

特约专栏

镁合金铸造成型最新研究进展

刘 正

(沈阳工业大学材料科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110870)

摘 要: 近年来镁合金在汽车轻量化方面发挥了积极的作用。为了适应镁合金快速发展的需求, 镁合金的铸造技术, 尤其是压铸技术得到了长足的发展。在传统铸造工艺的基础上介绍了几种镁合金铸造工艺的新进展, 主要包括镁合金真空低压消失模铸造新技术、镁合金液态压铸锻造双控成型技术、充氧压铸技术、真空压铸技术、半固态压铸技术、镁合金双辊连续铸轧技术及镁合金电磁连续铸造技术。

关键词: 镁合金; 铸造技术; 压铸工艺

中图分类号: TG 146.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-3962(2011)02-0010-06

Progress on Research of Magnesium Casting Technique

LIU Zheng

(School of Materials Science and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China)

Abstract: Magnesium alloy has been playing an important role in lightweighting of automobile in recent years. In order to keep pace with the fast development of magnesium alloy, great progress has been made for magnesium casting technique, especially the die casting technique. Based on the traditional casting technique, new progresses of several magnesium casting techniques were introduced, including magnesium low-pressure expendable pattern casting process, magnesium liquid diecasting-forging double control forming technology, magnesium pore-free die casting process, magnesium vacuum die casting process, magnesium semi-solid die-casting technologies, magnesium twin-roller continuous casting process, and magnesium electromagnetic continuous casting process.

Key words: magnesium alloy; casting technique; die casting technology

1 前 言

铸造是人类掌握比较早的一种金属热加工工艺, 已有约 6000 年的历史。在所有的金属成型方法中, 铸造属于比较经济的毛坯成形方法, 特别是对于汽车发动机的缸体和缸盖, 船舶螺旋桨以及精致的艺术品等形状复杂的零件, 以及燃汽轮机的镍基合金零件等难以切削的零件, 铸造方法更能突显出它的优势。

按照不同的划分方法, Mg 合金零件的铸造成形方法有砂型铸造、金属型铸造、低压铸造、消失模铸造、压力铸造、挤压铸造以及新型的半固态铸造等。在这些铸造方法中, 对于大多数金属而言, 砂型铸造、金属型铸造被用得较多, 被认为是传统铸造。砂型铸造是 1 种以砂作为主要造型材料, 一般采用重力铸造, 有特殊要求时也可采用低压铸造、离心铸造等工艺。砂型铸造的

适应性很广, 小件、大件, 简单件、复杂件, 单件、大批量都可采用。砂型铸造的不足之处主要表现为: 砂质铸型只能浇注一次, 获得铸件后铸型即损坏, 必须重新造型, 所以砂型铸造的生产效率较低; 又因为砂的整体性质软而多孔, 所以砂型铸造的铸件尺寸精度较低, 表面也较粗糙。金属型铸造既可采用重力铸造, 也可采用压力铸造, 优点是模具能反复多次使用, 每浇注一次金属液, 就获得一次铸件, 寿命长, 生产效率高, 而且铸件尺寸精度好, 表面光洁, 在浇注相同金属液的情况下, 铸件强度要比砂型的更高, 更不容易损坏, 在大批量生产有色金属的中、小铸件时, 只要铸件材料的熔点不过高, 一般都优先选用金属型铸造。但是, 金属型铸造也有一些不足之处: 因为耐热合金钢和在它上面做出中空型腔的加工都比较昂贵, 所以金属型的模具费用高。此外, 金属型的模具受模具材料尺寸和型腔加工设备、铸造设备能力的限制, 所以对特别大的铸件也显得无能为力。因而在小批量及大件生产中, 很少使用金属型铸造。

进入 21 世纪, 铸造的发展速度很快, 其重要因素之一是产品技术的进步, 对铸件各种机械物理性能和机

收稿日期: 2011-01-11

基金项目: 国家 973 计划资助项目(2007CB613705)

