

水幕铸造技术及工业应用

韩青有

(普渡大学机械工程技术系, West Lafayette, IN 47906, USA)

摘要: 水幕铸造是一种新型铸造方法, 这种方法使用水溶性粘结剂粘结型砂造型, 并用水冷却正在凝固的铸件。金属液浇入型腔后, 充满金属液的铸型向水幕移动。水幕将砂型逐层剥离时, 直接冷却暴露出型腔部分的铸件, 形成了从铸件远端向浇口的快速水冷定向凝固。与传统砂型铸件对比, 用此法生产的铸件气孔率低, 热裂倾向小, 其凝固组织尤其是共晶组织极其细小, 力学强度提高近30%, 伸长率提高数倍, 且具有极强的力学性能稳定性。此技术的问世引起了工业界极大的应用兴趣。本文介绍水幕铸造技术以及其工业试验和应用以及学术研究现状。

关键词: 水幕铸造; 砂型铸造; 显微组织; 力学性能

水幕铸造的英文原文是Ablation Casting^[1-2]。Ablation源自拉丁文, 意剥除。此技术用水幕剥除砂型, 根据技术原理应译成水幕除型铸造, 此文将此技术简称水幕铸造。这项技术的要点是用一次性使用的砂型形成铸件的形状并将浇入型腔的金属(液体或含有一定固/液分数)保持在一定的温度范围内。使用水幕逐层剥离型砂后, 直接冷却暴露出型腔部分的铸件, 从而形成了从铸件末端向浇口的快速水冷定向凝固。型砂用水溶性粘结剂粘结型砂, 水玻璃是典型的水溶性粘结剂之一。水幕由一系列喷嘴喷出, 水幕溶解水溶性粘结剂, 使砂型逐层溃散。从某种意义上讲, 水幕铸造类似于使用砂型的半连续铸造(Direct Chill Casting)。

2007年水幕铸造获得美国专利, 此技术有一系列特点: 砂型被水去除, 减少了烟气粉尘污染; 传统砂型铸件凝固期间形成于铸件/铸型间的气膜被水充填从而被彻底消除, 这层气膜严重减缓铸件凝固后期的传热; 水直接冷却正在凝固的铸件, 实现了快速凝固, 极大地细化了凝固组织, 尤其是共晶组织; 水幕逐层剥离铸型形成了从铸件末端向浇口的定向凝固, 可用浇道直接补缩铸件, 取消了冒口, 提高了铸件工艺出品率并减少了气孔和缩孔缺陷; 水幕逐层剥离铸型消除了铸型对铸件凝固收缩和固态冷却收缩的阻力, 从而降低了铸件的热裂倾向。这一系列特点使得用水幕铸造生产的铸件比用传统铸造方法(例如砂型铸造, 金属型铸造, 低压铸造和挤压铸造)生产的铸件具有更高的力学强度和塑性、成品率和工艺出品率^[1-5]。

水幕铸造技术一经问世, 便获得了工业界的极大兴趣。国防工业试验生产了铝铜系列高强铝合金铸件^[3-4]、交通运输业试验生产了铝硅系列合金和镁合金铸件^[1-2, 5]。工业试验表明, 水幕铸造技术适用于制造高强度、高塑性、内部质量高的形状复杂铸件, 为零件设计师设计高强轻质铸件提供了新的可能。本田汽车公司用水幕铸造技术生产一款全铝车身跑车(Acura NSX Sportcar)连接件^[6-7], 此联接件铸件获美国铸造学会2015年度最佳铸件奖, 并自2016年起在美国批量生产。本文介绍水幕铸造技术、工业试验和应用, 以及学术研究现状。

1 水幕铸造技术

水幕铸造技术步骤包括: ①用水溶性粘结剂(如水玻璃)混砂造型; ②按砂型

作者简介:

韩青有(1958-), 男, 教授, 博士, 研究方向铸造合金。
E-mail:hanq@purdue.edu

中图分类号: TG249.9
文献标识码: A
文章编号: 1001-4977(2021)02-0259-06

收稿日期:

