

Replicast CS 技术研究进展及展望

崔海伟¹ 蒋文明²

(¹ 郑州交通职业学院 河南 郑州 450062

² 华中科技大学 湖北武汉 430074)

摘要:概述了 Replicast CS 法中泡沫模样制备、制壳技术、失模及焙烧技术、负压振动紧实等关键技术研究进展,并分析了 Replicast CS 工艺存在的问题,展望了 Replicast CS 工艺发展方向,提出将反重力铸造技术应用到 Replicast CS 工艺中,形成一种新的适合复杂薄壁铝镁合金精密铸件生产的复合成型工艺。

关键词:Replicast CS 工艺;反重力铸造;复杂薄壁;铝镁合金铸件

1 引言

上世纪 80 年代初,英国铸钢件研究与贸易协会 (SCRATA) 提出一种失模精密铸造新工艺—Replicast CS 国内称之为气化模—精铸—负压复合铸造^[1-2]。该工艺以 EPS 泡沫模为母模,利用熔模铸造制壳技术在泡沫模上制壳,浇注前脱去型壳内的泡沫模,并焙烧型壳,最后进行干砂造型、负压下浇注。它将消失模铸造、熔模铸造和负压铸造 3 种工艺有机地结合在一起,扬长避短,显著提高了铸件质量。该工艺具有泡沫模尺寸稳定,收缩率低,成本低的特点,能够生产大型复杂精密铸件;泡沫模在浇注前脱去,避免了消失模铸件易出现的皱皮和增碳等缺陷;铸件具有熔模铸造精铸件的质量,并克服熔模铸造不能用于大件以及成本高、工艺复杂的不足。

随着国内外航空、航天、汽车工业的发展,21 世纪铸件的发展趋势是“精密化”、“轻量化”和“复合化”^[3]。由于 Replicast CS 工艺独特的技术特点和突出的成型优势,其在复杂薄壁精铸件的生产中必将有着巨大的发展潜力和广阔的应用前景。

2 Replicast CS 技术研究现状

英国 Foseco 公司建立了 Replicast CS 工艺车间,并批量生产质量达 50 kg 以上的铁、钢等铸件,目前该工艺生产的最大铸件质量达 450 kg^[4-5]。我国对 Replicast CS 的研究开始于上世纪 90 年代,沈阳铸造研究所、清

华大学、西北工业大学等进行了相关研究。

目前,Replicast CS 技术的研究及应用主要集中在黑色合金上,对有色合金研究相对较少,而对其工艺的研究主要集中在其关键技术的研究:泡沫模样制备技术,陶瓷型壳制备技术,泡沫模失去技术(失模工艺)及焙烧工艺,振动紧实及负压浇注技术等。

2.1 泡沫模样研究

目前泡沫模制备主要有加工成型和发泡成型两类。对于结构复杂或生产批量巨大的铸件以及精度和粗糙度要求较高的模样应采用后者。

沈桂荣^[6]对聚苯乙烯珠粒选择及泡沫模成型工艺进行了研究,指出用于 EPC—CS 复合工艺的聚苯乙烯珠粒应采用高密度、粒径小 ($\phi 25-\phi 50\text{mm}$) 而均匀的珠粒,密度 $0.1-0.3\text{g/cm}^3$ 。热水预发泡和蒸气发泡成型工艺,见表 1、2。

表 1 热水预发工艺参数

预发温度 / $^{\circ}\text{C}$	预发时间 /min	加料质量 / 水质量 /%	分散剂质量 / 水质量 /%
100—102	2—3	< 6	> 0.03

表 2 蒸汽成型工艺参数

喷料压力 /MPa	成型压力 /MPa	模具预热 时间 /s	成型时间 /s	冷却时间 /s
0.4	0.12—0.15	15	40	120

收稿日期: 2010—06—15

作者简介: 崔海伟 (1980—) 男, 河南项城人, 郑州交通职业学院机电工程系教师。

蒋文明 (1982—) 男, 河南沈丘人, 华中科技大学博士研究生。

余欢^[7]对大型薄壁泡沫模样成型工艺进行了大量实验,指出模样密度与成型工艺相互制约,珠粒粒径越小,预发后堆密度越大,随着模样密度减小,成型发泡需要的时间越长,温度需要越高。

