

全国铸造学会“特种铸造及有色合金”学组
第一 届 学 术 会 议

熔 模 铸 造

(论 文 集)

全国铸造学会“特种铸造及有色合金”学组编

1981

前 言

一九七九年十二月十七日至二十二日，在成都举行了全国铸造学会特种铸造及有色合金学组第一届学术会议。在这次学术会议上共交流了150余篇有关特种铸造和铸造有色合金方面的论文，其中在会议上宣读交流的论文有82篇，进行书面交流的论文有68篇。在82篇宣读交流论文中，熔模铸造28篇，压力铸造8篇，低压铸造4篇，金属型铸造5篇，离心铸造4篇，挤压铸造3篇，磁型铸造3篇，连续铸造1篇，石墨型铸造1篇。铸造铝合金10篇，镁合金5篇，铜合金4篇，高温合金4篇，钛合金2篇。

为了使这次学术会议的成果能在国内广大铸造工作者之间得到广泛地交流，促进我国科学技术的发展和生产技术的提高，特种铸造及有色合金学组决定将会议上宣读交流的论文印成论文集出版。考虑到特种铸造及有色合金的种类繁多，涉及面广，同时照顾到读者的需要，决定将论文集分成三册出版，即熔模铸造论文集，特种铸造论文集，铸造有色合金论文集。

同时考虑到特种铸造及有色合金学组主办的《现代铸造》杂志，以及其他学术刊物已选登一部分第一届学术会议上宣读交流的文章，故论文集只刊登其摘要，不再全文刊登。

论文集在出版和发行过程中得到了上海闸北区科学技术协会、上海市机械制造工艺研究所、武汉机械工艺研究所以及许多同志的支持和关怀，在此向他们表示衷心的感谢。

论文集难免有不妥及错误之处，敬请读者指正。

全国铸造学会

特种铸造及有色合金学组

1981年6月

熔模铸造论文集目录

- 熔模铸造水玻璃涂料的质量控制·····内蒙古工学院 铸工教研室 熔模铸造科研组 (1)
- EVA-石蜡熔模铸造模料·····四川省化学工业研究所 宁江机床厂 (8)
- 熔模铸造型壳高温性能的研究·····清华大学机械系 张家骏等 (11)
- 高强度型壳熔模铸件表面麻点的产生和消除·····连胜机械厂 周德中 (18)
- 关于熔模精铸中涂料快速硬化问题的探讨·····郑州工学院机械系 铸工教研室 赵国华 (21)
- 复合硬化剂高强度型壳制壳工艺(一)·····沈阳第一机床厂 精铸车间 施 臣 (25)
- 硅溶胶制壳工艺及其应用·····上海三〇三五厂 张体刚 (35)
- 精铸型壳高温透气性的研究·····西北工业大学 红旗机械厂 (41)
- 用正交多项式回归研究填料型可溶型芯·····西北工业大学 红旗机械厂 (47)
- 石蜡基«2-3-95»模料的试验与应用·····沈阳风动工具厂 刘玉超等 (55)
- 结晶氯化铝作水玻璃系高强度型壳硬化剂在生产中的应用·····沈阳高压开关厂 孙静晔 (63)
- 大功率柴油机 80 系列增压器整体精铸喷嘴环·····
·····戚墅堰机车车辆工艺研究所 魏自良 天津机车车辆机械工厂 张清惠等 (71)
- 高强度模壳的试验研究和生产·····六二六厂 陶德安 (78)
- 铸造涡轮叶片显微疏松和晶粒度的控制·····六〇六研究所 蒋育华 (87)
- 采用精密铸造工艺仿制古代青铜器—大克鼎·····上海汽轮机厂 施先德 (97)
- 硅酸乙酯与水玻璃交替硬化机理与工艺的探讨·····
·····天津机车车辆机械工厂 姜 杰 戚墅堰机车车辆工艺研究所 魏自良 (105)
- 精铸铝矾土合成料的研究·····六二一所 胡德元等 (113)
- 精硅无余量叶片用模料的研制·····西北工业大学 红旗机械厂 (124)
- 熔模精密铸造 W6Mo5Gr4V2 和钨当量为 11 的高速钢刀具·····浙江大学 李宗林 (131)
- 精密铸造大型齿轮刀具·····徐州机械研究所 特种铸造课题组 (146)
- 熔模精密铸造型壳硬化工艺参数的探讨——以 NH_4Cl 水溶液为硬化液·····
·····天水燎原风动工具厂工艺科 顾正航等 (163)
- 硅酸乙酯粘结剂胶凝速度的研究·····北航一系铸造教研组 朱承兴 (174)
- 稀土球铁热锻模及陶瓷型精密铸造工艺的研究·····湖南省机械研究所 张 象等 (182)
- 结晶氯化铝的硬化特性分析·····合肥工业大学 合肥精密铸造厂 (187)

熔模铸造水玻璃涂料的质量控制

内蒙古工学院 铸工教研室、熔模铸造科研组

熔模铸造的铸型是用流体造型材料成型的多层型壳，涂料是形成型壳的基础。涂料这种流体从本质上来查看有以下几个特点：

(1) 高模数水玻璃是硅酸溶胶的分散体系。在此分散体系中，分散相是易于聚合的大分子 SiO_2 胶团，分散介质是水玻璃溶液。加入粉料后，就等于在此分散体系中又加入了新的分散相。所不同的乃是后者的粒子尺寸 ($>30\sim 50\mu$)，比前者大得多。此时所形成的是胶体-悬浮液，这就是水玻璃涂料。可见，涂料是宏观的多相不均匀体系，因而它是一种非均质和非稳定的流体。其中既存在着胶体粒子的自发凝聚，又发生着粉料粒子的重力沉降；

(2) 基于上述，故涂料流体属于非牛顿流型，其流动特性同多相体系粒子间作用力和结构形态有关，其粘度受剪切速度的影响。用流杯式粘度计测得的仅为表观粘度而非真实粘度。这一特性影响在蜡模表面上的流布性和厚度均匀性；

(3) 涂料流体在一定条件下(如化学介质、温度、湿度等)发生变态，即由流体(溶胶)转变为似流体(冻胶)再转变为固体(凝胶)，或者由流态直接转化为固态。这种状态的变化是化学及胶体反应的结果，它必将引起涂料层物理化学性质上的变化。

涂料的组成、粘度、比重、分散性、稳定性和涂挂性等属于流态过程特性，而胶凝过程和结构强度的形成，则属于变态过程特性。掌握这些特性及其变化规律，是涂料质量控制的基础。

