

## 呋喃树脂砂工艺知识

## 第一章 概论

## 1—1 自硬呋喃树脂砂的概念

自硬呋喃树脂砂的命名来源于英语的 **Furan No-Bake process**, 它表示以呋喃树脂为粘结剂, 并加入催化剂混制出型砂, 不需烘烤或通硬化气体, 即可在常温下使砂型自行固化的造型方法。通常被简称为“冷硬树脂砂”, 甚至“树脂砂”。以下介绍两个基本概念。

## 一、呋喃树脂的概念

由碳原子和其它元素原子 (如 O、S、N 等) 共同组成的环叫做杂环、组成杂环的非碳原子叫杂原子。含有杂环的有机化合物叫做杂环化合物。所谓“呋喃”, 是含有一个氧原子的五员杂环有机化合物, 它是表示一族化合物的基本结构总称。

在呋喃系中不带取代基的杂环作为母体, 叫做“呋喃”, 它的衍生物则根据母体来命名。呋喃本身在工业上并无什么用途, 但它的衍生物——糠醛和糠醇, 却是工业上的重要原料, 它们是最重要的呋喃衍生物, 糠醛学名叫  $\alpha$ —呋喃甲醛, 糠醇学名叫呋喃甲醇。它们的分子结构如下: 含有糠醇的树脂称为呋喃树脂。作为铸造粘结剂用的呋喃树脂一般是用糠醇 (FA) 与尿素、甲醛或苯酚等缩合而成的, 如尿醛呋喃树脂 (UF/FA)、酚醛呋喃树脂 (PF/FA)、酚脲醛呋喃树脂 (UPF—FA) 和甲醛——糠醇树脂 (F/FA) 等。

另附说明:

由糠醛或糠醇本身进行均聚或与其它单体进行共缩聚而得到的缩聚产物, 习惯上称为呋喃树脂。这类树脂的品种很多, 其中以糠醛苯酚树脂、糠醛丙酮树脂及糠醇树脂较为重要。

(1) 糠醛苯酚树脂。糠醛可与苯酚缩聚生成二阶热固生树脂, 缩聚反应一般用碱性催化剂。常用的碱性催化剂有氢氧化钠、碳酸钾或基它碱土金属的氢氧化物。糠醛苯酚树脂的主要特点是在给定的固化速度时有较长的流动时间, 这一工艺性能使它适宜用作模塑料。用糠醛苯酚树脂制备的压塑粉特别适于压制形状比较复杂或较大的制品。模压制品的耐热性比酚醛树脂好, 使用温度可以提高  $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ , 尺寸稳定性、电性能也较好。

(2) 糠醛丙酮树脂。糠醛与丙酮在碱性条件下进行缩合反应形成糠酮单体缤纷可与甲醛在酸性条件下进一步缩聚, 使糠酮单体分子间以次甲基键连接起来, 形成糠醛丙酮树脂。

(3) 糠醇树脂。糠醇在酸性条件下很容易缩聚成树脂。一般认为, 在缩聚过程中糠醇分子中的羟甲基可以与另一个分子中的  $\alpha$  氢原子缩合, 形成次甲基键, 缩合形成的产物中仍有羟甲基, 可以继续缩聚反应, 最终形成线型缩聚产物糠醇树脂。

呋喃树脂的性能及应用——未固化的呋喃树脂与许多热塑性和热固性树脂有很好的混容性能, 因此可与环氧树脂或酚醛树脂混合来加以改性。固化后的呋喃树脂耐强酸(强氧化性的硝酸和硫酸除外)、强碱和有机溶剂的侵蚀, 在高温下仍很稳定。呋喃树脂主要用作各种耐化学腐蚀和耐高浊的材料。

(1) 耐化学腐蚀材料呋喃树脂可用来制备防腐的胶泥, 用作化工设备衬里或其它防腐材料。

(2) 耐热材料呋喃玻璃纤维增强复合材料的耐热性比一般的酚醛玻璃纤维增强复合材料高, 通常可在  $150^{\circ}\text{C}$  左右长期使用。

(3) 与环氧树脂或酚醛树脂混合改性将呋喃树脂与环氧树脂或酚醛树脂混体整使用, 可改进呋喃玻璃纤维增强复合材料的力学性能以及制备时的工艺性能。这类复合材料已广泛用来制备化工反应器的搅拌装置、贮槽及管道等化工设备。

