

熔模铸造制壳的综合优化

成都发动机公司 杨维敏*

摘 要 对制壳过程中制壳综合优化的多种方案进行了分析和试验,对优化型壳的性能进行了测试,介绍了优化制壳的工艺及其在生产中的应用情况与取得的经济效益。

关键词: 熔模铸造 制壳 综合优化

航空精铸企业在熔模铸造制壳过程中主要采用硅酸乙酯和硅溶胶作为粘结剂,但用于生产质量要求不太高的铸件时,制壳成本太高,而一般精铸企业主要用水玻璃作为制壳粘结剂,以石英为耐火材料,型壳综合性能差,“制铸件不精”已成通病^[1]。如何结合两类企业的优势,对制壳进行综合优化,用低成本制造具有良好综合性能、能满足铸件质量要求的型壳,是熔模铸造的一个重要课题。近几年来,本公司就这一课题进行了探讨和试验,并应用于生产,获得了显著的经济效益。本文就所作的工作结合有关资料进行论述。文中提供的型壳性能数据,是按[2]中标准进行测试所得。

1 粘结剂使用的综合优化

1.1 粘结剂复合制壳

由于硅溶胶作为型壳表面层粘结剂具有独特的优点,本公司所有型壳在表面层制壳时均采用硅溶胶作为粘结剂。铸件表面粗糙度可达 $Ra1.6\sim3.2$ 。

1.1.1 硅酸乙酯-水玻璃粘结剂复合制壳

硅酸乙酯型壳高温强度高,所铸铸件尺寸精确,但造价较贵,生产周期长;水玻璃型壳生产周期短,制壳过程控制较为简易,生产安全,且水玻璃又廉价易得。为提高铸件表面质量及尺寸精度,又不使成本增加太多,因此采用硅酸乙酯-水玻璃复合制壳。表1为复合制壳的工艺。

表1 硅酸乙酯-水玻璃粘结剂复合制壳工艺

层 次	涂料种类	涂料密度	挂砂种类及粒度	干 燥 硬 化
表面层	硅溶胶-刚玉粉 或硅溶胶-煤矸石粉	2.40~2.60	刚玉60(70)目 或煤矸石,50/80目	自干>12 h,室温18~28℃
第二层	硅酸乙酯-煤矸石粉	1.55~1.65	煤矸石,30/60目	氨干箱内抽风1 h,氨气硬化10 min
第三层				氨气硬化10 min
第四层				氨干箱内抽风1 h,氨气硬化10 min
第五~第八层	水玻璃-煤矸石粉	1.65~1.75	煤矸石,12/24目	氯化钙溶液硬化10~20 min

除表面层外,硅酸乙酯加固层一般不少于二层,以建立起必要的强度。硅酸乙酯涂料层应充分干燥后再涂水玻璃涂料层,以防止两种涂料层之间产生分层。

复合型壳具有较高的高温强度,可以不填砂浇注。能提高硅酸乙酯型壳和水玻璃型壳强度的方法均可用于提高复合型壳的强度。而复合型壳线量变

化的规律,在耐火材料确定的条件下,与两种粘结剂有关^[4]。其线量变化不是两种涂料型壳的简单叠加而是降低了膨胀率,减小了收缩率,降低了收缩随温度的变化速率,型壳尺寸稳定性比单一水玻璃型壳高,型壳透气性则较单一硅酸乙酯型壳好。表2为几种型壳性能比较。

表2 复合型壳与单一粘结剂型壳性能比较

型壳种类	高温抗弯强度 MPa	残余强度 MPa	最大膨胀率 $\delta\%$	高温透气性 K
硅酸乙酯-水玻璃-煤矸石	1200℃, 2.62	1.98	1.10	0.061
硅酸乙酯-煤矸石	900℃, 2.75	1.85	0.63	0.045
水玻璃-煤矸石	900℃, 2.14	1.80	1.25	0.092

* 杨维敏,成都(610067)

采用复合型壳,与单一水玻璃型壳相比,所生产铸件的表面质量和尺寸精度均有较大幅度的提高,而制壳成本又比单一硅酸乙酯型壳降低较多,很适合于军转民后的军工企业及欲提高铸件质量参与国际国内市场竞争的精铸企业,值得推广应用。

1.2 粘结剂交替硬化制壳

1.2.1 硅酸乙酯-水玻璃交替硬化制壳

交替硬化制壳的基本原理,是用酸性和碱性两种粘结剂分别配成涂料,将模组交替在其中浸涂并撒砂,当两种性质不同的胶体接触时,因各自 pH 值的变化,电荷量相互中和而相互凝聚,从而形成具有一定强度的型壳。由于交替硬化制壳时,两种涂料层接触后,立即产生界面硬化,涂料层的完全硬化需要在制壳或制壳后的干燥过程中通过渗透缓慢完成,型壳湿强度建立慢,因此型壳制好后停放时间应>