2020-10-29 收到初稿,
2020-11-22 收到修订稿。

铸造条件准备金属液（无需金属液除气处理和变质处理，合适的定向凝固可避免气孔缩孔^[7-9]，快速水冷可改变共晶相的形貌^[1-2, 10]）；③浇注金属液充型砂型；④等待一定的时间，让铸件离浇道末端形成一定的固相分数（使其具备一定的刚度抵御水幕冲击）；⑤从铸件离浇道末端开始逐层水幕剥离铸型；⑥完成铸件在水幕冷却条件下的定向凝固。水幕铸造技术的创新点在于：使用砂型定义铸件的形状并利于充型；使用冷却液控制铸件的散热、凝固和固相淬火。

图1a显示水幕除型进行时，图1b显示水幕除型完毕后的A356合金转向节（Steering Knuckle）铸件^[1-2]。水幕由水流经过水管下方一系列孔洞形成，水管由固定支架固定于一定高度，铸型缓慢通过水幕除型。

事实上在水幕铸造过程中，金属液首先在砂型中冷却，或形成一定数量的树枝晶。以金属液浇注结束的时间点开始计时，设为时间0点，则水幕除型的开始时间可定为 t_0 ， $t_0 > 0$ 。但文献中并无有关水幕除型的开始时间 t_0 理想数值和确定准则^[1-5, 11-17]。作者认为， t_0 的确定准则应该基于合金的相变规律和铸件的冷却条件。

铸件中的冷却曲线和相变示意图见图2，左图取自A356温度和固相分数图关系图^[18]，右侧是冷却曲线。左右两图对应，反映出在铸件中测温点处时间和固相分数的关系。图中浅灰和灰色区域（液相线和固相线之间的区域）是固液两相区。冷却曲线中的黑线是砂型中的冷却曲线，数据取自凝固时间为600 s的A356合金铸件^[13]；曲线Ⅰ、曲线Ⅱ和曲线Ⅲ分别对应于不同水幕除型的开始时间 t_0 的冷却示意曲线。金属在砂型中冷却遵循黑线，受水幕冷却影响时，遵循Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ曲线。

以砂型铸造为例，浇注完成后，铸型中金属液降温，在时刻 t_1 ，温度降至液相线，测温点附近的金属液

中开始形成枝晶；在时刻 t_2 ，开始形成共晶；在时刻 t_3 ，测温点区域凝固结束。图2中的区域Ⅰ发生在 t_1 至 t_2 时间段，测温点附近的金属处于液体+树枝晶的固液两相区（图中称为枝晶区）；区域Ⅱ发生在 t_2 至 t_3 时间段，测温点附近的金属处于液体+树枝晶+共晶相的固液两相区（图中称为共晶区）；区域Ⅲ发生在 $t > t_3$ ，此时测温点附近的金属温度低于合金的固相线，测温点附近的金属液凝固结束。水幕除型的开始时间 t_0 只能发生在 t_1 至 t_3 的区域Ⅰ和区域Ⅱ之中。当 $t_0 > t_3$ 时，水幕冷却对应的冷却曲线为图2中的冷却曲线Ⅲ，此时的水冷只是固体金属淬火。当 $t_0 < t_1$ 时，金属液难以承受水幕冲击，会带来严重的铸件表面质量问题。当 t_0 位于区域Ⅱ时，水幕冷却对应的冷却曲线为图2中的冷却曲线Ⅱ。此时的水幕冷却可细化共晶组织。当 t_0 位于区域Ⅰ时，水幕冷却对应的冷却曲线为图2中的冷却曲线Ⅰ。此时的水幕冷却可同时细化枝晶组织和共晶组织。作者认为：理想的水幕除型的开始时间 t_0 应该处于区域Ⅰ的中后期，此时此处的铸件既有足够的枝晶分数去抵御水幕的冲击，又有共晶液体需要水幕冷却去形成细小的共晶组织。在铸件中，获得细小的共晶组织是大幅度提高铸件韧性的关键所在。在共晶反应期间快速水冷，也可获得强化元素在枝晶相最大浓度和在冷却后的最大过饱和度，以达到最佳的固溶强化和沉淀强化的效果^[7]。

