● 消失模铸造专栏 Lost Foam Casting Column ●
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.09.011

消失模铸造空壳浇注工艺

刘立中[1],贾建英[2],戴申梅[3]
(1.杭州规矩铸造设备有限公司,浙江 杭州 311400;2.河南天聚缘新材料科技有限公司,河南 新乡 453000;3.安徽省机械科学研究所有限责任公司,安徽 合肥 230022)

摘　要:论述了一种采用消失模制壳负压浇注的新型铸造工艺,即通过入窑焙烧的方式将泡沫模从型壳中彻底去除,将壳型在砂箱中添加干砂加盖塑料薄膜,然后在负压下浇铸的一种新工艺。以索头铸钢件为例介绍其工艺过程。

关键词:消失模;焙烧泡沫模;消失模制壳负压浇铸工艺
中图分类号:TG243　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)09-0846-06

New Casting Process Pouring into Shell Mold Made from Lost Foam Pattern and under Negative Pressure

LIU Lizhong[1], JIA Jiangying[2], DAI Shenmei[3]
(1. Hangzhou Regular Casting Equipment Co., Ltd., Hangzhou 311400, China; 2.Henan Tianjuyuan New Material Technology Co., Ltd., Xinxiang 453000, China; 3. Ahui Research Institute of Mechanical Science, Hefei 230022, China)

Abstract: A new casting process is described. In this process shell mold is made from lost foam, the foam is completely removed by baking in a kiln. The shell mold then is placed in a box and supported by loss dry sand covered with plastic film. Liquid metal is poured into shell mold cavity under negative pressure. Detailed process is explained by cast steel rope clips with this method.

Key words: lost foam casting, baking foam pattern, pouring shell mold made from lost foam pattern and under negative pressure

1 铸件情况

铸件名称:105 型索头;材质:ZG310-570;几何尺寸:620 mm×290 mm×210 mm; 单件重量 107 kg;壁厚均匀 50 mm,桥梁钢索悬吊装置,安保件;材质必须符合图纸要求,力学性能必须达标,无损探伤不得有任何铸造缺陷。

2 消失模空壳浇注工艺过程

2.1 泡沫模型制作

聚苯乙烯珠粒模具成型,为提高铸件表面质量,可以提高泡沫型密度,本案例泡沫型密度 26 g/L(图 1~2)。

2.2 浇冒口设计

工艺试验成功后,浇冒口一并由模具发泡成型,省工、省料、粘结严丝合缝,效果好;浇口尺寸:

图 1 索头泡沫模
Fig.1 Foam pattern of Steel rope clip

图 2 索头泡沫模
Fig.2 Foam pattern of Steel rope clip

ϕ175 mm×270 mm; 冒口尺寸:160 mm×110 mm×130 mm;浇注系统组装前认真修整泡沫型的飞边披缝,珠粒融合不良的位置用修补膏修复(图 3~4)。

收稿日期:2020-07-24
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

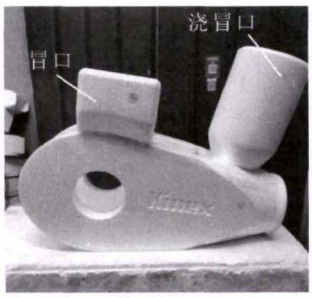

图 3 索头浇冒口

Fig.3 Foam pattern of rope clip with gate and risers

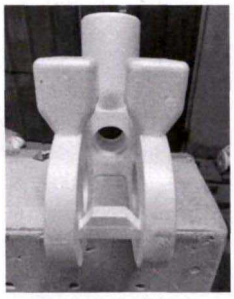

图 4 索头浇冒口

Fig.4 Foam pattern of rope clip with gate and risers

2.3 涂料涂挂

接触钢液的涂层称谓‘工艺层’，需用精细、高品位骨料配制(图 5~6)，厚度 2.0~3.0 mm,为了提高涂层强度，工艺层外面需要包裹覆盖层，可用品位低的耐火骨料配制，可降低一些涂料成本。被覆层根据铸件大小掌握厚度。空壳浇注工艺涂料涂挂与普通消失模根本不同的是，不需要涂层干透了再涂挂下一层，佯干就可以涂挂下一层涂料(图 7~9)，强度不足的位置可加加强补贴，如：浇冒口与铸件本体的连接处，入窑焙烧时热熔胶会熔化，失去粘结强度，用一耐火布浸透涂料后将浇冒口与铸件本体做一连接时，即使热熔胶熔化，有耐火布连接也可以保证足够强度(图 10)。

