

内 容 提 要

本书从压铸件生产角度精选内容，有针对性地介绍了压铸件从设计、生产到成品相关的工艺基础知识和生产操作、设备选用等注意事项，以及质量控制的有关原则与方法，内容包括压铸件设计，压铸机选型和维护，压铸模设计、制造与维护，各种压铸合金及其熔炼工艺，压铸工艺参数控制与压铸件缺陷预防措施，以及压铸件的后处理等。书中介绍了压铸件生产中最新的中外标准与常用设备的型号和主要参数，列举了大量压铸件生产实例，便于查阅。

本书可供压铸领域的技术人员、管理人员以及企业技术人员在实践中参考，也可供大专院校师生、科研人员阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

压铸件生产指南/耿鑫明编著. —北京: 化学工业出版社, 2007.5
ISBN 978-7-122-00129-0

I. 压… II. 耿… III. 压铸件-生产工艺-指南
IV. TG25-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 068673 号

责任编辑: 刘丽宏

文字编辑: 余纪军

责任校对: 周梦华

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 10 $\frac{1}{4}$ 字数 275 千字

2007 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

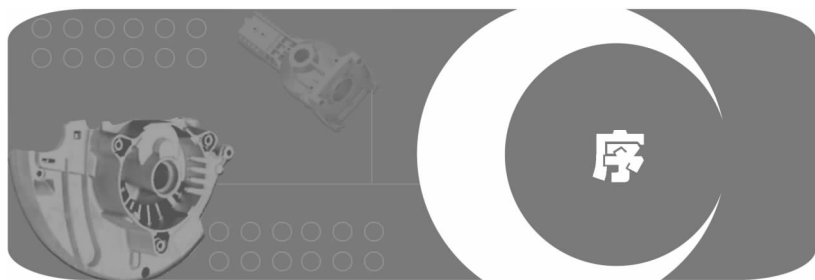
售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

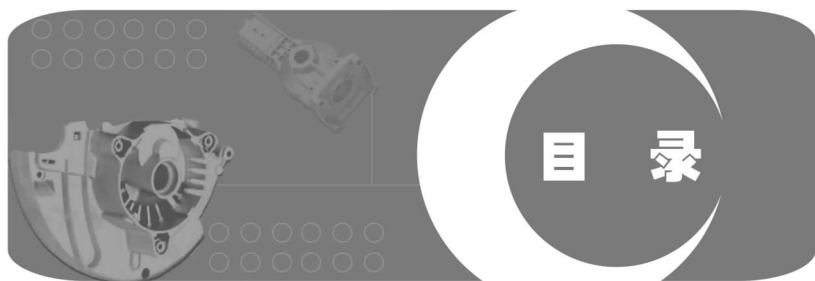


先进的精密成型技术生产出来的压铸件，在各行业中已广泛应用，其产量在全球制造业中，呈现不断增长的趋势。近 10 余年来，我国压铸行业发展迅猛，压铸件除满足国内市场需求外，在参与国际市场竞争中，大量产品走向世界。在此形势下，从事压铸的企业、人员日益增多。我在参加一些专业活动和去不少工厂时，听到很多从事压铸工作的领导、技术及管理人员、生产骨干反映，希望能找到一本较系统的介绍压铸技术，便于在生产中查找资料和参阅的书籍。为了满足压铸界广大同仁的需要，根据一些同志建议，通过调查研究、总结经验教训，撰写了此书，目的是给大家工作提供方便。

我从 1957 年开始就从事有色合金铸造工作，主要精力放在压铸、金属型等特种铸造上。但由于科技不断进步，又限于自己的水平，为了书的完整性，书中编入了我与肖志强、何宏、李培镛先生以往共同编写、内部发行书籍中可以公开的内容，同时也参考了从 20 世纪 50 年代起就从事压铸工作，为我国压铸事业做出很大贡献的王益志、宋才飞、陈金城、潘宪曾、邝允烈、顾金声等先生及吴春苗教授大作中的资料和国内外有关压铸标准。书中压铸件实例、设备图样及技术参数大部分是由各企业支持提供的样本。

