

中国模具工业协会人才培训部推荐丛书
成形工艺与现代模具技术丛书

压铸工艺 与模具

潘宪曾 主编 张化明 荆玉春 副主编

Applied Die Casting Technique
& Die Design

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

中国模具工业协会人才培训部推荐丛书
成形工艺与现代模具技术丛书

压铸工艺与模具

Applied Die Casting Technique & Die Design

潘宪曾 主编
张化明 荆玉春 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书共 8 章, 主要内容包括: 压铸件材料 and 设计基础、压铸工艺基础、压铸模设计基础、压铸模成形和结构零件设计、压铸模抽芯和推出机构设计、压铸模寿命及其改进、压铸模 CAD/CAE/CAM。本书语言简洁, 包含许多工程实践案例和国内外前沿资料。

本书可供压铸工程技术人员参考, 也可作为相关本科专业课程辅助教材和行业技能培训教材。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

压铸工艺与模具 / 潘宪曾主编. —北京: 电子工业出版社, 2006.6
(成形工艺与现代模具技术丛书)

ISBN 7-121-02755-0

I. 压… II. 潘… III. ①压力铸造—生产工艺 ②压铸模—设计 IV. ①TG249.2 ②TG241

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 062506 号

责任编辑: 何 雄

特约编辑: 李俊莉

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 21 字数: 538 千字

印 次: 2006 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 29.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。
联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

《成形工艺与现代模具技术丛书》编委会

- 顾问:**阮雪榆 中国工程院院士、上海交通大学教授
(按姓氏笔画排列)柳百成 中国工程院院士、清华大学教授
胡振寰 中国工程院院士、北京科技大学教授
- 名誉主任:**褚克辛 中国模具工业协会理事长
- 主任:**曹延安 中国模具工业协会秘书长
- 委员:**王敏杰 大连理工大学教授
(按姓氏笔画排列)王鹏驹 四川大学教授
李志刚 华中科技大学教授、中国模具工业协会副理事长
刘廷华 四川大学教授
吴公明 上海交通大学教授
吴伯杰 清华大学副教授
肖祥芷 华中科技大学教授
张化明 西北光学仪器厂高级工程师
宋满仓 大连理工大学副教授
秦珂 中国模具工业协会副秘书长
莫建华 华中科技大学教授
黄树槐 华中科技大学教授
董祥忠 四川大学教授
廖宏谊 桂林电器科学研究所副总工程师
谭平宇 中国模具工业协会人才培训部秘书长
潘宪曾 西安仪表厂高级工程师
- 成员:**翁史振 赵红一 王义林 祝铁丽 于同敏 荆玉春
(排名不分先后)史玉升 叶春生 陈军 赵震 于彦东 凌毅
郑志镇 周华民 董湘怀 梁培志 车万红 刘莹
姜开宇 赵丹阳 蔡玉俊

总 序

冲压、锻造、压铸、注塑(或压塑)、挤压(冷锻)、旋压等材料加工工艺属于少无切削加工工艺。该类成形工艺方法与切削加工相比,具有生产效率与材料利用率高、产品质量与稳定性好、能耗与成本低等显著特点,因而在电子信息、仪器仪表、交通、轻工、家电、航天航空、兵器等行业中得到广泛应用。上述各项成形工艺是通过模具实现材料成形并获得所需形状的半成品或成品零件。因此,模具是现代加工制造业规模生产不可或缺的工艺设备,材料成形工艺与模具在产品生产的各行各业中发挥着极其重要的作用。

近年来,随着我国经济的腾飞和产品制造业的蓬勃发展,模具制造业也相应进入了高速发展的时期。据中国模具工业协会统计,1995年我国模具工业总产值约为145亿元,而2003年已达450亿元,年均增长14%。另据统计,我国除台湾、香港、澳门地区外,现有模具生产厂点已超过20 000家,从业人员有60多万人,模具年产值在1亿元以上的企业已达十多家。可以预见,我国经济的高速发展将对模具提出更为大量、更为迫切的需求,特别需要发展大型、精密、复杂、长寿命的模具。同时要求模具设计、制造和生产周期达到全新的水平。我国模具制造业面临着发展机遇,无疑也面临着更大的挑战。