2 铸件组织和力学性能

关于水幕铸造铸件的凝固组织，现有文献报道不尽一致，究其原因，应该与水幕除型的开始时间 t_0 有关。出于技术保密，工业研究报告，不涉及技术细节。而有关这一技术的比较严谨的学术研究寥寥无几^[11-17]。比较一致的结论是：①共晶组织显著细化；②共晶相形貌有条件改善；③二次枝晶臂间距有所细化。



(a) 水幕正在逐层剥离充满金属液的铸型



(b) 水幕除型完毕后的A356合金转向节

图1 水幕铸造实例

Fig. 1 An example of ablation casting process

Grassi等人^[1-2]在研究无变质处理A356合金水幕铸造铸件的凝固组织时发现,铝枝晶的二次枝晶臂间距与砂型铸件差别不大,但共晶硅由砂型铸件的粗片状变为细针状,估计共晶相间距小于1 μm 。他们的研究结果可以理解为,共晶硅由三维花瓣状(俗称片状)变为三维珊瑚状(俗称棒状或点状),珊瑚分枝直径小于1 μm 。显而易见,适时的水幕冷却达到了共晶硅快冷变质的临界冷却速度^[10],使共晶硅变质。

Dedek等人^[14]用阶梯试块(5个阶梯,最薄3 mm,最厚15 mm,阶梯间厚度差3 mm)研究了无变质处理A356合金砂型铸件和水幕铸造铸件的凝固组织。他们发现,在3 mm薄壁处,相对于砂型铸造,水幕铸造可显著细化共晶组织和二次枝晶臂间距。而在6 mm厚度以上,二次枝晶臂间距无明显减小,共晶组织明显细化,但其形貌仍是片状/花瓣状。

使用热分析方法,Bohlooli等人^[11]研究了A356合金枝晶凝固后期(图2中区域I后期)开始水幕除型,发现相对于砂型铸造,铸件的凝固时间将低1/3;二次枝晶臂间距细化率可达38%;气孔缩孔可大幅度降低;共晶组织明显细化。

Taghipourian等人^[13]研究了位于图2区域I和II中3个不同的水幕除型的开始时间 t_0 对无变质处理A356合金凝固组织的影响。研究表明:在区域I初期开始水幕除型,铸件的总凝固时间和共晶凝固时间从砂型铸造的600 s和450 s减少到水幕铸造的100 s和5 s;二次枝晶臂间距细化率达50%,但出现长条状一次枝晶,气孔缩孔消除,共晶组织明显变质且细化。在区域I中期开始水幕除型,仍然是5 s;二次枝晶臂间距细化,气孔缩孔率显著减少,共晶组织明显变质且细化。在区域II初期开始水幕除型,共晶凝固时间比砂型铸造缩短;二次枝晶臂间距变化不大,气孔缩孔率增大,共晶组织细化。

上述研究结果表明,水幕铸造铝硅A356合金的二次枝晶臂间距以及共晶组织的尺寸和形貌的试验结果因实验条件不同而异。主要的影响因素包括水幕除型的开始时间 t_0 和水幕除型速度^[7]。一些适用于铝硅合金的理论公式可以用来考核这些因素对凝固组织的影响。例如,铝合金的二次枝晶臂间距 d_2 ,可以用下式表示^[19-21]:

$$d_2 = A t_c^{1/3} \quad (1)$$

式中: A 是与合金系的成分有关^[20-21], t_c 是铸件的局部凝固时间,可通过热分析获得。水幕铸造铝硅系合金铸件中的二次枝晶臂间距 d_2 ,可以通过测定水幕冷却时铸件的局部凝固时间 t_c 估计。铝硅合金的共晶间距 λ ,可以用下式表示^[22-23]:

