

从校园到职场
成就铸造工程师之路

特种铸造生产工艺及装备

入门与精通

耿鑫明 吕志刚 姜不居 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



从校园到职场——成就铸造工程师之路

特种铸造生产工艺及 装备入门与精通

耿鑫明 吕志刚 姜不居 编著
姜不居 主审



机械工业出版社

本书是铸造专业《从校园到职场——成就铸造工程师之路》系列丛书之一。系统讲述了除砂型铸造外的各种特种铸造的实质、原理、工艺、工装和设备,包括:熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造、差压铸造、调压铸造、挤压铸造、消失模铸造、离心铸造、连续铸造、陶瓷型铸造和石膏型铸造共12种特种铸造方法。内容十分丰富和全面,突出应用实例,辅以大量数据图表,极富启发性和实用性。

本书可作为从学校到工厂的大学生、大专生、高职生学习教材,也可供机械工程专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

特种铸造生产工艺及装备入门与精通/耿鑫明,吕志刚,姜不居编著:—北京:机械工业出版社,2011.5

(从校园到职场·成就铸造工程师之路)

ISBN 978-7-111-34139-0

I. ①特… II. ①耿… ②吕… ③姜… III. ①特种铸造-生产工艺
②特种铸造-铸造设备 IV. ①TG249 ②TG23

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第063985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:季顺利 责任编辑:季顺利

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:姚毅 责任印制:乔宇

北京汇林印务有限公司印刷

2011年8月第1版第1次印刷

169mm×239mm·26.5印张·546千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34139-0

定价:52.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

策划编辑:(010)88379082

社服务中心:(010)88361066

网络服务

销售一部:(010)68326294

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

寄语刚参加工作的大学毕业生

当你大学毕业后，无论是在工厂、企业、公司、事业单位从事何种工作，都将发生角色转变，将从一名学生变成一名工程师、设计师、规划师、经济师，等等。可大多数大学生刚毕业时，还不能马上树立比较正确的人生目标，缺少生活经验、工作技能。为了帮助各位学子能尽快转变角色，少走弯路，尽快成为企事业骨干、社会栋梁，机械工业出版社组织编写出版了“从校园到职场”系列丛书，以“学校送一程、企业接一程”的理念，架起从校园到职场的桥梁。

1. 从学生到工程师的心理转变

学生，从小学到大学毕业，经过了16年的历程，已经有了一定的生活经历、生活观念与价值标准。学生成功与否的标准就是看考试成绩，生活的主体就是读书。人与人的关系是靠纯洁的友谊与真理的对错，人和人都是平等的，信念是理想的。但是，参加工作后，理想会有很多与现实不太吻合的东西。首先，判断一个人的成功，不再仅是考试成绩了，不是光靠用功读书就能成功的。工作后，完整地干好领导交给你的事情：修理好一台机器、设计好一个产品、组织一个活动、写一个工作方案，等等，你的工作结果是否符合实际要求、是否令同事与领导满意，就是一个判断标准了。

工作成功的标准，就是要把领导交给你的工作先是干完，然后是干好，之后是干精，最后是干出特色与创新。这样，才能逐渐适应工作、熟悉环境、赢得同事与领导的信任，承认你的工作能力，从而把更为复杂、重要的任务交给你，从而得到更多的锻炼，得到重用与提升。所以，进入社会后，首先要降低身份，以平等的地位同一切人交往，向周围的同事、工作人员、领导学习。要做到四勤：手勤、腿勤，嘴勤、脑勤。要做一个为人随和的人、积极向上的人、工作踏实的人。这样你就可以更快、更好地赢得尊重，获得成功。

2. 从学生到工程师的能力转变

一个大学毕业生到了工作岗位，首先要学习基本的技能、知识，熟悉环境、熟悉单位的工作流程，逐渐掌握基本技能。当你能够处理一个环节、一个工序或工艺中的问题，维护生产的正常运行时，你就成为一名初级工程技术人员了；当你能独立主持一件小产品的开发或大型产品里一个部件的开发工作，能把产品设计并制造出来，达到合格的技术要求后，你就是一名工程师了；当你要考虑如何把产品做

