

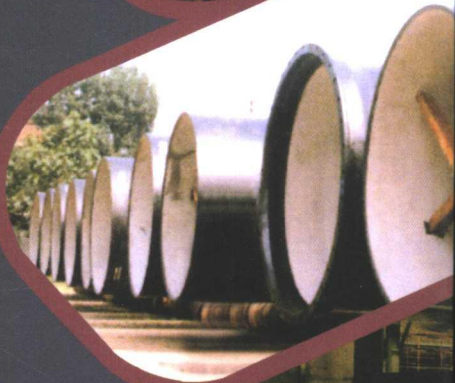
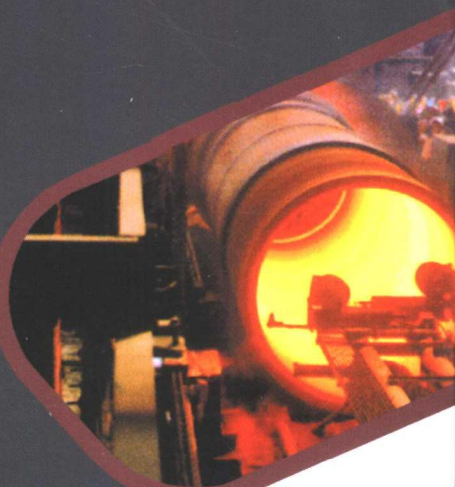
机械工业出版社高水平著作出版基金资助项目

先/进/铸/造/技/术/丛/书

丛书主编 张武城

离心铸造

张伯明 编 著
张武城 主 审



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



ISBN 7-111-14556-9/TG·1358

封面设计：鞠杨

先 / 进 / 铸 / 造 / 技 / 术 / 从 / 书

熔模精密铸造

快速成形与铸造技术

消失模铸造技术

半固态金属成形技术

离心铸造

钛及钛合金铸造

铸造熔炼技术

铸造过程的模拟仿真技术

铸铁水平连铸技术

ISBN 7-111-14556-9



9 787111 145561 >

地址：北京市百万庄大街22号
联系电话：(010) 68326294

邮政编码：100037
网址：<http://www.cmpbook.com>
E-mail：online@cmpbook.com

定价：22.00 元

机械工业出版社高水平著作出版基金资助项目

先进铸造技术丛书

丛书主编 张武城

离 心 铸 造

张伯明 编著

张武城 主审



机 械 工 业 出 版 社

本书为北京市机械工程学会铸造分会组织编写的先进铸造技术丛书之一。全书共分7章,主要包括:绪论、离心铸造原理、离心铸造用铸型、离心铸造工艺、离心铸造机、离心铸管后处理设备及典型铸件的离心铸造。

本书扼要介绍了,离心铸造的发展历史和国内外状况,阐述了离心铸造的工艺技术理论和离心铸造设备、工艺装备的设计、结构特点从实用的角度出发,对离心铸造典型铸件的制造工艺和生产要点也作了介绍。书中收集了大量的数据和图表,以供广大铸造工作者,尤其是从事离心铸造生产的工程技术人员使用,也可供有关的设计人员、科研人员及高等院校师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

离心铸造/张伯明编著. —北京:机械工业出版社,
2004.6

(先进铸造技术丛书)

ISBN 7-111-14556-9

I. 离… II. 张… III. 离心铸造 IV. TG249.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第049401号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑: 邝 鸥 版式设计: 霍永明 责任校对: 魏俊云
李铭杰

封面设计: 鞠 杨 责任印制: 洪汉军

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004年8月第1版·第1次印刷

890mm×1240mm A5·10.25印张·302千字

定价: 22.00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) 68993821、88379646
封面无防伪标均为盗版

丛书编委会

丛书主编	张武城			
丛书副主编	李传栻			
丛书顾问	柳百成	陈蕴博		
丛书编委	黄天佑	姜不居	李传栻	毛卫民
	谢成木	熊守美	颜永年	张伯明
	张武城	张乃蕴		
丛书策划	邝 鸥			

序

铸造是机械工业重要的基础工艺与技术，广泛地应用于机械制造、航空航天、能源、交通、化工、建筑以及社会生活的各个领域，并随着各相关技术领域的发展自身不断更新、发展和完善，是我们生产和生活中时时不可或缺的一项重要工艺技术。

