腔里充型流动的（而一般自由浇注是由金属本身流动性，靠重力流动的）。同时也看出：低压铸造铸件的结晶凝固过程是在外加压力下进行的，铸件的凝固补缩可由液面 3 上的气体压力通过浇口 6 来传递的，这样，铸件能在压力

状态之下结晶凝固（而一般自由浇注是通过重力冒口来实现补缩的）。除上述二主要特点外，其它与一般自由铸造基本上都相仿。

由于加在金属液面 3 上的气体压力之各参数可以根据生产需要而任意调节，以保证合理的充型速度和结晶压力等浇注因素，再加上低压铸造是底注等铸造特点，使该工艺带来了极大的铸造优点。

2 铸造特点

一、与一般自由铸造相比较

1) 低压铸造充型是底注，且充型速度容易控制的特点，使金属液在充型时比一般自由铸造易于平稳。这就相对减少了由于金属液倾倒时的冲刷飞溅而带来的氧化夹杂等铸造缺陷，相对提高了铸件的合格率。

2) 铸件在压力作用下结晶凝固，大大地提高了铸件的补缩效果，所得到的铸件组织也比较致密，机械性能比相同条件的一般自由铸造可提高10%左右。图 1-2 是ZL13(AlSi5)

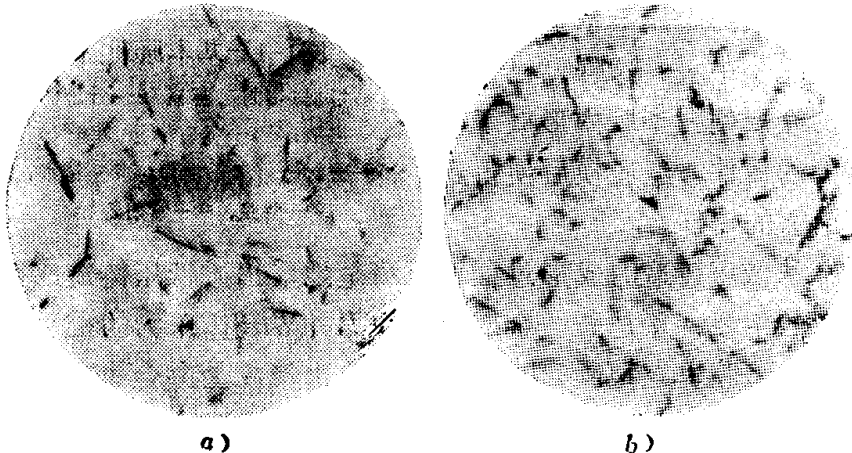


图1-2 低压铸造与自由铸造金相组织的比较

a) 自由铸造； b) 低压铸造

合金铸件金相组织的比较，图中 *a*) 为自由浇注，*b*) 为低压铸造，显然组织均匀，偏析现象也少。由于铸件致密，所以铸件的气密性、耐压性都得到了提高。这对于那些工作时要求耐压和防渗漏的铸件更具有明显的效果。

3) 低压铸造压力补缩的特点，大大地简化了铸件的浇注系统，尤其节省了冒口，使金属利用率得到了提高，一般可使金属利用率达90%以上。图 1-3 中的铸件就是一般自由铸造和低压铸造的比较，图 1-3 *a*) 中左面铸件为自由铸造时的实物，铸件毛重连同浇冒口一起共重 12.5 公斤，右面铸件为改用低压铸造后，大大简化了浇冒口系统，又允许减薄了壁厚（由于防渗漏性提高）0.5 毫米，这样，使铸件从原来的 12.5 公斤减到 6.5 公斤，使金属利用率得到相当可观的提高。

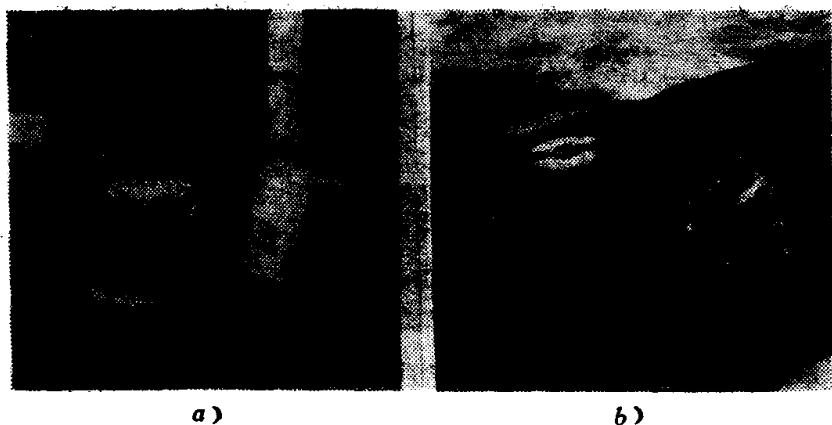


图1-3 自由铸造与低压铸造浇注系统比较

4) 低压铸造中金属液充型是在外界压力下强迫流动的特点，相对提高了金属液充型时的流动性，有利于得到轮廓清晰的铸件，这对薄壁叶片和大型复杂薄壁铸件的成形有着更显著的意义。图 1-4 中的铸件就是用低压铸造法浇注的。