好、如何把产品做精、如何把产品做出创新时，你就逐渐成为工程师中的高手了；当你可以主持一个大型产品的研发时，你就具有高级工程师的水平了；再继续往上，当你具有把握企业技术发展方向、具有组织大型产品的研发能力时，就是总工程师的水平了。当然，还需要有足够的经历、资历与机会。一名大学生的技术水平就是这样逐渐提高的。

3. 从学生到工程师的专业知识积累

关于专业的问题，一个大学毕业生，是有一个专业特长的，如机械类、电气类、计算机、管理类，等等。在企业，首先要延伸学习你自己的专业知识，在学校所学仅仅是其皮毛而已，其次要注意学习其他专业的知识。因为，到工作岗位后，领导交给你的任务可能是多个专业交叉的问题，不一定是你很熟悉的内容，企业也更需要能为企业提供全面解决方案的综合型人才。此时就要自己学习了，找到有关的书籍，先学习基础理论，再通过网络学习、杂志学习、参观学习较新的知识，了解有关的知识与技能，你就可以获得更宽广的专业知识。此时要有信心，因为学过一个专业后，再学另一个专业，是比较容易的。再者，大学只有四年，工作可能要有四十年，补充新知识是必然的，学习新知识是工作后经常的事。

4. 从学生到工程师的成长建议

判断与取舍：如果做一件事情是自己不擅长的，肯定做不好。只有放弃不适合的，才能在自己更适合的领域内投入做自己更擅长的事业。无法判断该放弃什么的人，也无法判断该干什么。让鸭子学短跑，让兔子学游泳，即使练一辈子，也难以有好结果的。一个技术问题也一样，如果不具有可行性，那就要放弃。对任何一件事，要估计其最好和最坏的程度，如果最坏也能承受，就可以去干。

主动与闯劲：性格决定命运，主动的人比被动的人会有更多机会。要有主动精神与百折不挠的劲头、有闯出新天地的勇气，才有成功的可能。被动、胆小是成功的大敌。

水平与脾气：真正的高手是很谦虚的，因为他知道还有更多的未知。不必要的脾气在与人沟通时会设置障碍，失去获得知识、提高自己的机会。

继承与创新：科技中继承是大多数，创新是一点点，所以先要学会继承并掌握，才能在其基础上提出改进、有所创新。创造条件是创新的基础，只有达到某种条件后，可能才会出现，第一个发现机会并克服困难而成功实践的人，才是真正的高手。

坚持与规划：做事要坐得住，凡是心中长草到处乱跑的人，难以干好一件事情。做人要有规划，做事要有计划。要有近期规划和长远规划，否则极其容易随波逐流，人生的志向和成功也就丧失在繁琐的日常生活中了。

最后，希望各位学子能尽快适应新的工作岗位，事业顺利，找到自己的发展空间。做人低调，做事认真，忍得住寂寞，受得了批评。还要记住：对于不断追求进步的人，学习是终生的任务和义务。在充满未知与新奇、充满平淡与辉煌、充满快乐与痛苦、充满成功与失败的人生道路上永远向前！向前！当我们年迈时，回首曾经的岁月，不一定有多大的成功，但我们可以说“我认真努力过了，我不后悔。”就足够了。

机械工业出版社“从校园到职场”丛书编委会

序 言

铸造工业既是机械制造业的基础，又是其重要组成部分，铸造技术是一种经济而又便捷的金属成形工艺。当代科学技术的迅速发展，对铸造方法生产的铸件提出了更新的和更高水平的要求，使其能达到“更精、更薄、更强和更韧”的质量标准。因此，在传统砂型铸造方法继续得到长足改进与发展的同时，不断涌现出多种多样新型的特种铸造方法，其中有很多种都属于先进的近净成形工艺。

作为机械工业出版社策划并组织编写的铸造专业《从校园到职场——成就铸造工程师之路》系列丛书之一，《特种铸造生产工艺及装备入门与精通》系统地介绍了各类特种铸造方法的实质、原理、工艺、工装和设备，并着重阐述特种铸造的生产流程、生产工序以及主要技术参数、铸件缺陷分析和铸件应用实例。该书取材经典而新颖，既符合中国国情又能反映国内外先进铸造技术的发展状况，具有鲜明的时代特征。