通信作者: 刘 正, 男, 1957 年生, 教授, 博士生导师

机械加工性能的要求都在不断提高, 为了适应快速发展的高品质镁合金产品要求, 镁合金铸造技术取得了重大进展, 在传统的方法基础上探索出了一些新的方法。

2 镁合金真空低压消失模铸造新技术

新型铸造技术由于其诸多优点而被称为“21 世纪的新型铸造技术”及“铸造中的绿色工程”^[1-2]。初步实验研究表明, 镁合金的特点非常适合消失模铸造工艺。但是, 由于液态镁合金的热容量小、流动性和充型能力较差, 在重力下实施镁合金的消失模铸造, 很容易产生浇不足、冷隔等缺陷^[3-5]。华中科技大学将反重力的低压

铸造与真空消失模铸造有机地结合起来, 应用于 Mg(Al) 合金的液态精密成形, 开发出了 1 种新的 Mg(Al) 合金真空低压消失模铸造方法及其设备^[6]。图 1 为镁合金真空低压消失模铸造原理图^[7]。该铸造方法的显著特点是, 金属液在真空和气压的双重作用下浇注充型, 液态 Mg 合金的充型能力较重力消失模铸造大为提高, 可以容易地克服 Mg 合金消失模铸造中常见的浇不足、冷隔等缺陷, 且不需太高的浇注温度, 因而是铸造高精度、薄壁复杂 Mg 合金铸件的一种好的方法。华中科技大学采用反重力的真空低压消失模铸造方法, 浇注成形了电机壳体、飞机导轮和排气管等多种复杂的 Mg 合金铸件^[8]。

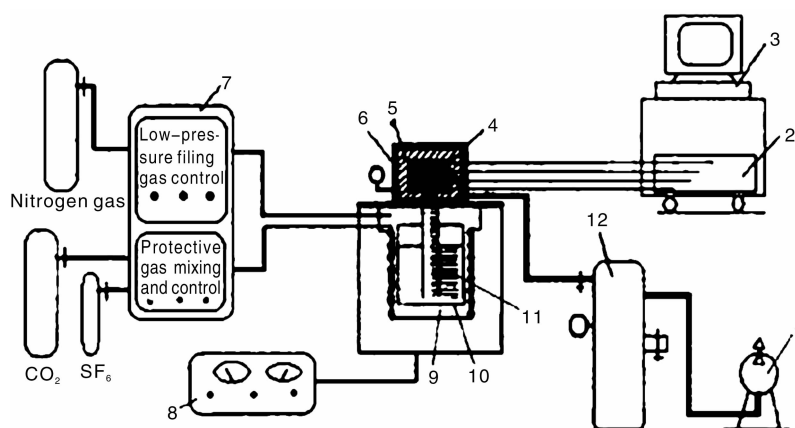


图1 Mg 镁合金真空低压消失模铸造工艺原理及测试装置示意图: 1 真空泵, 2 数据采集系统, 3 PC 机, 4 模样, 5 干砂, 6 砂箱, 7 充型和气体保护控制柜, 8 温控仪, 9 电炉, 10 坩埚, 11 升液管, 12 真空储气罐

Fig. 1 The schematic illustration of magnesium low-pressure expendable pattern casting process and the data acquisition system: 1 vacuum pump, 2 data acquisition system, 3 personal computer, 4 mould, 5 dry sand, 6 sand box, 7 control system of filling and gas protection, 8 temperature controller, 9 melting furnace, 10 crucible, 11 liquid lifting tube, and 12 gas storage jar

3 镁合金压铸技术新进展

利用传统的压铸技术压铸 Mg 合金, 存在型腔内气体以及由压铸涂料产生的气体无法顺利排出的问题。这些气体在高压下或者溶解在 Mg 合金内, 或者形成许多弥散分布在压铸件内的高压微气孔。因此, 铸件既不能进行热处理强化, 也不能在较高的温度下使用。为了消除这种缺陷, 提高压铸件的内在质量, 扩大压铸件的应用范围, 近 20 年来, 经过材料工作者的不懈努力, 开发出一些新的压铸技术, 包括铸锻双控成型、半固态压铸、触变注射成形技术、充氧压铸技术、真空压铸等。

