● 消失模铸造专栏 Lost Foam Casting Column ●
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.05.017

应用均衡凝固理论消失模小型铸件群注金字塔组合工艺

刘立中
(杭州规矩铸造设备有限公司,浙江 杭州 311400)

摘　要:通过复杂浇注系统对消失模铸件成形损害的分析,提出借用型腔做浇道,极致简化浇注系统理念,不是仅仅为了节省一点液态金属,出发点和要达到的目的是:小件变大件,减少复杂浇注系统的热量丢失,使液态金属携带的有效热量都作用到型腔泡沫;同时杜绝浇注系统泡沫对型腔的污染。介绍小型铸件金字塔组合群注工艺演示借用型腔做浇道,也是应用均衡凝固理论的实例。

关键词:借用型腔做浇道;均衡凝固;小件金字塔群注

中图分类号:TG249　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)05-0480-06

Lost Foam Casting Process for a Pyramid Shaped Cluster of Small Patterns with Proportional Solidification Theory

LIU Lizhong
(Hangzhou Guiju Casting Machinery Ltd., Hangzhou 311400, China)

Abstract: Based on the analysis of damage of complex gating system on formability in expendable casting process, an idea using mold cavity (lost foam pattern) as runner to simplify gating system was put forward. This method not only saves liquid metal but also reduce heat loss during pouring, thus the effective heat carried by liquid metal can be act on form pattern, and also prevent contamination of gating foam pattern on mold cavity. Pyramid shaped clusters of lost foam patterns were made in which mold cavity was used as runner. The pyramid shaped clusters made of lost foam patterns were poured and casting quality was good. This is also an example of applying proportional solidification.

Key words: using the cavity as a runner; proportional solidification; lost foam pattern cluster like pyramid

1　工艺背景

消失模铸造究其工艺的本质,是液态金属对泡沫模的空间置换。有一个特点:怕小不怕大!小件液态金属充型时间短,泡沫常常来不及彻底气化,液态金属已经充满,因此,小件缺陷多;另外,小件组合连接困难,大量液态金属消耗在浇注系统上,不论纵向的直浇道垂直连接,还是横浇道的水平连接,铁液利用率都很低。

消失模铸造与传统砂型铸造截然不同的是:砂型铸造是空腔,消失模铸造的型腔是实体泡沫。长期的实践和研究表明,消失模铸造复杂的浇注系统有如下弊病。

(1)液态金属通过复杂浇注系统会散失许多热量,使温度下降,不利于型腔泡沫彻底气化消失。

(2)液态金属通过复杂浇注系统时大部分泡沫来不及气化,遇热收缩的泡沫胶状物都被推进型腔,导致型腔泡沫胶状物堆积,产生碳缺陷或气孔缺陷。

(3)复杂的浇注系统会无谓的浪费许多液态金属,使液态金属利用率下降;统计数据表明小型铸件群注时液态金属利用率都在80%以下。

(4)消失模铸造作复杂浇注系统设计的技术人员,基本上都是砂型铸造的精英人士,因此习惯采用"底注"。砂铸受分型面掣肘通常平卧置型,上下距离相对小;消失模铸造的置型原则是"能立毋卧",上下距离明显加大,此时,砂铸的绝对底注观念就给消失模铸造工艺造成两个严重的伤害。

首先,绝对的底注在消失模铸造立式置型时,液态金属充型轨迹(流场)呈U字形,充型结束后的温度分布(热场)是倒置状态,即型腔内下部分温度高于上部;用消失模的术语讲是"热场倒置",对泡沫消失和成型极为不利。站在消失模铸造的角度认为:绝对底注其实不是底注,是U字形充型,热场倒置;从型腔顶部注入才是真正的底注,是借用了型腔作浇

收稿日期:2020-03-25

作者简介:刘立中(1945-),吉林长春人,高工.主要从事消失模铸造基础理论、铸造工艺及消失模铸造专用设备方面的工作.电话:13504412613

道，热场合理。和均衡凝固“顶注优先”是一致的[1]。

其次，消失模铸造是在负压下充型，浇注过程中不可避免的要随液态金属流吸入大量空气，绝对底注时内浇道在金属液面以下，被负压吸入的空气必然会通过灼热的液态金属，在高温状态下空气中的氧与液态金属里的任何元素都会发生氧化反应，并生成氧化物存留于液态金属中，成为细小的夹渣缺陷。