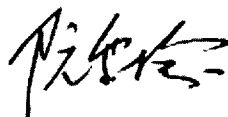
我国加入世界贸易组织以来,模具制造业随之面临国际市场日益激烈的竞争局面。与国外模具企业相比,我国模具企业无论是在生产设备能力与先进技术应用方面,还是在人才的技术素质与培养方面,普遍存在差距。要改变这一现状,势必在增添先进设备及采用先进的模具制造技术(如CAD/CAE/CAM、高速切削、快速原型制造与快速制模等)之外,更急需的是能掌握各种材料成形工艺和模具设计、制造技术,且能熟练应用这些高新技术的专业人才。为了适应我国当前的教育改革,一些高校已将原有的塑性成形、铸造、焊接等专业融入大口径的材料加工工程或机械工程专业,材料成形工艺与模具技术的研究向更高层次发展。同时,各大中专院校与技工学校纷纷开设材料成形与模具专业,积极培养不同层次、能熟练掌握各种成形工艺和模具设计与制造技术的专门人才,逐步形成了我国模具人才培养的基本格局。

为适应我国模具人才培养的需要,电子工业出版社与中国模具工业协会人才培训部合作,邀请一些多年从事材料成形与模具相关领域研究或教学工作的专家编写了《成形工艺与现代模具技术》系列丛书。这套丛书充分搜集和纳入了国内外有关材料成形工艺与模具技术方面的最新研究与应用成果,以及模具生产实践中的成熟经验。内容涵盖了材料成形原理、工艺设计计算、模具设计方法及应用实例,有一定的理论基础,更侧重于实际应用。

该系列丛书包括《模具CAD/CAE/CAM》、《快速成形及快速制模》、《现代塑料模具技术》、《冲压工艺与模具》、《金属体积成形与模具》、《压铸技术基础》、《模具制造技术》共7册,可作为高级模具设计与制造人员的培训教材,也可作为学校相关学科师生进行教学、科研的专业技术参考书。

我们认为,该系列丛书的出版为模具技术人员的培训提供了一套具有较高水平且学以致用的教材,有利于我国模具制造业的人才培养,对于加快我国模具技术的发展将起到积极的促进作用。

书中可能有疏漏和不妥之处,敬请读者加以批评指正。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '陈学' (Chen Xue), written in a cursive style.

中国工程院院士、上海交通大学教授

前 言

本书对压铸机性能、压铸工艺、压铸合金、压铸模设计和压铸模 CAD/CAE/CAM 等均有较详尽的介绍。

压铸机—压铸模—压铸合金良好的匹配,使工艺得到充分的裕度,是本书的写作目标。用新的观念介绍压铸工艺,以及压铸工艺与压铸模合理匹配,是本书的一大特点。本书介绍了一些有用的图表、数据和实例,使本书具有较好的实用性。

本书第 1~4 章,第 6,7 章和附录由潘宪曾编写。第 5 章由张化明编写。第 8 章由荆玉春编写。

本书可作为大专院校的教学用书及工程技术人员学习参考书,本书在编写出版过程中得到宁波铝合精机有限公司湛松润董事长,江苏宝应长江机械厂陆世玉厂长,江苏南通三信模具厂袁修坪厂长,阜新北方压铸机有限公司孟凡义董事长,许昌意斯特精机有限公司文春领董事长,东莞宝山机械有限公司吴志强总经理,上海乾通俞继志、严炎祥高工及华南理工大学吴春苗教授的支持和帮助,在此致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,缺点、错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 压铸工艺方法发展简史	1
1.2 压铸工艺过程	7
1.3 压铸工艺原理.....	11
第 2 章 压铸件材料 and 设计基础	16
2.1 压铸件材料.....	16
2.1.1 铝合金	16
2.1.2 新压铸铝合金	22
2.1.3 锌合金	24
2.1.4 镁合金	27
2.1.5 铜合金	36
2.2 压铸件设计基础.....	36
2.2.1 压铸件的精度和加工余量	36
2.2.2 压铸件的表面质量	46
2.2.3 压铸件的结构设计要素	49
2.2.4 压铸件的工艺过程	57
第 3 章 压铸工艺基础	61
3.1 压铸机及其选用.....	61
3.1.1 压铸机的结构及其组成	61
3.1.2 压铸机的选用	64
3.2 压铸工艺参数.....	73
3.2.1 时间参数	74
3.2.2 速度参数	83
3.2.3 压力参数	99
3.2.4 温度参数	105
3.3 涂料与涂敷	106
第 4 章 压铸模设计基础	119
4.1 压铸模组成	119
4.2 压铸模设计	129
4.3 分型面设计	130
4.4 浇注系统设计	131
4.5 溢流槽和排气槽设计	151