2.2 制壳技术研究

型壳制备是经配涂料、浸涂料、撒砂、干燥硬化及高温焙烧等工序而成。

目前主要有水玻璃、硅溶胶、硅酸乙酯三种粘结剂制备型壳,它们各有优点与不足。其中水玻璃型壳采用化学硬化,强度建立快,湿强度大,制壳周期短,价格低廉,货源充足易得,但其型壳表面粗糙度较大,尺寸精度低,表面质量较差,型壳高温强度低,抗变形能力差;硅溶胶型壳高温强度好,高温抗变形能力强,热震稳定性高,且型壳表面粗糙度小,表面光滑,型壳不需要化学硬化,使用方便,环境卫生,但型壳干燥速度慢,湿强度低,制壳周期长影响了生产效率;硅酸乙酯型壳室温和高温强度高,抗变形能力强,铸件尺寸稳定性好,可通过氨气干燥硬化,生产周期短,但是溶剂乙醇易于挥发,不利于环保,高温强度不如硅溶胶型壳。

由于水玻璃型壳表面质量较差,且高温强度低,已不能满足目前对铸件精密化的要求,因此在面层涂料中使用较少,已逐渐被硅溶胶和硅酸乙酯取代,只有部分用于加固层涂料。

综上,型壳的制备对获得高质量的铸件至关重要。目前制备陶瓷型壳的方法众多,但总的说来制壳周期都较长,严重影响了生产效率,因此开发出制壳周期更短的制壳新工艺势在必行。

2.3 失模及焙烧技术研究

失模技术是 Replicast CS 工艺中的一项关键技术。在失模过程中保证型壳不开裂,又不留下泡沫模分解产物,获得表面质量较好的型壳。国内外学者在这方面做了很多工作,但未形成一致看法。

国内进行高温直接失模时型壳均出现开裂。张展^[8]认为,导致型壳开裂的主要原因是 EPS 模中含有残余发泡剂,在热作用下继续气化使模样膨胀,提出了分阶段升温失模。袁子州^[9]对随炉失模和高温失模进行了研究,得出型壳开裂为 EPS 模体积膨胀所致,提出随炉升温到 600℃,保温 60 min 失模。余欢^[10]对高密度模样在低温失模 (<300℃) 和高温失模 (>500℃) 下进行了研究,得出低温失模适合低密度模样,高密度模样失模应为高温 650—750℃ 之间进行。

失模工艺较为复杂,与泡沫模性能、型壳性能以及铸件的形状、尺寸等诸多因素有关,因此应根据实际情况制订合理的失模工艺。

焙烧的目的是去除型壳中的挥发物,使型壳在浇注时有低的发气性和良好的透气性,其次,可使粘结剂、耐火材料等物质之间进行热物理化学反应,改变型壳的物相组成和显微组织,改善型壳的高温力学性能。绝大数资料及研究指出焙烧一般应在 800℃—1000℃ 保温 1 h—2 h 进行。

2.4 振动紧实及负压浇注研究

振动紧实可以使砂子紧实,以支撑型壳,保证型壳具有足够的抗变形、抗开裂能力,防止型壳因为热冲击或合金凝固收缩应力而产生破裂,提高成产率。负压有利于型腔内气体的排除和金属液的充填,亦有利于型壳的固定。

姜不居^[11]等对振动紧实造型进行了研究,得出:共振状态紧实最好;一般复杂型壳选用一维振动,复杂型壳采用三维振动;振动频率 30—50 Hz; 振幅 0.1—0.3 mm; 加速度 10—30 m/s²; 振动时间 30—60 s; 振动时间过长会引起型壳开裂;型壳上面砂层厚度至少 200 mm; 砂层厚度越小越不易紧实;砂子选用 45/24 目,不易过细,否则会影响型壳透气性;负压对砂子紧实程度无明显影响。

3 目前存在的问题

尽管国内外针对气化模—精铸—负压复合铸造 (Replicast CS) 成形技术在泡沫模制备、制壳、失模等方面已开展了一定的基础研究,并取得了一定的成绩,但从目前的发展、应用及需求来看,还存在以下一些主要问题:

(1) 该技术主要应用在黑色合金上,对于铝镁有色合金研究较少,而铝镁合金结晶区间宽、体收缩大,且热容量小、易产生浇不足、缩松等缺陷,浇铸温度比铸铁低得多,充型能力低,如果提高熔炼和浇注温度,将增加铝镁合金氧化吸气倾向,铸件易出现针孔、夹渣等缺陷,导致铸件力学性能下降,因此目前急需研究适合铝镁有色合金的成型新工艺。

(2) 该工艺的制壳周期较长,且价格昂贵,严重影响了生产效率及生产效益,因此急需一种能够缩短制壳周期,降低制壳成本,提高生产效率和效益的制壳新工艺。

(3) 该工艺采用真空 (负压) 浇注技术时,仅仅依靠合金本身的重力进行充填,金属液的充型动力不够,这对生产大型、复杂、薄壁的精铸件不利,易于形成一些浇不足、冷隔等缺陷,另外,合金液表面形成的氧化膜易于带入铸型中,形成一些夹渣、夹杂等缺陷,因此还需要一定外力来增大合金液的充型能力,并对充型过程进行必要的保护和控制。