24 h 再脱蜡。资料[6]介绍的方法是将水玻璃模数提高到 3.5~3.6,可以有效地解决湿强度低的问题。但若将 M3.0 左右的水玻璃加酸或酸性盐提高到 M3.5~3.6 是困难甚至是不可能的。生产试验时采用了硅酸乙酯 40 水解液,在水解液 SiO_2 含量相同条件,乙醇含量较硅酸乙酯 32 水解液多,同时在水玻璃中加入一定量的水稀释,可以促进水玻璃的胶凝^[7]。

通过试验及小批量生产,确定的参数为:硅酸乙酯 40 水解液, SiO_2 含量为 15%,盐酸含量为 0.35%~0.45%,水解时每 kg 硅酸乙酯 40 加水 120 ml,水解温度控制在 32~38℃;水玻璃模数>3.0,加水稀释后密度为 1.20~1.25。

硅酸乙酯-水玻璃交替硬化型壳的性能见表 3,其性能与单-硅酸乙酯型壳的性能相近(见表 2)。

表3 硅酸乙酯-水玻璃交替硬化型壳性能

型壳种类	高温抗弯强度 MPa	残余强度 MPa	最大膨胀率 $\delta\%$	高温透气性 K
硅酸乙酯-水玻璃-煤矸石	1200℃, 2.80	2.11	0.84	0.072

硅酸乙酯-水玻璃交替硬化制壳比硅酸乙酯制壳节省了大量时间,且不需氨干,改善了劳动条件,成本也相应降低;其制壳工艺较为稳定,型壳质量比水玻璃型壳质量高,成本增加又不多;特别是其适合于大批量机械化自动化生产,因此这一工艺的发展具有广阔的前景。

1.2.2 硅酸乙酯-硅溶胶交替硬化制壳

应用这一工艺的目的是提高型壳高温强度和抗

变形能力,节约昂贵的硅酸乙酯,改善劳动条件。制壳时,表面层制壳工艺仍按表 1,第二层浸硅酸乙酯涂料,挂砂后马上浸硅溶胶涂料、挂砂,然后在氨干箱中抽风>1 h,或用 30~32℃热风干燥 15~25 min。如此每两层连续制壳,加上表面层共制七层。型壳制好后抽风时间>12 h 再脱蜡。

硅酸乙酯-硅溶胶交替硬化制壳工艺在本公司、170 厂等厂有应用^[8]。型壳性能见表 4。

表4 硅酸乙酯-硅溶胶交替硬化型壳性能

型壳种类	高温抗弯强度 MPa	残余强度 MPa	最大膨胀率 $\delta\%$	高温透气性 K
硅酸乙酯-硅溶胶-煤矸石	1200℃, 3.02	2.20	0.54	0.032

2 耐火材料使用的综合优化

2.1 制造高强度型壳

从广泛意义上讲,所谓高强度型壳就是具有较高高温强度,能实现不装箱不填砂的单壳焙烧和浇注的水玻璃型壳。其原理是在水玻璃-石英粉涂料中加入适量煤矸石粉(或粘土粉、铝矾土粉),或直接用水玻璃-煤矸石粉(铝矾土粉)涂料制壳,在型壳焙烧过程中,水玻璃中的 Na_2O 与含 Al_2O_3 的耐火材料发生反应形成具有较高熔点的化合形态的霞石^[9],从而提高了型壳的高温强度。

由于我国目前精铸行业水玻璃-石英型壳占有主导地位^[10],制造高强度型壳具有重要的现实意义。制造高强度型壳的工艺方法可以分为两类。

2.1.1 混合粉料涂料制壳

方法是在水玻璃-石英粉涂料中加入 30%~50% 的粘土(如 $\text{Al}_2\text{O}_3 \approx 29\% \sim 30\%$ 的沈阳粘土)。水玻璃模数为 3.0~3.2,密度 1.32~1.34 g/cm³,涂料密度 1.6~1.7 g/cm³,挂石英砂,用氯化钙溶液硬化 10~20 min。

2.1.2 铝硅系耐火材料制壳

采用水玻璃-煤矸石粉(铝矾土粉等)涂料,密度为 1.7~1.8 g/cm³,挂煤矸石砂(铝矾土砂)。水玻璃模数为 2.8~3.2,密度 1.28~1.32 g/cm³。用氯化钙溶液硬化 10~15 min。

2.2 降低型壳残留强度

以铝矾土为制壳材料的型壳,都存在残留强度

高,铸件清砂困难的问题,特别是铸件沟槽与内腔更难清理干净。主要原因是铝矾土随其中 Al_2O_3 含量增加,杂质含量也增加,高温下形成玻璃相多,故残留强度大。水玻璃-煤矸石型壳由于霞石和玻璃相冷却后重新凝结,型壳残留强度也较高。