图1-4 低压铸造薄壁叶片复杂铸件

若用一般铸造就显得比较困难。

5) 低压铸造法与一般自由铸造比较起来, 浇注速度控制方便是又一个明显的好处, 它带来的优点是: 可以根据铸件的不同结构和特点来注意决定其浇注速度, 以获得质量良好的铸件。由于浇注速度是通过各种气动元件来实现的, 所

以控制的浇注速度变化范围也比较宽。

6) 比起一般自由铸造来, 低压铸造的劳动条件要好得多, 车间的劳动环境也能得到改善, 因为低压铸造的操作人员只需控制气动元件来进行浇注, 对自动化程度较高的气动控制系统, 只需按动电钮就可以给定压力参数的变化, 不再需要由工人抬着浇包来倾注了, 这对于大铸件的浇注条件来说, 效果更加明显。同时, 由于低压铸造工作时炉子处于密封状态, 所以防止了金属液热量散失到车间里去, 改善了车间的劳动环境。

7) 不言而喻, 低压铸造法涉及了气动元件的应用, 所以很容易实现机械化与自动化。

二、与压铸相比较

1) 压铸主要适用于薄壁铸件, 对厚壁件就不太适宜。而低压铸造法能适合于各种壁厚的铸件(从一定程度上讲, 厚壁件在结晶凝固中, 由于受压力作用能充分补缩, 所以更适用于低压铸造), 这是因为低压铸造法能实现“缓慢充型”、“增压结晶”的工艺而带来的好处。而压铸时充型速度较快, 型腔中气体不易全部排出, 而使皮下气孔留在铸件内。

2) 同样道理, 低压铸造的铸件能允许热处理和机械加工, 而压铸件由于皮下气孔的存在, 不允许热处理和机械加工(否则会变形)。

3) 压铸法用的模具必需是具有较高要求的金属型, 而低压铸造对模具材料无苛刻的要求, 凡是一般自由铸造能用的铸型, 在低压铸造中都能用, 如湿砂型、干砂型、失蜡型、壳型、石膏型、半金属型、石墨型、金属型……等均可。

4) 同样道理, 金属型低压铸造中所用的模具, 比起压铸模来, 加工周期短, 投产快, 成本低。通常情况下低压铸

造金属型材料用一般铸铁就可以，而压铸模材料通常要较好的模具钢（如 3Cr2W8，40X 等），同时加工精度要求也很高。

5) 目前适合用于压铸的铝合金材料种类还比较少，通常适用在铸造性能较好的共晶合金（矽铝明）ZL7 (AЛ2) 上。而低压铸造对铝合金材料的可用范围就比较宽，据我国已有生产情况来看，各种铸造铝合金和一些活塞铝，甚至一些特殊牌号的铝合金在各单位都得到了应用。上海机械制造工艺研究所在几年实践中，先后对 60 多种铝合金铸件进行了试制和生产，其中包括有：A00 (纯铝)；ZL1 (AЛ2)；ZL2 (AЛ7)；ZL3 (AЛ3)；ZL4 (AЛ1)；ZL5 (AЛ8)；ZL6 (AЛ13)；ZL7 (AЛ2)；ZL10 (AЛ4)；ZL11 (AЛ9)；ZL12 (AЛ6)；ZL13 (AЛ5)；ZL14 (AЛ3)；40E；AЛ19；503；AK9 等以及其它一些新材料，这充分说明了低压铸造能适用的铝合金范围是很宽的。

6) 比起压铸机来，低压铸造对铸件尺寸、重量限制比较小，只要在坩埚容量允许范围内的铸件，就能用低压铸造方法来浇注。而压铸件需受压铸机“投影面积”的限制。上海机械制造工艺研究所几年来用低压铸造浇过的铸件有：

最大的 $\phi 1200$ 毫米； 最小的仅如火柴盒大。

最高的 1200 毫米； 最低的仅 10 毫米。

壁厚最大达 150 毫米； 最薄的仅 0.7 毫米。

最重的有 120 公斤； 最轻的仅 100 克左右。

7) 比起压铸用的设备来，低压铸造设备结构简单，制造方便，上马快，投资少。

由于低压铸造具有上述许多铸造优点，所以受到国内外广大铸造工作者的普遍重视，并在实际生产中，对该工艺

的应用不断地创新，有的单位将该工艺与其他特种铸造工艺结合起来应用，发展的类型很多。在低压铸造设备上也是百花齐放，各种形式，不同大小。自动化程度很高的低压铸造机在陆续设计制造。各种新技术，如液压、射流、电子技术等也都逐渐在低压铸造设备上得到了应用。我国广大工人阶级和革命技术人员牢记了毛主席的教导：**“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”**对低压铸造这项“潜力”很大的工艺，进行着大量的探索工作，并积累了不少经验。可以展望不久的将来，低压铸造必然以崭新的面貌，在我国铸造生产中发挥它巨大的作用。