$$\lambda^n V_s = c \quad (2)$$

式中: V_s 是共晶前沿的推进速度,受水幕和铸型间的相对移动速度影响。对于非小晶面的共晶硅相, n 和 c 受合金成分和共晶前沿的温度梯度影响。共晶相的尺寸可根据共晶相的形貌和共晶间距确定^[24]。然而,水幕铸造的理论研究尚且缺乏。共晶前沿的推进速度 V_s ,与水幕水量和移动速度之间的关系尚有待研究。

综上所述,在合适的工艺条件下,砂型铸造可细化且变质共晶组织,减少气孔缩孔缺陷。这些组织方面的改善带来明显的力学性能改善。表1列举A356-T6合金铸件在4种铸造工艺的典型的力学性能数据^[1-2](铸件的力学性能受铸件壁厚影响,图表中数据在同类铸件本体上取样所获得)。

表1中的质量因子 QI ,由经验公式(3)描述^[25]:

$$QI = UTS + 150 \log E \quad (3)$$

式中: UTS 是抗拉强度, E 是伸长率, $\log$ 是以10为底的对数。在欧美,公式(3)所描述的质量因子,被广泛用于描述铸件的质量。

由表1中的数据可见,水幕铸造铸件的力学性能和铸件质量高于其他3种铸造方法。其中伸长率比砂型铸件和金属型铸件高出3~4倍。铸件质量因子比砂型铸造高58%,比金属型铸造高39%,甚至比挤压铸造铸件高5%。

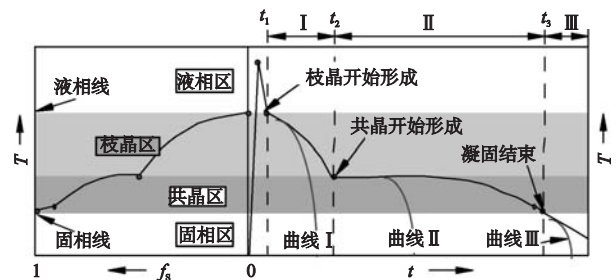


图2 砂型铸造和水幕铸造过程中铸件中某测温点的温度、固相分数和时间的关系示意图

Fig. 2 Schematic illustration of temperature vs. fraction of solid curve and cooling curves during sand casting and ablation casting processes

表1 各种铸造条件下A356-T6铸件的典型力学性能
Table 1 Mechanical properties of A356-T6 castings made by various casting processes

性能	砂型铸造	金属型铸造	挤压铸造	水幕铸造
抗拉强度/MPa	228	262	312	325
屈服极限/MPa	179	207	243	261
伸长率/%	3.5	4.0	11.0	12.5
质量因子/MPa	310	352	468	490

水幕铸件力学性能的另一个特点是其性能稳定性。Zindel^[5]将水幕铸件力学性能用Weibull分布图与砂型铸件作了对比,发现水幕铸件的力学性能分布范围比砂型铸件大为狭窄,表明水幕铸件的力学性能稳定性强于砂型铸件。

Tiryakioglu等人^[12]对比了AA6061-T6合金锻压试样和水幕铸造试样以及A356-T6砂型铸造试样的疲劳性能发现,水幕铸造AA6061-T6试样的疲劳性能优于A356-T6砂型铸造试样,但略低于AA6061-T6合金锻压试样。Tiryakioglu等人^[12]据此声称:水幕铸造技术解决了长期困扰铸造行业的铸件性能劣势问题,尤其是疲劳性能劣势问题。

3 工业试验及应用

水幕铸件优异的铸造性能和综合力学性能,尤其是其优异的塑性/伸长率以及抗疲劳性能,引起工业界的极大兴趣。铸造合金往往具有优异的铸造性能和力学强度,但塑性偏低,难以用于吸收冲击内能量和要求较高疲劳性能的场合。高强铸造合金例如铝铜合金和形变合金铸造性能较差,易产生热裂缺陷。水幕铸造铝合金铸件在这些领域有其独特的应用前景。

