



模具实用技术丛书

压铸模 设计应用实例

模具实用技术丛书编委会 编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



模具实用技术丛书

压铸模设计应用实例

模具实用技术丛书编委会 编



机械工业出版社

本书兼顾理论基础和设计实践两个方面, 主要内容包括: 压铸基本知识; 分型面、浇注系统、排溢系统、模架与成形零件的设计及应用实例; 压铸模的机构设计; 压铸模的材料选择及技术要求; 典型压铸件模具的设计分析; 压铸新技术与其他铸造模具的设计及应用实例简介以及压铸模 CAD/CAE/CAM 等。

本书可供从事压铸模设计及制作的工程技术人员和工人使用, 也可供大专院校机械制造专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

压铸模设计应用实例/模具实用技术丛书编委会
编. —北京: 机械工业出版社, 2005.6
(模具实用技术丛书)
ISBN 7-111-17041-5

I. 压… II. 模… III. 压铸模-设计
IV. TG241

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 084193 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑: 荆宏智
责任编辑: 崔世荣 版式设计: 冉晓华 责任校对: 程俊巧
封面设计: 姚毅 责任印制: 洪汉军
北京京丰印刷厂印刷
2005 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷
787mm × 1092mm $1/16$ ·33.5 印张·828 千字
0 001—4 000 册
定价: 49.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68326294
封面防伪标均为盗版

模具实用技术丛书编委会

主 编 许发樾
副主编 王家瑛 陈锡栋 靖颖怡 吴生绪 姜银方

本书编著与主审人员

编 著 姜银方 朱元右
参 编 戴亚春 廖敦明 张成华 严学华 冯爱新
陆文龙 戴加彬 封 浩 陆立新
主 审 许发樾

序 言

机械工业出版社出于对我国模具工业发展的关心和支持，委托我组织一批“老模具”以及对模具生产技术颇为熟悉并具有实践经验的专家、工程技术人员和高校教师，编写一套适用于模具工程技术人员、工人和大专院校有关专业师生参考使用的、实用性强的丛书。本人从事模具生产技术研究、模具标准化以及模具行业技术组织工作多年，对我国模具工业的情况还是多少了解一些的，觉得编写出版这样一套丛书，对推动模具生产技术的进步确有好处，也就不揣浅陋，欣然受命了。

这套书定名为模具实用技术丛书，顾名思义，每本书的内容和形式都必须强调实用性，编写格式主要采取“题例”形式，以实用为主，保持每本书相对的独立性、先进性及一定的系统性和完整性。

丛书的内容偏重模具制造中实用性的专门技术，如模具生产中常见与专用的工装夹具，凸、凹模型面精饰加工与强化技术，模具材料与寿命，模具零件失效修复技术，冲模、塑料模、橡胶模、压铸模设计应用等。由于模具设计和设计手册等综合性的书已经不少，再写设计方面易重复，因此本套丛书偏重补充或补漏，如冲模、塑料模、橡胶模、压铸模设计应用实例等均专门写成书进行说明与介绍。

这套强调实用并以示例形式写成的丛书，第一批为七本。由于技术资料收集困难，文字水平不高，定有许多不尽如人意的地方，恳切希望同行们不吝赐教，提出改进意见。若认为这套书确实有助于读者解决有关生产技术中的问题，我们将感到非常欣慰。

《压铸模设计应用实例》是丛书之一。本书由姜银方、朱元右主编，戴亚春、廖敦明、张成华等参编。

丛书主编 许发棣

目 录

序言

第1章 概述 1	3.1.3 典型零件选择分型面的 要点..... 70
1.1 压铸的基本概念..... 1	3.1.4 分型面的设计实例..... 74
1.2 压铸生产的特点及应用范围..... 1	3.2 浇注系统..... 75
1.3 压铸的历史、现状和发展 趋势..... 4	3.2.1 浇注系统的结构和分类..... 75
第2章 压铸基本知识 12	3.2.2 浇注系统各组成部分的 设计..... 78
2.1 压铸的基本理论..... 12	3.2.3 用 $p-Q^2$ 图验证浇注系统的设 计及优化压铸系统的匹配..... 95
2.1.1 压铸压力..... 12	3.2.4 典型压铸件浇注系统的设计 实例..... 99
2.1.2 压铸速度..... 13	3.3 排溢系统..... 114
2.1.3 金属充填铸型的形态..... 15	3.3.1 溢流槽..... 114
2.2 压铸合金..... 22	3.3.2 排气槽..... 116
2.2.1 压铸合金的分类及主要 性质..... 22	3.4 工艺分析实例..... 118
2.2.2 压铸合金的选择..... 24	第4章 压铸模的机构设计及应用 实例..... 127
2.2.3 压铸合金的熔炼..... 25	4.1 抽芯机构的设计..... 127
2.3 压铸工艺..... 27	4.1.1 常用抽芯机构的类型..... 127
2.4 压铸件设计..... 33	4.1.2 抽芯力和抽芯距的确定..... 127
2.5 压铸机..... 44	4.1.3 斜销抽芯机构..... 131
2.5.1 压铸机的分类和特点..... 45	4.1.4 弯销抽芯机构..... 141
2.5.2 压铸机的基本结构..... 48	4.1.5 斜滑块抽芯机构..... 146
2.5.3 压铸机的选用..... 49	4.1.6 齿轴齿条抽芯机构..... 154
2.5.4 国产压铸机的型号及主要 参数..... 53	4.1.7 液压抽芯机构..... 162
2.5.5 压铸机的参数测试与控制..... 54	4.1.8 其他抽芯机构..... 169
2.5.6 根据能量供求关系选用压 铸机..... 56	4.1.9 滑块及滑块限位楔紧的 设计..... 171
2.6 压铸模的基本结构..... 60	4.1.10 嵌件的设计与安装..... 180
2.7 压铸模的设计依据与 步骤..... 66	4.2 推出机构的设计..... 184
第3章 分型面、浇注系统和排溢系统 的设计及应用实例 69	4.2.1 推出机构的组成与分类..... 184
3.1 分型面..... 69	4.2.2 推杆推出机构..... 189
3.1.1 分型面的设计原则..... 69	4.2.3 推管推出机构..... 195
3.1.2 分型面的类型..... 70	4.2.4 推板推出机构..... 198