今天，铸造作为一种传统工艺与技术又面临着新的挑战。高速发展的社会，对铸造的精密性、质量与可靠性、经济、环保等要求越来越高。铸造已从单一的加工工艺发展成为新兴的综合性的先进工艺技术。它涉及到工艺方法、设备及工装、成型、生产过程的自动化与机械化、材料、环保等众多领域。不同学科之间的交叉、渗透及融合，高新技术对传统技术的不断影响，是当代科技发展的重要趋势。

为了解决广大铸造科技人员迫切需要了解和掌握铸造领域各学科的国内外先进技术及发展趋势的要求，以便指导他们的生产、科研及教学工作，北京机械工程学会组织了铸造行业在较快进步和较新发展的数个重要领域中有突出贡献的著名专家、学者，编写、出版了这套先进铸造技术丛书。同时，邀请我国铸造、材料业界德高望重的著名专家柳百成院士、陈蕴博院士作为丛书的编写顾问。

本丛书旨在全面、系统地介绍国内外先进铸造技术的发展趋势，对我国铸造技术的发展起指导作用。本丛书是高层次的普及型丛书，深层次地介绍铸造相关领域的高新技术和基本规律，并兼顾知识性和实用性，面向广大铸造工作者、研究人员、高等院校师生及相关领域技术人员等。

本丛书的特点是突出“高、新”二字，有较宽的知识覆盖面，注意相关学科的相互渗透，博采国际、国内最新研究和发展成果。

本丛书愿为广大铸造技术人员适应国际大环境、大市场的要求，使我国铸造界迅速加入国际经济市场，从铸造大国向铸造强国迈进的过程中作出重要贡献。

北京市发展和改革委员会及机械工业出版社高水平著作出版基金资助项目对本丛书的出版提供了经济支持，中国机械工程学会副理事长宋天虎对丛书的出版给予了关心和支持，在此一并表示衷心的感谢。

丛书主编 张武城

目 录

序

第 1 章 绪论	1
第 2 章 离心铸造原理	3
2.1 基本原理及分类	3
2.2 离心铸造的优点和局限性	6
2.3 离心铸造工艺的应用范围	8
第 3 章 离心铸造用铸型	18
3.1 真正离心铸造用铸型	18
3.1.1 水冷金属型的工作条件与失效	18
3.1.2 水冷金属型的材料	23
3.1.3 金属型的制作	29
3.2 其他离心铸造用铸型	37
3.2.1 铸型材料	37
3.2.2 铸件的工艺设计	41
3.2.3 铸型的固定	44
第 4 章 离心铸造工艺	50
4.1 铸型转速的确定	50
4.1.1 离心力	50
4.1.2 离心铸造铸件的内表面形状	51
4.1.3 铸型实际转速的确定	52
4.2 金属液在铸型内的流动及凝固特点	58

4.2.1 金属液在水平铸型内的径向运动	58
4.2.2 金属液在水平铸型内的轴向运动	59
4.2.3 正确的浇注方式	61
4.2.4 金属液凝固特点	62
4.3 离心铸造对金属液的要求	65
4.3.1 对离心铸造金属液和生产方式的要求	65
4.3.2 金属液的脱硫及球化	73
4.4 浇注温度选择	86
4.5 金属液的定量	87
4.5.1 称量法	88
4.5.2 容积法	88
4.6 铸型涂料工艺	92
4.6.1 应用涂料的目的及对涂料的要求	92
4.6.2 涂料的组成及制备	93
4.6.3 涂料的涂敷	97
4.7 铸型衬砂工艺	102
4.8 铸件脱型及后处理	103
4.8.1 推出法取件	104
4.8.2 拔取法取件	106
4.8.3 铸件接取及后处理	111
第5章 离心铸造机	116
5.1 卧式悬臂离心铸造机	116
5.2 卧式热模法离心铸造机	125
5.2.1 滚筒离心主机	126
5.2.2 单工位热模离心铸造机	132
5.2.3 多工位热模离心铸造机	139
5.3 卧式水冷金属型离心铸造机	142
5.3.1 水冷金属型离心铸造机的机械结构	144
5.3.2 水冷金属型离心铸造机冷却水系统设计	155
5.3.3 水冷金属型离心铸造机的液压系统	157
5.3.4 水冷金属型离心铸造机的电控系统	170
5.3.5 水冷金属型离心铸造机参数	184
5.4 排污水管生产用离心铸造机	189