第 5 章 压铸模成形和结构零件设计	160
5.1 成形零件设计	160
5.1.1 整体式结构	160
5.1.2 镶拼式结构	160
5.1.3 镶块的固定形式	161
5.1.4 型芯的固定形式	163
5.1.5 成形零件的尺寸计算	165
5.2 结构零件的设计	177
5.2.1 动、定模导柱、导套的设计	177
5.2.2 推板导柱和导套的设计	181
5.2.3 模板的设计	183
5.2.4 压铸模架尺寸系列	189
第 6 章 压铸模抽芯和推出机构设计	193
6.1 抽芯机构设计	193
6.1.1 抽芯机构的组成和分类	193
6.1.2 抽芯机构设计要点	195
6.1.3 抽芯力与抽芯距离的确定	198
6.1.4 斜销抽芯机构设计	202
6.1.5 弯销抽芯机构设计	207
6.1.6 液压抽芯机构设计	209
6.1.7 斜滑块抽芯机构设计	212
6.1.8 其他抽芯机构设计	215
6.1.9 滑块及滑块限位、楔紧装置设计	219
6.1.10 嵌件的进给与定位	226
6.1.11 斜销抽芯机构常用件	231
6.2 推出机构的设计	235
6.2.1 推出机构的主要组成与分类	235
6.2.2 推杆推出机构	238
6.2.3 推管推出机构	240
6.2.4 卸料板推出机构	242
6.2.5 其他推出机构	243
6.2.6 推出机构的复位	247
第 7 章 压铸模寿命及其改进	250
7.1 压铸模制造过程中产生的应力	250
7.1.1 冷加工时产生的应力	250
7.1.2 磨削时产生的应力	250
7.1.3 电火花加工的影响	251

7.1.4 模具表面粗糙度的影响	252
7.1.5 热处理时产生的应力	253
7.2 压铸模浇注过程的应力	253
7.2.1 机械冲击	253
7.2.2 热冲击 热应力、热疲劳与蠕变	254
7.2.3 韧性	255
7.2.4 正确选用模温控制系统	256
7.3 模具损伤的其他原因	259
第 8 章 压铸模 CAD/CAE/CAM	265
8.1 国内外研究状况及发展方向	266
8.1.1 国外研究状况	266
8.1.2 国内研究状况	267
8.1.3 发展方向	267
8.2 软件系统的环境与主要功能	269
8.2.1 系统硬件环境	269
8.2.2 CAD 部分	269
8.2.3 CAE 部分	271
8.2.4 CAM 部分	272
8.3 CAD 软件系统的组成及数理模型	273
8.3.1 系统组成	273
8.3.2 系统特点	273
8.3.3 系统的模块组成与功能	273
8.3.4 程序流程	274
8.3.5 程序模块原理说明	274
8.4 CAE 软件系统组成及数理模型	282
8.4.1 系统组成	282
8.4.2 国内外压铸过程 CAE 软件系统的现状和发展方向	282
8.4.3 压铸过程三维数值模拟	282
8.4.4 压铸充型温度耦合数学模型	288
8.4.5 后处理	291
8.5 CAM 技术	293
8.5.1 压铸模 CAM 国内外发展状况	293
8.5.2 压铸模结构及加工工艺特点	295
8.5.3 数控加工与数控工艺	297
8.5.4 数控加工程序编制过程	299
8.6 软件系统的验证与应用	304
8.6.1 温度场数值模拟验证	304

8.6.2 充型过程数值模拟验证	305
8.6.3 两种常用类型浇口填充特性	308
8.6.4 软件系统应用实例	308
附录 A 有关压铸模的常用术语	314
附录 B 超密封(Ultraseal)可循环使用密封剂及其浸渗系统	319
参考文献	322

第 1 章 绪 论

1.1 压铸工艺方法发展简史

压铸工艺方法(以下简称压铸)是金属熔体在相当的压力下被压入可分的金属永久型中的一种铸造方法,其充型过程与砂型和金属型铸造过程不同,是基于作用在金属熔体上的压力转变成动能。于是,在压铸模中产生的液流在充型结束时(速度等于零的时候),运动物质的动能转变成压力能和热能。