本书所介绍的特种铸造方法，包括熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造、差压铸造、调压铸造、挤压铸造、消失模铸造、离心铸造、连续铸造、陶瓷型铸造和石膏型铸造共 12 种，内容十分丰富和全面。

本书的又一特点是图文并茂，叙述通俗易懂，内容循序渐进，突出应用实例，还辅以大量数据图表，极富启发性和实用性，便于读者学习与实用。入门并不难，精通亦可做得到。本书不仅有助于生产第一线的技术人员能“入门”特种铸造，而且还将积极促进其向着更高层次的要求努力和提高，以达到“精通”的境界，为我国铸造生产的发展和技术水平的提高做出更多的贡献。

本书绪论由耿鑫明和姜不居执笔，其余各章分别由姜不居（第 1 章、第 4 章、第 6 章部分节）、耿鑫明（第 2 章、第 3 章）、吕志刚（第 5 章、第 6 章部分节）完成。全书由姜不居主审。编写过程曾得到有关专家的帮助，谨此致谢。限于编者水平，书中缺点及疏漏在所难免，恳请读者批评指正，以便再版时予以改正。

编者 2010 年冬于清华园

目 录

寄语刚参加工作的大学毕业生

序言

绪论

0.1 特种铸造的发展及应用	1
0.2 特种铸造方法适用范围	6
参考文献	6

第1章 熔模铸造	7
----------------	---

1.1 概述	7
1.1.1 工艺流程及特点	7
1.1.2 应用	8
1.1.3 发展概况	10
1.2 铸件工艺设计	10
1.2.1 零件结构的铸造工艺性分析	10
1.2.2 铸造工艺方案确定	12
1.2.3 铸造工艺参数选择	13
1.2.4 浇冒口系统的设计	16
1.3 压型设计	21
1.3.1 压型的种类	21
1.3.2 压型的组成	22
1.3.3 机械加工压型设计	22
1.3.4 其他压型	28
1.4 熔(蜡)模制造	31
1.4.1 模料	31
1.4.2 熔(蜡)模制造和组装	37
1.4.3 模组清洗	42
1.5 型壳的制造	43
1.5.1 型壳概述	43
1.5.2 制壳用耐火材料	44
1.5.3 制壳用粘结剂	49
1.5.4 硅溶胶及其型壳	52
1.5.5 水玻璃及其型壳	58

1.5.6 硅酸乙酯及其型壳	65
1.5.7 脱蜡及焙烧	68
1.5.8 熔模铸造用型芯	70
1.6 铸件的浇注与清理	74
1.6.1 浇注	74
1.6.2 过滤净化技术	78
1.6.3 凝固技术	79
1.6.4 铸件清理	81
1.6.5 铸件的修补	85
1.6.6 铸件精整	88
1.6.7 铸件热处理	90
1.7 铸件缺陷与防止	93
参考文献	96
第2章 金属型铸造	97
2.1 概述	97
2.1.1 金属型铸造工艺流程	97
2.1.2 金属型铸造的优缺点	97
2.1.3 金属型铸件的成形特点	99
2.1.4 金属型铸件的应用	102
2.2 金属型铸件的工艺设计	103
2.2.1 金属型铸件设计	103
2.2.2 铸件在金属型中的位置	108
2.2.3 分型面的选择	110
2.2.4 浇冒口设计	111
2.3 金属型设计	127
2.3.1 金属型分类及主要结构形式	127
2.3.2 型体、底座设计	129
2.3.3 型芯及活块设计	133
2.3.4 型腔的排气	140
2.3.5 铸型的导向、定位	144
2.3.6 开合型装置	146
2.3.7 锁紧机构	150
2.3.8 抽芯机构	153
2.3.9 铸件取出方法设计	160
2.3.10 金属型技术要求	164
2.4 金属型铸造工艺	168