## 二、呋喃树脂的硬化机理

根据呋喃树脂的组成不同, 分别可以通过加热、通入硬化气体或添加酸催化剂等方法使其固化。酸催化 (即“自硬”) 的呋喃树脂一般糠醇含量都超过 50%。其硬化机构很复杂, 现在还未完全弄清楚, 但基本的树脂化反应包括了糠醇的第一醇基和呋喃环的第五位氢之间的脱水缩合, 此外呋喃环的断裂生成乙酰丙酸, 第一醇基间脱水生成醚和醛等等的反应。图 1—1 为呋喃树脂粘结剂的成分和代表性的呋喃自硬树脂结构的一例。

## 初期阶段

## 1—2

## 自硬呋喃树脂砂的优缺点

## 一、自硬呋喃树脂砂具有以下优点：

## 1. 铸件表面光洁、棱角清晰、尺寸精度高。

这是由于树脂砂造型可以排除许多使型(芯)变形的因素。如：(1)型砂流动性好，不需捣固机紧实，减少了模样(芯盒)的伤损和变形；(2)砂型(芯)固化后起模，减少了因起模前松动模样和起模时碰坏砂型(芯)引起的变形；(3)无需修型，减少了修型时引起的变形；(4)无需烘烤，减少了因烘烤造成的铸型(芯)变形；(5)铸型强度高、表面稳定性好，故芯头间隙小、分型负数小，减少了下芯、配模过程中铸型的破损和变形，保证了配模精度；(6)铸型(芯)硬度高，热稳定性好，可以有效地抵御浇注时的型壁退让、迁移现象，减少了铸型的热冲击变形(如胀砂等)；(7)型砂的溃散性好，清理、打磨容易，从而减少了落砂清铲修整工序中对铸件形状精度的损害。

综上所述，由于在各个工序中都最大限度地排除了影响铸型、铸件变形和损坏的因素，所以树脂砂铸件的铸件表面质量、铸件几何尺寸精度方面比粘土烘模砂可以提高 1—2 级，达到 CT7-9 级精度和 1—2mm/600mm 的平直度，表面粗糙度更大有改观。

## 2. 造型效率高，提高了生产率和场地利用率，缩短了生产周期。

这是由于(1)、型砂流动性好，不需捣固机紧实，节省了大量的捣固工作量，使造型操作大为简化；(2)铸型强度高，节约了起模后修型工作量；(3)型(芯)上醇基涂料点干后可省去烘干工序，节约了工时和场地；(4)旧砂回收后干法机械再生，使砂

处理为封闭系统，便于机械化，可以节约大量旧砂处理，型砂混制、运输等辅助劳动；(5)型砂的溃散性好，落砂容易，修整工作量少、(6)节约了一些造型(芯)前的准备工作量。如插芯固等。