3.1 液态压铸锻造双控成型技术

铸锻双控成型技术^[9]是哈尔滨工业大学与香港佳瑞集团近年合作研发的 1 种新型工艺, 可以在同一成型过程中连续完成压铸和锻造两种工艺, 同时实现对零件形状、尺寸和性能的精确控制。铸锻双控成型不仅可以像压铸一样控制零件形状和尺寸, 而且可以使零件产生塑

性变形, 强度得到较大提高, 同时还可以通过热处理提高强度。因此, 铸锻双控成型工艺适合生产形状复杂和高强度的汽车零部件和其他结构件。液态铸锻双控成型工艺流程如图 2 所示。液态铸锻双控成型技术主要是通过控制压射速度、液料及模具温度、锻造开始时间和锻造力等参数来实现对制件尺寸与性能的控制。铸锻双控成型机就是将压铸工艺和锻造工艺在一台设备中实现, 它用液压油缸来完成合模和开模动作, 采用精确的分级压射系统将液态金属注入模具的型腔内, 在液态金属完全注满模具型腔的瞬间, 高压力的锻造油缸作用在模具的锻造冲头上, 实施了液态锻造的过程, 使压铸过程卷入的气孔排出或缩小, 从而使金属组织得到进一步改善, 提高了铸件的致密度, 减少了单纯压铸成形容易产生气孔和组织疏松的缺陷。采用该技术已经成功生产出了 AZ91DMg 合金宝马摩托车缸体零件, 其机械性能明显优于普通压铸件, 并且能够通过热处理进一步提高其机械性能。

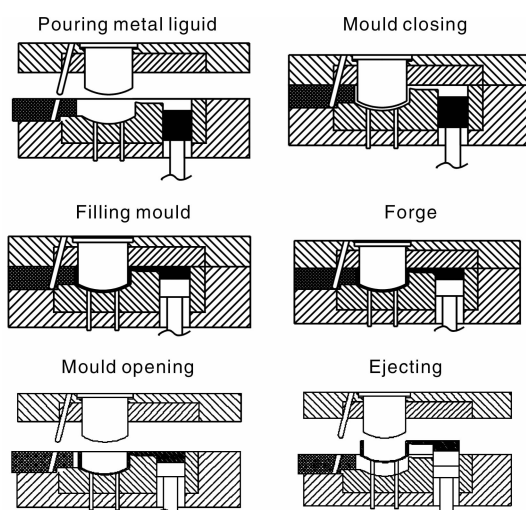


图 2 液态铸锻双控成形工艺流程图

Fig. 2 Flow-process diagram of magnesium liquid diecasting-forging double control forming technology

3.2 充氧压铸技术

充氧压铸^[10]又称为无气孔压铸(Pore-Free Die casting Process, PF法),该法在金属液充模前,将氧气或其他活性气体充入模穴,置换模穴内的空气,金属液充模时,活性气体与金属液反应生成金属氧化物微粒弥散分布在压铸件内,可消除压铸件内的气体,使压铸件可热处理强化。用充氧压铸法得到的镁合金的力学性能如表 1 所示^[11]。表中对普通压铸与充氧压铸法得到的镁合金

表 1 充氧压铸镁合金的力学性能

Table 1 Mechanical properties of Pore-Free Die Casting Process

Alloys	Pore-free die casting			Ordinary die casting		
	R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A /%	R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A /%
AZ91HP	235 ~ 245	147 ~ 157	4 ~ 5	196 ~ 235	147 ~ 157	0.5 ~ 3
AM60HP	265 ~ 274	137 ~ 147	16 ~ 19	235 ~ 245	118 ~ 147	4 ~ 10

的力学性能进行了比较,从表中可以看出,充氧压铸镁合金的性能增加十分显著。但是由于充氧压铸需附加充氧控制装置,铸型充氧不但消耗氧气,还增加了铸造循环时间。由于这些原因,充氧压铸件比普通压铸件的价格要贵 10% ~ 15%。但采用充氧压铸后减少了铸件废品,提高了性能,节省了机械加工费用,综合起来考虑,对质量要求较高的铸件反而可以节约成本 10% ~ 30%。因此,充氧压铸特别适合于需要热处理提高力学性能、有气密性要求、在较高温度下使用或需要焊接组合的压铸件。日本轻金属株式会社采用充氧压铸法批量