2.4.1 金属型的涂料	168
2.4.2 金属型预热	173
2.4.3 合金的浇注	175
2.4.4 金属型的冷却	176
2.5 铸件缺陷与防止方法	178
2.6 金属型铸造机械化	181
2.6.1 金属型的开型力和抽芯力	181
2.6.2 金属型铸造机结构形式	182
参考文献	188
第3章 压力铸造	189
3.1 概述	189
3.1.1 压力铸造工艺流程	189
3.1.2 压铸的特点	190
3.1.3 不同压铸机上的铸件压铸过程	191
3.1.4 压铸件的应用	193
3.2 压铸件工艺设计	194
3.2.1 压铸件设计	194
3.2.2 分型面的确定	202
3.2.3 浇注系统设计	204
3.3 压铸机及其选用	219
3.3.1 压铸机的分类与基本参数	219
3.3.2 各类压铸机的特点	226
3.3.3 压铸机的基本机构	227
3.3.4 压铸机的主要技术参数	228
3.3.5 压铸机的选用	233
3.4 压铸型设计	234
3.4.1 压铸型基本结构	234
3.4.2 主要零件的设计	240
3.4.3 型腔尺寸计算	246
3.4.4 抽芯机构	248
3.4.5 推出机构	252
3.4.6 模具的冷却	253
3.4.7 压铸型技术要求	255
3.5 压铸工艺	261
3.5.1 压铸压力	261
3.5.2 压射速度	263

3.5.3 持压时间	264
3.5.4 留模时间	264
3.5.5 浇注温度	265
3.5.6 压铸型温度	265
3.5.7 压铸涂料	266
3.6 铸件缺陷及防止方法	268
3.6.1 尺寸、形状不符合要求	268
3.6.2 材料性能不符合要求	269
3.6.3 铸件表面缺陷	270
3.6.4 铸件内部缺陷	272
3.6.5 裂纹	275
3.6.6 其他缺陷	275
3.7 特种压铸技术	276
3.7.1 真空压铸	276
3.7.2 铝合金充氧压铸	280
3.7.3 精、速、密压铸	285
3.7.4 半固态压铸	286
3.7.5 固态压铸	288
3.7.6 钢铁材料压铸	289
参考文献	295
第4章 低压铸造、差压铸造、调压铸造和挤压铸造	296
4.1 低压铸造	296
4.1.1 概述	296
4.1.2 铸件工艺设计	297
4.1.3 低压铸造设备	300
4.1.4 低压铸造工艺	308
4.1.5 铸件缺陷与防止	312
4.2 差压铸造	313
4.2.1 概述	313
4.2.2 铸件工艺设计	315
4.2.3 差压铸造设备	315
4.2.4 差压铸造浇注工艺	318
4.3 调压铸造	320
4.3.1 概述	320
4.3.2 铸件工艺设计	320
4.3.3 调压铸造设备	320

4.3.4 调压铸造浇注工艺	321
4.4 挤压铸造	323
4.4.1 概述	323
4.4.2 挤压铸件工艺设计	324
4.4.3 挤压铸造设备	325
4.4.4 挤压铸造模具设计	328
4.4.5 挤压铸造工艺	328
4.4.6 铸件缺陷分析与防止	332
参考文献	333
第5章 消失模铸造	334
5.1 概述	334
5.1.1 消失模铸造特点	334
5.1.2 消失模铸造工艺的特有问题	335
5.1.3 消失模铸造应用范围	336
5.2 泡沫塑料模制造	337
5.2.1 泡沫塑料模珠粒选择	338
5.2.2 泡沫塑料模珠粒预发泡及熟化	339
5.2.3 泡沫塑料模成形设备及模具	340
5.2.4 泡沫塑料模发泡成形及熟化	343
5.2.5 泡沫塑料模浇注系统及模组粘结	345
5.3 涂料	348
5.3.1 消失模铸造涂料的特点及基本组成	348
5.3.2 消失模铸造涂料的使用	349
5.3.3 消失模铸造涂料的质量控制	350
5.4 造型与浇注	351
5.4.1 干砂造型	351
5.4.2 浇注	354
5.4.3 清砂及型砂回用	355
5.5 质量控制与环境保护	356
5.5.1 与泡沫塑料模热解产物有关的铸件质量控制	356
5.5.2 与消失模凝固特性有关的铸件质量问题控制	358
5.5.3 消失模生产的环境保护	359
参考文献	359
第6章 其他特种铸造	361
6.1 离心铸造	361
6.1.1 概述	361