目前文献中报道的水幕铸造工业试验和应用包括B206合金(铝铜合金)后摆臂(Rear Swingarm)^[3-4], A356合金转向节(Steering Knuckles)^[1-2], 6061合金摩托车架(Motorcycle Frames)^[3-4]和6061合金船用引擎横梁支架(Transom Brackets)^[5]。这些工业试验的目的在于:①用轻合金取代钢铁及其高比重合金;②用廉价的铸件取代锻件和形变合金机加工件;③设计新型高强、高塑性、高内部质量的形状复杂零件。

在设计高强高韧轻质铸件方面,本田汽车公司近期设计和生产的水幕铸造铝型材连接铸件是一个很好的例子^[6-7]。这些连接铸件用于本田汽车公司第二代讴歌NSX全铝车身跑车(Acura NSX Sportcar), 2016年开始在市场上销售。本田汽车公司第一代讴歌NSX(NSX是英文New Sports Experimental的缩写,意在通过新型试验定义什么是超级车)跑车始于1990,由于无新试验可试用于跑车,第二代讴歌NSX超级跑车迟迟不能推出。在决定推出第二代讴歌NSX超级跑车后,本田汽车公司组成一研发团队去研究使用性材料和新工艺制造新型超级跑车。经过三年的设计和试验,于2016年1月推出第二代讴歌NSX超级跑车。铝合金空间框架(Space-Frame)是这款跑车的特色之一。此空间框架用铝铸件作为连接件,连接铝合金挤压型材,见图3^[26]。

初期的设计是在撞碎区(Crush Zone)之外使用较小的铸件连接铝合金挤压型材。但如果使用图3中下

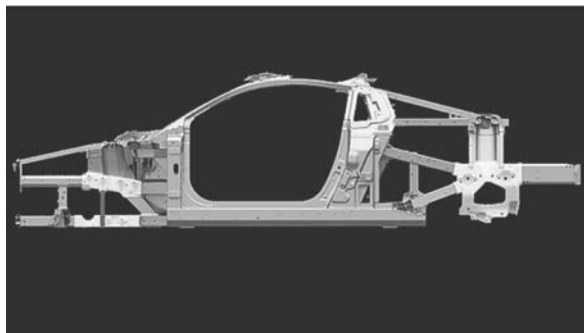


图3 第二代本田讴歌NSX超级跑车铝合金车身和水幕铸造连接件
Fig. 3 The body spaceframe structure and ablation cast frame nodes used in the second generation of Honda Acura NSX hybrid Sportcar

半部白色的大铸件去包含撞碎区,可大大减少空间框架的零件数目并提高空间框架的使用性能。然而这些铸件的性能必须与其相邻的铝合金挤压型材匹配(抗拉强度265~295 MPa,屈服极限175~205 MPa,伸长率>12%)。另一个关键点是这些铸件必须有足够的性能稳定性以保证空间框架有可重复的撞击能量吸收模式。本田汽车公司设计师认为,水幕铸造铸件可满足上述性能要求,于是着手设计图3中的铸件。

除性能要求外,连接件铸件还有其他尺寸、内部质量和焊接性要求,具体包括:①为保证撞击时在合适模式下破碎,连接件铸件某些部位的壁厚与其相邻的铝合金挤压型材匹配(3~4 mm);同时,连接块铸件某些部位必须有厚壁凸起,用于刚性连接于悬挂臂;②连接件必须空心以便铝合金挤压型材的插入和焊接,降低结构重量;③连接件必须有较低的形状公差以利于空间框架的组装;④连接件必须尽可能降低内部气孔缩孔,以保证焊缝质量;⑤后车连接件必须在201 kN载荷下无断裂。