根据一般统计，用自硬呋喃树脂砂代替粘土烘模砂后，生产效率可提高 40—100%，单位造型面积产量可提高 20—50%。

## 3. 减轻劳动强度，大大改善了劳动条件和工作环境，尤其是减轻了噪音、矽尘等，减少了环境污染。

## 4. 节约能源。这表现在取消了烘窑和水力清砂，提高了铁水成品率，大大降低了压缩空气消耗，从而在节水、节电、节煤(焦)等方面效果显著。

## 5. 树脂砂型(芯)强度高(含高温强度高)、成型性好、发气量较其它有机铸型低、热稳定性好、透气性好，可以大大减少铸件的粘砂、夹砂、砂眼、气孔、缩孔、裂纹等铸件缺陷，从而降低废品率，可以制造出用粘土砂难以做出的复杂件、关键件。

## 6. 旧砂回收再生容易，可以达到 90—95%的再生回收率。在节约新砂、减少运输、防止废弃物公害等方面效果显著。

## 二、自硬呋喃铸型有一些缺点，应采取相应对策。

1. 对原砂要求较高，如粒度、粒形、 $SiO_2$  含量、微粉含量、碱金属盐及粘土含量等都有较严格要求；

## 2. 气温和湿度对硬化速度和固化后强度的影响较大；

## 3. 与无机类粘结剂的铸型相比，树脂砂发气量较高，如措施不当，易产生气孔类缺陷；

## 4. 由于硬化机理是脱水缩合型，故硬化反应需一定时间，模样的周转率较低，不易适应于大批量铸件的生产；

## 5. 与粘土砂相比，成本仍较高；

## 6. 对球铁件或低 C 不锈钢等铸件，表面因渗硫或渗碳可能造成球化不良或增碳，薄壁复杂铸钢件上易产生裂纹等缺陷；

7. 浇注时有刺激性气味及一些有害气体发生， $CO$  气发生量较大，需有良好的通风条件。

## 1—3 自硬呋喃树脂砂的发展概况

呋喃树脂最早作为铸型用粘结剂是 1958 年在美国开始使用的，当时是作为热芯盒粘结剂使用的。把它作为自硬性铸型进行研究是 1963 年—1971 年在英国进行的。

这个期间从基础研究到生产大铸件都作了扎实的实用化研究。其结果，报导了用少量粘结剂能获得很高的强度，铸型溃散性好，铸件尺寸精度高，生产效率提高等一系列优点。为获得今天这样的发展奠定了基础。

在欧美，70—80 年代是自硬呋喃砂取得飞跃发展的时期。在日本将自硬呋喃砂用于生产一般铸件是从 1973 年开始的，约十年左右，全国多品种小批量的中、大铸件生产中有一大半过渡到用自硬呋喃铸型来生产。这种发展趋势至今方兴未艾，尽管其他有机自硬铸型开发了更多种类，然而现在占首位的仍然是自硬呋喃树脂砂。

在我国，七十年代开始研究自硬树脂砂，但仅限于个别厂家和研究单位搞试验。从八十年代初，尤其是 1982 年以后，随着改革开放政策的贯彻，我国与国外合作生产的工厂增多，不少合作生产的外国厂家都对铸件生产提出来用自硬树脂砂的要求，否则无法合作。对国内来说，以出口产品为主，对铸件质量的要求也越来越高。于是在这种社会生产发展的新形势下，在国外树脂砂热的推动下，迫使我国广大铸造工作者们认识到应用自硬树脂砂是造型工艺上的一场革命，是提高铸件和机械产品质量的重要途径，是振兴铸造行业改变后面貌的必由之路，是机械产品跃入国际市场的基本保证。因此八十年代我国铸造生产战线上形成了“树脂砂热”。由于自硬树脂砂最适合于多品种小批量的中大铸件生产，所以机床行业、水泵行业、阀门行业和造船、石化等行业在树脂砂推广应用中走在最前面。迄今为止，据不完全统计，我国已引进树脂砂处理生产线不下五十家，国内有三大铸机厂（重庆、保定、漯河）已正式生产成套树脂砂设备。另外，生产原辅助材料的厂家遍布各省，原辅助材料的质量进步很快，有些已接近或达到国外同类产品的水平。事实表明用树脂砂工艺取代粘土烘模砂生产多种小批量中大铸件是今后国内铸造业界的发展方向之一。

## 第二章 自硬呋喃树脂砂的原辅材料

组成自硬呋喃树脂砂的主要原材料有作为型砂骨料的原砂，作为粘结剂用的呋喃树脂，作为催化剂用的酸类固化剂和作为添加剂的硅烷偶联剂等，树脂砂造型中必须的辅助材料有涂料、脱模剂、粘合剂、浇口陶管、分型剂等。原辅材料的好坏对树脂砂铸件质量的影响很大，本章对以上主要原辅材料作一简单介绍。

### 2—1 原砂

一般仍选用天然石英砂。对于部分高合金钢铸件或特殊需要的情况下，也有选用铬矿砂或锆砂等特殊骨料的。这里我们主要讨论树脂砂对石英砂的要求。

#### 一、矿物成分与化学成分

原砂的主要矿物成分是石英（即  $\text{SiO}_2$ ）、长石和云母，还有一些铁的氧化物和碳化物。石英比重 2.55，莫氏硬度七级，熔点  $1713^\circ\text{C}$ ，具有耐高温、耐磨损等优点。若原砂中石英（ $\text{SiO}_2$ ）含量高，则原砂的耐火度和复用性都好。

长石是铝硅酸盐，常见的有钾长石（ $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ ）钠长石（ $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ ）和钙长石（ $2\text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ ），长石比重 2.54-2.76，莫氏硬度 6—6.5 级，熔点  $1100—1250^\circ\text{C}$ ，因其熔点低、硬度低、不耐磨、易粉碎，会降低树脂砂的复用性和耐火度。