6.1.2	离心铸造中铸件成形、凝固特点	363
6.1.3	离心铸造机	366
6.1.4	离心铸造工艺	369
6.1.5	典型离心铸件	375
6.2	连续铸造	381
6.2.1	概述	381
6.2.2	连续铸铁管	382
6.2.3	铸铁型材卧式连续铸造	386
6.3	陶瓷型铸造	389
6.3.1	概述	389
6.3.2	铸件工艺设计	391
6.3.3	制型工艺	393
6.3.4	合型、浇注和清理	399
6.4	石膏型铸造	400
6.4.1	概述	400
6.4.2	铸件工艺设计	402
6.4.3	石膏型制作工艺	403
6.4.4	浇注	409
参考文献		410
后记		411

绪 论

特种铸造是指在铸模型、铸型材料、造型方法、金属液充型和在铸型中的凝固条件等方面与普通砂型铸造有显著差别的各种铸造方法的统称。

随着科学技术的不断发展和人类生活需求越来越多样化,对铸件生产提出了新的、更高的要求,如要求铸件的尺寸精度、表面粗糙度比砂型铸造所能达到的更高,更接近零件的最终形状与尺寸,以实现少切削或无切削加工;要求铸件的质量好,力学性能高;要求改善劳动条件和环境;要求尽可能简化生产工艺过程,提高生产效率,便于实现机械化和自动化;力求铸件生产所消耗的资源 and 能源越来越少,生产成本低,经济效益和社会效益高。在追求上述目标的推动下,铸造生产工艺经过不断改进、铸造生产经验逐步积累,根据不同铸件使用性能的要求,人们创造了多种特种铸造方法,特种铸造的应用越来越广泛。

现代常见的特种铸造方法主要有:熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造与差压铸造、挤压铸造、离心铸造、连续铸造、调压铸造、陶瓷型铸造、石膏型铸造、消失模铸造,等等。

上述各种铸造方法,都有各自的特点,适合生产各种不同要求的铸件。但是每种特种铸造方法均不是万能的,都有一定的局限性。如金属型铸造、压力铸造等由于模具寿命的原因,目前广泛用于铝、镁、锌等熔点较低合金的铸件生产,钢、铁铸件生产就比较困难;而能生产各种合金,包括钢、铁及铜合金等高熔点合金铸件的熔模铸造,生产工序还较复杂等。

0.1 特种铸造的发展及应用

1. 熔模铸造 熔模铸造又称熔模精密铸造,其生产的铸件为各种合金的精密、复杂、接近于零件最终形状的工件,可不经加工直接使用或经很少加工后使用。适于生产中小精密复杂铸件。

4000 年前熔模铸造起源于埃及、中国和印度。后被用于制牙和珠宝首饰业中。20 世纪 30 年代末,人们发现 Austenal 实验室为外科移植手术研制的钴基合金有优异的高温性能,可用于飞机涡轮增压器。但这类合金很难机械加工,因此熔模铸造就成为该类合金成形的最佳工艺方法,迅速地发展成工业技术,进入航空航天和国防工业,并很快地应用到其他工业部门。

半个多世纪中熔模铸造在不断吸收新工艺、新技术、新材料中发展自己。现熔

模铸造已可生产出更精、更大、更复杂、更薄、更强的产品，极大地扩大了其应用面，并保持高速发展。据报道，熔模铸造生产的精密复杂件最大可达 1000kg，最大轮廓尺寸 2.1m，最小壁厚不到 1mm。2008 年世界熔模铸造业（不包括前苏联）年产值约 105 亿美元，中国熔模铸造已占到世界熔模铸造业的 20%，发展速度极为迅速，2008 年年产值为 1988 年的 87 倍。

熔模铸造产品主要分两大类：军工和航空类产品、一般工业产品，前者为高质量高附加值的产品，欧美以这类产品为主。

2. 金属型铸造 是一种古老的铸造方法，最初由我国发明，发现最早的金属型（铁范、铜范）是战国时代用来铸造农具、武器、钱币等铸件的。约在 13 世纪，由于活版印刷的发展，曾用金属型浇注锡活字。在 19 世纪中叶，我国利用泥型铸造铁模，用铁模铸造铁炮，独创出一整套金属型铸造大件的工艺方法。

由于金属型铸件致密性好，铸件可进行热处理提高力学性能，所以现代的金属型铸造，广泛用于航空航天、汽车、仪器仪表、家电等行业零部件的生产。金属型铸造的发展趋势，主要是进一步寻求更理想的铸型材料，扩大在钢、铁和铜合金铸件生产上的应用，并提高金属型生产的自动化水平。