5.4.1 单工位污水管生产用离心铸造机	190
5.4.2 多工位污水管生产用离心铸造机	191
5.5 立式离心铸造机	203
第6章 离心铸管后处理设备	208
6.1 退火炉	208
6.1.1 连续式退火炉	209
6.1.2 台车式退火炉	223
6.1.3 立式退火炉	227
6.2 喷锌机	230
6.3 水压试验机	234
6.4 水泥涂衬机	248
6.5 防腐涂料及喷涂设备	254
6.6 其他辅助设备	260
6.6.1 承口清理机	260
6.6.2 内壁清理机	261
6.6.3 切环机	262
6.6.4 倒角机	267
6.6.5 校圆机	268
6.6.6 气密性试验机	270
6.6.7 插口切槽机	272
第7章 典型铸件的离心铸造	274
7.1 离心铸造球墨铸铁管	274
7.1.1 离心铸造球墨铸铁管标准	275
7.1.2 离心铸造球墨铸铁管的化学成分	280
7.1.3 离心铸造球墨铸铁管的生产工艺	287
7.2 离心铸造灰铸铁管	292
7.2.1 离心铸造灰铸铁管标准	292
7.2.2 离心铸造灰铸铁管生产工艺	294
7.3 离心铸造轧辊	298
7.4 离心铸造气缸套	309
参考文献	316

第 1 章 绪 论

离心铸造既是传统、又是一种现代的铸造方法。我国铸件的年产量在 1500 万 t 左右,而其中约有 220 万 t 是用离心铸造方法生产的,占 15%。其中球墨铸铁管 125 万 t,灰铸铁管 50 万 t,内燃机缸套 35 万 t,各种轧辊 5 万 t。随着人民生活水平的提高,国家在城镇化建设、西气东输、南水北调等项目上的大力投资,以及汽车作为支柱产业的兴起,预计到 2010 年,用离心铸造生产的铸件,每年可达到 320 万 t 以上。不言而喻,在生产铸件的各种方法中离心铸造方法将仅次于砂型的铸造方法,具有举足轻重的地位。

人们提出对输水工具的需要要早于工业革命时期。我国在明洪武年代(1368~1399 年),就生产了铸管,用在南京武庙闸渠;德国第一根铸管是在 1455 年生产的,用在迪伦堡宫殿(Schloss Dillenburg);法国则是在 1644 年生产的铸管,用在塞纳河至凡尔赛宫 34km 长的管线上。由于输水线路一般较长,如何提高铸管的生产效率和质量,在当时成为批量生产的关键。于是英国人埃尔恰尔特(Erchart)在 1809 年提出了世界上第一个离心铸造法的专利,名称为“用铁液生产更好、更纯净的金属制品”。它要比德国人贝士麦(Bessemer)提出的连续铸管的方法早 48 年(1857 年)。随后,离心铸造方法在和连续铸造、砂型铸造的竞争中不断发展,并逐渐推广到其他环形铸件(例如气缸套、轴瓦)的生产中。但真正使离心铸造发展成第二大类的铸造工艺方法,还要归功于巴西人代-拉沃德的水冷金属型离心铸造机的发明与 20 世纪中球墨铸铁在铸管上的应用,从而开始了用离心铸造工艺替代连续铸造工艺、用球墨铸铁替代灰铸铁在生产压力铸管方面的过渡。因此,大都认为离心铸造法是环绕铸管生产的发展而开发并推广到其他铸件生产的方法。下面列出在离心铸造方法及其产量发展上有重要意义的人物和事件:

1809 年 英国人埃尔恰尔特(Erchart)首先获得了离心铸造工艺专利:“用铁液生产更好、更纯净的金属制品”。

1849年 英国安德鲁·逊克 (Andrew Shank) 制造出了第一台离心铸造机, 并用它生产出了长 3600mm, 直径为 75mm 的离心铸管。

1910年 德国工程师奥托·不里德 (Otto Bride) 发明了用液压缸驱动的浇注流槽, 使其具有一边把液态金属浇入离心铸型一边后退的功能, 适应了用金属模生产长管子的需要。

1914年 巴西代—拉沃德 (De Lavaud) 和其同事阿来恩斯 (Arens) 发明了水冷金属型离心浇注机。它有三个特点: 金属型水冷, 提高了冷却速度和生产率; 采用移动流槽能生产各种长度的管子; 采用了拔管装置提高了生产率。目前世界上绝大部分管子都用此法生产, 故为纪念这位发明人称此法为代—拉沃德法。