云母是种含铝硅酸盐，有白云母之分，白云母的成分为（ $3\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $6\text{SiO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ ）。云母的熔点为  $1145—1270^\circ\text{C}$ ，比重 2.7-3.2。硬度很低，极易破碎，它在砂中的含量多少对原砂的复用性很有影响。

总之，在选择原砂时， $\text{SiO}_2$  含量应尽量高一些，不纯物要少，当然还与金属的熔点和浇注温度，铸件壁厚等因素有关。一般来说，铸钢用原砂  $\text{SiO}_2$  含量应大于 95%，铸铁应大于 92%，有色金属可以低一些。杂质允许含量还与旧砂是否再生回用以及下面谈到的耗酸量有关。

#### 二、粒形和表面光滑度

对于粒形，要求园形或类园形，砂粒表面应光洁平整，没有孔洞或裂纹。这样的砂粒表面积小，砂粒表面涂上一层薄膜所需的树脂量少些。

一般用角形系数表示砂粒形园整度，人造石英砂虽然  $\text{SiO}_2$  含量高，但粒形为多角形甚至尖角形，角



形系数太大,需经研磨处理,一般不采用。天然砂中角形系数最小的要算风积砂,如内蒙通辽一带的大林标准砂,角形系数小于 1.2,呈圆形。为了改善粒形,对原砂最好进行擦磨处理。目前我国唯一生产擦磨砂的是江西星子砂矿。该矿对原砂经擦磨处理后,角形系数从 1.47 减少到 1.35,与此同时,  $\text{SiO}_2$  含量也从 93%(水洗砂)提高到 95%(45/75 目)砂样抗拉强度也由  $12.2\text{Kg}/\text{cm}^2$  增加到  $16.3\text{Kg}/\text{cm}^2$ 。

原砂的粒形不仅影响树脂砂加入量,同时还影响到树脂砂的流动性及紧实程度,砂粒表面空洞裂纹不仅无效消耗树脂,而且砂粒易碎,影响复用性及粒度保持性。

### 三、粒度分布及微粉含量

粒形相同的原砂,以粒度较粗的总表面积小,树脂用量少,透气性好,耐火度高。粗砂的缺点是抗机械粘砂能力低。一般多选用 30/50 目、40/70 目为宜,为提高综合性

能,本厂采用 30/70 目的多筛号分布的砂。

微粉及含泥量严重恶化树脂砂性能。由于微粉表面积很大,消耗树脂及固化剂影响透气性及强度,原砂中的泥份中碱土金属含量较高,据介绍细粉状比粒状耗酸值要大 3—10 倍。一般要求原砂含泥量应小于 0.3%。

### 四、含水量

树脂砂的硬化是放热反应,原砂含水量严重影响树脂的固化强度与固透性,实验证明,含水量由 0.2% 升高到 0.4%,型砂的抗拉强度可从  $13.2\text{kg}/\text{cm}^2$  降低到  $8.6\text{kg}/\text{cm}^2$ ,固化时间也从 30 分钟延长到 70 分钟。国外一般要求原砂含水量小于 0.1%,国内一般要求小于 0.2%。所以对树脂砂用原砂应进行干燥处理。

### 五、PH 值与耗酸量

原砂的 PH 值对树脂砂的固化速度及终强度有一定的影响,由于树脂是在酸催化剂作用下脱水缩合固化的,故当原砂碱性较强时,需耗费额外的酸固化剂。砂的 PH 值一般为 6.5—7.2,若使用海砂时,PH 值为 9 左右,耗酸量可达 17 以上,其中贝壳和  $\text{CaCO}_3$  的耗酸量远远超过了其它物质,不易固化,需经过淡水冲洗或擦洗,擦磨处理。前面也谈到,原砂中  $\text{SiO}_2$  含量减少时,长石、云母和其它杂质会增加,长石和云母两种矿物中都含有碱金属化合物  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ ,钙长石和其它一些杂质中则含有  $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  等,都是增加耗酸量的成分。因为原砂中含有某些不溶于水的碱性物质,所以砂不采用简单的 PH 值实验,而采用耗酸量实验。