本田汽车公司认为,水幕铸造技术是唯一能满足上述苛刻要求的零部件生产技术。使用新型连接件铸件后,空间框架的零件数目降低,结构刚度提高,组装工序减小,制造成本降低。此外,空间框架使用了图3所示的连接件铸件后,取消了其两边所需求的熔化极气体保护电弧焊(MIG Welding),从而消除了焊接所带来的空间框架热变形。为此,水幕铸造联接件铸件投入本田汽车公司第二代讴歌NSX全铝车身跑车的正式生产。这三个铸件荣获美国铸造学会2015年度最佳铸件奖。

4 结语

水幕铸造技术利用砂型规范铸件形状和金属液充型;利用定向水冷细化凝固组织,提高铸件工艺出品率并减少气缩孔缺陷;利用水幕逐层消除铸型从而消

除铸型对铸件凝固收缩的阻碍,减小铸件的热裂倾向。所生产的铸件具有较高的力学强度和塑性,较好的性能稳定性,抗疲劳性能接近锻压件。这项新型技术部分解决了铸件抗疲劳性能不足的问题,为使用低成本铸件取代部分挤压件或锻件,或为使用轻质材料取代重质材料提供了新的可能。在推动车辆轻量化以满足环保需求的当今,这项技术有其独特的使用价值。然而,此项技术的理论研究落后于应用研究,有待学术界和工业界进一步开展研究水幕铸造条件下合金的凝固行为及热处理响应,以开发此技术的潜在用途。

参考文献:

- [1] GRASSI J, CAMPBELL J, HARTLIEB M, et al. "Ablation casting", in Aluminum Alloys: Fabrication, Characterization, & Applications [C]. TMS, The Minerals, Metals, and Materials Society, 2008, 73-77.
- [2] GRASSI J, CAMPBELL J, HARTLIEB M, et al. The Ablation casting process[J]. Materials Science Forum, 2009, 681-619: 591-594.
- [3] WEISS D, GRASSI J, SCHULTZ B, et al. Discovering ablation: an emerging technology known as ablation can achieve fine microstructure and better mechanical properties in casting alloys[J]. Metal Casting Design & Purchasing, 2012, Jan/Feb: 36-39.
- [4] WEISS D, GRASSI J, SCHULTZ B, et al. Testing the limits of ablation[J]. Modern Casting, 2011, 101 (12): 26-29.
- [5] ZINDEL J. Ablation casting evaluation for high volume structural castings[R]. USAMP Project Presentation (Project ID # LM055), 2012-5-17.
- [6] WEISS D. "Advances in the sand casting of aluminum", Fundamentals of Aluminum Metallurgy: Recent Advances [C]. ed. R. Lumley, Woodhead Publishing, 2018, 5: 159-171.
- [7] HAN Q. Ablation casting: Solidification characteristics, microstructure formation, and mechanical properties [J]. International Journal of Metalcasting, accepted for publication, 2021, DOI 10.1007/s40962-020-00544-w.
- [8] HAN Q. Motion of bubbles in the mushy zone [J]. Scripta Materialia, 2006, 55: 871-874.
- [9] HAN Q. Shrinkage porosity and gas porosity, Vol. 15: Casting [M], ASM Handbook, ASM International, Materials Parks, OH, USA, 2008: 370-374.
- [10] LU S, HELLAWELL A. Growth mechanisms of silicon in Al-Si alloys [J]. Journal of Crystal Growth, 1985, 73: 316-328.
- [11] BOHLOOLI V, SHABANI M, BOUTORABI S M A. Effect of ablation casting on microstructure and casting properties of A356 aluminum casting alloy [J]. Acta Metallurgica Sinica, 2013, 26: 85-91.
- [12] TIRYAKIOGLU M, EASON P, CAMPBELL J. Fatigue life of ablation-cast 6061-T6 components [J]. Materials Science & Engineering A, 2013, 559: 447-452.
- [13] TAGHIPOURIAN M, MOHAMMADALIHA M, BOUTORABI S M, et al. The Effect of waterjet beginning time on the microstructure and mechanical properties of A356 aluminum alloy during the ablation casting process [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2016, 238: 89-95.
- [14] DUDEK P, FAJKIEL A, REGULA T. The research on the ablation casting technology for aluminum alloys [J]. Solid State Phenomena, 2014, 223: 70-77.
- [15] WEISS D, GRASSI J, SCHULTZ B, ET AL. Ablation casting of hybrid metal matrix composites, AFS Proceedings [C]. American Foundry Society, Schaumburg, IL USA, 2011: 11-57.
- [16] DURSUN A. Experimental Investigation of sand removal in water-soluble sand moulds using waterjets [D]. M. Sc. Thesis, McMaster University, 2015.
- [17] GABRYS K M, KONDRACKA M H, PUZIO S, et al. The influence of the modified ablation casting on casts properties produced in microwave hardened moulds with hydrated sodium silicate binder [J]. Arch. Metall. Mater., 2020, 65 (1): 497-502.
- [18] HAN Q, VISWANANTHAN S. The use of thermodynamic simulation for the selection of hypoeutectic aluminum-silicon alloys for semi-solid metal processing [J]. Materials Science and Engineering A, 2004, 364: 48-54.
- [19] KURZ W, FISHER D J. Fundamentals of Solidification [M]. 3rd ed., Trans Tech Publications, Aedermannsdorf, 1989: 294.
- [20] HAN Q, HU H, ZHONG X. Models for the Isothermal coarsening of secondary dendrite arms in multicomponent alloys [J]. Metall. Mater. Trans. B, 1997, 28B: 1185-1187.