一、涂料的粘度

粘度是涂料流动时质点之间的内摩擦。原材料对涂料粘度有如下影响。

1. 水玻璃性质

涂料粘度首先与水玻璃的粘度有关。模数和比重越高，则其粘度越大(图1、2*)。图3是水玻璃粘度和温度的关系。此外，模数与比重相同时，加酸处理过的水玻璃粘度较高。

2. 耐火材料性质

(1) 具有吸水膨胀形成胶态分散体系的材料如软质粘土，配制的涂料粘度变化较大，粘土的胶质价高时尤甚。故为获得适宜的粘度，加入量受到限制。石英粉、粘土质熟料和铝矾土等瘠性材料，在常用粒度范围内 ($>30\sim 50\mu$)，不形成胶态分散体，故配制的涂料粘度较为稳定，达到要求粘度时，加入量可多些；

(2) 配比相同时，粉料粒度越小则涂料粘度越大。例如用180目铝矾土配料时，按水玻璃：铝矾土=1:1 配比，粘度为18~20秒(100ml、 $\phi 6$ 杯式粘度计测定值，下同)，270目时为25~32秒。体积浓度相同时，粒子在引力范围内靠近的程度将随着粒子尺寸减小而增大。粒

* 图1、2、3中的粘度均用恩氏粘度计测定后经换算而得。用芒硝水玻璃，图2、3未加酸处理。

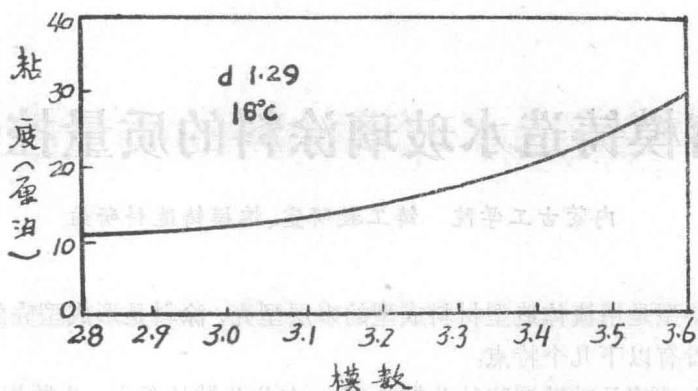


图1 水玻璃模数和粘度的关系

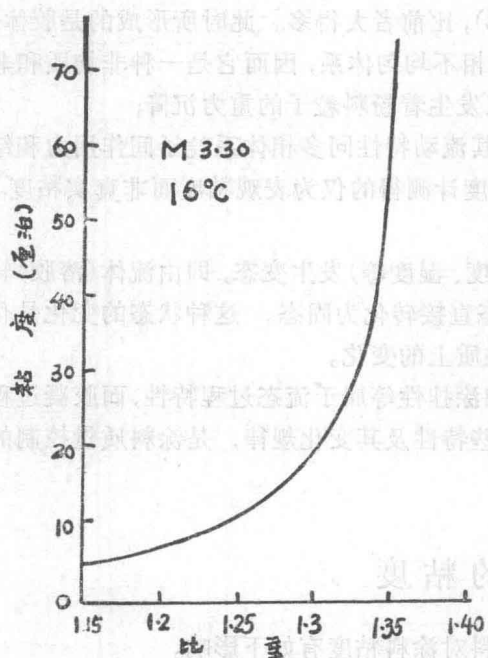


图2 水玻璃比重和粘度的关系

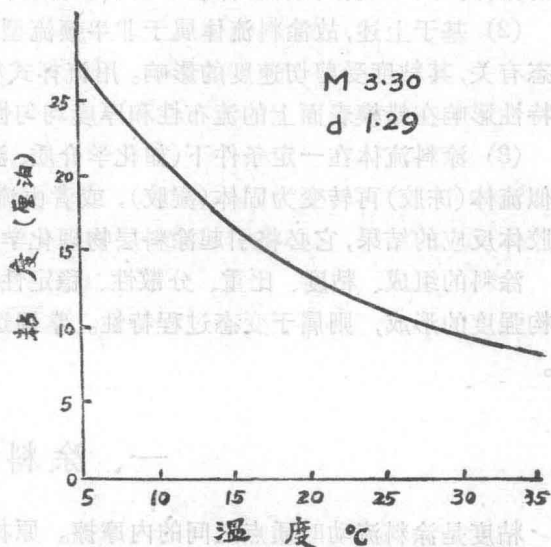


图3 水玻璃温度和粘度的关系

子间的引力就会增加使粒子相对位移所需剪力,故粘度增大。其次,每个粒子表面都吸附一层粘结剂膜,体积浓度相同时,粒子越细则其数量越多,比表面积越大,吸附的粘结剂也越多,这就增大了粒子的有效容积,表现的粘度也越高;

石英粉越细沉降越慢,但达到相同粘度时,粉料加入量将减少,型壳表面易产生缺陷。故用很细的石英粉配料时,仅控制粘度,型壳与铸件表面不一定光洁。对于吸水膨胀的材料,粒子越细则胶质价越高,故配比相同时,粘度将增大。

(3) 涂料在剪切力作用下流动时,粒子在剪切平面内将发生旋转,其有效流体体积会发生变化。体积浓度相同时,球形粒子的有效流体体积较小,故粘度小,而片状、棒状及其他不规则形状的粒子,其有效流体体积增大(图4),故粘度增大;

(4) 粒子表面越粗糙,比表面积就越大,故粘度大。多孔性材料与水玻璃充分润湿后,能

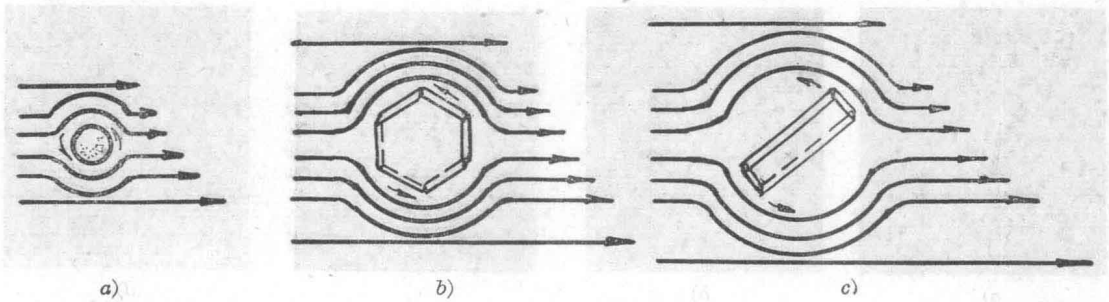


图4 粒形对有效流体体积的影响

a) 球形; b) 片形; c) 棒形

吸附更多溶剂, 故体积浓度相同时, 粘度增大。粉料表面吸附的气体, 配料时随粉料带入粘结剂中, 常使涂料粘度变大。故仅当粉料与粘结剂充分润湿, 排走表面吸附的气体后, 粘度才能趋于稳定;