作者在消失模铸造三场理论指导下[2]，提出的借用型腔做浇道，极致简化浇注系统的新理念绝不是仅仅为了节省一点液态金属那么狭隘，其出发点和要达到的目的是：减少复杂浇注系统的热量丢失，使液态金属携带的有效热量都作用到型腔泡沫；同时杜绝浇注系统泡沫对型腔的污染；杜绝吸入空气对液态金属的污染。提高液态金属利用率只是副产品。

2　铸铁轴承座压盖金字塔组合群注工艺

2.1　铸件名称

轴承座压盖；材质：HT200；几何尺寸：180 mm×85 mm×60 mm；单件重量：4 kg;铸件呈长方马鞍形，厚 40 mm。

2.2　浇注系统设计

受幼儿园小朋友玩积木启发，轴承压盖泡沫模侧立，相互压小边并呈金字塔形叠加组合，压边宽度 3.5 mm；用热胶玻璃纤维棒粘结固定（图 1）；整体涂挂涂料，由顶尖一件浇注铁液，首次试浇即获得成功，机加工无一废品，（图 2）。

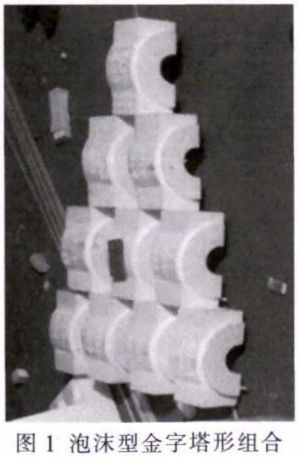

图 1　泡沫型金字塔形组合
Fig.1　Pyramid shaped cluster glued from lost foam patterns

3　铸铁皮带轮金字塔组合工艺

3.1　铸件名称

皮带轮；材质：HT250；几何尺寸：ϕ120 mm×150 mm；单件重量：13 kg；圆柱形，实心，（图 3）。

图 2　铸件出箱
Fig.2　Castings after shakeout

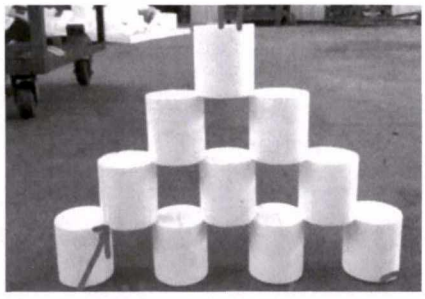

图 3　皮带轮泡沫型
Fig.3　Assembled cluster glued from pulley foam patterns

3.2　浇注系统设计

白模压边呈金字塔形组合，4 层共 10 件组合成一簇，弧形压边最宽处 5 mm；热熔胶纤维棒固定，（图 4）。

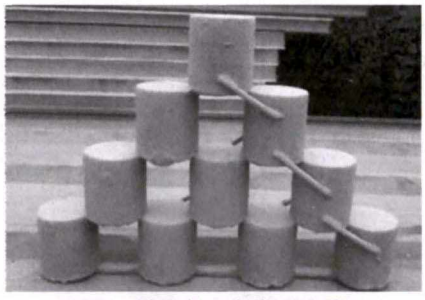

图 4　纤维条金字塔形连接
Fig.4　Pyramid-shaped cluster glued from lost foam pattern by hot glue sticks