4.2.5 推出机构的复位与 导向	200	9.2.1 金属型铸造的基本知识	366
第 5 章 模架与成形零件的设计及应用		9.2.2 金属型的设计基础	367
实例	206	9.2.3 金属型的设计实例	372
5.1 模架的设计和标准化	206	9.3 低压铸造模具的设计实例	375
5.1.1 模架的基本形式和组成	206	9.3.1 低压铸造的基本知识	375
5.1.2 模架的设计要点	208	9.3.2 低压铸造金属型的设计 基础	379
5.1.3 模架的标准化	209	9.3.3 低压铸造金属型的设计 实例	379
5.2 成形零件的设计	222	9.4 挤压铸造模具的设计实例	384
5.2.1 成形零件的结构设计	222	9.4.1 挤压铸造的基本知识	384
5.2.2 成形零件的固定形式	223	9.4.2 挤压铸造模具的设计基础	387
5.2.3 成形零件的止转形式	225	9.4.3 挤压铸造模具的设计实例	394
5.2.4 成形零件的尺寸计算	226	第 10 章 压铸模的 CAD/CAE	
5.3 压铸模加热与冷却系统的 设计	240	/CAM	401
第 6 章 压铸模的材料选择及技术		10.1 压铸模的 CAD	403
要求	243	10.1.1 压铸模 CAD 的基本内容	403
6.1 压铸模的材料选择和热 处理	243	10.1.2 压铸模 CAD 的发展趋势	404
6.2 压铸模的技术要求	246	10.1.3 压铸模 CAD 的应用	405
第 7 章 典型压铸件模具的设计实例		10.1.4 三维压铸模 CAD 的设计实例	417
分析	254	10.2 压铸模的 CAE	419
7.1 汽车压铸件模具的设计实 例分析	254	10.2.1 压铸模 CAE 的原理	419
7.2 电动机压铸件模具的设计实 例分析	274	10.2.2 压铸模 CAE 采用的数值计算 方法	420
7.3 摩托车压铸件模具的设计实 例分析	289	10.2.3 压铸模 CAE 的基本内容	422
7.4 壳体、机座压铸件模具的设 计实例分析	297	10.2.4 压铸模 CAE 软件的结构	424
7.5 盖类压铸件模具的设计实 例分析	318	10.2.5 压铸模 CAE 的应用实例 分析	426
7.6 其他压铸件模具的设计实 例分析	327	10.3 压铸模的 CAM	436
第 8 章 压铸模全过程设计实例		10.3.1 基本概念	436
分析	340	10.3.2 数控加工	437
8.1 屏蔽盒压铸模具的设计	340	10.3.3 数控编程	438
8.2 支架压铸模具的设计	352	10.4 CAD/CAE/CAM 的集成	444
第 9 章 压铸新技术与其他铸造模具的		10.5 怎样选择 CAD/CAE/CAM 软件	445
设计及应用实例简介	362	第 11 章 压铸模的结构图例	450
9.1 压铸新技术	362	11.1 各种分型结构的压铸模	450
9.2 金属型铸造模具的设计	366	11.2 推出结构的压铸模	456
		11.3 斜销、弯销抽芯结构的压 铸模	469
		11.4 滑块结构的压铸模	482
		11.5 螺纹铸件的模具结构	491
		11.6 有镶件的压铸模结构	493

11.7 齿轴齿条结构的压铸模	497	附录 C 国产压铸机的主要技术	
11.8 液压抽芯结构的压铸模	506	参数	517
11.9 其他结构的压铸模	508	附录 D 压铸机的调试、常见故障	
附录	511	及维护	518
附录 A 压铸件的公差	511	参考文献	523
附录 B 压铸件的缺陷分析	515		

第 1 章 概 述

1.1 压铸的基本概念

压铸是将熔融状态或半熔融状态合金浇入压铸机的压室，在高压力的作用下，以极高的速度充填在压铸模（压铸型）的型腔内，并在高压下使熔融合金冷却凝固而成形的高效益、高效率的精密铸造方法。

高压力和高速度是压铸时熔融合金充填成形过程的两大特点，也是压铸与其他铸造方法最根本的区别所在。压铸时常用的压射比压在几兆帕至几十兆帕范围内，甚至高达 500MPa；充填速度在 0.5 ~ 120m/s 范围内；充填时间很短（与铸件的大小、壁厚有关），一般为 0.01 ~ 0.2s，最短仅有千分之几秒。此外，压铸模应具有很高的尺寸精度和很小的表面粗糙度值。由于具有以上所述特点，使得压铸件的结构、质量、性能、压铸工艺以及生产过程都具有自己的特征。

1.2 压铸生产的特点及应用范围

1. 压铸的优缺点 与其他铸造方法相比较，压铸有如下的优点：

(1) 铸件的尺寸精度和表面粗糙度要求很高 铸件的尺寸精度为 IT12 ~ IT11；表面粗糙度 R_a 一般为 3.2 ~ 0.8 μm ，最低达 0.4 μm 。因此，一般压铸件可以不经过机械加工或仅是个别部位加工即可使用。