对硅酸乙酯-铝矾土型壳或水玻璃-铝矾土型壳,在加固层水玻璃涂料中加入10%~30%石英粉,或铝矾土粉料挂石英砂,均可降低型壳残留强度,也可在涂料中加入20%~40%煤矸石粉,利用煤矸石中方石英相变,可以降低型壳残留强度,而不恶化型壳高温强度。用煤矸石代替铝矾土则可获得具有良好综合性能型壳。

另外,往铝矾土熟料中加入20%~30%生铝矾土;前几层撒石英砂,后几层撒铝矾土砂,或者煤矸石砂、铝矾土砂、石英砂隔层交替撒砂等,都可在不太降低高温强度的情况下降低型壳的残留强度^[11]。

2.3 制造定向凝固型壳

在工业氧化铝中加入适量精制石英粉,经2000℃高温加热熔融,进行精炼、冷却、结晶,粉碎加工制成粉料和砂料,以硅溶胶或硅酸乙酯作粘结剂制壳,型壳具有很好的抗蠕变性,能在1650~1700℃高温下保持0.5 h 而不变形、不裂纹,可以生产出价格高、性能优良的定向凝固叶片。

还有一种用定向结晶法生产铸件的型壳,采用具有高导热性能的金属激冷平板、具有极小导热性的陶瓷绝热套和浇注系统与主型壳连接在一起,形成完整的型壳,可使定向结晶磁钢铸件成品率提高10%~15%且能降低钢水的消耗^[12]。

3 制壳综合优化在生产中的应用及经济效益

实际制壳生产中,常常将粘结剂和耐火材料结合在一起对制壳进行优化。但对各种优化方案都应进行试验和小批量生产,选择铸件划线检查尺寸,得出合格结论后才能大批量应用。

我公司原来在制壳中表面层采用硅酸乙酯-白刚玉制壳,加固层采用硅酸乙酯-铝矾土(或铝矾土合成料)、硅酸乙酯-白刚玉及硅酸乙酯-石英制壳。从1988年起,铸件的种类大大增加。根据铸件材料及其表面粗糙度、尺寸精度要求不同,进行了以下制

壳优化工作。

a. 表面层制壳全部采用硅溶胶作为粘结剂,耐火材料则根据不同铸件分别采用白刚玉、铬刚玉、棕刚玉、煤矸石、石英。

b. 加固层耐火材料用煤矸石代替铝矾土、铝矾土合成料和白刚玉。

c. 除要求高的铸件(如叶片等)外,广泛应用硅酸乙酯-水玻璃复合型壳和高强度型壳。近年来又开始小批量试生产硅酸乙酯水玻璃交替硬化型壳。

经过优化工作,在保证铸件质量的前提下又降低了铸件成本,和优化前相比,每年仅制壳材料费用降低的节约就超过35万元,取得了明显的经济效益。

参 考 文 献

- 1 佟天夫. 关于发展我国熔模铸造的几个问题. 中国铸协精铸专业委员会年会论文, 1990
- 2 蒋增荣等. 熔模铸造工艺材料及性能测定方法标准汇编. 北京: 北京航空学院出版社, 1987
- 3 熔模铸造译文集. 上海科学技术情报所, 1977
- 4 赵恒义. 熔模铸造型壳的线量变化研究. 特种铸造及有色合金, 1990(2)
- 5 熔模精密铸造(上册). 北京: 国防工业出版社, 1981
- 6 姜杰、魏自良. 硅酸乙酯与水玻璃交替硬化机理与工艺的探讨. 天津机车车辆机械厂, 1981
- 7 佟天夫、陈冰、姜不居. 熔模铸造工艺. 北京: 机械工业出版社, 1991
- 8 雷振威. 熔模精铸新型模壳材料——煤矸石的应用研究. 国营一七〇厂, 1990
- 9 佟天夫. 熔模铸造水玻璃型壳 Na_2O 行为的研究. 特种铸造及有色合金, 1990(5)
- 10 佟天夫. 水玻璃型壳熔模铸造的技术进展. 特种铸造及有色合金, 1986(5)~(6)
- 11 佟天夫. 熔模铸造水玻璃型壳溃散性的研究. 特种铸造及有色合金, 1992(3)
- 12 高业麟译. 定向结晶法生产磁钢件用的熔模铸造型壳. 铸造, 1988(1)
- 13 叶声庸. 电泳制壳工艺国内外研究概况. 洛阳工学院, 1990
- 14 姜不居等. Replicast CS 法用超薄高强度型壳的研究. 特种铸造及有色合金, 1992(6)

(编辑: 张振斌)