3. 压力铸造 19 世纪初世界印刷工业蓬勃发展，活字排版的需求日益增多，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 年制造了用活塞压射的铸字机。1839 年获得第一个压力铸造专利。1849 年热室压铸机获得专利，开始用于低熔点的铅、锡合金。1869 年英国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。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。

1949 年前我国仅有上海贯一模具厂等少数厂有几台压铸机，压铸锌合金。20 世纪 40 年代中后期进口英国的小型气动热室机、捷克的 Polak600 型立式冷室压铸机和美国 KUX 的锁模力 100t 的卧式冷室压铸机，开始压铸件生产。20 世纪 50 年代初又引进捷克的波拉克型立式冷室压铸机和前苏联的压铸机生产压铸件。20 世纪 50 年代末期我国开始自行设计制造卧式冷室压铸机，也仿制立式冷室压铸机，如国营第 511 厂设计制造 Y—100 型 115t 卧式冷室压铸机、长春机电研究所研制的 50t 和 150t 压铸机等。20 世纪 60 年代以来，生产了大批的、各种规格的压铸机。1968 年我国设计制造了当时世界最大的 4000t 压铸机，1978 年开始制定压铸机的系列，统一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，导致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、摩托车工业及机械装备、家电、3C 产品、日用品、建筑业等的发展，以及节能、节材诸方面的考虑，铝合金、镁合金、锌合金铸件的应用越来越多，由于压铸工艺的发展，已使压铸件

在非铁金属铸件中所占的比例日益增多。

4. 低压与差压铸造 低压铸造是 20 世纪 20 年代初, 由英国人发明的, 最初主要用于巴氏合金的铸造。同时期法国人制造出用于铜合金、铝合金铸造的低压铸造机。第二次世界大战中, 英国用低压铸造法制造飞机发动机气缸。1945 年后, 开始探讨把低压铸造法用于生产民用产品, 如炊事用具等。1947 年, 用低压铸造法生产高硅铝啤酒桶获得成功。20 世纪 50 年代开始用低压铸造法生产汽车气缸和电动机转子。1955 年在德国出现铸铁和铸钢的低压铸造专利。1965 年, 英国掌握了生产汽车轮毂的低压铸造法。

差压铸造是在 20 世纪 60 年代由保加利亚人在低压铸造的基础上开发而成, 兼有低压铸造和压力铸造的优点。

现在, 低压铸造在民用产品领域主要用于汽车铝合金轮毂、发动机缸盖、大型铝合金框架等零件的生产, 在军用产品领域, 主要是用于导弹仪器舱、壳体等部件的制造。低压和差压铸造在大型、复杂、薄壁铝合金铸件的制造上具有很强的技术优势, 能实现产品的精密、薄壁轻量化, 有着良好的发展前途。

5. 挤压铸造 挤压铸件组织致密, 力学性能接近同种合金锻件水平, 铸件较精密, 铸件成品率高。适于生产力学性能要求高的气密性好的厚壁小、中型铸件。

该工艺于 1937 年在前苏联问世, 几十年来已建立起完整的工艺体系和理论基础。挤压材质有铝、铜、锌、镁、钴合金及钢、铁, 但铝合金所占比例最大。

中国从 1957 年开始此工艺研究, 至 20 世纪 60 年代中期只有少量铝合金件用于生产。20 世纪 70 年代后逐渐发展起来, 特别是 20 世纪 90 年代后发展迅速, 如用来生产摩托车和汽车的铝轮毂、活塞、制动器等零件及军品零件等。

6. 离心铸造 所生产的铸件致密、铸件成品率高、生产效率高。离心铸造主要用于生产形状对称或近似对称的铸件, 合金不限, 批量生产。典型铸件有铸管、轧辊、缸套等。

离心铸造有近 200 年历史。1809 年英国人 A. Erehart 申请了第一个离心铸造专利。英国在 1849 年制造出第一台离心铸造机, 生产出长 3600mm 直径为 75mm 的离心铸铁管。随后出现生产轮圈等的立式离心铸造机。20 世纪则先后出现水冷金属型离心铸管法工艺、涂料金属型离心铸造法工艺和树脂砂型离心铸造法工艺等, 离心铸造得到迅速的发展。现在离心铸造已成为生产高质量铸管的首选工艺; 从每年铸件产量上看, 离心铸造已成为砂型铸造外的第二大铸造工艺。