在此，对所有关心、支持本书出版的同志致以诚挚的谢意！
在我从事铸造工作五十周年之际，仅以此书献给中外压铸朋友，盼压铸事业兴旺发达，为人类做出新的贡献。

耿鑫明
2007年2月



第 1 章 概论	1
1.1 压铸发展简史	1
1.2 我国压铸业现状	2
1.3 铸件生产概述	4
1.4 发展中的压铸技术	8
第 2 章 铸件设计	14
2.1 合理选择压铸合金	14
2.2 合理确定铸件壁厚	16
2.3 铸造圆角和肋	17
2.4 铸孔与铸槽	19
2.5 螺纹与齿轮的压铸	20
2.6 凸纹、网纹、文字、标志和图案的压铸	21
2.7 嵌件的设置	22
2.8 尽力减少加工余量	23
2.9 必要的铸造斜度	24
2.10 铸件的尺寸精度	25
2.11 铸件的表面质量	32
2.12 铸件结构的工艺性	34
2.13 铸件实例	36
第 3 章 压铸机选型与操作	47
3.1 压铸机的分类与基本参数	47
3.2 压铸机的特点	54

3.3	我国压铸机的有关标准	56
3.4	压铸机的组成	58
3.5	压铸机的合型与压射机构	60
3.6	压铸机的选定	62
3.7	压铸机的安装调试和维修	88
3.8	压铸机常见故障及排除	92
3.9	压铸机安全操作规程	94
3.10	压铸机保养规程	95
第4章	压铸模设计和使用	96
4.1	压铸模术语 GB/T 8847—2003	96
4.2	分型面的选择	103
4.3	浇注系统与型腔的排气	106
4.4	压铸模基本结构	126
4.5	压铸模标准零件	131
4.6	主要零件的设计	155
4.7	成型尺寸的确定	164
4.8	抽芯机构	171
4.9	推出机构	180
4.10	压铸模技术要求和材料选择	185
4.11	压铸模安装与使用操作规程	202
第5章	压铸合金及熔炼	204
5.1	铅、锡合金	204
5.2	压铸锌合金	207
5.3	压铸铝合金	217
5.4	压铸镁合金	231
5.5	压铸铜合金	241
5.6	熔炼浇注工具	247
5.7	压铸有色合金试样 GB/T 13822—92	254
第6章	压铸工艺参数及操作规程	258
6.1	压射压力	258

6.2	压射速度	261
6.3	持压时间	262
6.4	留模时间	262
6.5	浇注温度	263
6.6	压铸模温度	264
6.7	压铸涂料	266
6.8	压铸工安全操作规程	271
第7章	铸件缺陷及排除方法	273
7.1	尺寸、形状不符合要求	273
7.2	材料性能不符合要求	274
7.3	铸件表面缺陷	275
7.4	铸件内部缺陷	277
7.5	裂纹	280
7.6	其他缺陷	280
第8章	压铸件的清理及后处理	282
8.1	去毛刺	282
8.2	后处理	283
第9章	压铸生产质量控制与检验	293
9.1	压铸生产的质量控制	293
9.2	铸件检验标准	298
9.3	铸件检验方法	308
9.4	质量保证	312
参考文献	314

第1章 概 论

压铸是一种生产效率和机械化程度都比较高的热加工成型工艺，也是现代机械制造中发展较快的一种少切屑、无切屑的工艺方法。

压铸原理：液态或半固态金属在高压作用下，压入精密加工的金属压铸型内，使其完全填充型腔，以获得轮廓清晰、表面光洁、与压铸型型腔相符，可以互换的压铸件。

1.1 压铸发展简史

压铸至今仅有一百多年历史，最初用于制造枪弹、活字等。据国外文献和书籍介绍，19世纪初，世界印刷工业蓬勃发展，活字（单字母的铅字）的需求量日益增多，于是铸字机应运而生，1805年在美国就出现了较早的铸字机，1822年在美国制造了一种用活塞压射的铸字机。后来美国布鲁斯（Bruce）于1838年制造了一种新的铸字机，其生产效率更高，并且很快在世界上流传。1849年斯特奇斯（Sturges）获得了专利，开始用于低熔点的铅、锡合金。1869年英国查尔斯·巴贝奇（Charles Babbage）成功地生产一小批计算机用的齿轮、凸轮、杠杆和齿条等零件。在20世纪初，压铸锌合金得到发展。之后，压铸机也迅速发展，最先是H·H·多勒（H·H·Doughler）制造的热室压铸机。后来由V. 万革纳（Van Wagner）设计了鹅颈型气压立式冷室压铸机，在欧洲得到广泛采用。自从第二次世界大战以来，逐步形成压铸锌、铝、镁、铜