- [21] HAN Q, ZHANG J. Fluidity of alloys under high-pressure die casting conditions: flow-choking mechanisms [J]. Metall. Mater. Trans. B, 2020, 51B: 1795–1804.
- [22] HOGAN L M, SONG H. Interparticle spacings and undercoolings in Al-Si eutectic microstructure [J]. Metall. Trans. A, 1987, 18A: 707–713.
- [23] TOLOUI B, HELLAWEEL A. Phase separation and undercooling in Al-Si eutectic alloy-influence of freezing rate and temperature gradient [J]. Acta Metall., 1976, 24: 565–572.
- [24] HAN Q, VISWANATHAN S. Microstructure prediction in A356 alloy castings, in Light Metals 2000 [C], ed. R.D. Peterson, TMS (The Minerals, Metals, & Materials Society), 2000: 609–614.
- [25] DROUZY M, JACOB S, RICHARD M. Interpretation of tensile results by means of quality index and probable yield strength [J]. AFS International Cast Metals Journal, 1980, 5: 43–50.
- [26] WETZAI W. Honda, Alotech win casting of the year [J]. Modern Casting, 2015, 105 (4): 20–27.

Ablation Casting and Its Industrial Applications

HAN Qing-you

(School of Engineering Technology, Purdue University, West Lafayette, IN 47906, USA)

Abstract:

Ablation casting is an emerging casting technology which utilizes water-soluble binder and sands to form casting molds and water to cool the solidifying casting. During the ablation casting, the mold assembly, filled with molten metal, travels under an array of nozzles that spray water. The stream of water contacts the mold from the distal end of the casting, removes the mold layer by layer by dissolving the binder, and comes into a direct contact with the solidifying metal to achieve a progressive and rapid solidification in the casting. Compared to conventional sand casting technology, this emerging technology produces castings that contain much finer solidification microstructure, especially the eutectic structure, with less porosity and much decreased susceptibility to hot tears. In addition, ablation castings have a 30% increase in tensile strength, a few times increase in elongation to fracture, and more consistent mechanical properties. Immediately since its invention, ablation casting has generated extensive interest in industry for its potential to produce castings with high mechanical properties and integrity. This article describes the ablation casting technique and the progress to date on the industrial applications and scientific research of this new technology.

Key words:

ablation casting; sand casting; microstructure; mechanical properties