压铸是从金属型铸造(重力铸造)发展而来的,这两种方法都是采用可分金属永久型。金属型铸造在充型时是利用重力实现的,金属液流动不能达到较高的速度,所以高精度薄壁和复杂形状的铸件的生产受限。压铸时,金属熔体以高速压射入型腔,在压力作用下,迫使金属熔体流入狭窄的截面处,冲击和附贴型腔表面,对铸件轮廓的清晰、精确再现起着决定性作用,这是压铸的特殊优越性。压铸能生产薄壁、精确尺寸、表面质量优良的铸件,也是一种近净形的铸造方法。压铸在技术和经济上具有显著的优点,它不仅能达到较高的生产率,而且从材料至成品的整个生产过程也表现为最短的工艺路线。

经过逾百年,压铸已发展成为铸造行业中一个独特的专业,这主要是由于交通运输工具工业(如汽车、摩托车等)的蓬勃发展所推动的。如今,镁合金压铸件的 70%以上,铝合金压铸件的 60%以上,锌合金压铸件的 50%以上用于汽车、摩托车工业。在 20 世纪 70~80 年代,随着汽车工业的发展,带动了压铸设备、合金、熔炉、通用机器人等外围设备的全面发展,电子技术、计算机技术也在压铸方面得到应用。为了满足压铸工艺要求,20 世纪 80 年代就已生产了空压射速度 8m/s 的冷室机。随着工业产品对压铸件性能、质量的更高要求,对压铸机及其外围设备又进行了改进,如 Oskar Frech 利用其专利“Ecopress”将空压射速度提高至 9~10m/s,现在又进一步提高到 11m/s。Frech 还较早地将计算机应用于压铸机控制方面。近年来,采用计算机和 Modem 实现了远程控制。Frech 公司 20 世纪 80 年代制造了 DAM625 镁合金热室机,1992 年又制造了 9300kN DAW 和 DAM 锌、镁合金热室机。1999 年,在 GIFA 展出已生产的电动(无液压介质)的 250~1250kN 热室机(如图 1-1 所示)。Frech 公司 M 系列冷室机既可实时压射控制,也可进行通常的三级压射。瑞士 Buehler 公司采用比例阀改造液压系统,既简化了液压回路,又节省了液压元件,还新增了压铸机功能,提高了压铸机可靠性,减少了故障时间和维修时间。在 20 世纪 80 年代到 90 年代,采用电液伺服阀,出现了实时压射控制压铸机构想,并由瑞士 Buehler 公司首先进行商业化。德国 Mueller Weingarten 公司的 Optieast 实时压射控制压铸机配备 Vacural 真空系统,可以生产可焊接、可热处理的压铸件和高塑性压铸件,这些压铸件有的已用于奥迪 A8 汽车等产品中。逐步形成了 Classic、Evolution 和 Vision 三大系列实时压射控制压铸机,在生产实践中取得了良好的效果。综上所述,可以说压铸机就是阀技术加计算机技术的产物。

