



熔模铸造型壳缺陷分析

潘玉洪

水玻璃型壳常见的缺陷有裂纹、变形、鼓胀、蚁孔、蠕孔及气孔等，现分析如下。

一、型壳裂纹

型壳裂纹有两种情况，一是浇口杯产生裂纹，如图1所示；二是型壳表面产生裂纹，如图2所示。

浇口杯裂纹特征：型壳的浇口杯有裂纹，严重时浇口杯开裂。

型壳表面裂纹：在型壳的表面上有弯曲的、深浅不等的裂纹。

1. 产生原因

(1) 涂料中水玻璃的模数、密度过高或过低；涂料中的粉液比过低；或硬化剂的浓度、温度和硬化时间不当，硬化不充分；或型壳在硬化前的自然风干时间不够，不利于硬化剂的继续渗透硬化，影响了硅凝胶的连续性和致密性；或型壳的层数不够等原因，导致型壳的强度低，出现了裂纹。

(2) 涂料层涂挂的不均匀，或撒砂层厚薄不均，尤其是浸涂料后没有撒上砂的部位，硅凝胶在收缩时受力不均匀，导致

型壳产生裂纹。

(3) 脱蜡液的温度低，脱蜡时间太长。由于蜡料的热膨胀系数大于型壳的热膨胀系数，脱蜡缓慢将导致型壳在脱蜡的过程中受到各种应力的作用，如果超过此时型壳的强度极限，就会产生裂纹，甚至开裂。

(4) 焙烧时，型壳入炉温度高，升温过快，或高温出炉急冷；或型壳多次焙烧，产生微裂纹，甚至裂纹，降低了强度；或型壳的高温强度低，使型壳在焙烧时产生裂纹。

(5) 清理浇口杯时，机械损伤浇口杯。

2. 防止措施

(1) 采用下列措施，型壳的高温强度就高。①水玻璃的模数 $M=3.0\sim 3.4$ ，密度 $\rho=1.30\sim 1.33\text{g/cm}^3$ ，配制成加固层涂料。②采用合理的涂料配制工艺，并执行涂料的“配比-温度-黏度”曲线。③采用合理的硬化工艺，控制硬化剂的“浓度-温度-硬化时间”；或选用氯化铝代替氯化铵硬化型壳。④合理的制壳工艺，如涂料黏度与撒砂粒度的合理配合，硬化工艺参数要确保型壳充分硬化。⑤采取措施增加型

壳强度，如常用的增加型壳层数，或采用复合型壳等，必要时大件型壳可用铁丝加固。

(2) 蜡模浸入检验合格的涂料中，上下移动和不断地转动，提起后滴去多余的涂料，使涂料均匀地覆盖在模组的表面上。不能出现涂料的局部堆积或缺少涂料（漏涂），并及时、均匀撒砂。

(3) 适当提高脱蜡液的温度，控制在 $95\sim 98^\circ\text{C}$ ；缩短脱蜡时间，以 $15\sim 20\text{min}$ 、不超过 30min 为宜。水玻璃型壳脱蜡的要点：高温快速。必要时，改进脱蜡方法。



图1 浇口杯裂纹



图2 型壳表面裂纹

(4) 选用合理的焙烧工艺, 氯化铵硬化的型壳焙烧温度为 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$, 时间 $0.5\sim 2\text{h}$; 并严格执行。必要时, 采用阶段升温或冷却, 型壳焙烧不能超过两次。

焙烧良好的型壳呈白色、粉白色或粉红色; 焙烧不良的型壳呈深色或深灰色, 表示型壳残留较多的碳分。

(5) 清理浇口杯时应仔细, 避免机械损伤, 必要时可改进浇口杯的结构。

二、型壳变形

特征: 型腔的尺寸不符合图样要求, 如图3所示。

1. 产生原因

(1) 型壳高温强度低, 其抗高温变形能力也低。型壳变形大部分是在脱蜡、焙烧或浇注过程中产生的。浇注时, 靠近浇口的高温有可能使型壳发生变形。

(2) 涂料的黏度大, 涂层过厚, 涂料堆积; 或硬化液浓度低, 温度低, 硬化时间短, 硬化不足等原因, 导致型壳的强度低。

(3) 脱蜡液的温度低, 脱蜡时间太长。由于蜡料的热膨胀系数大于型壳的热膨胀系数, 脱蜡缓慢将导致型壳在脱蜡的过程中受到各种应力的作用, 使型壳在脱蜡过程中变形。