生产镁合金磁头支架,该支架过去由多层迭合组成,现改为整体压铸件,不但实现了轻量化,而且有很大的经济价值。该公司使用充氧压铸法生产的镁合金摩托车轮和汽车轮已投入生产,与铝轮相比,镁轮的重量减轻 15%^[10]。

3.3 真空压铸技术

普通压铸由于需要在高速下充型,压室和型腔中的部分气体难以通过排气孔和溢流槽排出,镁合金压铸件中常含有大量的层状孔穴形的铸态缺陷。在镁合金凝固收缩过程中,由于镁合金的凝固区域较宽,易于产生枝晶,被枝晶封闭的局部地区由于液体补缩受阻将形成负压,成为卷入气体析出的有利位置。因此,镁合金中的疏松将有利于气孔的形成,而气体又助长了疏松的长大。显然,若能控制和减少镁合金中的气体卷入量,就会降低镁合金中的疏松量和疏松倾向,改善压铸件的力学性能。为了减少压铸件中的气体含量,可采取真空压铸工艺。真空压铸工艺过程如图 3 所示。在镁合金熔融液体进入型腔之前的瞬间,将型腔中的气体抽出,使得镁合金压铸充型过程不受气流干扰,压铸件中的气体含量减少,铸态组织得以改善。对于一些牌号的合金而言,由于铸件中含气量减少,因而可通过热处理进一步改善其组织和性能^[12-16]。目前,国外研究发展了几种以模具内设置抽气截流阀为特征的真空压铸系统,配用这些系统实现真空压铸时,模具外边不需要罩子,动作程序与一般压铸机相同。在中美加国际合作项目“镁质汽车前端开发”中,美方在相关压铸件的研制和开发中,为了提高材料的安全性,主要采用的是超真空压铸。真空压铸通过在压铸过程中抽除型腔(包括压室)内的气体而消除或显著减少压铸件内的气孔和溶解气体,提高压铸件的力学性能和表面质量。目前国内的上海交通大学采用真空压铸技术成功生产出镁合金减震塔^[17]。现阶段,真空压铸镁合金铸件的最小壁厚可达到:1.5 ~ 2.0 mm,真空度 ≤ 80 KPa,冲头速度最大达 10 m/s,充型时间 20 ~ 30 ms,铸件强度可提高 10% 以上,韧性提高 20% ~ 50%。

3.4 半固态压铸技术

20 世纪 70 年代初,美国麻省理工学院 M. C. Flemings 教授等人首次提出了半固态成形技术(Semi Solid Forming of Metal,简称 SSM)。该技术综合了传统的铸造和锻造两种成形方法的优点^[18],既可以提高零件的力学性能,也可以成形形状复杂的零部件,具有高效、优质、节能和近终成形等优点^[19]。作为新型成形技术,金属半固态加工已成为当今最活跃的研究领域之一,在航空航天、汽车、军工、电器、电子制品等行业有开发