在材料方面,为适应一些工业领域,特别是汽车工业的特殊要求,研发出的高强度、高延展

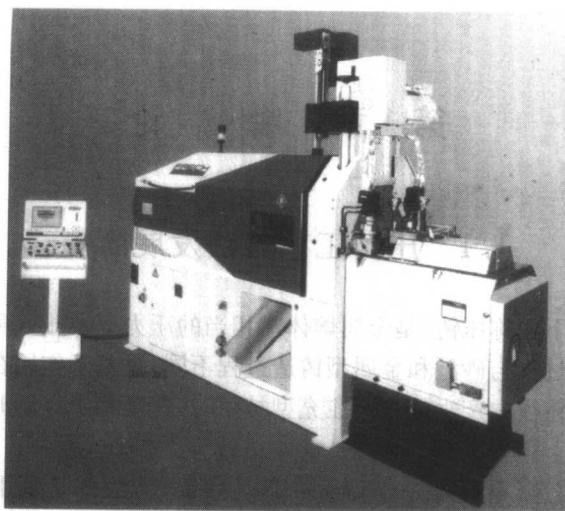


图 1-1 Frech 公司生产的电动热室机

性的压铸铝合金已用于与生产汽车防护有关的结构件、底盘零件和车身零件,如 Al-Si 系 Silafont 36, Silafont-R, Aural-2 Calypso 系列(法国 Pechiney 公司)等, Al-Mg 系 Magsimal 59, Magsimal-R, AlMg4Si2Mn, AlMg3SiMnCr (法国 Pechiney 公司)等。另外,还有一组 STARCAST 合金。总之,这些合金基本都是贫铁和高锰的,有的还加一点铜可提高强度。由于汽车减重的需求,镁合金也得到发展,除了提高纯度以抗腐蚀外,更进一步开发了抗蠕变合金,如 GM 的 ACX 系列合金和 VW 的 MRI 系列合金,都是添加钙的合金,可应用于汽车传动部件。这些合金在 $150^{\circ}\text{C}\sim 175^{\circ}\text{C}$, 70MPa 下的抗拉伸蠕变性能几乎和 380 铝合金一样好。同时,还研究了如何提高镁合金的燃点,以及镁合金熔炼、保温、浇注时的保护及环保问题。为了提高不能热处理、不能焊接的压铸件的力学性能,继真空压铸、无气孔压铸之后,又有了挤压铸造和半固态成形,从而扩大了压铸技术的应用范围。

压铸模是决定铸件成败的关键。采用快速原形技术、CAD/CAE/CAM 技术,对模具设计制造是很有意义的。这就要求机器—模具—合金这个系统良好地匹配,使工艺得到充分的裕度,即工艺中的工作点可在一个范围内变动,这就对模具提出了很高的要求。

为了提高模具寿命,首先采用电渣精炼、真空自耗电极精炼提高模具材料钢的清洁度,同时采用添加合金元素提高其耐热性能、延性、韧性,有的还制成各向同性的热作钢。此外,还采用表面强化处理等措施。

其他外围设备,如自动浇料、定量浇注、自动取件、自动喷涂、自动去毛刺,以及通用机器人的应用都得到同步发展。压铸机柔性单元的出现,使压铸自动化生产成为现实。

我国改革开放以来,压铸工艺的应用有了很大发展。至 2003 年,我国压铸件产量已达七十余万吨。采用比例阀或双比例阀改造液压回路,使压铸机性能得到提高。目前,国产最大的压铸机是阜新北方压铸机公司批量生产的 $28\ 000\text{kN}$ 压铸机(如图 1-2 所示),已用于苏州、无锡某厂生产电梯踏板。上海压铸机厂生产的双比例阀 $9\ 000\text{kN}$ 压铸机(如图 1-3 所示)。许昌意斯特精机公司运用高能理念,设计制造了高能压铸机($1\ 600\sim 16\ 000\text{kN}$)(如图 1-4 所示)。江苏灌南压铸机厂生产的全立式转子压铸机($8\ 000\text{kN}$),可用于生产大型电机转子(如图 1-5

所示)。随压铸机的发展,压铸件的生产由小到大、由粗到精。如铝合金压铸件别克轿车变速器壳体阀体、槽板(如图 1-9 所示),别克轿车变速器壳体(如图 1-6 所示),桑塔纳轿车变速器镁合金壳体(如图 1-7(b)所示),镁合金支架踏板(如图 1-7(a)所示)。大连亚明大众轿车缸盖罩盖(如图 1-8 所示)和 LJ474QE 发动机汽缸体(如图 1-10 所示)。