图 5 空壳浇注工艺专用涂料

Fig.5 Special coating used for the special LFC shell mold process

2.4 涂料壳焙烧

涂料壳焙烧是本工艺的关键环节，在焙烧过程中要尽量减少可燃物的排放，避免对环境造成污染，涂壳的焙烧分低温出胶和高温烧壳两个温度段，高温段不仅使低温段残留的一点泡沫彻底的通

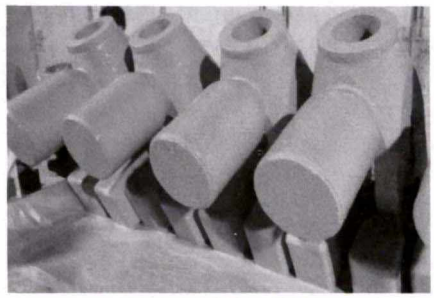

图 6 面料首遍涂料

Fig.6 Apply first facing coating on foam patterns

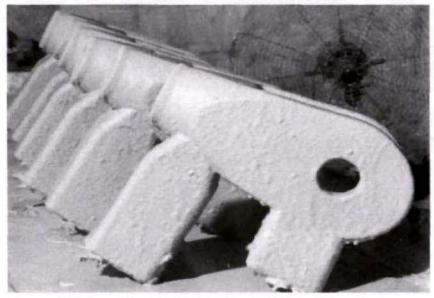

图 7 烘至佯干即可涂挂下一层

Fig.7 Apply next coating on foam patterns after previous layer of coating partially dry

图 8 薄弱部位可加加强补贴

Fig.8 Apply more coating on weak area to enhance the strength of casting

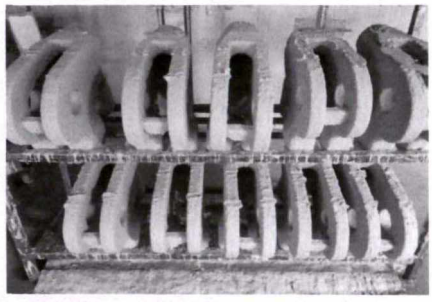

图 9 涂挂好涂料的泡沫模

Fig.9 Foam patterns coated with special coating completely

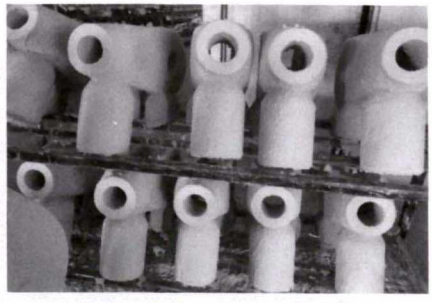

图 10 涂挂好涂料的泡沫模

Fig.10 Foam patterns coated with special coating completely

过气化清除，还将涂料壳陶化，提高涂料壳的强度，焙烧过程中控制升降温曲线是保证涂料壳不开裂的关键环节。

2.4.1 入窑前要先打通排胶通道

图 11、图 12 无齿锯割除涂料盖，模型上架摆放时口朝下方，做排胶口；图 13、图 14 在冒口上钻孔，做辅助排胶通道。

图 11 无齿锯切割浇口盖
Fig.11 Cutting riser cover with toothless saw

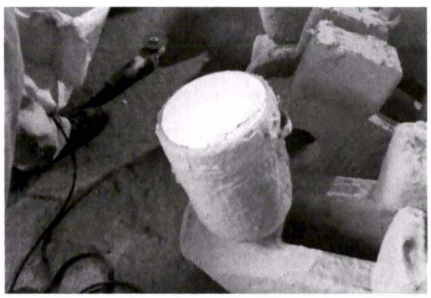

图 12 暴露浇冒口作排胶口
Fig.12 Open riser can be used as outlet of gluey liquid changing from polymer foam during low temperature baking

2.4.2 低温出胶

图 15 模型上窑架；图 16 放置接胶板；图 17 窑车入窑；温度升至泡沫液化点，使泡沫变成液体排除型腔；图 18、图 29 开窑出车取出泡沫胶。

图 13 手电钻打排胶孔
Fig.13 Hand-drill outlets for gluey liquid changing from polymer foam during low temperature baking

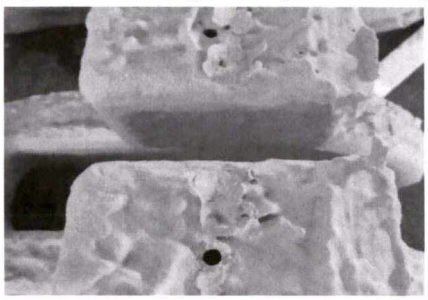

图 14 冒口上的排胶孔
Fig.14 Hand-drill outlets on risers for gluey liquid changing from polymer foam