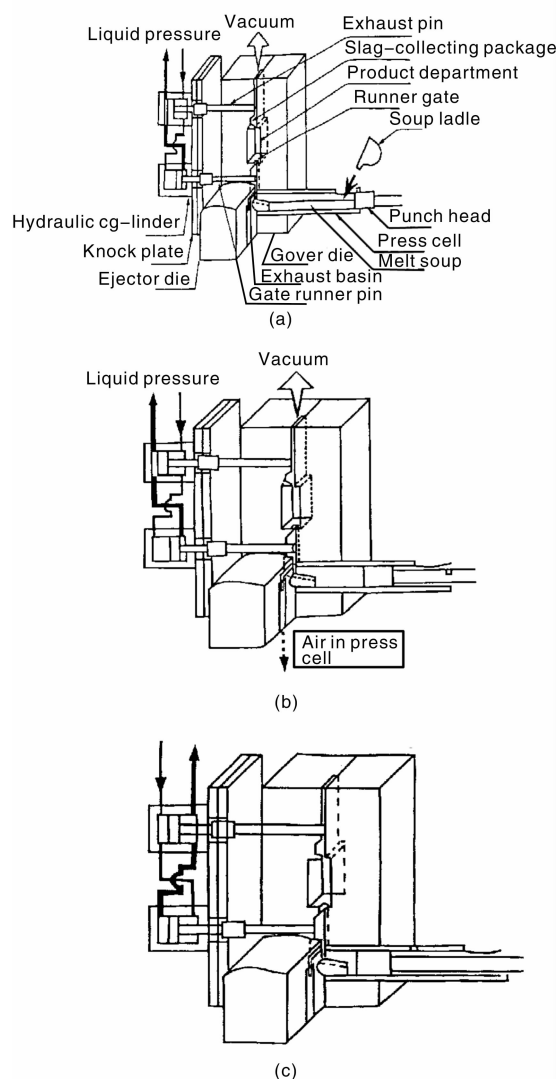


图3 镁合金真空压铸的工艺过程示意图: (a)压射前, (b)压射中, (c)充填结束

Fig. 3 Flow-process diagram of magnesium vacuum die casting: (a) Before pressing injection, (b) During injection, and (c) Fill ending

潜力和发展前景。半固态压铸是半固态成形技术中的一个重要分支,分为流变压铸和触变压铸两种。流变压铸是将制备好的半固态金属浆料直接转移到压射室进行压铸的方法。触变压铸需要将浆料凝固成坯,再按照铸件的重量对坯料切割成块并进行二次加热,达到预定的温度后转移到压射室进行成形的方法。由于流变压铸流程短、材料损失少、节能低耗,易被中小型企业所接受,因此,流变压铸的研究越来越受到重视,代表了半固态压铸发展的方向。

3.4.1 半固态流变压铸成形技术

半固态金属的流变压铸是美国 MIT 的 Flemings 等的早期研究的工艺,它将制备出的半固态金属浆料直接送

往压铸机的压室,进行流变压铸。然而,早期通过强烈机械搅拌获得的半固态金属浆料的保存和输送很困难,因而半固态金属流变铸造技术的进展一度很缓慢。但是近年来为了降低铸件的生产成本和提高铸件品质,半固态金属浆料的流变铸造技术再次成为主要研究方向,许多新型的流变铸造技术正在取得突破性进展^[20]。比如:单螺旋机械搅拌式流变铸造技术、双螺旋机械搅拌式流变铸造技术、低过热度倾斜板浇注式流变铸造技术、低过热度浇注和弱机械搅拌式流变铸造技术、连续流变转换式流变压铸技术等。

3.4.2 半固态触变压铸成形技术

半固态流变压铸目前在美国、日本、瑞士、意大利等国家已进入到工业化的增长期。这种工艺对 Al 合金的半固态成形基本成熟,但由于 Mg 合金的锭料在二次加热时易氧化燃烧,所以一般的半固态成形工艺不适宜 Mg 合金。因此,美国 Dow Chemical 公司研制了 Mg 合金的半固态触变压铸成形工艺与设备。触变压铸成形技术是一种把低熔点合金进行熔化,以高速、高压把原料注入金属模具内进行成形的技术,目前已经进入实用阶段。触变压铸成形的成形压力高,能促进金属模具和 Mg 合金料浆间的热传递,导致表面附近的晶粒微细化,对成形产品赋予了高耐腐蚀性和机械强度。这个铸造压力还能提高产品对金属模的复制性,加强筋和凸起部的成形。料浆的温度与普通压铸方法相比,低 50 ~ 100 °C,因而能控制产品由于热收缩而引起的尺寸变化,并提高模具的使用寿命。此外,触变压铸成形的零件可以热处理,而且不需要配备熔化炉、不使用 SF₆ 防燃气体、不产生浮渣等,兼顾了安全性和环保要求。因此,触变压铸成形技术是今后实用的成形方法。目前,利用触变压铸成形技术可以制备手机、笔记本电脑、数码照相机、摄影相机、液晶投影仪等可移动通讯器材的壳体。座椅、方向盘等汽车零部件的成形应用也在研究开发中