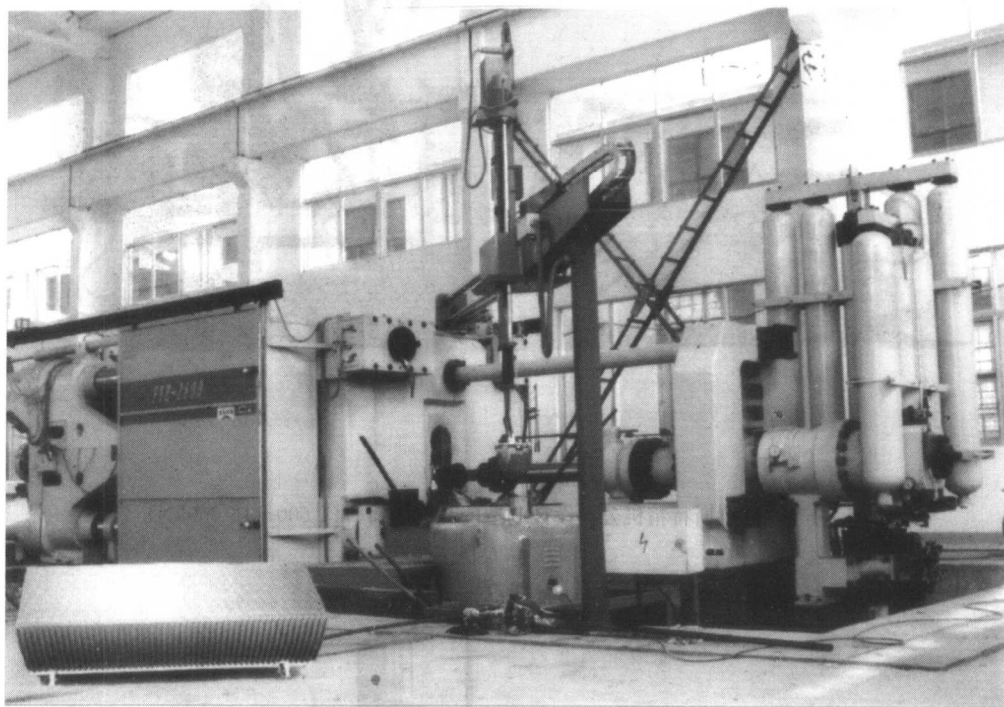


图 1-2 阜新北方压铸机公司批量生产的 28 000kN 压铸机

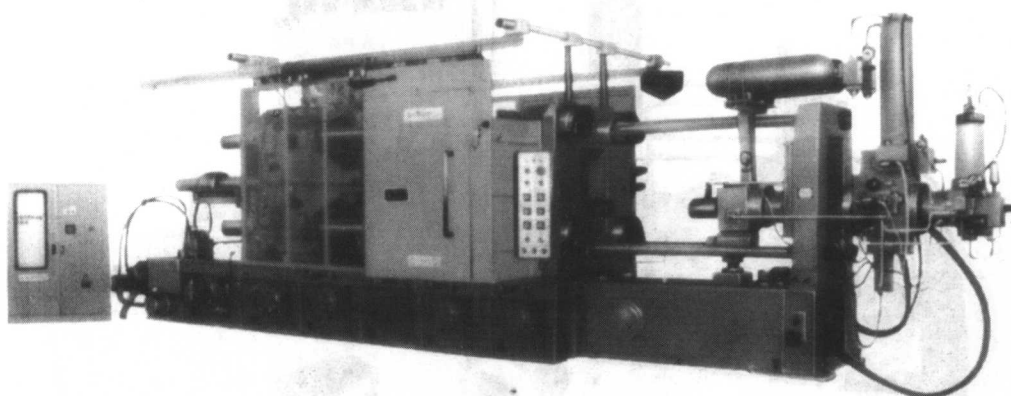


图 1-3 上海压铸机厂生产的双比例阀 9 000kN 压铸机

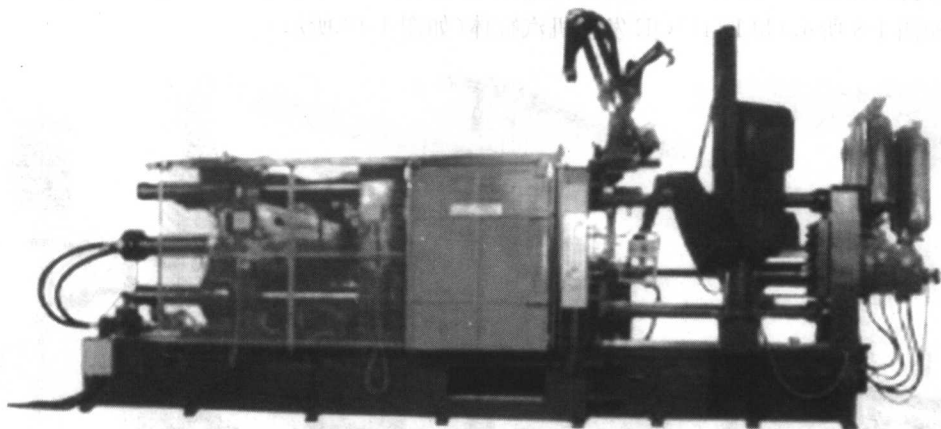


图 1-4 许昌意斯特精机公司设计制造的高能压铸机(1 600~16 000kN)