4 展望

随着 21 世纪对铸件的轻量化、复杂化、薄壁化、精密化的要求,铝镁等有色合金精铸件的需求将会日益增加,对铝镁合金成形技术的要求也提高到一个新的高度。

利用 RePlicast CS 技术生产复杂精密铸件具有独特优势,但如上所述也存在一些问题,因此应针对以上问题对其进行改进,才能保证该技术具有更强的活力。今后 RePlicast CS 技术的发展将集中在以下几个方面:

(1) 研究适合大型复杂薄壁铝镁合金铸件生产的新工艺,满足对有色合金铸件日益增大的需求,扩大有色合金实际生产应用。

(2) 开发新型能够缩短制壳周期,降低制壳成本的粘结剂;改进常规的制壳工艺,通过减少型壳层数,采用复合型壳等工艺来缩短制壳周期,降低制壳成本。

(3) 将 RePlicast CS 工艺与反重力铸造相结合,使得金属液在真空和压力的双重作用下浇注充型,金属液充型能力大大提高,同时金属液在压力下凝固,使得铸件较为致密,可以克服铝镁合金普通铸造中常见的浇不足、冷隔、气孔等缺陷,且不需太高的浇注温度,形成一种生产高精度、薄壁复杂铝镁合金铸件的复合新工艺。这将在航空航天、军工、汽车、电子、机械等行业具有巨大的优势和潜力,有着广阔的应用前景。

(上接第 11 页) 参考宏程序如下:

```
%  
O003(椭圆加工子程序名)  
N5 #1=16  
N10 #102=8  
N15 #103=12.5  
N20 IF #103 LT 12.5] GOTO 50  
N25 #104=SQRT[#101*#101-#103*#103]  
N30 #105=#102*#104/#101  
N35 G01 X[40-2*#105+#150] Z[#103-35]  
N40 #103=#103-0.5  
N45 GOTO 20  
N50 G00 U20 Z2  
N55 M99  
%
```

4 结束语

宏程序是解决非圆曲线数控编程的关键技术,而

(4) 随着计算机技术的发展及广泛应用,将 PLC 人工智能、自动控制以及 PC 技术应用到 RePlicast CS 工艺中,使其操作和控制更方便、更容易、更合理,自动化程度更高,精密化程度更高,生产效率更高。

参考文献

- [1] M. C. Ashton. AFS Transactions 1984
- [2] R. E. Grote. AFS Transactions 1986
- [3] 严青松,余欢,魏伯康,等.有色合金复杂薄壁铸件 21 世纪的发展和展望[J].铸造技术,2004,9(25):729-734
- [4] 王光阔摘译.泡沫塑料膜模陶瓷壳型精铸法[J].铸造工程,1988,2(1).
- [5] Ashton M. C, Sharnan S. G., Brookes A. T. Lightweight Ceramic Shell For Large Investment Casting[J]. Precision Metall 1984(10).
- [6] 沈桂荣,黄景福,曹健,等.气化模—精铸—负压复合铸造工艺的研究[J].铸造,1991,11:11-16
- [7] 余欢,张启勋.薄壁泡沫塑料模成型工艺参数的研究[J].南昌工业学院学报,1995,2(2):18-22
- [8] 张展,徐介文,曹达富.聚苯乙烯泡沫塑料模精密铸造工艺研究[J].特种铸造及有色合金,1991,4:3-6
- [9] 袁子洲,张劲松,陈秀娟.消失模精密铸造工艺研究[J].特种铸造及有色合金,2003,4:46-47
- [10] 余欢,张启勋.薄壁件消失模精铸失模工艺的研究[J].铸造技术,1996,1:35-37
- [11] 姜不屈,南密英,郭建政,等. RePlicast CS 法造型研究[J].铸造,1992,8:14-18

[责任编辑:赵伟]

编程人员只有掌握了宏程序的设计思想和设计原理,才能很好地使用宏程序功能。本文通过分析宏程序的设计原理,结合编程实例给出了非圆曲线宏程序编制的标准格式,解决了数控编程人员在使用宏程序时无从下手的问题,这对从事数控编程的工程技术人员和职业院校的学生将会有很大帮助。

参考文献

- [1] 顾晔,楼章华.数控加工编程与操作[M].北京:人民邮电出版社,2009
- [2] 沈建峰.数控车床编程与操作实训[M].北京:国防工业出版社,2005
- [3] 徐新,彭锡明.椭圆宏程序的编制[J].科技信息,2008(28).
- [4] 王洪亮.数控车床宏程序编程应用实例[J].科技资讯,2007(4).

[责任编辑:赵伟]