(5) 粉料湿度越高, 涂料的粘度越小。此外一些污染因素如熟料中混入生料, 石英矿中混有高岭石等, 往往使涂料粘度变化大。故产地与加工方法不同的粉料, 即使粒度相同涂料粘度也常有差异。

二、原材料性质、配比和粘度的关系

1. 表面层涂料

涂料中的石英粉因自身的内聚力而有结成团絮状的倾向, 粉料越细, 这种倾向越大。所以即使在搅拌均匀的涂料中, 粉粒在粘结剂中也不会均匀悬浮。图5所示为四种不同粉料加入量的水玻璃涂料试片*的宏观组织。图中白色团絮状为石英粉, 其周围为水玻璃膜。图6是用四种配比的涂料, 经氯化铵和结晶氯化铝硬化后的表面宏观组织。由图可见, 随着涂料中粉料的增加, 水玻璃膜变得细密, 型壳表面密度增大, 光洁度就会得到改善。

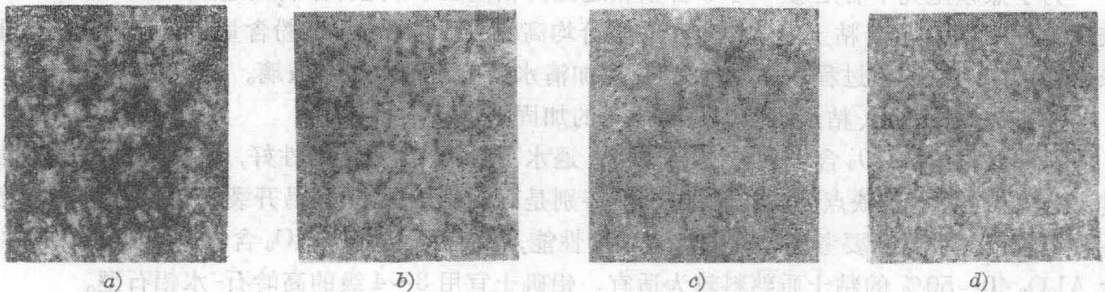


图5 不同配比涂料涂片的宏观组织(16×)

a) 1:0.46; b) 1:0.64; c) 1:0.86; d) 1:1

原材料性质改变时, 例如水玻璃模数很高、石英粉粒度很细或者用氯化铝硬化时, 则应降低水玻璃比重来调整粘度而不应减少粉料, 更不应增加水玻璃含量。从质量要求考虑, 涂料的配比毕竟是基本的, 应在此条件下确定适宜的粘度范围, 而不宜用粘度来控制配比。

* 用40~50mm见方的玻璃片, 洗净揩干, 在其一面淋少许涂料使之流布均匀, 滴去多余涂料, 用放大镜从背面观察粉料分布情形。也可在撒砂后或硬化时, 从背面观察表面缺陷形成情形。

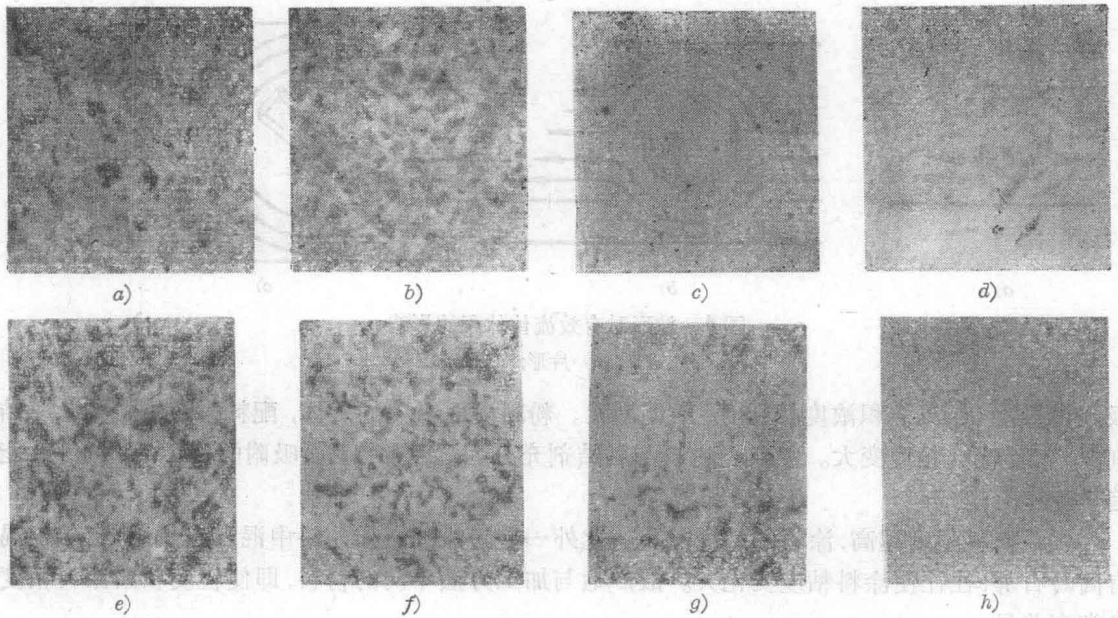


图6 用氯化铵[a)~d)]和用结晶氯化铝[e)~h)]硬化的型壳表面宏观组织(4×)

2. 加固层涂料

(1) 加普通耐火粘土的加固层涂料^[1]

这种涂料由水玻璃、石英粉和耐火粘土组成。这里，不仅要考虑粘结剂与粉料的配比，还要考虑石英粉与粘土的配比，以保证型壳强度性能。通常，用 $Al_2O_3 > 25\%$ ，胶质价 $< 30\%$ 的生粘土配料时，配比多用水玻璃：石英粉：粘土 = 1:0.5~0.6:0.4~0.5。这时，焙烧后型壳中 Al_2O_3 含量约为 3~5%，在工艺操作正常时，其高温强度是足够的，涂料粘度也比较合适。这样的涂料，若单纯控制配比，就容易使粘度失调，例如粘土中 Al_2O_3 含量低和胶质价高时就是如此。反之，若单纯控制粘度，会使配比失调。

为了兼顾型壳中有足够 Al_2O_3 含量和适宜的粘度要求，此种涂料应选用 Al_2O_3 含量高和胶质价低的粘土。若粘土中 Al_2O_3 和胶质价均高时，则可减少石英粉含量和降低水玻璃比重来调整粘度。在使用过程中粘度增大时，可加清水调节而不宜加水玻璃。

(2) 加硬质粘土、粘土质熟料或铝矾土的加固层涂料

这些材料的 Al_2O_3 含量均在 40% 以上，遇水不膨胀，涂料流动性好，粘度稳定，型壳热强度高，热稳定性好。缺点是型壳脆性较大(特别是高铝矾土型壳)容易开裂，残留强度高，溃散性差。选用此种材料要考虑型壳的综合强度性能，不能片面追求 Al_2O_3 含量。从这点考虑，以含 Al_2O_3 40~50% 的粘土质熟料较为适宜。铝矾土宜用 3~4 级的高岭石-水铝石型。