2.4.3 高温烧壳及出窑

窑温达到要求温度后，保留一段时间即可升起窑门使模型壳迅速降温；图 21 降温后窑车出窑；图 22 窑车继续降温的同时，下一窑车就可以入窑预热。

2.5 空壳埋箱

2.5.1 埋箱前准备工作

焙烧过的空壳（图 23）型腔内壁光滑，看不到炭

图 15 泡沫型装上窑车准备入窑
Fig.15 Foam patterns placed on kiln car

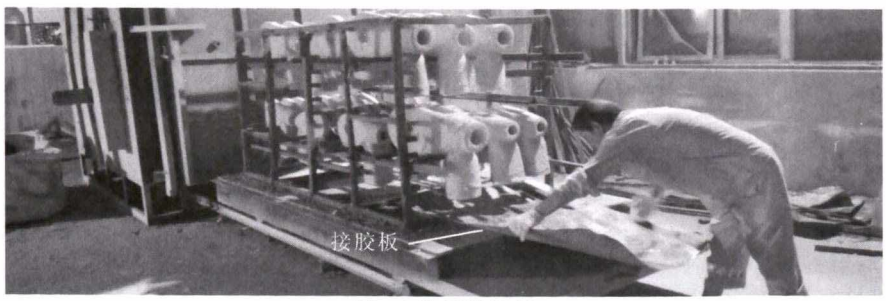

图 16 放置接胶板
Fig.16 Place a plate to collect gluey liquid changing from polymer foam during baking

图 17 窑车入窑

Fig.17 Kiln car with foam patterns ready to enter kiln

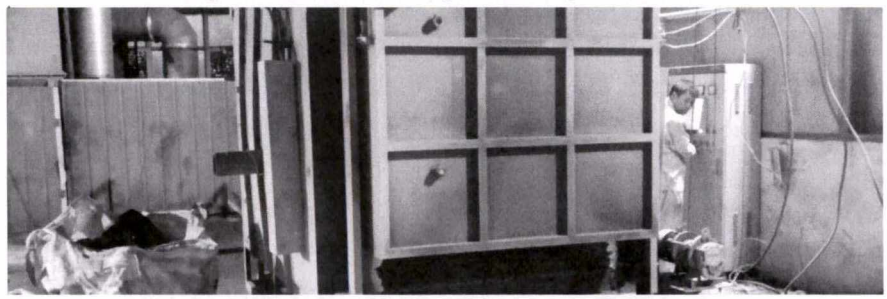

图 18 强制干燥后，升温至泡沫熔化成胶由型腔流出

Fig.18 Gluey liquid changing from polymer foam patters flowing out from shell mold after drying and baking to the temperature

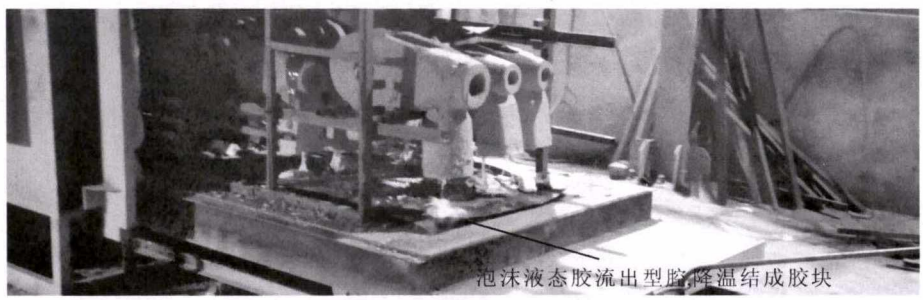

图 19 窑车出窑取胶

Fig.19 Collect gluey blocks after fluey liquid solidified

图 20 取出胶板后迅速将窑车入窑，继续升温焙烧

Fig.20 After taking out gluey blocks, mold shells send to kiln for further high temperature sintering