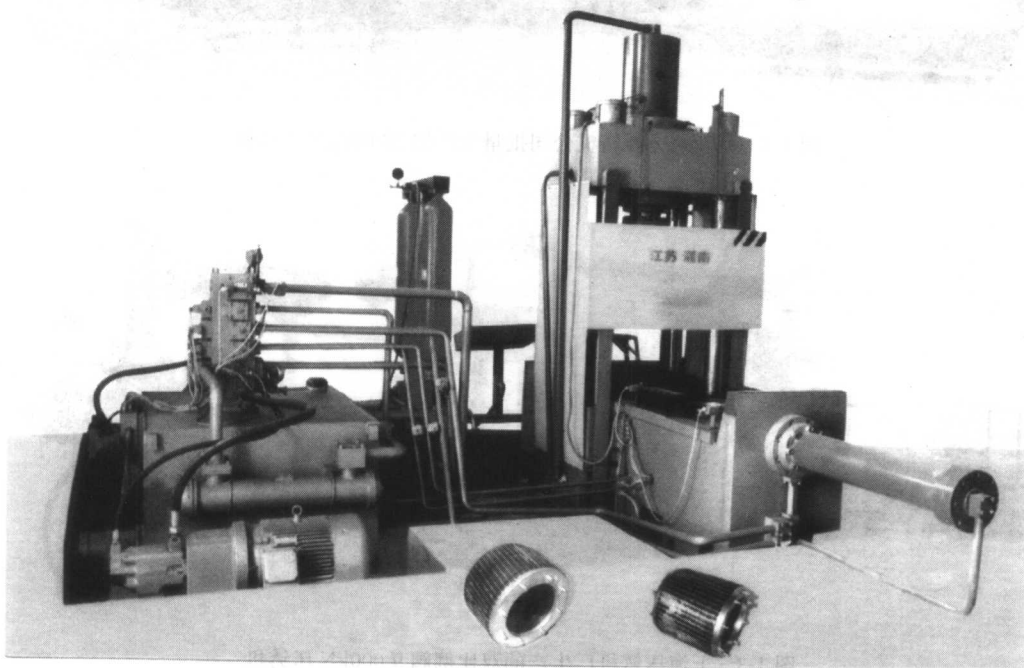


图 1-5 江苏灌南压铸机厂生产的全立式转子压铸机(8 000kN)

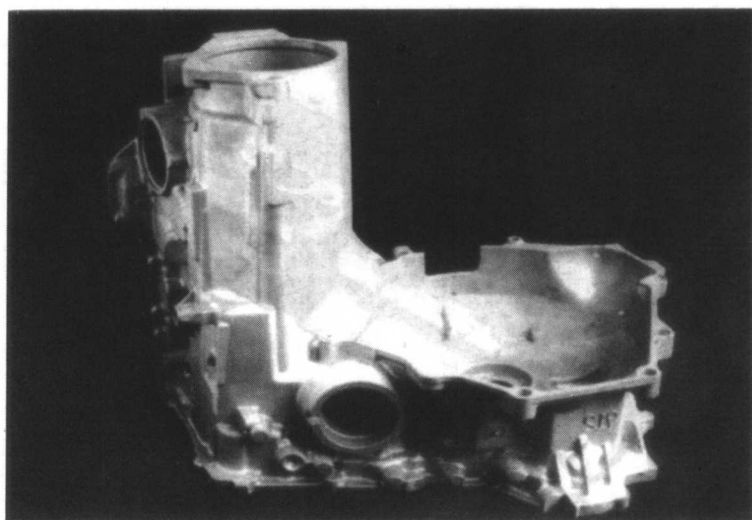
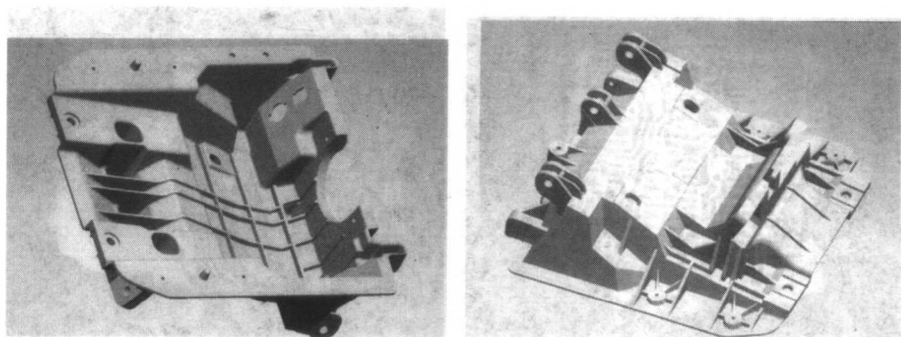
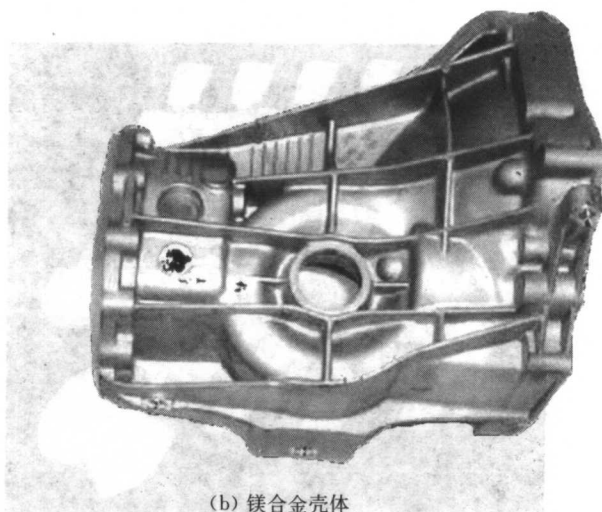