(3) 生熟混合配料的加固层涂料

生熟混合配料有两种情况，一是以生料为主，另一是以熟料为主。一般软质生粘土胶质价都比较高，为保证粘度，加入量就受到限制。若加入适量非膨胀性的熟料代替部分生料，则可使涂料中有足够的 Al_2O_3 ，又有适宜的粘度。在熟料中加入适量生粘土，可降低涂料中耐火粉料总含量，可提高涂料的悬浮性和分散性，防止沉淀，减少型壳脆性，改善其溃散性等。总之，混合配料可兼有熟料与生料的优点，兼顾了涂料粘度和型壳热强度要求。具体比例视原材料与生产条件而定。

三、温度的影响

温度每波动 $\pm 2 \sim 2.5^\circ\text{C}$ ，水玻璃涂料的粘度约波动 ± 1 秒。以粘度为配料标准时，因温度升高粘度减小，为达到规定粘度应多加粉料，反之则应减少粉料。据试验，某种表面层涂料，粘度相同时，夏季(室温 $25 \sim 35^\circ\text{C}$)配比为 1:1，冬季($7 \sim 15^\circ\text{C}$)仅为 1:0.75~0.8。粉料数量减少这么多，势必会恶化铸件表面质量。许多工厂冬季铸件表面质量差、多刺多，多半是这个原因。因此，单纯以粘度控制配比是不合理的，而且杯式粘度计本身并不能准确测定涂料中的实际组成。要根据生产要求和气温变化，确定合理的配比和此配比下的粘度范围。冬季宜采用涂料保温措施，以兼顾配比和粘度的要求。

四、涂料的分散性和稳定性

前曾指出，涂料是一种多相不均匀，不稳定体系，其中， SiO_2 胶粒的自发凝聚、粘土的胶凝、粉粒的重力沉降、材料的污染、水分的蒸发、表面活性剂的加入以及搅拌因素等，都会在不同程度上影响涂料的分散性和稳定性，从而影响型壳质量。

1. 水玻璃硅酸溶胶的自发凝聚

硅酸溶胶有自发地从单分子聚合为多分子的倾向。比重一定时，水玻璃模数越高，硅酸浓度也越大，就越易聚合(特别是加酸处理后)。从而使胶体粒子的尺寸增大，分散性减小，这就是涂料老化的原因。

硅酸溶胶粒子尺寸小、分散性高时，胶凝后网络状骨架交联细薄而致密，分布均匀，弹性好，故新鲜涂料制得的型壳强度高，表面质量好。但“新鲜”并不指刚配好。涂料配制时，须经过搅拌静置，使粉粒与粘结剂充分润湿并排除其表面吸附的气体，提高粉粒与分散介质之间的连续性，粒子分布较为均匀，这时涂料分散性好，型壳强度高。据试验，水玻璃涂料这段时间约在配制 8~12 小时之后，称之为涂料的回性时间。

在此之后，随着涂料的使用与放置，逐渐老化。这表现为粘度逐渐增大，型壳强度降低。直到强度明显下降和粘度明显增大这段时间，就是涂料存放和使用的有效期。表 1 所示为模数 3.4~3.6(加盐酸处理)，比重 1.29 的水玻璃与 270 目石英粉配制的涂料性能变化。由表可知，涂料封存 7 日后，型壳试样的常温强度比新鲜涂料降低约 1/3。

表 1 水玻璃涂料性能变化

存 放 时 间 (昼夜)	粘 度 (秒)	常温抗拉强度(kg/cm ²)
1	22~24	7.8~8.6
7	34~36	4.3~5.0

影响水玻璃涂料有效期的主要因素是水玻璃模数，其次象耐火材料的性质、表面活性剂、气温和其他污染因素等也有影响。对于表面层涂料，水玻璃模数为 3.2~3.4 时，可用 5~6 天， > 3.4 时用 3~4 天。

2. 粉料的沉积

形成较稳定的悬浮体时的粒子尺寸约在 $1 \sim 10 \mu$ 范围内。一般耐火粉料的粒度远大于

10 μ ，特别是各种非膨胀性材料，粒子呈电中性。粒度相同时，比重对沉积的影响甚大。常用非膨胀性材料的比重可见表 2。为改善涂料的悬浮性，比重越大的材料，其粒度应越细。对于膨胀性材料，由于其矿物结构和粒子带电的特点，形成粘土-水玻璃系复合胶体，具有良好的稳定悬浮作用，可做为涂料悬浮剂。

表 2 几种非膨胀性材料的比重

材 料	石 英	粘 土 质 熟 料	铝 矾 土	刚 玉
比 重	2.5~2.6	2.6~2.7	3.0~3.2	3.9~4.0

3. 搅拌的影响

涂料的分散性同搅拌条件有关。我们常说的配比指的是涂料整体，就局部来说，就不一定是那个配比。一个值得重视的现象是从配料、涂挂、撒砂直到硬化，涂料的实际配比是在不断变化着的。就表面层涂料来说，模组浸涂后在控料或甩料时，流失与甩掉的涂料滴中，往往是粉料多于粘结剂。在撒砂与硬化后，由选择润湿和胶膜收缩力的作用，使蜡模表面的涂料层中粉料与粘结剂又产生重新分布。这样一来，最后在蜡模表面层的涂料配比与涂料名义配比，将产生很大的差别，出现图 5 中 c 种，b 种甚至 a 种配比是完全可能的。为减少此差别，首要的是减小涂料局部和整体的浓度偏差，既要配比合理，又要分散均匀。因为分散不良的涂料，配比将失去意义。这里，搅拌条件十分重要。搅拌的作用首先是均匀混合，其次是加速粉料与粘结剂的润湿，排除粒子表面吸附的气体。搅拌还可稳定粘度与寿命、缩短回性时间。有资料认为，搅拌对涂料粘度与寿命的影响与能量输入有关^[2~4]。为使涂料分散良好，在流水线上制壳时应采用连续式搅拌装置，这对表面层涂料而言尤为必要。

4. 污染因素

涂料由于耐火粉料中混入高价离子、砂粒、残留硬化剂、硬化反应产物(如 NaCl)等，也使其稳定性变坏，粘度增大，长时间使用的加固层涂料应考虑此问题。

表 3 两种粉料在水中的沉积容积

粉 料		沉 积 容 积 (ml)			
		20 分 钟		24 小 时	
		A ^①	B ^②	A	B ^②
石 英 粉	270 目	14.0	12.0	14.5	12.0
	300 目	16.0	12.3	16.0	13.0
铝 矾 土	270 目	14.3	12.9	15.0	13.7
	300 目	25.5	全部混浊	19.0	16.0