(2) 铸件的强度和表面硬度较高 由于压铸模的激冷作用，又在压力下结晶，因此，压铸件表面层晶粒较细，组织致密，所以表面层的硬度和强度都比较高。压铸件的抗拉强度一般比砂型铸件高 25% ~ 30%，但伸长率较低。

(3) 可以压铸形状复杂的薄壁铸件 由于压铸件形成过程始终是在压力作用下充填和凝固，对于轮廓峰谷、凸凹、窄槽等都能清晰的压铸出来。压铸出的最小壁厚：锌合金为 0.3mm；铝合金为 0.5mm。铸出孔最小直径为 0.7mm。铸出螺纹最小螺距 0.75mm。对于形状复杂，难以或不能用切削加工制造的零件，即使产量小，通常也采用压铸生产，尤其当采用其他铸造方法或其他金属成形工艺难以制造时，采用压铸生产最为适宜。

(4) 生产率极高 在所有的铸造方法中，压铸是一种生产率最高的方法。这主要是由压铸过程的特点决定的，且随着生产工艺过程机械化、自动化程度进一步发展而提高。一般冷室压铸机平均每班可压铸 600 ~ 700 次，热室压铸机可压铸 3000 ~ 7000 次，适合于大批量的生产。每一次操作循环一般为 10s ~ 1min，并且可以实现一模多腔的工艺，其产量倍增。与其他铸造方法比较，压铸还节约甚至完全省去了零件的机械加工工时和设备。有的资料介绍，采用一台压铸机生产某批零件，可以节省 15 ~ 60 台金属切削机床。

(5) 可省略装配操作和简化制造工序 压铸生产时，可嵌铸其他金属或非金属材料零件

以便提高压铸件的局部强度，满足某些特殊要求（如耐磨性、绝缘性、导磁性等），以及改善铸件结构的工艺性。压铸既可获得形状复杂、精度高、尺寸稳定、互换性好的零件，又可以镶嵌压铸，代替某些部件的装配和简化制造工序，改善压铸件的工作性能，并且，节能降耗。

任何一种工艺方法都不是十全十美的。压铸也尚存一些缺点有待解决，主要是：

(1) 压铸件表层有气孔 这是由于液态合金充型速度极快，型腔中的气体很难完全排除，常以气孔形式存留在铸件中。因此，一般压铸件不能进行热处理，也不宜在高温条件下工作。这是由于加热温度高时，气孔内的气体膨胀，导致压铸件表面鼓包，影响质量与外观。同样，也不希望进行机械加工，以免铸件表面显露气孔。

(2) 压铸的合金类别和牌号有所限制 目前只适用于锌、铝、镁合金的压铸。对于钢铁材料，由于其熔点高，压铸模使用寿命短，故目前钢铁材料压铸难于实际生产。但近年来，正在研究试验半固态金属压铸新工艺，将为钢铁材料压铸开辟新的途径。至于某一种合金类别中，仅限于几种牌号可以进行压铸，这是由于压铸时的激冷、产生剧烈收缩、成形的充填条件等原因造成的。

(3) 压铸的生产准备费用较高 这是由于压铸机的成本高，压铸模加工周期长、成本高。如国产 J1113 型 1250kN 通用压铸机，大约 10~12 万元/台，进口的大约 10~20 万美元/台；一般的压铸模制造费 2~10 万元/具，进口模具价格更昂贵。如沈乐满热水器产品中的本体压铸件的压铸模日方供货价格为 20 万美元/具。由于压铸机生产效率高，故压铸工艺只适用于大批量生产。

2. 压铸的应用范围 压铸是近代金属加工工艺中发展较快的一种高效率、少无切削的金属成形精密铸造方法。与其他铸造方法比较，由于压铸的生产工艺流程短、工序简单而集中，不需要繁多的设备和庞大的工作场地，铸件质量好、精度高、表面光洁，可以省去大量的机械加工工序、设备和工时；金属的工艺出品率高、节省能源、节省原材料等优点，所以压铸是一种高经济效益的铸造方法。这种工艺方法已广泛地应用在国民经济的各行各业中，如兵器、汽车与摩托车、航空航天产品的零部件以及电器、仪表、无线电通信、电视机、计算机、农业机具、医疗器械、洗衣机、电冰箱、钟表、照相机、建筑装饰以及日用五金等各种产品的零部件的生产方面。目前生产的一些压铸件，最小的只有几克，最大的铝合金铸件重量达 50kg，最大的直径可达 2m。

压铸零件的形状多种多样，大体上可以分为六类：

- 1) 圆盘类，如号盘座等。
- 2) 圆盖类，如表盖、机盖、底盘等。
- 3) 圆环类，如接插件、轴承保持器、方向盘等。

4) 筒体类，如凸缘外套、导管、壳体形状的罩壳、上盖、仪表盖、深腔仪表罩、照相机壳与盖、化油器等。

5) 多孔缸体、壳体类，如油泵体的气缸体、气缸盖等复杂的壳体（这类零件对力学性能和气密性均有较高的要求，材料一般为铝合金），以及汽车与摩托车的气缸体、气缸盖等。

- 6) 特殊形状类，如叶轮、喇叭、字体等由肋条组成的装饰性压铸件等。

目前，压铸广泛用于制造非铁合金的压铸件。由于压铸工艺的特点，故使用的合金是结晶温度范围小、热裂倾向小以及收缩系数小的压铸铝、锌、镁及部分铜的合金。至于钢铁材

料的压铸，由于尚缺乏理想的耐高温模具材料，还处于研究试验阶段。在非铁合金的压铸中，铝合金占的比例最高（约30%~60%），锌合金次之。在国外，锌合金铸件绝大部分为压铸件。铜合金压铸件比例仅占压铸件总量的1%~2%。镁合金压铸件的使用呈上升趋势，但因其容易产生裂纹，且工艺复杂，故宜慎用。