3.5 Mg 合金电磁连续铸造

东北大学发明了 1 种 Mg 合金电磁低温半连续铸造方法 EMC (Electromagnetic Casting)^[21-22],包括熔化 Mg、添加组合阻燃元素、添加合金元素、保温、静置、在电磁场下半连续铸造步骤。通过添加组合阻燃元素实现 Mg 合金的无覆盖或保护熔炼,缩短工艺流程,提高熔体质量;并通过施加电磁场和优化结晶器结构实现 Mg 合金低温、高速半连铸;并通过控制工艺参数获得无裂纹,表面平整光洁,组织细化且均匀,无溶质偏析的 Mg 合金锭坯。

3.6 Mg 合金双辊连续铸轧工艺

Mg 合金采用双辊铸轧可以直接从熔体生产出近终厚度的 Mg 合金板坯,减少了反复热轧的道次,从而降

低了生产成本, 提高了生产效率, 是 1 种新开发的 Mg 合金坯料的铸造方法, 主要用来生产变形 Mg 合金板材的坯料。双辊铸轧工艺可比传统的生产工艺节约成本 50% 以上。双辊铸轧的冷却速率可以达到 $10 \sim 10^4$ K/s, 这样快速的凝固速度可使显微组织均匀, 晶粒细化, 固溶度提高。由于晶格空位增加和在铸轧材料中沿亚晶界的细沉淀物(小于 10 nm)的分布增加使基体的非均质形核得到强化。双辊铸轧材料的这些特征使 Mg 合金的力学性能得到明显提高。采用双辊铸轧可显著细化铸坯显微组织, 提高 Mg 合金的强度与塑性, 而且可以避免常规微合金化可能带来的有害的以及无法预测的微电池现象, 提高 Mg 合金的耐蚀性^[23-24]。

4 结 语

Mg 作为工程金属, 它的开发、应用远不如钢铁、Cu, Al 等金属成熟。可是, 在众多传统金属矿产资源趋于枯竭、节能和环保观念受到高度重视的今天, 加速 Mg 的开发和应用已经成为人类社会可持续发展的重要措施之一, 如何加速 Mg 的开发应用也是业界日益升温的话题。同样, 作为 Mg 合金的铸造技术在许多方面都需要进一步发展、完善, Mg 合金铸件的生产经验有待积累。我国有丰富的 Mg 资源, 有广阔的 Mg 铸件应用空间。只要我国的铸造工作者共同努力, 在国外已有 Mg 铸造技术的基础上进一步研究开发, 我国 Mg 铸造业一定有辉煌的未来。