3.3　塔顶部件设置浇口，涂挂石英粉+高铝粉作骨料的水基涂料，涂层厚 1.5 mm，低温低湿度烘房内干燥，（图 5）。

图 5　模型簇涂挂涂料
Fig.5　Pattern Cluster is in coating

3.4 宝珠砂埋型,浇注温度

1 450 ℃;真空度:0.04 MPa;浇注顺畅,落砂出件后铸 件全部成功,(图 6)。

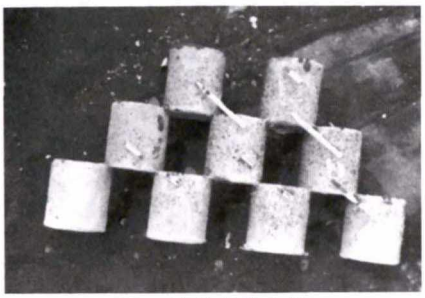

图 6 铸件整簇出箱
Fig.6 A cluster of castings after shakeout

3.5 铸件清理后表面光滑无瑕疵,连接通道充型饱满,无缩松;(图 4~ 图 8)机加工反馈无内在缺陷,再试获得圆满成功。

图 7 铸件光洁无缺陷
Fig.7 Good castings with smooth surface and no defects

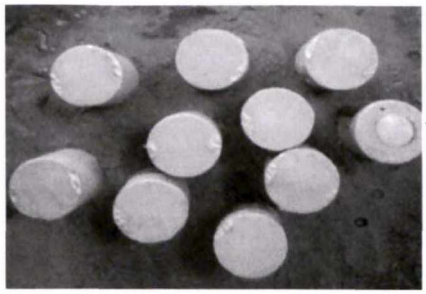

图 8 10 件全部浇成
Fig.8 10 castings successfully cast

4 轴套金字塔组合工艺

4.1 铸件名称

轴套; 材质:HT200; 几何尺寸 150 mm×150 mm×150 mm;单件重量:6 kg; 双法兰中空件,壁厚 15 mmm。

4.2 消失模叠罗汉工艺过程

(1)EPS 泡沫板手工切割泡沫模,泡沫板密度 18 g/L,(图 9~ 图 12)。

(2)原工艺用横浇道水平串连,铁液收得率低,铸造缺陷也多,(图 13~ 图 16)。

(3)为提高铸件品质,提高铁液利用率,泡沫模彻底烘干后,呈金字塔形叠罗汉组合;顶端小件上设置楔形内浇口 2 处,(图 17)。

(4)横浇道连接 2 个压边内浇道,并安装直浇

图 9 轴套白模
Fig.9 Lost foam pattern

图 10 轴套白模
Fig.10 Lost foam pattern

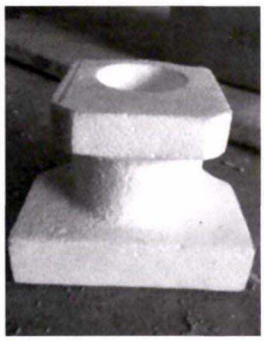

图 11 轴套白模
Fig.11 Lost foam pattern

图 12 轴套白模
Fig.12 Lost foam pattern

图 13 轴套白模
Fig.13 Foam patterns connected by runners

图 14 横浇道连接
Fig.14 Foam patterns connected by runners

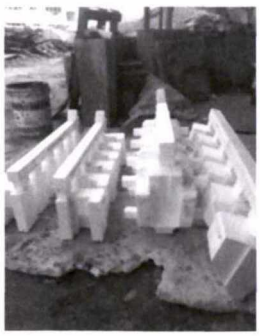

图 15 横浇道连接
Fig.15 Foam patterns connected by runners

图 16 横浇道连接
Fig.16 Foam patterns connected by runners

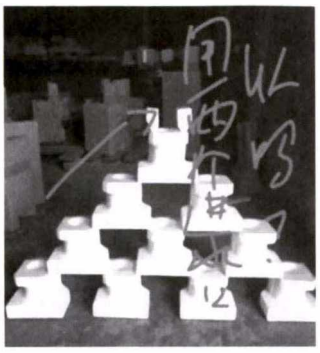

图 17 金字塔形组合
Fig.17 Foam patterns are assembled like pyramid

道、浇口杯，组合成模型簇，(图 18)。

(5)模型整簇涂挂涂料，(图 19)。

(6)涂挂涂料后常温(34 ℃)自然晾干，(图 20)宝珠砂埋型，(图 21)。

(7)浇注温度：1 450 ℃；真空度：0.04 MPa；浇注平稳顺畅；夜间浇注，次日上午出件，模型簇完整，无粘砂和铁瘤，(图 22、图 23)