综上所述，压铸件的应用范围很广泛。压铸的确是很有发展前途的工艺方法之一。目前扩大应用范围，主要趋势是发展大型压铸件生产、承力零件压铸生产、压铸生产自动化、钢铁材料压铸以及研制熔点高、耐热疲劳、抗热裂倾向好的模具材料，延长压铸模具使用寿命等。上述诸方面，国内外均进行了大量的工作，并取得了一定的成果。

压铸是高效益、高效率，很有发展前途的铸造方法，在高科技的不断推动下，压铸必将进一步扩大其应用范围，在国民经济发展中必将发挥出越来越大的作用。

3. 压铸与其他铸造方法的比较 压铸虽然有很多优点，但现代铸造方法有多种，它们各有特点。下面就我国摩托车车轮制造采用的各种铸造方法作一概括比较。

压铸的特点是在高压高速下充型，高压下结晶，金属液易卷入气体、夹杂物，高压射流破碎气体成弥散小气孔留在铸件中，不能通过热处理来提高强度，且压铸件的伸长率低。因此压铸一般适宜生产不需承受较大冲击载荷的薄壁类壳体、外罩件，根本不适合制造作为重要安全部件的摩托车车轮。但因压铸机普遍，故在摩托车生产初期，我国用压铸法生产摩托车车轮的厂家不少。此后发现车轮事故（断裂、破碎）中绝大多数是压铸车轮，而且压铸车轮在行业质检中多数不合格。因此，摩托车行业明确规定，不允许生产和使用压铸车轮，所以目前很少有用压铸方法生产车轮的厂家了。

采用金属型铸造生产的车轮，具有组织致密度、抗拉强度和硬度低于差压铸造、低压铸造、挤压铸造和压铸等；而伸长率远不及差压铸造、低压铸造。虽然一般产品也能达到车轮质量要求，但该方法最大缺点是浇注系统和冒口、工艺余量大，金属利用率低，造成多切削、多回炉料、能源与材料消耗高，而且大量回炉料使材料烧损，品质下降。那些没有机械开合模的金属型铸造，工人的劳动强度较大。但因金属型铸造具有一定的优点，特别是在缺乏其他先进铸造方法和设备的情况下，金属型铸造车轮在我国仍占有一定的产量。

挤压铸造的车轮表面质量好，结晶压力大，组织致密。我国的挤压铸机大多是用油压机改造的，由于油压机普遍，曾在宁波开发用于挤压摩托车车轮，故挤压铸造迅速推广。但是普通油压机的功能简单，达不到挤压铸机的要求（实际情况表明，我国的许多挤压铸造生产过程、铸造缺陷与压铸相似），尤其充型速度太快，不能调控，内浇口处流速过大，金属液冲刷到型腔壁形成涡流，将型腔内来不及排出的气体裹住，在高压下结晶后形成弥散小气泡，往往在车轮热处理时可见皮下气泡，而机械加工后常有气孔。挤压铸造虽然结晶压力大，但由于摩托车车轮特殊的结构，使窄小又长的辐条凝固后失去补缩通道作用，轮辋局部得不到补缩，出现气孔、夹渣、缩松等缺陷，使得力学性能不稳定，铸件成品率过低。挤压铸造中普遍使用的石棉纸套、胶体石墨涂料，既给铸件带来夹渣、气孔，影响产品质量，又因生成粉尘和气体而使生产环境很差。挤压铸模要求高（材料与精度），制造周期长，投资大。由于上述原因，挤压铸造车轮经过几年的辉煌后，大批厂家已改换其他的铸造方法，现在产品占有率低于金属型铸造。

低压铸造由于充型平稳，又是在压力下结晶，铸件组织致密并可进行各种热处理。在许多国家，汽车轻合金车轮首选或必选低压铸造车轮。因此，在国外低压铸造也是摩托车整体

车轮生产的主要方法。低压铸造一般采用顺序凝固方式，也可顺序凝固和同时凝固并用，因而适宜车轮壁厚不均匀的铸造工艺。低压铸造优点很多，但在我国摩托车轻合金整体车轮生产中并没有大量推广，产量占有率不高。分析其原因，主要有二：一是有的低压铸机（甚至进口的先进设备）的操作技术尚未掌握，铸造工艺不成熟，造成成品率不高，无法正常生产，主要表现在某些工艺参数选择不当，低压铸型设计不合理；二是虽有熟练技术但设备性能不好。低压铸造设备先天不足，或主机设计过时与生产工艺不配套，如机架刚性不足、保温炉不能连续加料、缺独立顶出机构；或液面加压系统性能不可靠，炉内压力检测、曲线跟踪补偿不准以及参数重复性欠佳。低压铸造设备的设计、制造发展缓慢，也制约了低压铸造在摩托车车轮生产上的应用与推广。

差压铸造是在低压铸造基础上发展起来的，其铸造原理是同时向盛有金属液的坩埚和罩有铸型的密封罩通入压缩空气，使坩埚内压力略高，金属液在压差作用下沿升液管充型，在压力下结晶。有的工艺是先抽真空，再向坩埚通入压缩空气，结晶时再给密封罩通入压缩空气。差压铸造比低压铸造充型更平稳、补缩更充分、结晶压力更大，因此差压铸造车轮轮廓更清晰、组织更致密，力学性能提高较大。但由于国产差压铸造设备奇缺，工艺过程复杂，生产效率低，故很少用于生产摩托车车轮。