合金的标准设备。日本在明治末年到大正初期，也开始了压铸的试制及研究。

1949年前，我国仅有上海贵一模具厂等少数厂有几台压铸机压铸锌合金。20世纪40年代中后期进口了英国的小型气动热室机（上海）、捷克的Polak 600型（锁模力76t）立式冷室压铸机（昆明）和美国KUX的锁模力100t的卧式冷室压铸机（重庆），开始了压铸件生产。

20世纪50年代初我国引进了一些捷克生产的波拉克型立式冷室压铸机和前苏联生产的压铸机生产压铸件。20世纪50年代末期随着我国压铸业的发展，开始自行设计制造了卧式冷室压铸机，同时也仿制了立式冷室压铸机（如国营第511厂设计制造了Y—100型115t卧式冷室压铸机、长春机电所研制成功了50t和150t两种型号压铸机等）。不久制定了我国压铸机系列，20世纪60年代以来，生产了大批各种规格的压铸机。1968年我国设计制造了当时世界上最大的4000t压铸机，1978年开始制定了压铸机新的系列，统一了技术指标和有关工艺性能的技术规范。之后，相继制定了压铸合金、压铸模、压铸工艺、产品验收等国家、部及行业标准，指导了国内压铸生产。

近年来，一些国家依靠技术进步，使铸件薄壁化、轻量化，致使以铸件产量评价一个国家铸造技术发展水平的观念发生了改变。随着汽车、摩托车等工业的发展，以及节能、节材诸方面的考虑，从世界范围和我国情况来看，铝合金、镁合金铸件的应用越来越多，由于压铸工艺的发展，以致压铸件在有色金属铸件中所占的比例日益增多。

1.2 我国压铸业现状

我国的压铸工业经历了半个世纪的发展，成为一个新兴的产业，据不完全统计，现已有压铸厂点4000余家，年压铸件产量约86万~100万吨，年产值近400亿元。其中压铸件年产量超过

5000t 的有 30~40 家；产量超过 2000t 的约有 200 家；大部分企业产量在 100~1000t。年产值超过 2 亿元的压铸企业有 10 余家。全国压铸机制造企业约 300 家，有一定规模的企业有 20 余家，年压铸机产量约 4500 台，销售额为 30 亿元，制造的最大压铸机为合型力 30000kN 的卧式冷室机。我国能制造 30~40t 重的大型汽车件压铸模、20~30t 重的梯级压铸模。我国有近百家企业生产熔炼设备，以江苏无锡、南京为例，均有近 10 家制造厂。所以除有些进口大型压铸机的生产厂点引进了国外熔炉外，大部分工厂均采用了国产熔炉。

据有关统计，我国压铸件生产已遍布全国各地，但产量差别很大，发展较快的主要是广东、江苏、浙江、重庆、上海等省市。表 1-1 是我国压铸件产业集群的分布情况。

表 1-1 我国压铸件产业集群的分布（2005 年）

地区 项目	全国	华北地区	东北地区	华东地区	中南地区	西南地区	西北地区
产量/t	864200	43210	73450	325800	297300	103700	20740
份额/%	100	5.0	8.5	37.7	34.4	12.0	2.4

2005 年，各类压铸件所占的比例：铝合金 630690t，占 73.0%；锌合金 218500t，占 25.2%；镁合金 8960t，占 1.0%；铜合金 6050t，占 0.8%。

我国压铸件总产量在各应用领域所占比例：汽车、摩托车件占 48%，机械装备件占 13%，家电及 3C 产品占 11%，日用品占 28%，其中，汽车、摩托车压铸件：发动机的缸体、缸盖罩、变速箱壳体、壳盖、链条盖、托架、支架、油底壳、端盖、转向件、节温器壳体、齿轮室等。机械装备等压铸件：柴油机、汽油机、电机、泵、阀、液压元件、缝纫机、清洗机、电动工具、气动工具、仪器仪表、通信设备、医疗仪器、扶梯梯级、航空、船舶、机车、自行车压铸件等。家电及 3C 产品等压铸件：家用电器、电饭锅、三文治炉、铅锅、电熨斗、风扇、燃气具、灯具、厨具、计算机、手机、照相机、办公用品、运动器材等。日用品类压铸件：玩具、