1917年 美国姆尔 (W.L. Moore) 发明砂型离心铸造法, 即在金属型内衬上粘土砂层。其优点是铸管外表质量好, 不易产生白口, 不用随后的退火处理, 降低模具的损耗。

1950年 瑞典开始采用耐热涂料替代砂型生产污水管, 并在 20 年后被法国木松桥公司 (Pont—a—Moussom) 移植到球墨铸铁管的生产上, 生产出长 8000mm, 直径为 1500mm 的管子。

1951年 球墨铸铁发明后的第三年, 就在欧洲首先被采用到铸管上。它和水冷金属型方法相结合, 加之随后的热处理, 给离心铸造带来了蓬勃的发展生机, 也给供水管线带来了革命性的转变。

1952年 美国铸管公司采用覆膜树脂砂替代砂型来生产铸管, 称之为 Mono—Cast 法。此法在美日以及我国台湾得到了广泛的应用, 日本久保田公司在 1990 年用此法生产出了长 4500mm, 直径为 2600mm 的球墨铸铁管。

1983年 邢台钢铁厂首先在我国引进了热模离心铸管工艺。

1998年 新兴铸管集团公司利用自主技术开发出了特大型热模离心球墨铸铁管生产技术, 并生产出了长 8000mm, 直径为 $\phi 2000$ mm 的球墨铸铁管, 应用于太原引黄工程上。

离心铸造作为一种工艺方法将继续存在下去。用它生产的铸件产量还将会进一步扩大, 尤其像中国这样一个人口众多、生活水平亟待提高的国家将有更多的需求。作为工艺方法本身, 它也有不断完善之处, 例如工艺过程的自动化以及计算机模拟与信息化处理等。

第 2 章 离心铸造原理

2.1 基本原理及分类

离心铸造属于特种铸造。其特点就在于金属液浇入旋转的铸型中,在离心力的作用下成形、凝固而获得铸件。

根据离心铸造的不同形式可对其进行分类,见表 2-1。按离心力应用情况的分类法,首先是由美国和德国提出的,我国在 GB/T 5611—1998《铸造术语》标准中也规定了相应的概念。美国按表 2-1 分为三类,德国则只分为 1、3 两类。不用砂芯,纯粹用旋转产生的离心力使金属液紧贴型壁而形成空腔铸件的方法称为真正的离心铸造(见图 2-

表 2-1 离心铸造分类

分类原则	类别名称
按离心力应用情况	1. 真正离心铸造
	2. 半真离心铸造
	3. 非真离心铸造
按旋转轴位置	1. 水平离心铸造
	2. 立式离心铸造
按铸型材料	1. 金属型离心铸造
	2. 衬耐火料金属型离心铸造
	3. 砂型离心铸造
	4. 其他材料铸型离心铸造
按铸型温度	1. 冷模离心铸造
	2. 热模离心铸造

1)。作为真正离心铸造的典型产品,如不同长度的铸管、不同直径的缸套。旋转轴可以处于任意角度,如管子等长件一般用水平旋转轴;缸套、轴套等短件可使用垂直旋转轴,其共同特点是铸件轴线与旋转轴线重合。图 2-2 为半真正离心铸造。其铸型形状仍是轴对称的,但较上述的管子与缸套等铸件要复杂得多。中心孔可用砂芯做出。铸型旋转速度远比前者要低,离心力有助于充型与凝固,但不起成型的作用。非真离心铸造如图 2-3 所示,零件形状可随意,仅利用离心力增加金属液凝固时的压力,铸型旋转速度也更低,铸件中心线也不和旋转轴线重合。