1.3 压铸的历史、现状和发展趋势

1. 压铸的发展简史 压铸的起源众说不一，但据文献报道，最初用于压铸铅字。早在1822年，威廉姆·乔奇（William Church）博士曾制造一台日产1.2~2万铅字的铸造机，已显示出这种工艺方法的生产潜力。1849年斯图吉斯（J.J. Sturgiss）设计并制造成第一台手动活塞式热室压铸机，并在美国获得了专利权。1855年默根瑟勒（Mersenthaler）研究了以前的专利，发明了印字压铸机，开始只用于生产低熔点的铅-锡合金铸字，到19世纪60年代，用于锌合金压铸零件生产。压铸广泛用于工业生产还只是上世纪初，应用于现金出纳机、留声机和自行车的产品生产中。1904年英国的法兰克林（H.H. Franklin）公司开始用压铸方法生产汽车的连杆轴承，开创了铸件在汽车工业中应用的先例。1905年多勒（H.H. Doehler）研制成功用于工业生产的压铸机，压铸锌、锡、铜合金铸件。随后瓦格纳（Wagner）设计了鹅颈式气压压铸机，用于生产铝合金铸件。

1927年捷克工程师约瑟夫·波拉克（Jesef Pfolak）设计了冷压室压铸机，由于贮存熔融合金的坩锅与压射室分离，可显著地提高压射力，使之更适合工业生产的要求，克服了气压热压室压铸机的不足之处，从而使压铸技术向前推进了一大步。铝、镁、铜等合金均可采用压铸生产。由于整个压铸过程都是在压铸机上完成，因此，随着对铸件的质量、产量和扩大应用的需求，已对压铸设备不断提出新的更高的要求，而新型压铸机的出现以及新工艺、新技术的采用，又促进压铸生产更加迅速地发展。例如，为了消除铸件内部的气孔、缩孔、缩松，改善铸件的质量，出现了双冲头（或称精、速、密）压铸；为了压铸带有镶嵌件的铸件及实现真空压铸，出现了水平分型的全立式压铸机；为了提高压射速度和实现瞬时增加压射力，以便对熔融合金进行有效地增压，以提高铸件的致密度，而发展了三级压射系统的压铸机。又如，在压铸生产过程中，除装备自动浇注、自动取件及自动润滑机构外，还安装成套测试仪器，对压铸过程中各工艺参数进行检测和控制。它们是压射力、压射速度的显

示监控装置和合型力自动控制装置以及电子计算机的应用等。

近 40 年，随着科学技术和工业生产的进步，尤其是随着汽车、摩托车以及家用电器等工业的发展，又从节能、节省原材料诸方面出发，压铸技术已获得极其迅速的发展。压铸生产不仅在非铁合金铸造中占主导地位，而且已成为现代工业的一个重要组成部分。近年来，一些国家由于依靠技术进步，促使铸件薄壁化、轻量化，因而导致以往用铸件产量评价一个国家铸造技术发展水平的观念改变，为用技术进步的水平作为衡量一个国家铸造水平的重要依据。

从世界范围和我国情况来看，铝合金压铸件应用的范围日益广泛。由于压铸工艺和技术的发展，又使压铸件在非铁金属铸件生产中所占的比例日益增多。

2. 我国压铸生产中存在的主要问题 压铸生产中主要涉及的有压铸设备、压铸合金、压铸工艺、压铸模、工艺标准和监控等方面的问题。尽管我国压铸有了突飞猛进的发展，但是与国外先进国家比较还存在着很大的差距，正确认识这些差距，分析产生这些差距的原因，提出解决的办法，是铸造工作者的重要责任。其主要差距表现在以下几个主要方面：

(1) 技术状况 技术落后，人才缺乏，新工艺新产品开发不力。非铁金属铸造生产，在工作条件上虽然比普遍铸造有很大的改善，但仍存在工作环境差、劳动强度大等问题，很多人不安心本职工作，即使在这个岗位工作，有的甚至工作多年，仍然还要转岗，造成了技术人员流失，技术力量严重不足。由于我国原来铸造企业比较落后，改革开放后，对原有企业进行了改造，引进了大量的新工艺、新设备，但是操作人员大部分仍由原来工人培训而来，因而工人的文化素质低，技术知识水平差，大大影响了新设备的使用功能，也影响了新工艺的顺利实现。由于技术力量和资金的缺乏，新工艺、新产品的开发严重不足，特别是计算机技术的应用就更加缺乏，许多内容还仅仅限于在科研机构 and 高校实验室研究中进行，距离生产使用还有很大差距。具体状况有如下几个方面：

- 1) 引进的大型设备基本都配有定量浇注、喷涂装置。
- 2) 铸件与模温控制装置，切边压力机配备得少。
- 3) 计算机在压铸机控制方面应用较少。
- 4) 压铸件清理多为手工，很少采用机械化。
- 5) 振动光饰已在扩大应用。
- 6) 铸件检验手段不够先进。
- 7) 镁合金压铸水平有待进一步开发与提高。
- 8) 合金材料质量控制不严，熔炼处理手段不够先进。

(2) 设备状况 我国非铁合金铸件利用重力铸造和砂型铸造的比例还比较大，无论外观质量还是内在质量都存在差距，加工余量大，废品率高，合金利用率低，铸件综合质量差的主要原因是：设备、工艺落后，手工和砂型生产的铸件比例比较高。除了部分像上海汽车有色合金铸造总厂这样较大的企业，设备大部分是引进的之外，国产的压铸机、低压铸造机存在很大差距，自动化程度低，精度比较低，故障率比较高。充氧压铸、真空铸造、半固态铸造等新工艺采用甚少。具体状况有如下几个方面：