参考文献 References

- [1] Huang Naiyu(黄乃瑜), Luo Jirong(罗吉荣). 面向 21 世纪的消失模铸造技术[J]. *Special Casting and Nonferrous Alloy*(特种铸造及有色合金), 1998(4): 37-40.
- [2] Sun Guoxiong(孙国雄). 从 64 届世界铸造会议看铸造业近期发展趋向[J]. *Journal of Casting World*(铸造世界报), 2001(1): 15-16.
- [3] Dong Xuanpu(董选普), Fan Zitian(樊自田), Huang Naiyu(黄乃瑜), et al. 镁合金消失模铸造的优势及关键[J]. *Special Casting and Nonferrous Alloy*(特种铸造及有色合金), 2003(4): 30-32.
- [4] AFS Magnesium Lost Foam Casting Committee (6-E). Genesis of a New Process: Magnesium Lost Foam Casting[J]. *Modern Casting*, 2003, 93(4): 26-28.
- [5] Marlatt M, Weiss D, Hryn J. Development in Lost Foam Casting of Magnesium[J]. *AFS Transaction*, 2003, 111: 1 053-1 060.
- [6] Fan Zitian(樊自田), Dong Xuanpu(董选普), Huang Naiyu(黄乃瑜), et al. *Method and Apparatus of Counter Gravity Vacuum Expendable Pattern Casting of Alloy*(镁(铝)合金反重力真空消失模铸造方法及设备): CN 1382542A[P], 2002.
- [7] Zang Dafu(张大付), Fan Ziyu(樊自田), Wu Hebao(吴和保), et al. 镁合金真空低压消失模铸造充型能力的研究[J]. *Special Casting and Nonferrous Alloy*(特种铸造及有色合金), 2005, 25(2): 115-117.
- [8] Fan Zitian(樊自田), Wu Hebao(吴和保), Zhang Dafu(张大付). 镁合金真空低压消失模铸造新技术[J]. *Chinese Mechanical Engineering*(中国机械工程), 2004(16): 1 493-1 496.
- [9] Li Yuanfa(李远发), Su Pingxian(苏平线). 液态压铸锻造双控成形技术研究[J]. *Special Casting and Nonferrous Alloy*(特种铸造及有色合金), 2006, 26(9): 568-570.
- [10] Wang Zhiqing(汪之清). 充氧压铸[J]. *Special Casting and Nonferrous Alloy*(特种铸造及有色合金), 1996(3): 38-41.
- [11] 井藤忠男, 北高亮. 酸素雰囲気ダイカストによるマブネシウム合金の特性と応用[J]. *Light Metal*(轻金属), 1992, 42(12): 815-821.
- [12] Wolodkowicz A. Vacuum Die Casting: It's Benefits and Guidelines. *Transactions of 16th International NADCA Congress and Exposition* [C]. Detroit, MI, USA, 1991.
- [13] Peng Liang(彭 靓), Sun Wende(孙文德), Qian Hancheng(钱翰城). 压铸铝合金及先进的压铸技术[J]. *Casting*(铸造), 2001, 50(1): 17-24.
- [14] Chen Jincheng(陈金城). 真空压铸的发展[J]. *Special Casting and Nonferrous*(特种铸造及有色合金), 1996(5): 32-33.
- [15] Komazaki T. MIG Welding Characteristics of Aluminum Vacuum Die Casting[J]. *Journal of Japan Foundry Engineering Society*, 2004, 76(4): 289-295.
- [16] Schineider W, Franz J. Heat Treatment of Aluminum Casting Alloys for Vacuum Die Casting[J]. *Light Metal Age*, 1998, (10): 12-37.
- [17] Lin Ling(林 凌), Zeng Xiaoqin(曾小勤), Ding Wenjiang(丁文江). 镁合金减震塔的真空压铸研究[J]. *Special Casting and Nonferrous Alloy*(特种铸造及有色合金), 2010, 30(3): 240-243.
- [18] Kang Yonglin(康永林), Mao Weimin(毛卫民), Hu Zhuanglin(胡壮麟). *The Theory and Technology of Semisolid Processing of Metal Materials*(金属材料半固态加工理论与技术)[M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [19] Mao Weimin(毛卫民). *Shape Technology of Semisolid Metals*(半固态金属成形技术)[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2004.
- [20] Mao Weimin(毛卫民). 半固态金属流变铸造技术的研究进展[J]. *Special Casting and Nonferrous Alloy*(特种铸造及有色合金), 2010, 30(1): 24-35.
- [21] Northeastern University(东北大学). *Method of Electromagnetic Low-Temperature Semi-Continuous Casting of Magnesium Alloy*(镁合金电磁低温半连续铸造方法): CN 0313390[P]. 2003-05-28.
- [22] Le Q C. Study on Electromagnetic Vibration Casting (EVC) of Magnesium Alloys[J]. *Materials Science Forum*, 2007, 546-549: 207-210.

- [23] Wataria H, Paisarnb R, Haga T. Development of Manufacturing Process of Wrought Magnesium Alloy Sheets by Twin Roll Casting [J]. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing*

Engineering, 2007, 20(1-2): 515-518.

- [24] Bao Peiwei (鲍培玮), Li Peijie (李培杰). 双辊薄带高速铸轧机新技术[J]. *Casting(铸造)*, 2005, (9): 847-851.



专栏特约编辑丁文江

丁文江: 男, 1953年生, 教授; 长期从事先进镁合金及工程化研究, 创建了轻合金精密成型国家工程研究中心, 担任国家重大基础研究项目“面向未来的高性能镁合金基础研究”技术首席, 在阻燃镁合金、镁合金强化机制和高强度稀土镁合金研发方面取得了多项研究成果; 获国家科技进步二等奖、国家技术发明二等奖、国防科技进步二等奖和上海市技术发明奖一等奖各1次; 发表论文321篇, 其中SCI收录184篇, EI收录211篇, 申请发明专利105项(美国专利1项, 已授权75项)。