(8)清理抛丸后，铸件表面无瑕疵，加工无缺陷，(图 24、图 5)。

(9)机加工无缺陷，(图 26)。

(10)如果砂箱允许，还可以做更多的连接，(图 27、图 28)。

5 泵座金字塔组合工艺

5.1 铸件情况

铸件名称：污水泵底座；材质：HT250；几何尺寸：ϕ300 mm×250 mm；单件重量：11 kg 似鼓架结构，要求不准变形，不准有铸造缺陷。

5.2 消失模铸造工艺过程

(1)机制模型，(图 29~ 图 31)。

(2)做金字塔形组合：底座上圆大，下圆小，件与件之间一颠一倒叠加链接；大圆上缘设置楔形浇口

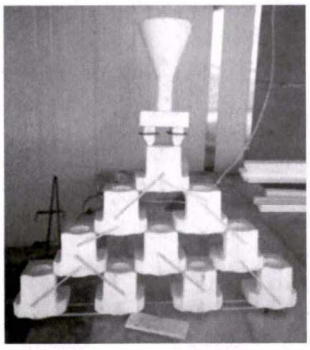

图 18 粘结浇道
Fig.18 Sprue is glued to the top of the cluster

图 19 粘结浇道
Fig.19 Sprue is glued to the top of the cluster

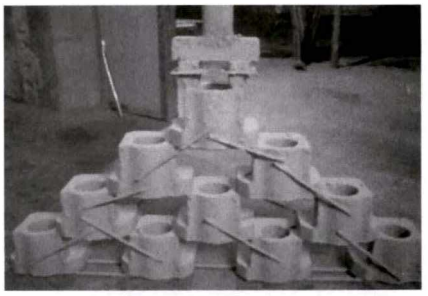

图 20 涂料常温晾干
Fig.20 Pattern cluster coating is dried at room temperature

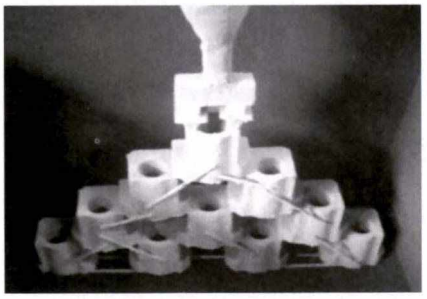

图 21 宝珠砂埋型
Fig.21 Pattern cluster is compacted with foundry ceramsite sand in a flask

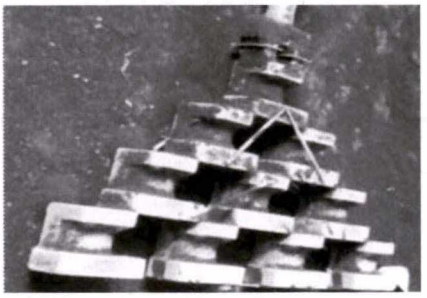

图 22 铸件整簇出箱
Fig.22 Casting cluster after shakeout

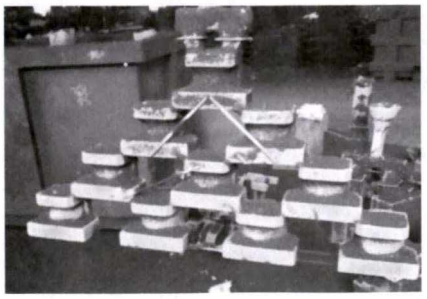

图 23 铸件整簇完整
Fig.23 Casting cluster after shakeout

图 24 清理后的铸件簇
Fig.24 Casting cluster after shakeout

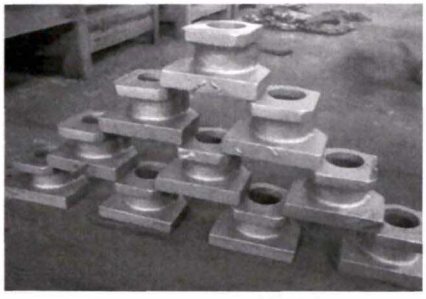

图 25 铸件表面无瑕疵
Fig.25 Good castings without surface defects

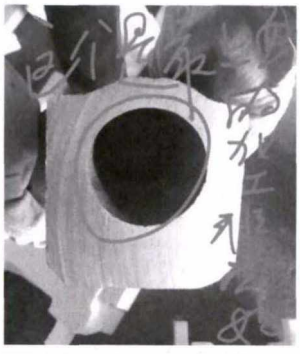

图 26 机加工无缺陷
Fig.26 Good casting without defect after machining

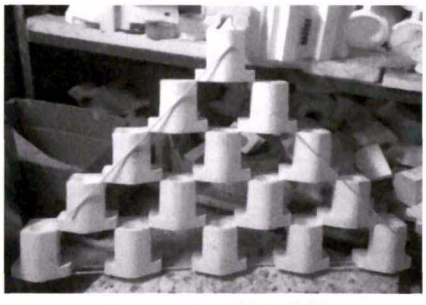

图 27 小件 5 层叠罗汉
Fig.27 A cluster with 5 layer of lost foam patterns

图 28 小件 6 层叠罗汉
Fig.28 A cluster with 6 layer of lost foam patterns

图 29 泵座泡沫型
Fig.29 Lost foam pattern

图 30 泵座泡沫型
Fig.30 Lost foam pattern

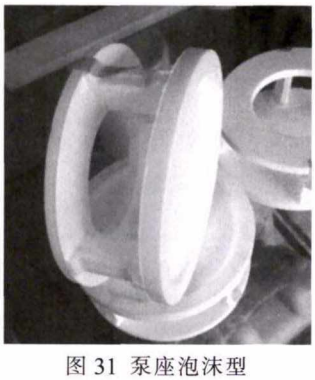

图 31 泵座泡沫型
Fig.31 Lost foam pattern

杯(图 32);件与件之间直接连接时铸件拆解带肉,可以通过小通道链接,为便于拆解,白模粘接时通道根部切割燕尾口(图 33);粘好模型簇后整体浸涂涂料(图 34)。