- 1) 压铸机以冷室小型为主，2500kN 以下的占总量的 95%，尤以 1250kN 为最多。
- 2) 国产压铸机性能与国外先进设备相比有较大差距，液压、电气元件可靠性差。
- 3) 压铸机普遍缺少先进的检测与控制仪表。

4) 压铸机外围设备, 如定量浇注、自动喷涂、自动取件装置(机械手)、模具加热与冷却装置, 以及切边压力机等还未定型生产。

(3) 模具 模具的设计、制造和选用的材料都比较落后。一些高精度的模具还需要进口。我们自己制造的模具, 设计、制造的周期长, 精度低, 成本高, 特别是寿命低。模具用材料较少, 严重地影响了模具的使用寿命。具体状况有如下几个方面:

1) 模具设计有一定经验, 很少运用计算机模拟设计浇注系统, 进行温度场分析, 设计计算模具加热与冷却系统等。

2) CAD/CAM 只有少数厂家开始试用。

3) 缺乏大型模具设计制造经验, 大型精密模具多从国外进口。

4) 普遍存在压铸模寿命低的问题。

5) 模具材料中不少仍沿用 3Cr2W8V, H13 钢正在不断扩大应用, 有国产的, 也有进口的, 自行研制的 Y4 (4Cr3Mo2MnVNbB) (压铸铜合金用) 和 Y10 (4Cr5Ni2MnVSi) (压铸铝合金用), 这两种电渣精炼钢也已试用。

6) 缺乏压铸模用热作模具钢专用标准和锻坯质量标准, 特别是对大型、复杂压铸模在钢的清洁度与锻坯网状组织方面应有明确要求, 以保证模具质量和寿命。

7) 缺乏大型模具标准, 结构组件的标准也未能列入其中, 有待制订和完善。

8) 模具专业生产厂生产的模具不足市场所需的 10%, 而国外却占 80% 以上。

9) 模具专业生产厂尚缺乏足够先进的加工设备和检测仪器。

(4) 原辅材料 原辅材料的生产比较分散。各类专业厂很多, 但大多数为就地取材的乡镇企业, 设备简陋, 技术落后, 测试手段短缺, 原辅材料品种不全, 质量较差。非铁合金铸造用量很大的各类涂料、粘结剂、脱模剂、精炼剂等等, 特别是一些高新产品还不能生产, 基本上还处于低水平、无序供应为主的阶段, 而工业发达国家的原辅材料的供应已经实现了社会化、专业化和商品化。具体状况有如下几个方面:

1) 铝、镁、锌、铜都有足够的资源, 并可提供各种牌号的原生铸造合金锭。

2) 对再生合金重视不够, 也未制定标准。

3) 国产水-乙二醇有供应, 但质量不稳定, 涂料种类多, 生产厂家也很多, 但缺乏统一标准和检验方法。

4) 合金精炼、除气、变质、晶粒细化剂均有厂生产并可提供无公害的熔剂。

(5) 管理 生产管理落后。原材料供应、生产技术规范、产品检验、售后服务等方面都落后于形势。检测手段、检测技术、检测设备 etc 存在很大差距。合金和原辅材料的检测、性能的检测、铸造控制过程检测、铸件内在质量的检测等等都没有严格地进行, 常常不能起到预防的作用。在其连续大规模生产过程中, 多次数、多工序在线监控和铸件逐件无损检测设备方面差距更大。发达国家成功的企业在生产全过程中, 都主动、严格执行行标、国标和符合国际标准的企业标准, 各企业之间标准统一, 要求一样, 便于比较, 方便交流, 因而废品率很低, 只有 2%~5%。而我国多数企业, 被动、从宽地执行标准, 有些甚至不执行标准。企业标准低于国家标准, 废品率有的高达 30%~50%。工业发达国家的国家标准更新的也很快, 一般为 4~5 年, 而我国的标准制定后多年不加修订, 有的十年二十年不变, 十分落后, 失去了指导意义, 给产品的生产、销售、出口等都带来了诸多不便。国际市场普遍推行的 ISO9000 认证制度, 是定购铸件的前提条件, 我国也只有个别专业化铸造厂通过认证。采

用计算机管理的工厂较少。人员素质有待通过企业文化教育得到提高。

3. 国内外压铸现状与发展 国内外压铸现状与发展主要有以下几个方面:

(1) 开发新的压铸设备及其控制系统 压力铸造是使金属液在高压条件下以极高速度充填型腔的过程, 是一个复杂的动态热力学过程。一方面, 压铸可以生产出复杂、薄壁、表面美观和高精度的金属铸件。另一方面, 一般压铸过程难于达到层流充填状态而卷入气体和夹杂物, 得不到致密、可热处理的工件, 影响了铸件的力学性能。如果用降低充填速度这种手段来改善金属液的充填状态, 又势必牺牲上述压铸生产所带来的优势, 且对复杂薄壁零件不一定有效。而生产高质量、无气孔的薄壁压铸件却又是我们追求的目标, 这是压铸工艺与其他工艺竞争时赖以取胜的筹码之一。为了提高竞争力, 薄壁这个指标也在不断提高, 它是一个非常柔性的指标。如 20 世纪 50 年代汽车工业的薄壁车身是 2mm, 20 世纪 90 年代是 0.7mm, 现在已是 0.5mm。锌压铸件所指薄壁, 20 世纪 60 年代为 2mm, 20 世纪 70 年代为 1mm, 20 世纪 80 年代为 0.7mm, 20 世纪 90 年代为 0.3 ~ 0.5mm。铝压铸件有类似的发展, 20 世纪 90 年代为 0.5 ~ 1mm。