刘 正: 男, 1957年生, 教授、博导, 享受国务院特殊津贴; 现任沈阳工业大学材料科学与工程学院党总支书记, 辽宁省镁合金及成形技术重点实验室主任, 兼任我国“镁合金加工与应用技术创新战略联盟”的常务副秘书长, 发明的“粗镁直接



特约撰稿人刘 正

熔炼合金技术”已建成了年产能力达到2000万吨的生产线; 获得省部级二等奖5项、三等奖3项, 市级一等奖1项; 先后承担了国家科技攻关计划, 支撑计划, 863、973计划, 国际合作计划等15项国家级课题; 在国内外发表论文150余篇, 撰写和参编《镁基轻质合金理论基础及其应用》、《亚稳金属材料》等多部学术专著, 申请国家发明专利20余项, 以他发明的压铸镁合金专利为技术基础, 2007年成立了沈阳金杯镁业汽车零部件有限公司。

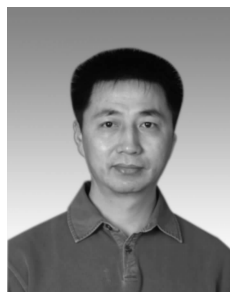
刘 庆: 男, 1964年生, 教授、博导; 重庆大学材料科学与工程学院院长、国家杰出青年科学基金获得者、长江学者特聘教授、新世纪百千万人才工程国家入选、重庆市首届有突出贡献的中青年专家、福特教授、国家重大基础研究“973”计划“高性能镁合金材料”项目首席科学家、科技部“十一五”国家“863”计



特约撰稿人刘 庆

划新材料领域专家组成员、国家自然科学基金委金属学科评审专家组成员、澳大利亚国家轻金属研究中心国际技术委员会成员、国际铝合金大会(ICAA)国际专家委员会成员; 先后主持了杰出青年基金、自然科学基金重点项目, “863”计划项目, “973”计划项目, 国防重大基础研究计划项目等科研项目16项; 获省部级一等奖2项, 国家科技进步二等奖1项; 发表学术论文150余篇。

王福会: 男, 1960年生, 研究员、博导; 1996年度国家杰出青年基金获得者; 兼任中国腐蚀与防护学会第二届青年工作委员会主任、中国腐蚀与防护学高温专业委员会主任、中国机械工程学会表面工程分会副主任委员、高温腐蚀与防护系列国际会议的顾问委员; 1992年获中科院院长奖学金特别奖、1993年获国际材料联合会颁发的青年科学家与工程师奖、1994年获中科院有突出贡献



特约撰稿人王福会

的中青年专家称号、1995年获中科院首届优秀青年称号、2001年获中科院青年科学家奖、2005年获中国优秀博士后称号; 2010年获辽宁省自然科学一等奖; 发表SCI收录论文250余篇, 获发明专利20多项。

曾小勤: 男, 1975年生, 教授; 上海市镁材料及应用工程技术研究中心常务副主任、轻合金精密成型国家工程研究中心能源材料研究室主任; 曾主持和参与国家“863”计划、“973”计划、国家自然科学基金、科技部国际合作和国防科工委军品配套项目等30余项; 在镁高温氧化机理、稀土镁合金强化理论等方面开展了较深入研究; 发表SCI收录论文120篇, 参与撰写镁合金专著《镁基轻质合金基础理论及其应用》和《镁合金科学与技术》, 申请发明专利48项, 美国专利1项。

袁广银: 男, 1970年生, 教授, 博导; 2002年获日本学术振兴会研究基金资助, 2007



特约撰稿人曾小勤



特约撰稿人袁广银

年入选教育部新世纪优秀人才支持计划, 2008年荣获上海交通大学“晨星青年学者奖励计划”SMC优秀青年教师奖; 主要从事新型轻金属材料的组织控制与强化、可降解医用金属材料及其表面改性研究等; 曾先后主持或参与国家自然科学基金, “863”重点项目, 国家“973”项目等20余项; 获2007年上海市科技进步一等奖、2008上海市发明创造专利三等奖各1项; 合著“镁合金科学与技术”, 发表学术论文50余篇, 其中SCI收录40余篇, 申请发明专利10项(授权6项)。