注：称量于 120°C 烘干的粉料 15 \pm 0.1 克，置于 ϕ 25，100 ml 带盖量筒中，加水 50 ml 并摇幌 3 分钟，再加水注满至 100 ml 处，摇幌 3 分钟，记录时间。这时下部开始出现沉积面(与浊液界面)，上部混浊部分出现沉降面(与清液界面)，以 24 小时的沉积面高度为该种材料的沉积容积。

表中 A—未加表面活性剂；B—加 0.2 ml 浓度 50% 的农乳 130。

① 上部溶液呈淡云雾状，有明显沉积面。

② 上部溶液呈浓云雾状，有较明显沉积面。

5. 表面活性剂的影响

水玻璃涂料中加入少量非离子型(如环氧乙烷型)表面活性剂可降低粉料与粘结剂的界面张力,使粉料更好地润湿和分散;可降低硅酸溶胶的自发凝聚能力,涂料粘度较为稳定,涂挂性和再分散性均好。

表3所示是两种非膨胀性材料在水中的沉积容积比较。加表面活性剂后,为重力作用所主导的沉积容积减小,而为粒子与液体电场作用所主导的悬浮容积有明显增加,粒子沉降速度减慢。粒度越小,这个作用越显著。

6. 水分蒸发的影响

水分蒸发时涂料粘度增大,且涂料槽表面结皮也影响质量。加表面活性剂有抑制水分蒸发和表面结皮的作用,此外也可在班后于槽面上洒少量清水。

参 考 文 献

- [1] 《熔模铸造》,第三章:水玻璃型壳(复审稿),内蒙古工学院铸工教研室编,1977.9。
- [2] 《Fourth World Conference on investment Casting》,1976.6.14-3。
- [3] 《Foundry T. J.》,1975. Vol. 139, No. 3069。
- [4] 《Giesserei》,65,1978. Nr4. 16。

参 考 文 献

参 考 文 献

1. 参 考 文 献 (I)

表 3

D ₅₀ (μ m)	D ₉₀ (μ m)	沉积容积 (%)	变化范围 (%)	加入量	沉积量	沉积率 (%)	沉积率 (%)	沉积率 (%)
				(g/100ml)	(g)			
0.001	0.001	1.81	10-20	10	1000.0	100	100	100
0.003	0.003	1.81	10-20	10	1000.0	100	100	100
0.008	0.008	1.81	10-20	10	1000.0	100	100	100
0.025	0.025	1.81	10-20	10	1000.0	100	100	100
0.075	0.075	1.81	10-20	10	1000.0	100	100	100

参 考 文 献 (I)

EVA-石蜡熔模铸造模料

二十年来，熔模铸造一直沿用石蜡-硬脂酸模料即 IIC 模料。此种模料需要耗用大量食用油脂作原料，回收处理很麻烦、性能上也还存在着很多缺点。研究新模料代替石蜡-硬脂酸模料已成为熔铸急待解决的问题之一。

清华大学、一机部沈阳铸造所、西工大等单位都先后和有关工厂结合研制出了具有特色的模料并已应用于生产。四川省化工研究所也已开始小批量生产一种高分子模料。

国外也早已不用石蜡-硬脂酸模料，而代之以褐煤蜡^[1]、泥煤蜡、弗托蜡(Fisher Tropsh Wax) 和 高分子材料与各种蜡的混合模料^[2]。有的使用充填模料，即在蜡中加入固态^[3]、液态^[4]或气态^[5]填料如季戊四醇、空心炭粉球、碳黑、石英粉；油、液态丁苯橡胶；空气、氧气、二氧化碳等。英国用聚苯乙烯泡沫塑料模，其量占整个熔模铸造模料的五分之一^[6]。但充填模料或纯塑料模料的成型压力一般都比较^[7]，国内现在使用的压蜡设备尚不能满足此类模料要求的工艺条件而难以采用。

一、实验部分

一、基蜡的选择

(1) 石蜡的有关性能如表 1。

表 1

牌 号	分子式	平均分子量	比 重 20°C	针入度 1/10(mm)	相转变点 (°C)	收 缩 率 (%)	体膨胀系数 (cc/g/°C)	
							25°C	100°C
52	C ₂₅ H ₅₂	357			40~48		0.00121	0.00070
54			0.9085	15		13.1		
56	C ₂₆ H ₅₄	367	0.9131		46~53		0.00100	0.00078
58	C ₂₇ H ₅₆	385	0.9161	12		13.2	0.00109	0.00066
60					54~58		0.00093	0.00072
62	C ₂₉ H ₆₀	410	0.9164	11		14.7	0.00090	0.00071
70	C ₃₃ H ₆₈	470		10	63~65			

随着石蜡标号的提高，表面硬度增大，机械强度增加，但收缩率加大；石蜡中的油含量增加，则降低光泽和热稳定性。

(2) 54# 石蜡的热膨胀曲线 根据石蜡的热膨胀特性，如果在相转变点以上的温度压蜡，则在保压过程中的适当时期——蜡型内部温度 50°C 左右放一次气是可行的。

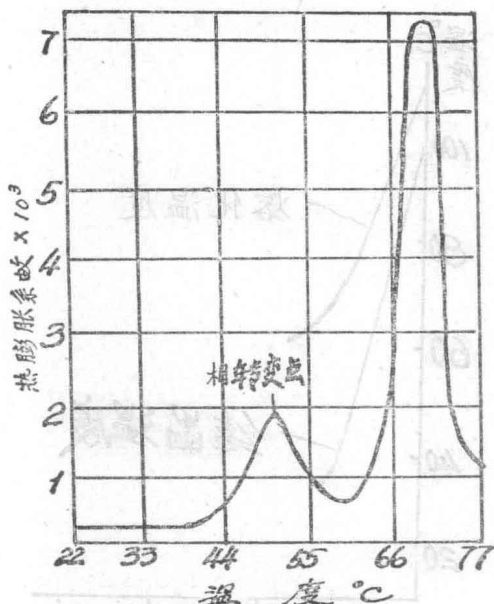


图 1

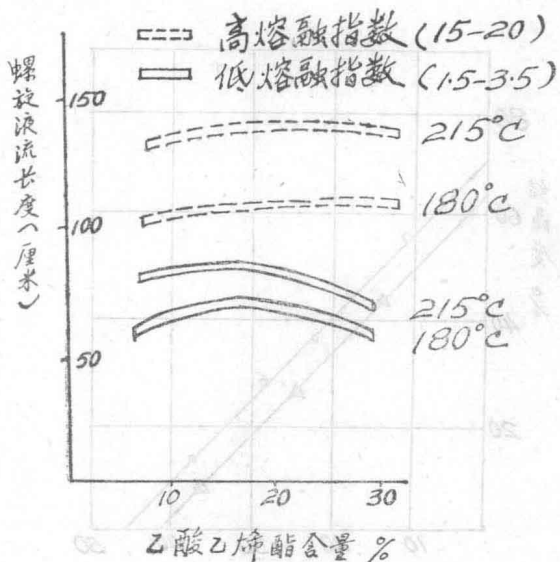


图 2

二、EVA 树脂的特性

(1) 乙酸乙烯酯含量对熔融树脂流动性的影响

为使模料的熔融粘度不致太大,以致影响模料的流动性,掌握树脂的流动性规律是必要的。结果表明:树脂的 VA 含量越高、熔融指数越高,则流动性越好。

(2) VA 含量与收缩率的关系

结果说明:VA 含量越高,收缩率越低。

(3) EVA 树脂的结晶温度

X 射线分析结果表明:聚乙烯的结晶度为 60~70%,由于接入了乙酸乙烯酯,乙烯化学链节的对称性降低,阻碍了分子的规则排列,因而结晶困难。熔融指数在 100 以上的 EVA 树脂,其结晶度比熔融指数小的为小,但影响的幅度极为有限。