(4) 中小件型壳的焙烧温度过高、焙烧时间过长, 或冷却过快, 或焙烧时摆放不当(堆压、挤压), 使得支撑受力不平衡等原因, 引起局部变形。

(5) 焙烧炉不能满足工艺

要求。

(6) 焙烧与浇注配合不当, 型壳在焙烧后的热态时, 强度较高。温度下降时, 强度随之下降。如型壳在冷态下浇注, 型壳急剧升温热膨胀系数大, 导致型壳变形。

2. 防止措施

(1) 下列因素的合理匹配与控制, 就可以适当地提高型壳的高温变形抗力: ①水玻璃的模数 $M=3.0\sim 3.4$, 密度 $\rho=1.30\sim 1.33\text{g}/\text{cm}^3$ 配制的加固层涂料。②合理选用硬化剂, 氯化铝硬化的型壳比氯化铵硬化的型壳好。③铝硅系粉、砂, 代替硅粉、砂。④制壳工艺。如涂料黏度与撒砂粒度的合理配合, 硬化工艺参数要确保型壳充分硬化。⑤焙烧和浇注的合理配合, 防止型壳在冷态下浇注。⑥采用复合型壳, 如水玻璃与硅溶胶型壳, 水玻璃与硅酸乙酯型壳等。

(2) 掌握、运用、控制涂料的“配比-黏度-温度”关系曲线, 注意涂挂操作, 使涂层均匀地覆盖; 控制硬化液的浓度、温度和硬化时间, 使型壳充分硬化。

(3) 型壳停放 $12\sim 24\text{h}$ 再脱蜡。选择合理的脱蜡工艺, 脱蜡液的温度控制在 $95\sim 98^{\circ}\text{C}$, 脱蜡时间为 $15\sim 20\text{min}$, 不超过 30min 。型壳在脱蜡过程中应正确摆放。

(4) 选择合理的焙烧工艺, 氯化铵硬化的型壳焙烧温度为 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$, 时间 $0.5\sim 2\text{h}$; 注意型壳在焙烧过程中的摆放, 避免型壳彼此挤压; 控制焙烧出

炉的冷却速度等。

焙烧良好的型壳呈白色、粉白色或粉红色。

(5) 加强焙烧炉的定期检测 and 日常维护保养, 使其满足焙烧工艺要求。

三、型壳鼓胀

特征: 型壳整体鼓胀, 或局部涂层鼓胀。型芯鼓胀, 如图4所示; 型壳内表面鼓胀, 如图5所示。

1. 产生原因

(1) 型壳分层的各种原因: ①水玻璃模数高, 或涂料的黏度大; 操作不当, 或撒砂时间控制不当, 使涂料或型砂局部堆积, 以及硬化不良等原因。②面

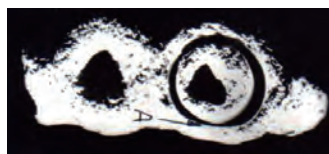


图3 型腔变形的型壳



图4 型芯向型腔鼓胀

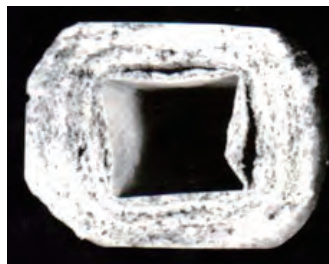


图5 型壳内表面层向型腔鼓胀

层硬化前的自然风干时间太长，与第二层涂料润湿而结合不好。
③涂料撒砂后，表面有浮砂；或面层砂的粒度过细，砂中粉尘过多或砂粒受潮含水过多，导致第二层涂料与面层砂结合不牢。
④面层硬化后晾干的时间短，型壳局部表面残留过多的硬化液等原因。