随着中国经济发展, 特别是对高质量铸管的需求增加, 离心球墨铸铁管和离心灰铸铁排水管发展迅速。如 1990 年我国离心球墨铸铁管产量仅 10 万 t, 2007 年已达到 218.78 万 t。

7. 连续铸造 该法铸件成品率高、生产效率高, 适宜生产形状不变的长铸件, 例如, 铸锭、板坯、棒坯和铸管, 适于大量生产。

1857 年德国 Bessemer 获得第一个连续铸造的专利。1950 年后连续铸锭、连续铸管在生产中获得发展。20 世纪 70 到 80 年代期间, 水平连续铸造生产铸铁型材已被应用在机械制造领域中。

8. 陶瓷型铸造 陶瓷型铸造又称陶瓷型精密铸造。生产的铸件尺寸精度和表面粗糙度优于砂型铸件。

20 世纪 50 年代初英国人诺尔·肖氏兄弟研究成功陶瓷型铸造, 并于 1954 年获得专利, 很快在生产中得到应用。在此基础上出现了几百个专利, 派生出 Unicast 工艺、Schott 工艺、Ceramcast 工艺等, 使得陶瓷型铸造在不断改进中发展成长, 故又称肖氏法铸造 (Shaw Process Casting)。

陶瓷型铸造主要用来生产各种复杂的精密铸件、模具和模具工装, 特别是生产各种合金的模具。

9. 石膏型铸造 细分起来有两种石膏型铸造: 用易熔 (蜡) 模生产的石膏型铸造, 用木模或金属模生产的石膏型铸造。前者所生产的铸件精度和表面粗糙度与熔模铸件相似, 又称为石膏型精密铸造。后者生产的铸件表面质量差于熔模铸件, 但优于砂型铸件。该法特别适宜生产中大型复杂薄壁铝合金铸件。

用石膏铸造艺术品的历史久远。19 世纪末石膏被用于制作假牙的铸型材料。在工业生产中应用石膏型铸造是 20 世纪 40 年代初, 经过蒸汽压蒸处理的透气性较好的安提阿 (Antioch) 石膏型被用来铸造轮胎模具。后来又发展出发泡石膏型、普通石膏型, 但主要用于生产形状不太复杂的铝、锌、铅等中小型铸件。20 世纪 60 年代末, 石膏型铸造被用来生产金银饰物和铜合金文物复制品等, 并逐渐用于铸造机床、电器、仪表、汽车等零部件上。20 世纪 70 年代随着大型、薄壁、复杂铝铸件的发展, 石膏型精密铸造新工艺在美国、德国、法国、加拿大、日本等西方国家发展很快, 尤其在航天航空等部门发展更快。并用于生产塑料成型的模具以及进行铸件的试制等, 铸造合金也扩大到青铜等合金。现在石膏型已可生产尺寸达 1000mm, 壁厚 1.5mm, 公差 $\pm 0.125\text{mm}/25\text{mm}$ 的铸件。

10. 消失模铸造 所生产的铸件尺寸精度较高、表面光洁, 并生产过程污染少。消失模铸造是一种近净形成形工艺, 适于生产结构复杂的各种尺寸的较精密铸件, 合金不限。

该工艺由美国 H. F. Shroyer 于 1956 年试验成功, 1958 年获专利。1961 年德国亚琛工业大学 A. Wittmoser 从美国引进专利, 与 Hartman 等合作生产工业铸件, 在 1963 年 GIFA 展出, 引起工业界兴趣, 并很快将消失模铸造用于工业生产中。1980 年前消失模铸造主要用于单件、小批量、大中型铸件生产中, 用板材加工成泡沫塑料模, 采用自硬砂或铁丸造型。1980 年后消失模发展到大批量生产中, 采用发泡成形的泡沫塑料模干砂振动造型。典型的工厂如美国通用汽车公司 1990 年在 Satura 建的年产 5.5 万 t 的消失模生产厂, 生产铝合金四缸缸体、缸盖、珠光体球墨铸