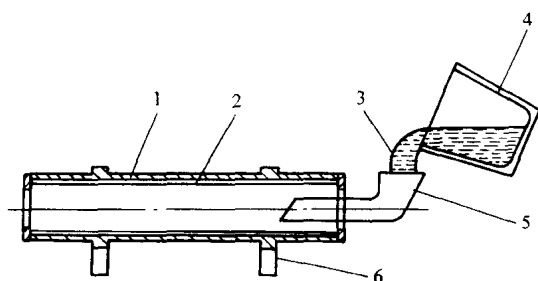


图 2-1 真正离心铸造

1—铸型 2—铸件 3—金属液 4—浇包 5—流槽 6—支承及驱动辊

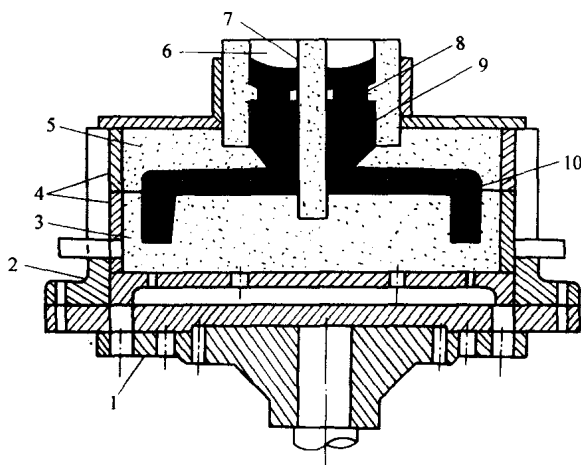


图 2-2 半真离心铸造

1—旋转台 2—卡紧夹具 3—下型 4—砂箱 5—上型
6—浇杯 7—砂芯 8—砂芯 9—冒口 10—铸件

我国习惯上常用的分类方法是按旋转轴位置分类，因它和离心机的分类相同，即分为水平（或卧式）离心铸造（如图 2-1 所示）和立式离心铸造，如图 2-2、2-3 所示。为获得更好的铸件，在水平离心铸造中，水平旋转轴并非完全水平，而是和水平有很小的倾角，它仍归于水平离心铸造范围内，在倾角较大时也称为倾斜离心铸造，常用在轧辊铸造上。

离心铸造用铸型可用不同材料制成，按其分类有：金属型、带耐火层

(例如衬砂或喷涂料)的金属型、砂型以及像石膏、石墨等其他材料制作的铸型等均可在离心铸造工艺中应用。前两种铸型都用于真正离心铸造法,尤其是水平离心铸造中,因浇注铸件批量大、尺寸大、故要求使用寿命长的金属型。后两种铸型多用在立式离心铸造中,浇注一些小尺寸的铸件。图2-4 为用橡胶做的铸型,是在立式离心机上铸造的装饰件。

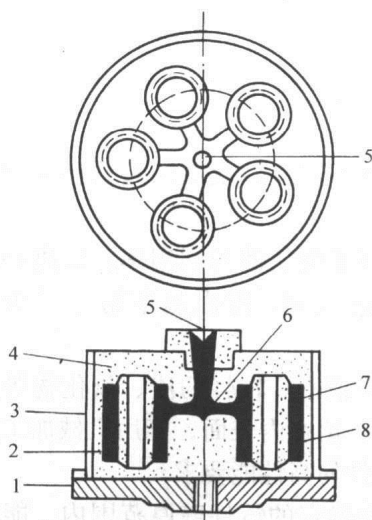


图 2-3 非真离心铸造

- 1—旋转台 2—下型 3—砂箱 4—上型
5—中心浇道 6—补缩道 7—铸件
8—砂芯(形成内腔)

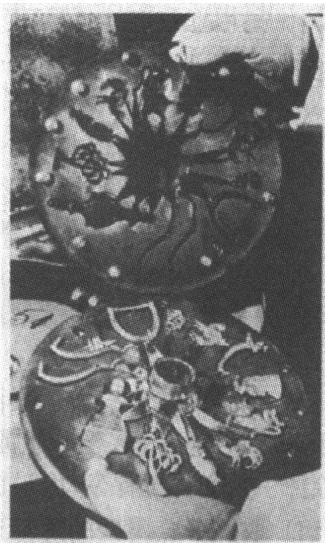


图 2-4 用橡胶铸型
离心生产装饰件

在离心铸造中,金属型可在不同的温度下工作。为提高生产率,加快铸件凝固,往往把金属型密闭在水套中,通入冷却水进行冷却,使金属型本体在工作过程中处于较低的温度,故称为水冷金属型或冷模离心铸造。如铸型在连续工作时,使用空气(静止或流动的),或使用少量喷水方法冷却,金属型处在较高的温度下工作就称为热模法离心铸造。实际上冷模、热模也是相对的:冷模法时,金属型本体温度在 $40 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 之间波动,内壁温度在浇注时也达到 $650 \sim 700^{\circ}\text{C}$,只是由于快速连续冷却而能迅速降至本体预定的温度;热模法时,铸型