(2) 型壳抗高温变形能力低的原因：①型壳高温强度低，其抗高温变形能力也低。型壳鼓胀大部分是在脱蜡、焙烧或浇注过程中产生的。②涂料的黏度大，涂层过厚，涂料堆积，或硬化液浓度低，温度低，硬化时间短，硬化不足等原因，导致型壳强度低，抗高温变形能力也低。

(3) 脱蜡液的温度低，脱蜡时间太长。

(4) 中小件型壳的焙烧温度过高、焙烧时间过长，或冷却过快，焙烧时摆放不当（堆压、挤压）等原因。

(5) 焙烧与浇注配合不当，如型壳在冷态下浇注，型壳急剧升温热膨胀系数大，导致型壳鼓胀。

2. 防止措施

(1) 防止型壳分层的各种措施：①控制制壳场地的温度保持在22~26℃为宜，适当降低涂料黏度，增加其流动性，必要时在涂料中适当添加表面活性剂，改善涂料的涂挂性、覆盖性。注意操作方法，即型壳浸入涂料中，要上下移动和不断地转动，提起后滴去多余的涂料，使涂料均匀地涂挂和覆盖在型壳的表面上，立即撒砂，不能出现涂料或

型砂的局部堆积，并充分硬化。

②型壳硬化前应自然风干一定的时间，一般选用15~40min，以型壳“不湿不白”为宜。硬化后要进行晾干，使型壳继续进行渗透硬化，硬化的更加充分。

③检验型砂的粒度和粉尘含量（≤0.3%），控制型砂在使用中的湿度应≤0.3%，并及时清除型壳上多余的浮砂，面层撒砂的粒度不要过细，粒度以0.450~0.224mm（40/70目）为宜。

(2) 防止型壳变形的各种措施：①选择合适的水玻璃模数和密度，选用涂料合理的粉液比、黏度和温度，用铝硅系粉砂代替硅粉砂；选用合适的硬化剂及合理的硬化工艺参数，控制硬化液的浓度、温度和硬化时间，使型壳充分硬化。②注意涂挂操作，使涂层间均匀地覆盖。③型壳停放12~24h再脱蜡，脱蜡液的温度控制在95~98℃，脱蜡时间为15~20min，不超过30min。

④氯化铵硬化的型壳焙烧温度为850~900℃，时间0.5~2h，并控制焙烧出炉的冷却速度等。

总之，选用合理的涂料工艺、制壳工艺、焙烧与浇注工艺，或采用复合型壳等，以提高型壳抗高温变形能力

四、蚁孔

特征：型壳的内表面上有分散或密集的小孔洞，如图6、图7所示。

1. 产生原因

(1) 配制面层涂料时，涂料中的粉液比太低（≤1:0.8）。在正常使用温度下，涂料的黏

度低（涂料在粉液比相同的条件下，其黏度随着温度的提高而降低），蜡模上的涂料层太薄，而面层砂的粒度较大，尤其是使用沸腾法撒面层砂时，砂粒易穿透涂料层，在型腔形成蚁孔。

(2) 蜡模中的硬脂酸含量过低，或蜡模在涂挂前没有进行表面脱脂处理，降低了蜡模的润湿性和涂挂性。

(3) 涂料对蜡模的润湿性差、涂挂性差。

(4) 蜡模组装不当，或涂挂面层的浸涂、撒砂方法不当，或控料时间太长，使模组的中、上部局部涂料层太薄（见图7），甚至没有涂料层，易使型腔产生局部蚁孔。

2. 防止措施

(1) 配制面层涂料时，在专用配料桶中，不断搅拌水玻璃、润湿剂，再缓缓加入粉料；当水玻璃模数为3.0~3.4，密度为1.25~1.28g/cm³时，粉液比为1:1.0~1.3为宜。充分搅拌后的涂料要进行8~12h的回性处理；再选用相应的面层砂粒度，