使用再生处理砂时,由于新砂加入量少,耗酸量的影响较轻,但对于全部采用新砂的树脂砂,耗酸量的影响则不可低估一般应控制在 5 以下。

综上所述,树脂砂对原砂的要求十分严格,国外特别重视树脂砂的原砂选用和处理。如日本宁可从遥远的澳大利亚运砂国内目前比较适合于树脂砂用的原砂有大林水洗砂,星子擦磨砂、东山沉积砂、平潭沉积砂等。表 2—1 列举了一些树脂砂用原砂的性能。

表 2—1 国内几种树脂砂用原砂的性能

生产厂家	名称	粒度、粒形	$\text{SiO}_2$ 含量 %	含泥量 %	耗酸值 ml	用途
星子型砂矿	擦磨砂	S24/45	96.56	$\leq 0.1$	$<4.5$	铸铁
		S28/55	96.41	$\leq 0.1$	$<4.5$	铸铁
		S45/75	94.89	$\leq 0.15$	$<4.5$	铸铁
大林型砂厂	水洗砂	55/100	90.45	0.3	3.36	铸铁
		45/75	95.25	0.1		铸铁
		75/150	88.51	0.5		铸铁
平潭精选硅砂厂	沉积砂	2S30/50	96.02	0.3	3.45	铸铁
		3S50/100)	95.86	0.3	3.62	铸铁

		1S40/70	97.15	0.2	0.42	铸钢、高级铸铁
		1S50/100	97.10	0.2	0.44	铸钢、高级铸铁

## 2—2 再生砂

对浇注后的树脂砂经砂块破碎后的砂粒,通过机械摩擦等方法将其表面残留的固化树脂层去掉一部分的处理叫树脂砂有再生处理。使用再生砂有重要的经济意义,同时对铸件质量有一定好处。以下介绍再生砂几项主要性能。

### 一、粒度变化

旧砂反复再生回用后,在粒度变化上存在变粗和变细的两种因素。前者是因为除尘去掉一部分细粒及微粉,砂粒表面残存有机物固化层等等;后者是因为砂粒的破碎等。总的来说当原砂耐破碎强度较好,二种因素基本可以抵销,使粒度分布变化不大。

### 二、灼烧减量

所谓灼烧减量 ( LOI ) 是砂中有机物残留量的一种度量。旧砂回用中,每次混砂后有粘结剂积累,但浇注和再生以及加入新砂都可“冲淡”有机物残留量的比例,通过 10 次以上的反复回用,可使旧砂中的灼烧减量稳定在一定的水平上,即这时每次加入的粘经剂量与浇注、再生、新砂所减少的粘结剂量相平衡。这时的灼烧减量称为再生砂的灼烧减量 PK 则:

其中 B——每次混砂时粘结剂的加入量 (树脂和固化剂)

R1 ——新砂添加量 ( % )

R2 ——浇注时燃烧去膜率 ( % ), 取决于砂铁比 S/M

R3 ——再生去膜率

灼烧减量与铸型发气量成正比,所以灼烧减量高,则铸件易产生气孔缺陷。对铸铁件,一般要将再生砂灼烧减量控制在 3.0—3.5% 以下。铸钢则要求在 2.5 以下。

### 三、微粉含量

这也是监测再生砂的主要指标,微粉除了破碎的砂粒以外最主要的有再生时剥下的树脂膜及涂料成分、燃烧过的有机物灰尘,将大大增加灼减量、降低强度、影响透气性,所以再生砂必须通过风选或筛分,将微粉含量 (底盘) 控制在 0.3% 以下。

### 四、其他

再生砂与新砂相比,耗酸量大大降低,甚至呈负值。由于石英经过浇注时的多次  $\alpha\beta$  相变,以及表面的残留树脂的缓冲作用,其热膨胀系数有所降低,有助于减轻铸件机械粘砂及脉纹。使用同样的树脂,再生砂也比新砂的强度高,再生砂的水分含量也很低。相反含氮量将会增加。

## 2—3 呋喃树脂

### 一、呋喃树脂的分类

#### 1、按树脂组成分类

名 称	代 号	组 成
脲醛—糠醇树脂	UF/FA	由尿素、甲醛、糠醇缩合而成
酚醛—糠醇树脂	PF/FA	由苯酚、甲醛、糠醇缩合而成
酚脲醛—糠醇树脂	UF/PF/FA	由尿素、苯酚、甲醛和糠醇缩合而成
甲醛—糠醇树脂	F/FA	由甲醛、糠醇聚合而成

