

## 熔模铸造型壳强度与硬化工艺改进

摘要：通过对型壳强度性能的要求与不同硬化剂的分析，在粘结剂和耐火材料不变的情况下，应用氯化铵与结晶氯化铝混合硬化工艺，取得较好的经济效益。

关键词：熔模铸造 型壳 强度 硬化剂

制造型壳是熔模铸造工艺中的一个关键工序，它不仅决定着铸件尺寸精度和表面粗糙度，而且直接影响铸件的制造成本和生产效率。多年的实践证明，由于型壳残留强度大，给铸件清砂与碱煮工序带来困难，我厂每年碱煮工序消耗蒸气 4 688.6 t(费用达 25.79 万元)，烧碱 26.8 t(费用达 9.28 万元)，制壳工序消耗结晶氯化铝 162.14 t(费用达 42.16 万元)，占用了大量的生产资金。因此，对影响型壳强度性能的结晶氯化铝硬化工艺进行了改进，应用氯化铵与结晶氯化铝混合硬化工艺，并取得较好的经济效益。

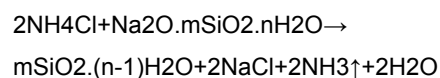
### 1 型壳强度与硬化剂的关系分析

从制壳、浇注到清理的不同工艺阶段，型壳有三种不同的强度指标，即常温强度、高温强度和残留强度。三种强度之间有一定的关系，但形成机制和影响因素不完全相同。例如：若常温强度不足，在制壳过程中易掉件，在脱蜡过程中易变形或破裂；若高温强度不足，在焙烧和浇注过程中会发生型壳变形和跑火(漏钢)；若残留强度过高，直接影响型壳的脱壳性和铸件清砂的难易程度。

如何调整型壳三种强度间的关系，使其具有高的常温强度、足够的高温强度和尽可能低的残留强度是我们所希望的。根据制壳工艺的现状，在粘结剂和耐火材料不变的情况下，对常用硬化剂的分析与改进十分必要。

#### 1.1 氯化铵硬化剂的特点分析

氯化铵作为水玻璃型壳的硬化剂，其硬化反应式如下：

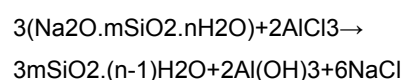


反应结果生成的  $\text{SiO}_2$  胶体将型壳中的石英粉和砂粒牢固地粘结在一起，使型壳获得强度。

氯化铵是应用最早的水玻璃型壳硬化剂，其主要优点是扩散硬化速度快，制壳周期短，型壳残留强度低，脱壳性好。同结晶氯化铝硬化剂相比，型壳高温强度差，存放期间容易生茸毛，硬化反应时析出氨气污染空气，劳动条件差，设备腐蚀比较严重。

#### 1.2 结晶氯化铝硬化剂的特点分析

结晶氯化铝作为水玻璃型壳的硬化剂，在硬化过程中，氯化铝与水玻璃是相互中和、相互促进水解的过程；在此过程中，水玻璃的 pH 值下降、稳定性降低而析出硅凝胶。同时，由于水玻璃的作用，使氯化铝的 pH 值升高，并经水解、聚合系列反应析出  $\text{Al}(\text{OH})_3$  凝胶，形成硅胶与铝胶共凝物，故结晶氯化铝型壳的强度较高。其反应式如下



结晶氯化铝用于水玻璃型壳的硬化剂，其主要优点是型壳有较高的高温强度和抗热变形能力，其热震稳定性优于氯化铵型壳；经充分时效存放的型壳，其常温强度也很高；硬化时无有害气体析出，不污染空气；硬化工艺控制容易，性能稳定。其主要缺点是硬化速度慢，硬化后需较长时间存放；型壳残留强度较高，脱壳性能差。

综合上述对氯化铵硬化剂与结晶氯化铝硬化剂的分析结果，其对型壳强度的影响各有不同。若将两种硬化剂按一定比例混合，配成混合硬化剂，就可以发挥两者的优点，克服缺点。

2 混合硬化的研制与应用

氯化铵与结晶氯化铝混合在一起作硬化剂，形成一种  $\text{NH}_4\text{Cl}-\text{AlCl}_3$  络合物，硬化过程中产生的氨气与氯化铝反应产生氯化铵，氨气又回溶到硬化剂中，既消除了氨味，又保持了硬化剂成分。在保证硬化剂所需  $\text{Cl}^-$  浓度一定量的条件下，将两种单一硬化剂的最高质量分数(氯化铵 20%和结晶氯化铝 30%)以递减 2%和 3% 的浓度级差反向搭配混合，以无氨气析出及单一硬化剂的使用经验，确定氯化铵的质量分数为 8%~10%，结晶氯化铝的质量分数为 20%~24%，并制定了工艺试验方案。