致密薄壁铸件是以足够的金属压力和短的充填时间为条件的, 也就是在一个极短的时间内以高的内浇口流速和足够的金属压力进行充填。这就要求压铸机在既能产生高的压射速度的同时又能产生高的金属压力。即根据铸件工艺要求, 压铸机要能提供一定的压射能量, 以能够实现高能充型。要得到 0.75mm 以下壁厚的致密铸件, 就需要压射能量在 550kW·h 以上的压铸机。

高能充型还能调节各种工艺参数, 得到高质量的压铸件。高能充型是压铸机压射系统的发展方向。一台压铸机要达到高的充型能量, 就要尽量减少各种摩擦阻力和局部阻力以及惯性力所造成的能量损失(压力降)。

另外, 压铸机的先进性主要体现在生产过程中的稳定性和可再现性, 即每次压射尽可能接近预先设定的理想的压射曲线。但在压铸过程中存在很多变量影响压铸过程的稳定性。压铸机和模具的工作状态、蓄能器压力等静态因素在工艺设备选定之后是不可改变的, 而一些动态因素和人为因素所引起的变量(如每次压射的金属量及其温度、模具温度、液压油粘度、涂料的喷涂质量、人为设定的参数等等)必须通过压射控制系统进行修正。一次压射时间平均需 20 ~ 80ms, 薄壁铝合金或镁合金件要求的充填时间更短, 为 5 ~ 12ms, 压射控制系统必须能够以只相当于一次压射所用时间的 10% 左右, 即 2 ~ 8ms 的响应时间来控制压射曲线。这对电子线路系统就提出了严峻的要求, 即电子线路控制系统必须在几微秒内作出反应。可再现性要求高, 就要安装金属前沿传感器, 在金属液封住传感器时, 金属液的前沿被精确地辨认出, 信息反馈到电子控制设备, 电子仪器重新计算, 可以得到稳定的最佳压射曲线。先进的传感器的发展推动着压铸机及压铸工艺的发展。压铸件的组织和性能, 取决于压铸型腔内及其邻近区域的热物理条件, 所以发展靠近型腔的热探测器和传感器有重要意义。

2002 年 4 月 25 ~ 28 日, 在上海举办的第三届中国国际压铸会议和展览会上, 展出的设备有:

1) 欧美压铸机 Buhler 压铸机: 在实时压射控制压铸机出现后, 欧美几家公司对其进行不断改进, 形成性能可靠的系列产品。目前这些公司把力量转向为用户提供全方位技术支持, 如 Buhler 公司已有很完善的 Classic、Evolution 和 Vision 3 大类压铸机系列。Buhler 公司利用其拥有的技术与经验, 与德国著名的模具设计制造公司 Schaufler 联手组建压铸技术中心,

对铝、镁合金制造商提供技术支持，并可根据要求进行试制和提供实际铸件。Buhler 公司还为委内瑞拉 Suralform 公司开发了 SSM 压铸铝合金轮毂的技术。Buhler 公司对镁合金压铸、真空压铸与挤压铸造也有建树，可提供全方位服务。

Frech 压铸机：Frech 压铸机有 M 系列和 RC 系列。M 系列压铸机，根据需要，既可采用实时压射控制，也可进行常规三级压射。RC 系列压铸机为实时压射控制压铸机。Frech 公司在上届 GIFA 推出了全电子无液压油的热室压铸机，目前已生产出 250 ~ 1250kN 热室压铸机。Frech 公司的控制系统根据其功能有 Datavario、Datacontrol、Datacontrol RC、Datadialog 和 Data-dialog RC 可供用户选择。该公司积 40 年镁压铸件生产经验，并继续在镁压铸件应用方面进行了开发，可向客户提供全面服务，如浙江岱山镁公司成功压铸出中国首例上海 GM 用的镁合金方向盘，就有 Frech 公司从机器、模具到工艺诸方面提供的支持。该公司已生产出 9300kN 的锌、镁热室压铸机。

Idra-Prince 压铸机：Idra-Prince 集团公司开发的 Double Casting 系统，用于方向盘、变速箱壳体、油箱等，可提高生产效率 50%。Idra J-system 真空压铸系统，具有适用的装备技术，可自动化监控（编程机或闭环控制），配合改进了的合金——原生/再生 AlMg 和 AlSiMg 系合金（ σ_b 为 340MPa， $\sigma_{0.2}$ 为 205MPa， $\delta_{50} > 15\%$ ），这种柔性单元可实现生产薄壁/厚壁铸件、无气孔铸件、可焊接、高伸长率、复杂几何形状、抗渗漏的铸件。Idra-Prince 的无螺纹拉杆和自动拉杆调节（4 根拉杆可独立调整）已取得专利（3407688、E32048 和 4716952）保护。该公司还与 Maridian 合作生产出 15000kN 镁合金热室压铸机。

2) 日本压铸机 JSW 压铸机：JSW 的 Thixomolding 已能生产 16000kN 压铸机，生产出了像座椅架、方向盘、轮盖等压铸件。JSW 提出采用所谓的铸造锻造法，即先用 Thixomolding 制造固相率为 10% ~ 80% 的半成品，再用快速锻造的方法在 250 ~ 400℃ 的温度内进行最终成形。锻造对象是铝的质量分数为 2% ~ 10% 的镁合金，最大锻造率为 40% 以上，锻造速度为 100mm/s。