#### 2、按糠醇含量分级 ( UF/FA )

级 别	FA 含量 %	含 N 量 %
高 呋 喃 树 脂	>80 — 100	0 — 3
中 呋 喃 树 脂	>60 — 80	2 — 3
低 呋 喃 树 脂	>40 — 60	5 — 11

#### 3、按含氮量分级

名 称	含 N 量 ( % )
-----	-------------

无氮树脂	<0.30
低氮树脂	0.30-3.0
中氮树脂	>3.0—6.0
高氮树脂	>6.0

## 二、主要技术参数

### 1、糠醇含量

用酸作催化剂的呋喃树脂，含糠醇量一般在 50% 以上。最常用的是脲醛糠醇树脂。随着糠醇含量的提高，常温强度增大，强度最高，当 FA 量为 70—80% 时，常温强度最高。对于高温性能而言，随糠醇含量的增加，呋喃砂的热强度也相应提高。从图 2—1 所绘制的曲线可以看出，在 815℃ 时，不含糠醇的脲醛树脂，其呋喃砂的残留抗压强度约 3.5Kg/cm<sup>2</sup>，在 1371℃ 时，脲醛树脂砂试样不到 5 分钟就溃散了，强度为零，当含 40% 糠醇时，强度就高的多了。这就是为什么对黑色金属选用高呋喃树脂，而有色金属只要用低色呋喃树脂即可的原因。

### 2、含氮量

当含氮量在某一范围内时，随含氮量的增加，呋喃砂的常温强度提高，当含氮量小于 1% 时，常温强度急剧下降。与此相反，含氮量增加，降低热强度。所以高氮的树脂只能浇注有色金属件。含氮量增加易使铸件产生针孔，对于凝固区间较宽的铸钢来说，对氮气针孔最为敏感，希望采用低氮或无氮树。对铸铁件而言，在旧砂回用的情况下，也应选用氮含量 <3.5% 以下的树脂。一定的含氮量有利于减少呋喃树脂的脆性，降低型砂的膨胀，有利于减少铸件表面脉纹的产生。从成本上来说，脲醛糠醇树脂中，脲醛价格较便宜，糠醇很贵，所以树脂中糠醇含量越高，脲醛的比例减少，树脂的成本将提高。

### 3、游离甲醛

自硬呋喃树脂合成时，甲醛用量对呋喃树脂的性能有很大影响。有资料介绍，树脂中甲醛与尿素的克分子比一般在 1.5—2.5，当克分子比为 1.8 时型砂强度最高。随着甲醛比例增加，树脂中游离甲醛明显增加，硬化速度也加快。但树脂中游离甲醛刺激性气味大，对人体健康不利，因此要求游离甲醛含量小于 0.5-1.0%。我国卫生颁布的“卫生企业设计卫生标准”（TJ36-79）中规定车间空气中有害物质甲醛的最高允许浓度为 3mg/m<sup>3</sup>。

### 4. 粘度

树脂粘度大小对树脂消耗量及混砂均匀性影响很大，如果树脂粘度太大，则原砂表面包复层就较厚，加入量低时不易均匀，这在连续式搅笼混砂机的情况下更显得重要，一般呋喃树脂的粘度应小于 100CPS，搅笼用的粘度最好小于 50CPS（25℃）糠醇含量提高可使树脂粘度降低。

### 5.PH 值

树脂的反映过程中，PH 值也是影响粘度的因素。若 PH 值过低，反映强烈，使树脂粘度增大，故 PH 值不宜太小，另外，PH 值低时，树脂固化程度较快，但终强度受一定影响，且树脂的存放期也将缩短。一般呋喃树脂的 PH 值取 6.5-7.5 为宜。

### 6. 含水量

自硬树脂的含水量有一定限制，含水量多会降低树脂的粘度和型砂的固化速度，还影响型砂的终强度及固透性，甚至影响铸件产生气孔缺陷。另外水分还会促使加入树脂中的硅烷偶联剂发生水解失效。所以自硬树脂的含水量在技术质量标准中有规定，一般高呋喃树脂应不大于 2%，中呋喃树脂不大于 5%，低呋喃树脂不大于 10%。