2.1 混合硬化剂制壳工艺

- (1) 涂料配制与涂料粘度按  $\text{CICBA/B02.07-1998}$  《涂料配制》的规定要求执行，涂料粘度取工艺规定上限。
- (2) 制壳撒砂规格和操作方法按  $\text{CICBA/B02.08-1998}$  《制壳》的规定要求执行。
- (3) 制壳的硬化与干燥按表 1 的规定要求执行。

表 1 硬化干燥工艺参数

层次	制壳线制壳				手工制壳	
	硬化温度 / $^{\circ}\text{C}$	硬化时间 / min	干燥温度 / $^{\circ}\text{C}$	干燥时间 / min	硬化时间 / min	风干时间 / min
表面层	常温	8~10	20~25	12~14	9~10	25~30
加固层	常温	8~10	25~35	12~14	9~10	25~30

2.2 试验与应用

按上述制壳工艺，选用 4 种精铸件，进行了 4 轮手工制壳工艺试验，制壳 742 组，浇注钢水 81.2 t。

第一轮(1998 年 3 月)：试验 4 种铸件共 162 组，浇注跑火 19 组，跑火率 11.73%。

- (1) 工艺参数： $w(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})=18.9\% \sim 21.1\%$ ， $w(\text{NH}_4\text{Cl})=9.65\% \sim 10.23\%$ ，密度为  $1.13 \sim 1.15 \text{ g/cm}^3$ ，pH 值为 2.0。  
硬化时间 9 min，风干时间 25~30 min。
- (2) 分析：型壳跑火的主要原因是混合硬化剂中  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  质量分数偏低，型壳高温强度不足。
- (3) 结果：型壳残留强度低，清砂效果好，两种铸件可取消碱煮工序。有两种铸件碱煮时间缩短为 12~18 h。

第二轮(1998 年 3~4 月)：试验 4 种铸件共 132 组，浇注无跑火。

- (1) 工艺参数： $w(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})=23.65\% \sim 23.80\%$ ， $w(\text{NH}_4\text{Cl})=9.00\% \sim 9.24\%$ ，密度为  $1.17 \sim 1.18 \text{ g/cm}^3$ ，

pH 值为 2.0。

其他同第一轮工艺参数。

(2) 分析: 调整了混合硬化剂,  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  的质量分数达到了试验方案的要求, 型壳高温强度高于第一轮, 型壳质量稳定。

(3) 结果: 型壳残留强度高于第一轮, 清砂效果不明显, 应调整工艺参数, 降低残留强度。

第三轮(1998 年 4 月): 试验 3 种铸件共 219 组, 浇注跑火 8 组, 跑火率 3.65%。

(1) 工艺参数:  $w(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})=23.6\% \sim 23.8\%$ ,  $w(\text{NH}_4\text{Cl})=9.0\% \sim 9.2\%$ , 密度为  $1.16 \sim 1.17 \text{ g/cm}^3$ , pH 值为 2.0。

第二层涂料改为表层(石英质)涂料, 其他同第一轮工艺参数。

(2) 分析: 为降低型壳残留强度, 在其他工艺不变的情况下, 将第二层(加固层涂料)改为石英质涂料, 型壳高温强度有所下降, 出现跑火现象。

(3) 结果: 型壳残留强度低于第二轮, 清砂效果有所提高, 但有一种铸件的铸孔还需煮碱, 需进一步降低残留强度。

第四轮(1998 年 4 月): 试验 2 种(带孔)铸件共 229 组, 浇注跑火 10 组, 跑火率 4.36%。

(1) 工艺参数:  $w(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})=23.7\% \sim 23.8\%$ ,  $w(\text{NH}_4\text{Cl})=9.05\% \sim 9.10\%$ , 密度为  $1.16 \sim 1.17 \text{ g/cm}^3$ , pH 值为 2.0。

第二、三层涂料改为石英质涂料, 其他同第一轮工艺参数。

(2) 分析: 为取消部分带孔铸件的碱煮和缩短碱煮时间, 前三层涂料与撒砂改为石英质耐火材料, 通过石英在  $573^\circ\text{C}$  时的相变降低型壳残留强度, 后三层为高铝质耐火涂料保证了型壳有足够的高温强度。对于 4.36% 的跑火率, 调整涂料层次后已完全解决。

(3) 结果: 调整后的工艺参数, 满足了型壳三种强度之间的相互关系, 有的铸件取消了碱煮工序, 有的铸件碱煮时间由原来的 36 h 缩短为 12 h。

综上述试验结果, 手工制壳 1998 年 5 月 3 日转入批量生产, 制壳线从 1998 年 8 月 8 日部分转入批量生产。转产后的型壳质量稳定, 清砂效果良好, 硬化剂的成分稳定, 其含量下降缓慢, 具有良好的经济效益。

### 3 经济分析与结论

(1) 缩短硬化(干燥)时间, 提高生产效率 1.72 倍。

(2) 部分铸件(9 种共 484.87 t)取消碱煮和部分铸件(10 种共 417.29 t)缩短碱煮时间, 降低生产成本。

(3) 减少蒸气和原材料消耗, 节约生产资金 38.3 万元。