Toshiba 压铸机：Toshiba 多功能压射结构，采用新开发的高精度液压伺服阀自动型先导伺服阀（Direct operated pilot servovalve），其流量为 7000L/s，阀的响应时间为 5ms，系统反应时间为 13ms，可在 20ms 内将速度从 0 升高到 10m/s，相对于冲头位置，作为速度的切换点进行输入可有 10 个点，在各点之间可进行加速、减速并配以 Toscast 控制系统，实现压铸机的综合控制。Toshiba 压铸机还有电动合模的混合型压铸机和电磁泵给料的镁合金压铸机。

Toyo 压铸机：由 Toyo 压铸机的改进型 BD-V4-N 系列压铸机，可实现超低速层流压铸（0.03 ~ 0.7m/s 实时反馈有 9 个点），超高速压铸的实际压射速度为 6m/s，高速加速性能在 0.01s 之内可加速到 5m/s，但不具备实时反馈，采用进油节流方式进行超高速控制，在超高速压射时采用出油节流方式控制，可实现充填完毕前的减速（在 0.01s 减速到 3m/s）。在镁合金压铸时，利用活塞泵输入，不采用压室。

Ube 压铸机：由 Ube 压铸机改进了的 USH-G 系列，继承 UNI-FF 系统，进行了充裕刚性设计（拉杆、模板、锁模），提高了储能器和油冷却能力，使运转能力提高，采用触摸式 PD 画面，可储存 15 副模具，有中文显示，曲肘采用集中润滑，确保可操作性和安全性。

HISHINUMA 压铸机：HISHINUMA 压铸机，采用喷嘴感应加热和鹅颈电加热控制温度，保证喷嘴前端于每一循环保持凝固状态，就是喷嘴前端凝固压铸法，同时还避免了离嘴时间消耗，从而提高了循环周期，提高了生产率。采用独特的伺服液回路，反应速度较传统的快

2~3倍,可确保所设定的高、低速及急停的位置,压射速度可达7m/s。该公司还生产无直浇道分型面进料的多滑块热室压铸机(类似加拿大Techmire)。

3) 中国压铸机 国产压铸机已有了改进,特别是上海压铸机厂、力劲集团·上海一达机械公司和广州震高机械公司所生产的产品,在压射系统、控制系统方面都有明显进步。阜新北方压铸公司曾生产过28000kN压铸机,应用中基本解决了漏油问题,并满足了生产自动扶梯踏板的要求。江苏灌南压铸机公司生产的高型压铸机在国内得以畅销。可喜的是许昌意斯特精机公司生产的高能压铸机,一方面对压射用活塞式储能器采取措施,阻止泄漏,防止冲头失速,减少能量损失;另一方面采用德国旋转编码器测定冲头位置和速度,并组成数控系统,全中文操作画面故障诊断,压射工艺参数数字化设定,压射曲线可视可调,表明国产压铸机的控制水平有了可喜的进步。

4) 压铸机自动控制 德国Electronics Gmb H推出的DGM分析仪和SAT-DGM分析仪,前者为移动式,后者为固定式。该系统可以测量分析压铸参数,是一个先进的监测和控制系统,它不仅有助于对故障定位,迅速起动模具,而且还可计算许多重要的压铸参数并进行统计,另外还有由计算机实施的SMT型拉杠过程数据检测系统,对国内压铸机拉杠应力平衡有所帮助,可减少不必要的故障。值得注意的是天津豪格电气仪表公司开发的高速测量位移的长行程位置传感器,基于先进优越的测量原理,优异的抗干扰能力,能快速测量,不怕恶劣环境,不怕震动。澳大利亚Castec公司的Castpulse系统,包括Castrak位置传感器、压力传感器、Castpulse数据收集装置和处理单元(DCP)、与Windows兼容的Castpulse图像公用软件,也值得借鉴。

(2) 发展新的压铸合金材料 新的压铸合金材料有:

1) 金属基复合材料 汽车的轻量化、降低油耗和排放、提高性能,以保证质量与安全是当今汽车工业发展的主要方向。在新材料中,金属基复合材料由于具有高的比强度、比模量、耐磨和减摩性能、热强性和低的热膨胀系数,可望在今后汽车工业的发展中有重要的地位。特别是用铸造工艺制造金属基复合材料零件有一定优势:工艺比较简单,成本低,应用上的局限性小。在这方面已经做了很多开发研究工作。据David Weiss等人报道, SiC颗粒增强的铝基复合材料压铸比较成功,充填性有时比一般铝合金还好,表面质量令人满意,所用工模具和一般铝合金压铸的一样。锌铝合金基复合材料用于耐磨减摩材料有很好的前景。以美国ZA-27合金为基体,在熔融状态下与石墨复合成均匀浆料,经挤压压铸成形,微观结构表明,金属-石墨界面结合良好,石墨分布均匀。这种材料的减摩性、耐磨性和相对抗咬合性,都远比基体合金美国ZA-27的好。

2) 压铸镁合金 镁合金被誉为20世纪90年代以后的金属,近年来发展很快。预计到2006年北美产量将增加3倍。汽车工业是镁压铸件的最大用户,市场占有率为80%左右,目标是进一步减轻汽车重量。美国通用汽车公司用压铸生产镁合金汽车轮毂。日本轻金属(株)用充氧压铸生产的镁合金轮毂比铝轮毂轻15%。估计缸体、发动机罩、车顶板、门框、后舱盖板、车轮等都将用镁合金来压铸。

电子设备方面,要求新的设计必须能抗无用信号干扰,应有屏蔽作用,镁合金就有这个特性。如雷达定位器壳体用镁合金代替塑料,重量相当,而强度、抗冲击性能得到提高。

目前影响世界范围内镁合金大规模发展与应用的重要因素就是镁合金压铸零部件的价格偏高,而在我国,镁资源非常丰富,镁产业十分发达,镁产量在1990年世界排名为第9位,