(3)宝珠砂埋型(图 35、图 36)。

(4)浇注顺利,整簇出型(图 37);整簇抛丸。铸件外表无缺陷(图 38)。

6 讨论

(1)消失模铸造小件借用型腔做浇道金字塔形叠罗汉工艺,属于异想天开之作!此作只有消失模铸造工艺才能实现。消失模铸造不须分型、不须制作型

图 32 金字塔组合
Fig.32 Pyramid shaped cluster of lost foam patterns

图 33 金字塔组合
Fig.33 Pyramid shaped cluster of lost foam patterns

图 34 整体浸涂
Fig.34 Whole cluster is in dipping coating

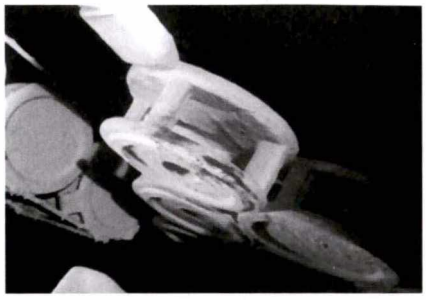

图 35 宝珠砂埋型
Fig.35 Pattern cluster is compacted with foundry ceramsite sand in a flask

图 36 宝珠砂埋型
Fig.36 Pattern cluster is compacted with foundry ceramsite sand in a flask

图 37 整簇出箱
Fig.37 A cluster of castings after shakeout

图 38 整簇抛丸
Fig.38 A cluster of castings after shot blast

芯，可以根据工艺需要做任何姿势的摆放的特点，可以使消失模铸造的技术人员展开无限的想象空间，设计出令传统铸造可想而不可为、美轮美奂、做出奇特的浇注系统，获得意外的突破和惊喜。这就是创新。

(2)铸铁消失模小件金字塔形叠罗汉工艺虽得益于积木游戏的启发，但在应用过程中，理性的遵循均衡凝固理论核心原则："顶注优先，冒口靠边"。在具体操作上，上层件是下层件的冒口，上层件与下层件的压边面积小；便于铁液注满后迅速封闭通道，小件变大件，实现石墨膨胀的自补缩。可以说此案例是消失模铸造对"均衡凝固"理论的最好诠释与应用。

(3)消失模小件金字塔形叠罗汉工艺在诠释"均衡凝固"理论的同时，以无可争辩的事实验证了消失模铸造借用型腔做浇道理念的可行性。金字塔叠罗汉工艺基本上实现了无浇注系统浇注，不仅杜绝了浇注过程中浇注系统泡沫产生的胶状物向型腔内的注入，防止发生注入性碳缺陷，也防止了热量的丢失，使小件的泡沫气化彻底，打开消失模小件难做的瓶颈；同时，大幅度提高了消失模小件的铁液利用率。

(4)叠罗汉工艺根据件的大小、砂箱尺寸的大小可以酌情联结 5 层或 6 层；以单重 6 kg 的轴套为例，浇道重 8 kg，10 件联结时铁液利用率是 88%、15 件联结时铁水利用率是 92%、21 件连接时铁液利用率是 94%。可见，较多连接时，铁液利用率会更高。

(5)经验告诉我们，叠罗汉工艺不仅仅适用型腔简单的小件，只要可以作金字塔组合的件，较大的、型腔复杂的都可以。件与件之间的连接不要限于金字塔形，也可以上下垂直连接；也可以上下左右作矩形连接；怎么方便怎么连接。

(6)叠罗汉群注工艺，使小件变大件，根据均衡凝固理论，变大件后有利于铸件的自补缩，按此说法，小件与中、大件混合群注，是消失模铸造应开拓的工艺方向。

参考文献：

[1] 魏兵，袁森，张卫华. 铸件均衡凝固技术及其应用[M]. 北京：机械工业出版社，1998.

[2] 任现伟. 两种不同铸件一模铸造的工艺设计与实践 [J]. 铸造，2019，68(11):1292-1298.

[3] 刘立中，刘宁. 消失模铸造工艺学[M]. 北京：化学工业出版社，2019,5.

[4] 史昆，鲁玲玲，赵军，等. 复杂曲面钛合金叶轮消失模铸造工艺研究[J]. 铸造，2019，68(4)：344-345.

[5] 张鸣一，郭瑞，高平，等. 采煤机截割滚筒叶片保护耐磨块消失模制备工艺[J]. 铸造，2019，68(9)：1060-1064.

[6] 将辉，綦宗超，宋学恩，等. 中速机灰铁飞轮缩陷原因分析及防治[J]. 中国铸造装备与技术，2018，53(4):62-64.