仿真模型、五金件、卫浴洁具、锁具、礼品、工艺品、饰品、灯饰、表壳、打火机、拉链、皮带扣、领带夹、开瓶器等。

1.3 压铸件生产概述

1.3.1 压铸件生产过程

压铸件生产的主要工艺流程见图 1-1。

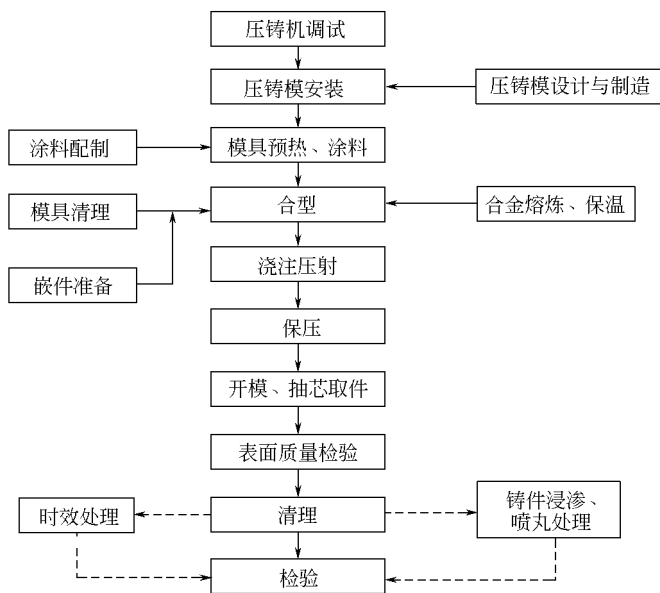


图 1-1 压铸件生产的主要工艺流程

注：虚线指向的工序，视铸件要求而定

1.3.2 压铸的特点

(1) 铸件尺寸精度高，表面粗糙度低 铸件尺寸精度为 CT4~8 级，表面粗糙度 $R_a 0.8 \sim 6.3 \mu\text{m}$ ，最低 $0.4 \mu\text{m}$ 。因此，压铸件一般在清理毛边、毛刺后，不经过机械加工或少量的机械加工后就可使用，且互换性好。

(2) 铸件强度和表面硬度高 压铸件的抗拉强度一般比砂型铸造高 25%~30%，只是伸长率较低。不同铸造方法铅、镁合金铸件的力学性能比较见表 1-2。

表 1-2 不同铸造方法铝合金、镁合金的力学性能比较

合金种类	压 铸			金属型铸造			砂型铸造		
	抗拉强度 /MPa	伸长率 /%	硬度 /HBS	抗拉强度 /MPa	伸长率 /%	硬度 /HBS	抗拉强度 /MPa	伸长率 /%	硬度 /HBS
铝合金	200~220	1.5~2.2	66~86	140~170	0.5~1.0	65	120~150	1~2	60
铝硅合金 (含铜 0.8%)	200~300	0.5~1.0	85	180~220	2.0~3.0	60~70	170~190	2~3	65
镁合金(含铝 10%)	190	1.5	—	—	—	—	150~170	1~2	—

(3) 压铸范围广 可压铸小到几克、大到 40~50kg 的铸件，了可压铸形状复杂、薄壁的铸件及带花纹、图案、文字清晰度很高的铸件和带有螺纹、嵌铸其他金属或非金属材料的零件。

(4) 生产率高 一般冷室压铸机每个工作班可压铸 600~1200 次，热室压铸机可压铸 3000~7000 次，可一模多铸成倍增加产量，也可组织连续生产。

(5) 金属利用率高 能节能、节省原材料、节省加工工时，采用零件组合压铸，可节省装配工作量。

1.3.3 压铸目前存在的主要问题

由于压入压铸模内的合金液是在急速冷却的条件下凝固的，如铸造不当，铸件易产生气孔等缺陷，普通方法生产的压铸件不能进行高温热处理和焊接。目前压铸某些内凹件、高熔点合金铸件还比较困难。