国内自硬呋喃树脂近年来发展较快，表 2—2 列举了一些主要的树脂厂和所产树脂的技术参数及性能。

表 2—2 国内自硬呋喃树脂一览表

生产厂	树脂型号	外观	粘度 (20℃) 厘泊	PH 值	糖醇 含 量 %	氮量 %	游离甲醛 %
兴华化	五型(90-2)	棕红色透明	<50	7.0 ± 0.5	90	<2	<0.5

工场	型						
章丘县助剂厂	FL86-A 型	桔红透明	<20	6.5-7.0	90	<3	<1
章丘县助剂厂	FL86-A 型	桔红透明	<20	6.5-7.0	90	<3	<1
	FL-3 型	棕红半透明	<20	6.5-7.0	80	<4.5	<2
	FL-2 型	棕红半透明	<25	6.5-7.0	70	<6	<3
北京日化二厂	BFN-0	棕红色透明	≤ 10	7 ± 0.5	95	0	0
	BZF-70	黄棕色		6.45	70	6	1.6
范道有机化工厂	JY85-2	透明棕褐色	≤ 50	6.5-7.0	85	<22	≤ 0.5
	JY70-1		<30	6.0 -7.0	70	<3	≤ 0.0
辽阳有机化工厂	LF-2	透明红棕色	30-70	7.0 ± 0.5	80	3-5	<1
	LF-3	透明红棕色	20-40	6.5-7.0	85	≤ 3	<0.5
郑州油脂化学糖醇厂	F701-1	半透明	68	5.6	80	0	0.97

## 2-4 固化剂

自硬呋喃砂是以酸作为固化剂。常用的有机酸有苯磺酸、对甲苯磺酸、二甲苯磺酸等，无机酸有磷酸、硫酸乙酯等。当磷酸作固化剂时，制好的型芯吸湿性强，且磷酸在砂中容易蓄水，只有在球铁或低碳不锈钢铸件的

情况下，为防止铸件表面渗 S 而少量采用磷酸，一般再生回用砂不采用磷酸做固化剂；硫酸的腐蚀性强，配制时也有一定危险，虽然固化速度快，但终强度不高，也有在砂中蓄积的问题，只有在一次性使用的自硬砂中，而且气温太低时才使用。一般都是用有机酸坐固化剂。

对甲苯磺酸是白色结晶粉末，溶于水或酒精中使用，根据其酸值和浓度的不同，一般适合于春、夏、秋季使用，二甲苯磺酸则适应性更强，根据其酸值和浓度的不同，一年四季都可使用。固化剂的技术参数主要有酸值、游离硫酸含量、粘度等。表 2-3 列出了国内一些主要商品固化剂的技术参数性

## 2-5 偶联剂—硅烷

硅烷在树脂中主要是起加强作用。通过硅烷分子  $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$  基因，在一定条件下，它能与砂粒表面的基产生缩合作用，释放出甲醇，形成硅氧键，这样硅烷与沙粒“连接”起来，另一端环氧基遇酸以后，环被打开，它与树脂分子的活性基因反映连接起来，这样无机物的沙粒和有机物的树脂之间通过硅烷的架桥作用被偶连起来了。因此树脂对硅砂（砂粒）表面的附着强度大大提高了，所以树脂自硬砂的使用机械强度也随之提高了。这种增强作用在低粘度的高糠醇树脂中更为明显。

国内用于自硬树脂砂的硅烷偶连剂主要有以下三种硅烷衍生物：

表 2-3 国内固化剂一览表

生产厂	型号	外观	总酸度 % (以硫酸计)	游离硫酸 %	粘度 (25 °C ) 厘泊	使用季节
卫东化工厂	FFD-GO3	深棕色油状液体	25.0-27.0	10.0 以下		秋、冬、春
	FFD-GO4	深棕色油状液体	18.5-21.0	1.5 以下		春、夏、秋
	FFD-GO7		25-27	4 以下		低温、高温
	FFD-GO6		29-31	10 以下		低温、高温



	FFD-GO9	棕色油状	$26 \pm 1.5$	$3.5 \pm 1.0$	60-80	低温、高温
东风化工厂	PT-1	白色或灰白色晶体	$\geq 23$	$\leq 2$		10 °C 以上夏秋
	PT-2	白色或灰白色晶体	$\geq 30$	$\leq 10$		10 ~ -15°C 冬春
	XY-1	浅棕色液体	$\geq 23$	$\leq 2$		10 °C 以上夏秋
	XY-2	浅棕色液体	$\geq 29$	$\leq 10$		10 ~ -15°C 冬春