图 1-6 上海乾通别克轿车变速器壳体



(a) 镁合金支架踏板



(b) 镁合金壳体

图 1-7 上海乾通桑塔纳轿车变速器镁合金壳体、镁合金支架踏板

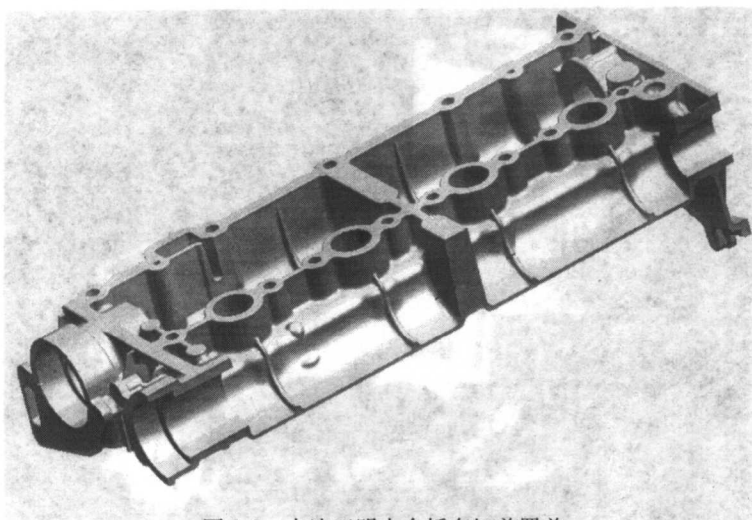


图 1-8 大连亚明大众轿车缸盖罩盖

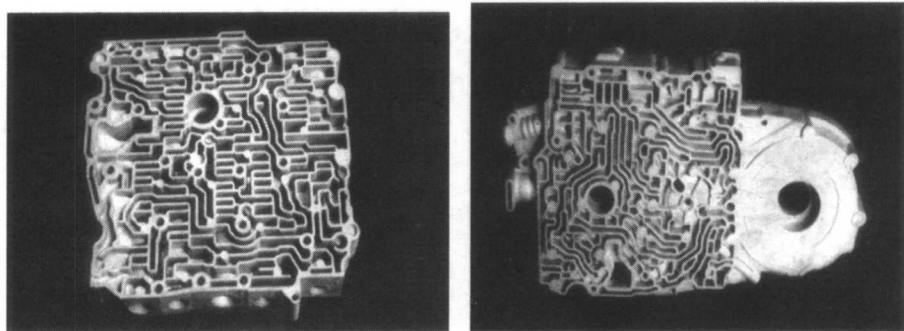


图 1-9 上海乾通别克轿车变速器壳体阀体、槽板

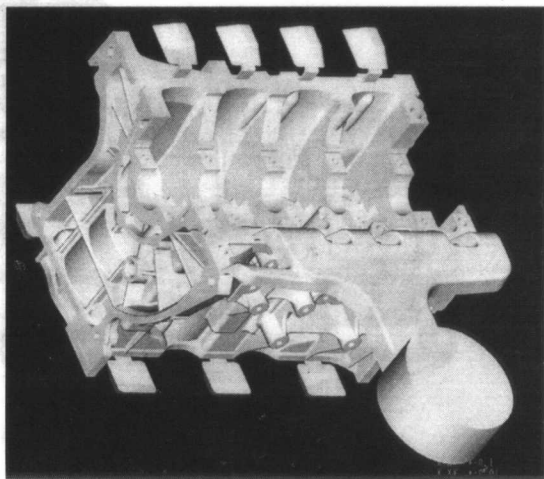


图 1-10 LJ474QE 发动机汽缸体