另外，压铸设备价格高，模具制造需要一定周期，所以不宜单件或小批量生产。只有在大批量生产时，才有很好的经济效益。

图 1-2 所示是各种铸造方法生产铝合金封严盖铸件成本与产量的关系。

表 1-3 各种铸造方法适用范围及技术经济指标

铸造方法	压力铸造	低压铸造		挤压铸造	金属型铸造	熔模铸造	离心铸造	陶瓷型铸造	真空吸铸	连续铸造	砂型铸造
		砂型	金属型								
铸件材料	有色铸造合金	常用铸造合金	有色铸造合金	各种铸造合金和形状合金	常用铸造合金	各种铸造合金	各种铸造合金	以合金钢为主	以铜合金为主	常用铸造合金	各种铸造合金
铸件大小	中、小铸件	大、小铸件	中、小铸件	中、小铸件	中、小铸件为主	中、小铸件	大、中、小铸件	大、中、小铸件			几乎不受限制
铸件复杂程度	较复杂	较复杂	较复杂	一般或简单	一般	复杂	一般或简单	一般	简单	简单	复杂
铸件的最小壁厚/mm	铜合金 2 其他合金 0.5~1.0	2~3	1.5~2.0	2~5	铝合金 > 3 铸铁 > 5	0.3(孔 φ0.5)				4	≥ 3
铸铁尺寸精度 ^①	CT4~8	CT8~9	CT6~8	CT5	CT6~9	CT4~6		CT5~8			CT8~13
铸件表面粗糙度 R _a ^②	6.3~0.8	~12.5	12.5~3.2	6.3~1.6	12.5~3.2	12.5~1.6		12.5~3.2			~12.5
工艺实收率/%	60~70	50~60	50~60	90~98	40~50	60	85~95	50~60	85~95	90	30~50
毛坏利用率/%	95	80~90	80~95	70~90	70~80	80~90	70~90	90	70~90	90 (铸管)	60~70
铸件的内部质量	晶粒细、力学性能较高、易产生气孔	组织致密、力学性能较高	晶粒细、组织致密、力学性能较高、气密性好	晶粒细、组织致密、力学性能高、气密性好	晶粒细、组织致密、力学性能高、气密性好	采用重浇注时与砂型铸造相近	组织致密、力学性能较高	与砂型铸造相近			晶粒粗、组织疏松、铸造缺陷较多、力学性能较差

续表

铸造方法	压力铸造	低压铸造		挤压铸造	金属型铸造	熔模铸造	离心铸造	陶瓷型铸造	真空吸铸	连续铸造	砂型铸造
		砂型	金属型								
生产批量	以大量为宜	小批、成批	以成批、大量为宜	成批、大量	以成批、大量为宜	以成批、大量为宜	成批、大量	单件、小批	成批、大量	大量	各种批量均宜
生产率	很高	一般	较高	高	较高	随机械化程度增高而增高	较高	低	一般	高	随机械化程度增高而增高
生产准备周期	长	较长	较长	较长	较长	较长	较长	短	较长	较长	短
设备费用	高	中等	中等	高	中等	随机械化程度增高而增高	中等	低	中等	高	随机械化程度增高而增高
工装费用	高	低	中等	中等	中等	较高	一般	低	中等	中等	随机械化程度增高而增高

① 按 GB 6414—86。
 ② 按 GB 1031—83。本表用轮廓算术平均偏差 R_a 表示表面粗糙度，表示方法为 $R_a(\mu\text{m})$ ，与原表面光洁度对照：
 表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$ 50 25 12.5 6.3 3.2 1.6 0.8 0.4
 表面光洁度 $\nabla 1$ $\nabla 2$ $\nabla 3$ $\nabla 4$ $\nabla 5$ $\nabla 6$ $\nabla 7$ $\nabla 8$ (向上过滤对照)
 $\nabla 2$ $\nabla 3$ $\nabla 4$ $\nabla 5$ $\nabla 6$ $\nabla 7$ $\nabla 8$ $\nabla 9$ (向下过滤对照)