温度在 $350 \sim 450^{\circ}\text{C}$ 之间波动,但由于内壁衬有砂层或涂料,其内外壁的温差较冷模法为小。

不同的离心铸造方法有不同的使用范围,当今产量、批量最大的还是真正离心铸造的水平离心铸造法,它也将是本书阐述的重点。

2.2 离心铸造的优点和局限性

1. 离心铸造的优点 和其他铸造工艺方法相比,利用旋转产生离心力的离心铸造有其独特的优点,即:

1) 不用砂芯即可铸出中空筒形和环形铸件及不同直径和长度的铸管,生产效率高、生产成本低。

2) 某些件不需任何浇冒口,提高了金属液的利用率。以离心球墨铸铁管为例,1t 铸管仅消耗 1040kg 铁液,即出品率超过了 96% (包括废品的损失在内)。

3) 金属液在离心力下凝固,组织细密。较轻的渣、氧化物等夹杂在离心力作用下将浮出金属液本体,留在内表面,能用机械加工方法除掉,从而能确保发动机缸套等铸件的高性能要求。

4) 取决于金属型的冷却速度,在确定的铸件壁厚范围内,能获得从金属型型壁到铸件内壁的定向凝固组织。

5) 可浇注不同金属的双金属铸件,例如轧辊、面粉磨辊等,使零件有外硬内韧,具有更好的使用性能。图 2-5 为使用离心铸造方法在零件上再敷一层材料,以获得双金属铸件。

2. 离心铸造的局限性

1) 真正离心铸造工艺仅适用于中空的轴对称铸件,而这类铸件的品种并不很多。

2) 离心铸造要使用复杂的离

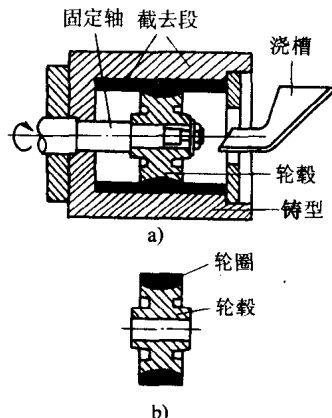


图 2-5 离心铸造双金属铸件

a) 铸型 b) 双金属铸件

心铸造机，一般其价格十分昂贵，故离心铸造车间的投资要比其他铸造方法要多。

3) 由于离心力的作用，容易使某些金属液在凝固过程中产生密度偏析。离心球墨铸铁管在浇注时，如碳当量过高就会造成石墨向内偏析。

4) 靠离心力形成的内表面比较粗糙，往往不能直接应用。

从上述优点及局限性可看出，离心铸造适用于特定的、大批量生产的铸件。

表 2-2 为离心铸造方法与其他铸造工艺方法的比较。

表 2-2 各种铸造方法的比较

铸造方法	可铸金属	铸件重量范围/kg	直径上的公差/%	表面粗糙度/ μm	最小断面尺寸/mm	拔模斜度/ $^{\circ}$	生产率/件 $\cdot\text{h}^{-1}$	用砂芯制出的最小的孔/mm	孔隙率(%)
砂型铸造	铝	0.03 ~ 100	0.09 ~ 0.03	4	3	4 ~ 7	10 ~ 15	6	5
	钢	0.10 ~ 200000		8	6				
	铸铁和其他	0.03 ~ 200000		8	3.5				
金属型铸造	铸铁	0.01 ~ 50	最小 0.01	2	5	—	—	4.5 ~ 6	4
	铝和镁	0.01 ~ 20		—	3	2	50		
压铸	铝	0.015 ~ 35	0.0015	1	0.8	2	75 ~ 150	2.5	2
	镁	0.015 ~ 35	0.0015	1	1.2	2	—	2.5	
	锌	0.05 ~ 80	—	1	0.5	2	300 ~ 350	0.8	
熔模铸造	钢	0.005 ~ 25	0.003 ~ 0.005	1	1	1 ~ 3	—	0.5 ~ 1.25	1
	铝	0.002 ~ 10		1	0.8		—		
壳型铸造	钢	0.05 ~ 120	0.01 ~ 0.003	6	3.5	2 ~ 3	30 ~ 80	3 ~ 6	1
	铸铁	0.03 ~ 50		6	3				
	铝	0.03 ~ 15		2.5	1.5				
离心铸造	铝	~ 10000	0.002	0.6 ~ 3.5	06 ~ 1.2	3	30 ~ 50	—	1 ~ 2
	钢		0.004						
	铸铁		0.004						