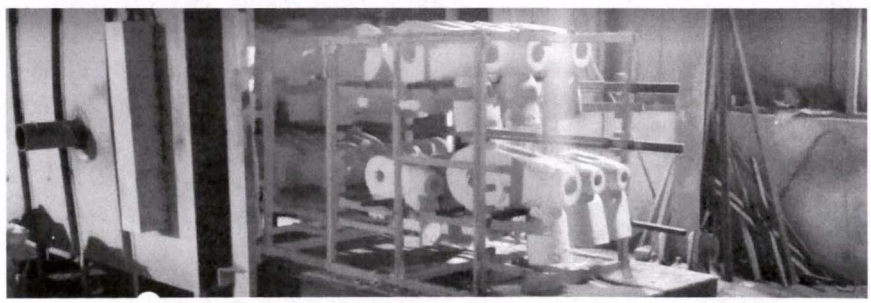

图 21 窑车出窑，高温焙烧完成

Fig.21 High temperature sintered shell molds

黑痕迹；在窑内焙烧时排放口朝下，应该不会有杂物落入；为了保险，封口前习惯用压缩空气吹吹；此案例模型呈水平摆放，缆索孔自然也呈水平状态，为了保证型砂填实，埋型前先用水玻璃砂填塞，并用

图 22 窑车出窑降温
Fig.22 Cool down the high temperature sintered shell molds

CO_2 固化(图 24);浇冒口(大孔)用塑料薄膜封闭;手电钻钻的排胶孔(小孔)用耐火纤维布封闭(图 24~26);防止埋箱时型腔进砂。

2.5.2 加砂埋型

测量模型高度,计算底砂厚度,加砂震实刮平后摆放模型空壳,浇冒口上沿需高出砂箱 20 mm~30 mm;本案例每箱摆 6 件模型,(横 4 顺 2)(图 27);分两次加砂,第一次加砂高度平铸件本体(图 28);震实后再次加砂平砂箱,(图 29);再次震实后刮平,覆盖塑料薄膜,薄膜上架保护砂层,防止浇注时钢液飞溅烫破薄膜,导致泄压(图 30)。

2.6 负压浇注

浇注前,浇包一定要烘烤至 700~800 ℃。手摇包浇注时浇包烘烤是保证钢液纯净的重要措施之一,因为冷包会挂釉子;钢液出炉后要撒集渣剂扒净釉渣,同时测定钢液温度,确保高温浇注;本案例使用 0.5 T 手摇包浇注,为保证浇注温度,分 3 次出钢液,每次浇注 2 件,见图 31;浇注时负压维持在 0.02 MPa,见图 32。