(4) EVA 树脂的融化温度和结晶温度

三、EVA-石蜡模料的性能

抗弯强度:	44 kg/cm ²
线收缩率:	0.64%
熔 点:	58°C
热稳定性:	31°C
灰 份:	0.014%
流 动 性:	10.8 cm

四、使用工艺条件

蜡膏温度:	50~54°C
蜡枪循环水温:	56~60°C
注蜡压力:	1.5~2 kg/cm ²

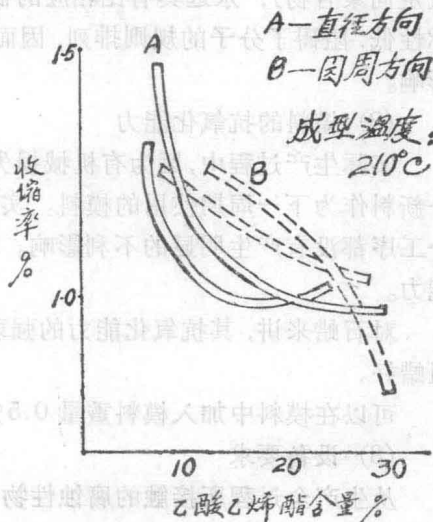


图 3

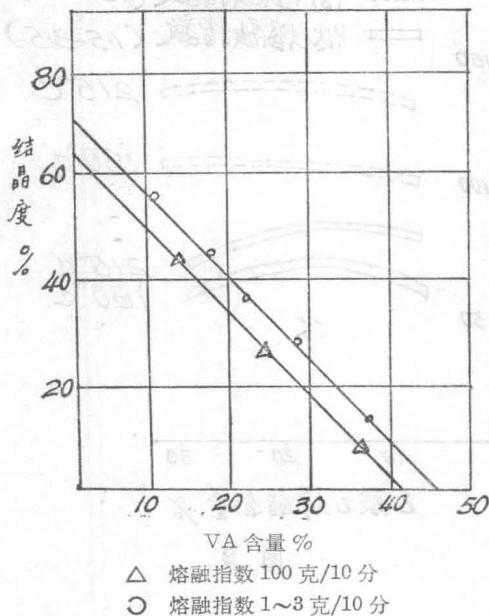


图 4

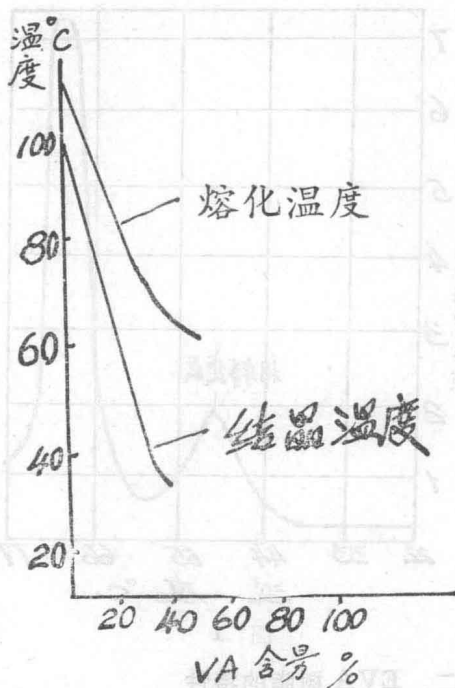


图 5

二、结果与讨论

(1) EVA 树脂为什么可以改善模料的性能?

由于高聚合物中有链状分子结构和分子间的相互作用力,包括范德华力和氢键,这决定了它在石蜡中可以起到“补强剂”的作用。正如钢筋混凝土中扎在一起的钢筋,增强塑料中的纤维织物或轮胎帘子线,所以,它可以增加模料的强度;另一方面,即使在任何等规聚合物中(如结晶或定向聚合物),永远具有比相应的低分子晶体更小的规整度,EVA 树脂由于化学链节的对称性低,阻碍了分子的规则排列,因而结晶困难,这对降低模料的收缩率和表面粗糙度有很大影响。

(2) 模料的抗氧化能力

实际生产过程中,因为有机机械损失,所以每一个熔模铸造周期使用的模料都必须补充一部分新料作为下一周期使用的模料。实验结果表明:新旧料掺合使用或全部使用回收模料,对各个工序都没有产生明显的不利影响。尽管如此,从长期反复考虑,还是应该注意模料的抗氧化能力。

对石蜡来讲,其抗氧化能力的强弱是:高熔点石蜡比低熔点石蜡好,精制石蜡比半精制或粗蜡好。

可以在模料中加入模料重量 0.5% 以下的酚类抗氧化剂。

(3) 设备要求

从生产全过程所接触的腐蚀性物质来全面考虑,用非金属器件、槽和不锈钢容器最好。

熔模铸造型壳高温性能的研究

清华大学机械制造系 张家骏 姜不居 何鸿志

摘 要

本文分析了型壳高温性能对熔模铸件尺寸精度和表面光洁度的影响,并且提出了用来检测型壳三种主要高温性能的方法和装置。

通过多种不同的实验方法,研究了各种工艺参数对型壳高温性能的影响;获得了对于熔模铸造高强模壳用增强剂粘土的作用和机理的一些新的认识。在此基础上,提出了能够为强化模壳选择增强剂粘土的标准。

为了大大提高模壳的高温性能,我们推荐在熔模铸造的模壳制作中,用新材料——铝矾土来代替石英粉和其他粘土,用氯化铝来代替氯化铵。

随着我国工农业的发展,熔模精密铸造的应用日趋广泛。但是由于对型壳的高温性能缺乏深入的研究,熔模铸造仍存在铸件质量不稳定,废品率高,铸件尺寸不精和表面不光等实际问题。一个比较突出的问题是对粘土增强型壳高温性能的机理缺乏明确的认识,很多工厂往往由于粘土选用不当,造成型壳质量不稳定。不少工厂为“保证”型壳质量,不远数千里去购运粘土,造成了极大的浪费。因此深入研究粘土对高强度型壳高温性能的作用机理,探讨有关工艺参数,提出适当的控制范围,以便各工厂按自己条件能就近就地选用合适粘土,稳定型壳生产,提高铸件质量。