图6 蚁孔（粉液比1:0.8）



图7 型腔内，均在蜡膜的上部产生蚁孔

一般选用粒度0.355~0.154mm (50/100) 或0.450~0.224mm (40/70目) 的硅砂; 面层砂应使用雨淋法撒砂。

(2) 蜡料中的硬脂酸含量不能低于50%, 可以适当提高硬脂酸的含量(一般为5%~10%), 以利于提高蜡模的润湿性, 改善蜡模的涂挂性。

模组浸涂前要用脱脂液(浓度为质量分数的0.3%表面活性剂或中性软肥皂水溶液)去除蜡模表面残留的分型剂或脱模剂, 以改善蜡模表面对涂料的润湿能力, 改善涂料的覆盖性, 以提高型壳的表面质量。

(3) 在面层涂料中加入适量(一般为粘结剂质量的0.1%~0.3%) 的表面活性剂(如农乳130, 或JFC), 以利于降低涂料的表面张力, 增加涂料对蜡模的润湿作用, 改善涂挂性。

由于涂料中加入表面活性剂后, 在搅拌过程中易产生气泡, 所以应加入消泡剂(常用有机硅树脂系消泡剂, 加入量为粘结剂质量的0.05%~0.1%)。

(4) 改进蜡模组装, 注意型壳面层的涂挂操作, 使涂料均匀、完整地覆盖在蜡模的表面上, 并及时撒砂。

五、蠕孔

特征: 型壳的内表面上有分散的或密集的蠕虫状孔洞, 如图8、图9所示。

1. 产生原因

(1) 涂料中的粉液比过低, 或蜡模上的涂料层太薄。

(2) 产生“蚁孔”的影响

因素大多同样适用于蠕孔。

2. 防止措施

“蚁孔”的防止措施均适用于蠕孔。

六、气孔

特征: 型壳的内表面留有气泡的光滑孔洞, 如图10所示。

1. 产生原因

(1) 面层涂料在搅拌过程中卷入过多气体, 搅拌后没有进行回性处理, 或回性处理时间短。

(2) 面层涂料中加入发泡较高的表面活性剂。

(3) 面层涂料在搅拌过程中没有加入消泡剂。

(4) 面层涂挂操作不当, 在蜡模的棱角处留有气泡。

2. 防止措施

(1) 配制面层涂料过程中应控制搅拌速度, 避免卷入或产生过多气泡, 充分搅拌后的涂料要进行8~12h的回性处理, 使气体充分溢出。

(2) 搅拌面层涂料时, 应加入发泡较低的润湿剂, 常用农乳130或JFC, 加入量为水玻璃粘结剂的0.1%~0.3%。

(3) 在配制面层涂料过程中应加入消泡剂, 加入量为水玻璃粘结剂的0.05%~0.10%。

(4) 注意面层涂挂操作, 必要时用毛刷刷涂, 或用压缩空气吹除蜡模棱角处的气泡。

七、结语

(1) 提高水玻璃型壳的强度, 是防止型壳裂纹、变形的有效措施。

(2) 水玻璃涂料是一种非均匀、介稳定的悬浮体。涂料应保证型壳良好的性能, 如强度、透气性、热稳定性和脱壳性等, 同时涂料又要具有良好的工艺性, 如涂挂性、流动性和分散稳定性, 以及悬浮稳定性等。涂料的配比(粉液比)是防止型壳产生蚁孔和蠕孔的关键因素。

(3) 合理的制壳工艺, 严谨的操作规程, 适时的员工培训, 必要的奖惩制度是获得优质型壳的保证。

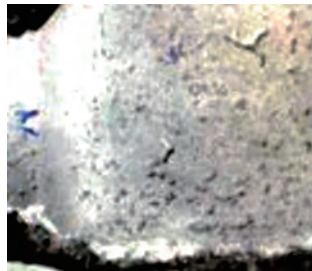


图8 蠕孔(粉液比1:0.6)



图9 蠕孔 16×



图10 气孔

作者简介: 潘玉洪, 深圳市盈迅精密机械有限责任公司, 高级工程师。

MW 20140919