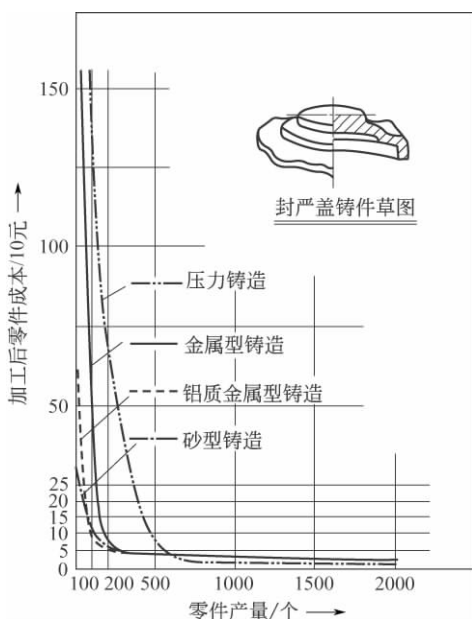


图 1-2 各种铸造方法零件成本与产量的关系

1.3.4 各种铸造方法适用范围及技术经济指标

压铸方法与其他铸造方法适用的范围及技术经济指标的比较见表 1-3。

1.4 发展中的压铸技术

1.4.1 真空压铸

由于传统的压铸过程通气系统具有种种局限性，因此，强制通气（真空排气）已成为克服这些局限性的关键技术。随着真空系统的可靠性和商业性的不断发展和提高，真空压铸技术将会得到更大发展。

我们曾在 20 世纪 60 年代初期采用真空压铸生产航空叶轮取得了很好的效果，大大提高了压铸件质量。

目前在国际上应用的真空系统称为 Potivac-Superve 真空系统。在该系统中真空阀应用液态金属射入型腔所产生的动能和冲击运动到末端时所产生压力来关闭抽气通道。因而在充型过程最后一刻仍可以进行抽气。真空压铸工艺过程见图 1-3。

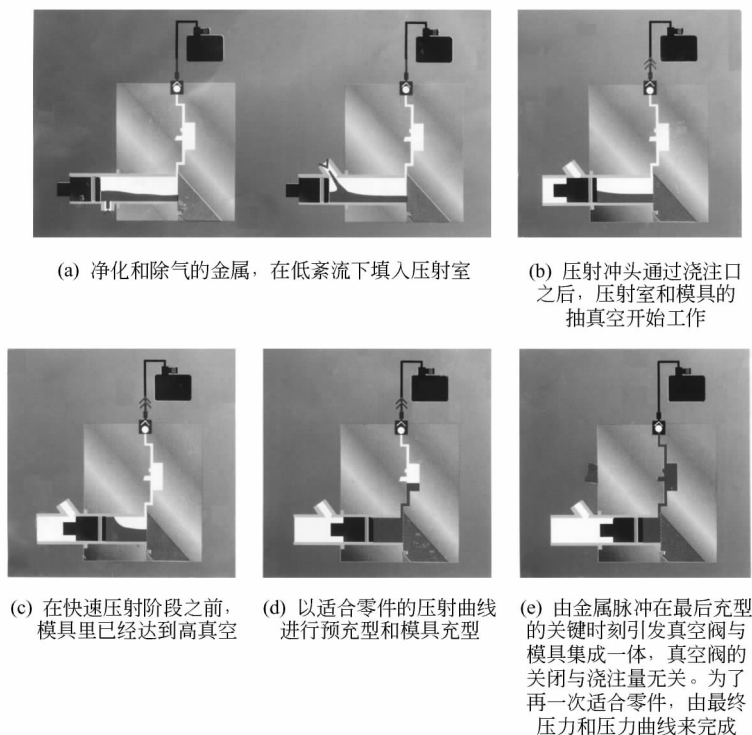


图 1-3 真空压铸工艺过程

真空压铸工艺的优点：降低气孔率，减小表面粗糙度、提高产品尺寸精度和均匀性；减少所受热应力，减少变形减少毛刺，减少型腔型芯拉杆的损伤；根据产品规格选择更佳的压铸机，缩短模具修理而耽误的时间；使生产易于自动化，延长了压铸机使用寿命。