图 23 焙烧后的模型空壳
Fig.23 High temperature sintered shell molds

图 24 水玻璃砂填塞缆索孔
Fig.24 Fill the hole of the clip with water glass sand

图 25 用薄膜封闭浇冒口
Fig.25 Seal gates and riser with plastic film

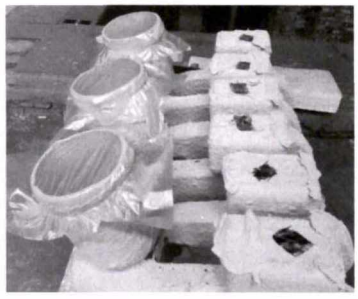

图 26 耐火纤维布封闭排胶孔
Fig.26 Seal outlets with refractory fiber cloth

图 27 横 4 顺 2,每箱摆 6 件模型
Fig.27 Place the shell molds in box

图 28 第一次加砂平铸件本体
Fig.28 Fill sand to flat shell mold bodies

图 29 再次加砂平砂箱
Fig.29 Fill more sand to flat the box

图 30 覆盖薄膜后加保护砂层
Fig.30 Add sand to protect covered plastic film

图 31 3 次出钢液浇一箱,确保浇注温度
Fig.31 Pouring steel liquid

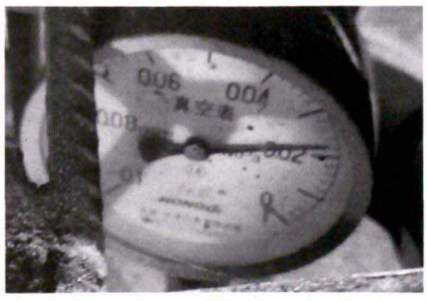

图 32 浇注时负压维持在 0.02 MPa
Fig.32 Maintain negative pressure at 0.01 MPa

2.7 铸件清理

铸件夜里12点开始浇注，次日上午8时首箱落砂出件，随着铸件降温涂层自行开裂、剥落，见图33；铸件降至常温时，涂料壳基本脱落干净，见图35。

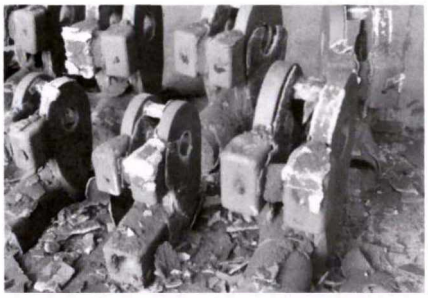

图33 铸件降温过程中，涂料壳自行剥落
Fig.33 Coating shells peel off during cooling

图34 涂料壳基本自行脱落
Fig.34 Coating shells peel off themselves during cooling

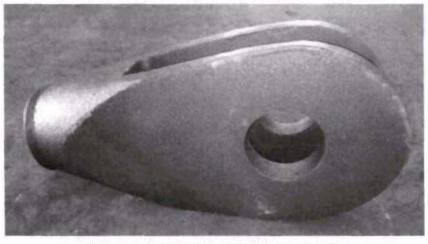

图35 清理后铸件无瑕疵
Fig.35 Good casting obtained after cleaning

铸件清理后表面无瑕疵，探伤无缺陷，机加工无废品；大批量生产时质量稳定(图36)；索头用于斜拉桥牵引钢丝索，位置关键，受力集中，责任重大。对铸件的材质、性能要求极严格，采用消失模铸造空壳浇注工艺是明智之举。

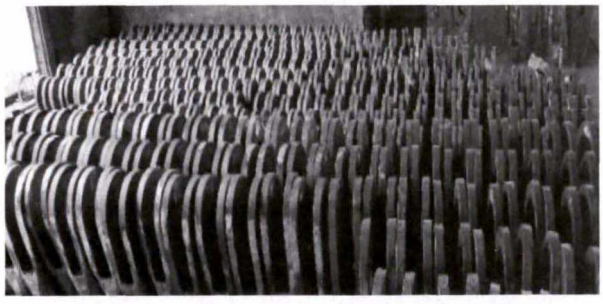

图36 大批量生产质量稳定，表面无瑕疵，探伤无缺陷，无废品
Fig.36 Volume produced castings with consistent high quality without surface defects and scrap casting

3 讨论

消失模铸造空壳浇注工艺在液态金属浇注前，通过焙烧的方式干净彻底的清除了泡沫，因此，彻底的屏除了泡沫模在液态金属成型过程中不友善的影响和造成的困扰。

消失模铸造空壳浇注工艺依然使用泡沫模、没有粘结剂的干砂埋型、在负压状态下浇注，所以保留了消失模铸造具备的一切优势特点，却不用为泡沫的碳缺陷如履薄冰、提心吊胆；空壳浇注工艺的巧妙之处在于泡沫模的绝大部分是加温至液态流出型腔，而不是气化燃烧清除，从而避免产生大量烟尘，造成环境污染；空壳焙烧过程中，不仅彻底去除了泡沫制作的模型，根除了碳缺陷的源头，确保材质不出问题；而且，空壳焙烧时彻底去除了涂料壳耐火骨料的结晶水，根除了气孔、增氢等缺陷的源头；因此可以信心满满的说'消失模铸造空壳浇注工艺'在所有铸造工艺中，是唯一铸造缺陷隐患少的工艺。只要浇注的钢液纯净，只要浇冒口补缩充分，就可以避免铸造缺陷发生。

过去说消失模铸造属于精密铸造范畴有些牵强，空壳浇注工艺则是货真价实的精密铸造！空壳浇注工艺可以作大型复杂的精密铸件，是传统精密铸造望尘莫及的；空壳浇注工艺工作环境好、制壳简单周期短、又是传统精密铸造望洋兴叹。

与树脂砂、水玻璃砂、V法铸造等其他铸造工艺相比，空壳铸造工艺不惧复杂型腔、模型分块灵活、不需拔模斜度、箱内摆放姿势随机随意、无须下芯、不须清理飞边毛刺、所获得的铸件表面光洁、轮廓清晰、尺寸精准、卖相好等优势又是其他传统工艺不能比肩而语！

从商业角度讲，空壳浇注工艺特别适合涉足：低碳或零碳、超复杂或超薄、多合金或高合金类高端高附加值铸件。

参考文献：

[1] 杨首彦，韩宝，王虎明，等. 提高车钩钩舌疲劳寿舒的研究[J]. 铸造技术，2019，40(9)：907-910.

[2] 朱强，黄凯，王浩. 焙烧炉防护结构性能的研究[J]. 中国铸造装备与技术，2020，55(3)：14-16.

[3] 高天娇，娄延春，尹绍奎，等. 消失模用新型水基快干涂料工艺性能的研究[J]. 铸造，2020，69(5)：485-489.

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