粘土对高强度型壳的作用机理目前主要有两种观点^[1~3]:

(1) 认为由于粘土中的 Al_2O_3 与石英粉中的 SiO_2 在高温时生成莫来石,因而使型壳“陶瓷化”;

(2) 认为由于粘土改变了水玻璃低熔点化合物的共晶温度,推迟了液相的出现。

上述两种观点由于缺乏足够的试验根据,需要进一步探讨。

通过调研,我们选择了六种典型粘土进行试验、比较,测试了型壳高温性能,型壳用原材料的性能、焙烧和浇注前后型壳结构的变化等。从中研究型壳高温性能,并初步对高强度型壳用增强剂粘土的作用机理有了新的认识;推荐用铝矾土代替石英粉和其他粘土用于高强度型壳生产中,取得了良好效果。试验还说明电厂废料粉煤灰也是一种有前途的代用材料。

一、型壳高温性能的检测方法

(1) 型壳高温强度检测方法 熔模铸造工作者历来认为型壳强度是熔模铸造成败的关键,因此从五十年代开始国外就研究影响型壳强度的因素及其相互关系,同时探索制定测定型壳强度的方法。经过 20 多年的努力,方法基本比较成熟^[4~6]。从先后发表的资料来看,从抗

压、抗拉发展到抗弯,以及模拟金属液充型过程的爆破强度;从温度来看从常温发展到高温。逐步走向统一,数据稳定,重现性好。

我们曾分别对上述各种检测强度的方法进行试验研究,实践证明,对熔模铸造这类均匀性很差的脆性材料,采用测定抗弯强度比较合适,测得的数据比较稳定,装置简单,操作方便。试样尺寸分别为 $40 \times 20 \times 6 \text{ mm}$ 和 $30 \times 20 \times 6 \text{ mm}$ 两种,支点距离分别为 30 mm 和 20 mm 两种。我们所用的高温抗弯强度仪如图 1、2 所示。

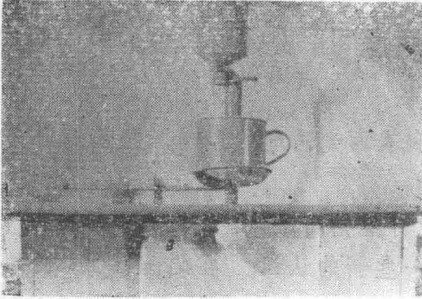


图 1 上压式抗弯强度仪

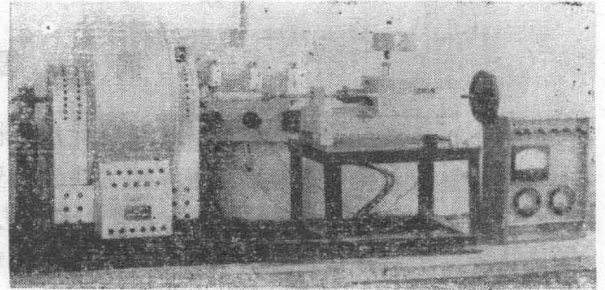


图 2 侧压式抗弯强度仪

(2) 型壳高温变形检测方法 随着熔模铸件不断提高质量和日益扩大应用范围,六十年代开始国外越来越重视检测型壳高温变形性能^[7],方法多种多样,至今尚未统一。这是因为影响型壳高温变形的因素比较复杂,首先是焙烧过程中型壳的热膨胀和变形,其次是浇注过程中金属液动静压力作用下的膨胀和变形。对中小件而言前者是主要因素;对大件而言后者则是产生变形的主要原因。因此在制定型壳高温变形的测试方法时应兼顾上述两个方面。焙烧过程中由于时间较长,型壳的变形具有蠕变性质,而浇注过程由于作用时间很短,但温度很高,特别有金属液动静压力的作用,因此情况与焙烧时很不一样。

目前国外经常采用薄片试样检测型壳高温抗变形能力,较难反映焙烧和浇注过程中型壳的实际变形情况。特别对我国目前情况来说,薄片试样更难反映水玻璃型壳的实际变形,即使是硅酸乙酯和硅溶胶型壳,薄片试样也很难反映焙烧过程中型壳的热膨胀变形。

我们采用圆筒形试样检测型壳高温变形取得了良好效果,试样尺寸为 $\phi 50 \times 50 \text{ mm}$,试验装置如图 3 所示。随着升温,型壳的热膨胀及其变形反映比较明显。

(3) 型壳高温透气性检测方法 自六十年代以来,人们日益重视测定型壳透气能力。十多年来设计和制造了多种透气性仪^[8],并研究透气性对型壳充型性能的影响。实践证明,型壳

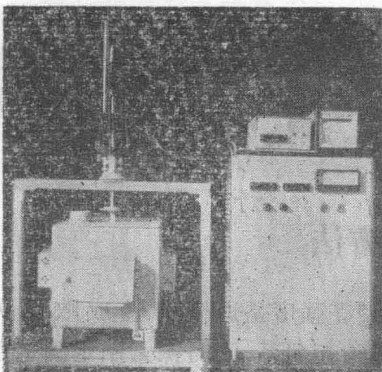


图 3 型壳高温变形仪

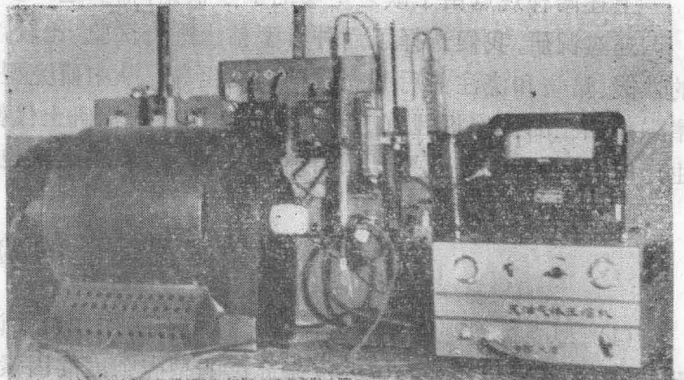


图 4 型壳高温透气性仪

高温透气性与常温透气性有不少差别，这是因为气体在高温下流动，不仅粘度和密度发生变化，而且不同种类的型壳在高温下会发生不同的物理和化学变化，因而高温透气性更接近浇注时型壳的实际透气能力。

我们试验研究了目前国外采用的两种方法，试验证明采用乒乓球试样测定型壳高温透气性具有尺寸准确、涂挂方便、气流面积足够，型壳不易开裂等优点。我们所用的试验装置如图4所示。