在欧美各国，20%铸件订单要求真空压铸，在日本 52%的压铸厂商在使用真空压铸。

1.4.2 半固态压铸

半固态压铸，在 20 世纪 70 年代由美国麻省理工学院提出，现已由布勒公司等发展成为成熟的技术，用于铝合金压铸生产。这种技术对于开发高熔点合金压铸有着深远的意义。

压铸合金组织结构原为树枝晶，经电磁搅拌后，形成非枝晶铸锭，然后进行半固态压铸成型。采用这种半固态合金压铸成型方法不仅能使压铸件材质均匀，晶粒细化，气孔率减少，并且由于半固态压铸比常规压铸温度低 100°C 左右，使得压铸模的热负荷大为降低，使模具寿命延长。

目前国外一般都采用电磁搅拌法制备非枝晶合金锭，然后再加热到半固态（约 40% 液态，60% 固态）进行压铸或挤压成型。

半固态压铸件有较好的物理性能，承压性好，可进行焊接和热处理。

半固态压铸工艺过程见图 1-4。

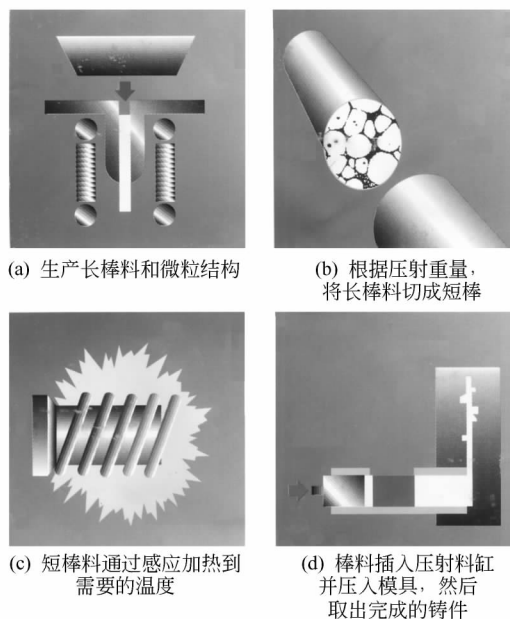


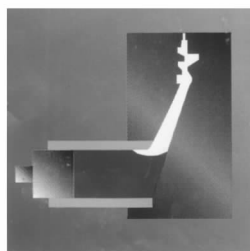
图 1-4 半固态压铸工艺过程

1.4.3 挤压铸造

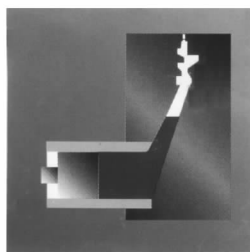
挤压铸造工艺在 20 世纪 30 年代末期起源于前苏联，挤压的金属包括铁和非铁金属，在 20 世纪五六十年代期间，前苏联挤压铸造技术发展很快，已有 150 家以上的工厂生产了 200 多种不同的零件，铸造材料有非铁金属、铸铁和铸钢。前苏联对挤压铸造的名词术语有过几种叫法，早期曾称为液态模压或液态模锻，甚至直接称为压力铸造。1964 年，P. N. Bidulya 认为这种工艺过程是液态金属在压力下凝固成为铸件的，应属于铸造领域，确定称为挤压铸造 (Squeeze Casting)。到了 20 世纪 60 年代末期，挤压铸造在美国、德国和日本逐渐流传开来，并且随之发展非常迅速。又因挤压铸造的过程与传统的压力铸造一样，是将压力加在正在凝固的熔融



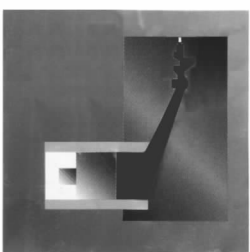
(a) 优化的热压室以特别准备过的高质量合金在低紊流下进行充型



(b) 经过计算的慢压射曲线，从压室排除所有的空气



(c) 一个特别设计的浇口和排气口，加上适合模具几何形状的速度曲线，有利于压铸零件，而没有气体卷入



(d) 完美调整的最终压力曲线，有可能同时使用挤压销，与顺序凝固结合，生产出一个非常致密、均质形的固体

图 1-5 挤压铸造工艺过程