二、试验工作

1. 不同工艺参数对型壳高温性能的影响

我们选择了沈阳粘土、无锡白坭、八宝山粘土、铝矾土、焦宝石和粉煤灰等六种有代表性的材料进行比较。其中前三种为软质粘土，后三种为硬质粘土和高铝粘土。以型壳的高温抗弯强度，高温变形和高温透气性为主要考察指标，采用了多因素正交设计试验方法，用两个 $L_{27}(3^{13})$ 表，因子水平安排见表1、2以测定不同工艺参数对型壳高温性能的影响。

表1 硬质粘土因子水平安排

因子	水			平
A: 粘土种类	A ₁ : 铝矾土	A ₂ : 粉煤灰	A ₃ : 焦宝石	
D: 硬化剂种类	D ₁ =D ₂ : 氯化铵		D ₃ : 聚合氯化铝	
E: 硬化及风干时间	E ₁ : 硬化1分 风干10分	E ₂ : 硬化2分 风干15分	E ₃ : 硬化3分 风干20分	E ₄ : 硬化4分 风干25分
F: 焙烧温度、时间	F ₁ : 750°C; 35分	F ₂ : 850°C; 25分	F ₃ : 950°C; 15分	
C: 涂料粘度*	C ₁ : 17~18秒	C ₂ : 24~25秒	C ₃ : 30~31秒	

注: D₁=D₂分别与E₁、E₂、E₃搭配; D₃则与E₂、E₃、E₄搭配。

表2 软质粘土因子水平安排

因子	水			平
A: 粘土种类	A ₁ : 八宝山粘土	A ₂ : 无锡白坭	A ₃ : 沈阳粘土	
B: 粘土占粉料总量的比例	B ₁ : 占30%	B ₂ : 占40%	B ₃ : 占50%	
D: 硬化剂种类	D ₁ : 氯化铵	D ₂ =D ₃ : 聚合氯化铝		
E: 硬化及风干时间	E ₁ : 硬化1分; 风干10分	E ₂ : 硬化2分; 风干15分	E ₃ : 硬化3分; 风干20分	
C: 涂料粘度*	24~26秒			
F: 焙烧	850°C 保温 25分			

* 涂料粘度采用容积为100毫升，孔径为6毫米漏斗粘度计测定。

从试验结果分析，可得下列几点：

- (1) 粘土种类对型壳高温抗弯强度有显著影响，以铝矾土与沈阳粘土最佳，焦宝石与粉煤灰次之，无锡白坭与八宝山粘土最差；
- (2) 硬化剂种类对型壳高温抗弯强度有显著影响，以聚合铝最佳，氯化铵较差；
- (3) 其他因素对型壳高温抗弯强度影响均不显著；

- (4) 粘土种类和硬化剂种类对型壳高温变形的影响不如对型壳抗弯强度的影响显著；
 (5) 粘土种类对型壳高温透气性有影响，以粉煤灰所制型壳透气性最佳。其他因素对型壳高温透气性影响不显著。

2. 不同加热温度时型壳强度的变化

为了进一步了解型壳强度与温度变化的关系，我们模拟生产情况，对用沈阳粘土和铝矾土

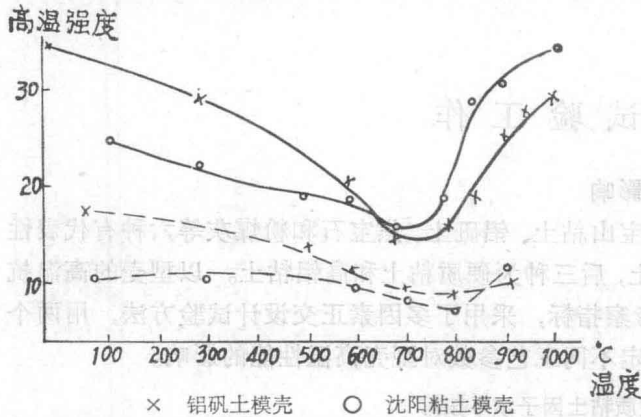


图5 模壳抗弯强度与温度的关系曲线

注：(1) 沈阳粘土与石英粉的配比为 50:50；铝矾土模壳则为 100% 的铝矾土。(2) 制壳工艺：硬化 2 分，凉干 15 分

所制型壳，测试了它们强度对温度的变化曲线，及焙烧后的型壳在降温过程中的强度变化。

不同温度时型壳的强度变化。由于水玻璃型壳在 1050°C 以上已严重软化，无法测得强度，因此我们选择了室温：300°C、500°C、600°C、700°C、800°C、850°C、900°C、950°C、1000°C 和 1050°C 共 11 个点，测试时每次每点测 5~10 个试样，试验结果见图 5。

对测试曲线的初步分析：高强度型壳低温强度就比较高，这是因为这种型壳中除硅胶起粘结作用外，粘土

也起到辅助作用(例如沈阳粘土本身有粘结作用；铝矾土在酸性硬化剂作用下可有少量聚合铝生成，析出铝凝胶而起粘结作用)。当温度高于 400°C 后，因型壳内部发生了一系列物理化学变化，胶态 SiO_2 与残留 Na_2O 等发生固相反应；胶体中水分猛烈去除；573°C 石英相变等都会造成应力，以致型壳中胶体 SiO_2 薄膜出现微裂纹；同时 700°C 左右粘土分解失效等使型壳强度下降，到 700~800°C 时为最低值。当超过 800°C 后强度回升，在 800~1000°C 范围内具有满意的高温性能。但低强度型壳却没有明显的回升现象，这也正是高、低强度型壳最本质的区别。

3. 型壳原材料及脱蜡、焙烧、浇注后型壳结构的变化

为探索上述曲线 800°C 以上强度回升原因及各种材料型壳强度差别较大的实质，我们对型壳原材料及焙烧、浇注前后的结构进行了分析。

(1) 不同粘土原材料的性能测定。如表 3 所示。

表 3 粘土原材料的化学成份和胶质价

粘土种类	Al_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	MgO (%)	CaO (%)	颜色	胶质价(%)
沈阳粘土	29.60	54.50	1.49	0.84	0.53	灰黑	30.0
八宝山粘土	26.20	50.70	2.74	0.66	2.47	黑	34.0
无锡白坭	25.60	55.00	3.70	0.95	0.76	红黄	32.5
粉煤灰	34.00	54.00	3.50	0.82	2.16	灰白	27.0
焦宝石	40.20	49.00	1.72	3.01	7.68	黄	24.0
铝矾土	80.60	17.40	2.08	0.45	0.61	淡澄	21.5

根据差热分析及 X 光衍射分析，确定各矿物成份为：铝矾土主要是 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ，熟料；焦宝石为莫来石和方石英，熟料；沈阳粘土与无锡白坭为多水高岭石、生料；八宝山粘土为水云母