(1) Y—氨基三乙氧基硅烷, 商品名称为 KH550, 加入量为树脂的 0.2-0.3%, 可使型砂强度提高 50% 以上。

(2) Y—缩水甘油丙基三甲氧基硅烷, 商品名为 KH560, 效果稍次于 KH550, 加入量为树脂的 0.3%。

(3) 苯胺甲基三乙氧基硅烷 (南大 -42 号)

当硅烷加入量超过一定量以后, 虽然增加加入量仍能继续提高强度, 但提高的幅度将缓和的多, 加上硅烷价格昂贵, 所以最佳加入量为 0.2— 0.3% 即可。

硅烷加入树脂后, 随时间的延长, 会遇水分解, 试验表明, 加入一周后, 其增强作用将降低 70%, 故一般都是使用前临时加入为宜。国外也有将硅烷直接加入树脂内供应的, 半年内硅烷作用仍不衰退, 这与树脂质量和硅烷品种有关。

## 2 — 6 几种辅助材料

树脂砂对涂料的要求较粘土砂高, 首先, 呖喃砂的孔隙率高, 而且有机粘结剂在高温下不能承受较长时间, 这就要求涂料的固体含量高, 粉料粒度细, 粉料及粘结剂的耐火度高, 抗爆热能力强等。

从溶剂上分, 涂料有水基、醇基两大类。醇基涂料可以省去烘窑, 提高效率和面积利用率, 水基涂料则成本低, 树脂不会过烧, 涂层质量高 (流平性及涂层厚度好)。从耐火骨料主体来分, 有黑色系、白色系 (浅色涂料), 目前看来, 对铸铁件而言, 以石墨为主的黑色涂料仍是性能最好的。至少面层涂料应使用石墨涂料, 但需添加皓英粉以提高耐火度; 粉料细度均应细于 325 目, 以便于底层涂料有一定渗透深度, 防止渗铁和脉纹。

从制备方法上说, 用球磨机甚至胶体磨混制涂料是目前较流行的。表 2— 4 为临安造型材料厂生产的几种铸铁涂料的主要性能:

表 2— 4 几种铸铁涂料性能

型 号	密 度	溶剂粘度	悬 浮 性 % 24 小时	发气量 mL/g	急热抗裂 性	PH 值
LD-101	1.3-1.4	乙醇 7— 8	97	$\leq 20$	无裂纹	8 — 9
LD102	1.3-1.5	水 7— 8	97	$\leq 15$	无裂纹	8 — 9

## 脱模剂

树脂砂型 (芯) 的起摸是在砂型 (芯) 初步硬化后进行的, 不象粘土砂那样可以松动一下模样。加上树脂, 固化剂对模样有一定的附着力或粘砂现象, 所以如果不在模样上涂适当的脱模剂, 会给起摸造成很大的困难, 模样容易被拉坏, 型腔或型芯表面也会造成不光洁, 较难修补, 直接影响铸件尺寸精度和粗糙度, 甚至造成粘砂或砂眼。

本厂研制的 ZLX— 1 型树脂砂脱模剂为不然性银色液体, 易涂自干, 离型性好, 一次涂刷可耐用数十次, 薄膜均匀且不蓄积, 不影响模型尺寸精度, 涂刷面积达 6— 10M<sup>2</sup>/Kg, 光亮银色还可防止漏涂, 可普遍使用于木模、金属模、塑料模等。

## 铸型修补胶粘剂



树脂砂起模，下芯和搬运途中，砂型（芯）有时会有破损。它不能像粘土砂那样可进行简单的修型操作，这就需要特殊的粘合剂将破损部分粘到原处。本厂研制的 ZN—1 型铸型修补胶粘剂具有无毒、常温自硬、粘度和粘合强度高、硬化快、发气量小的优点，采用塑料带小包装，使用方便，保存期长、用量省，除了可以用于树脂砂，水玻璃砂、油砂，含脂砂等砂型（芯）损伤的修补外，也可以用于芯型组合及型芯、芯撑、浇口杯的固定及作为芯头防呛火密封材。

#### 浇口陶管

浇口陶管有  $\phi 15$ — $\phi 150$  等口径。分直管、弯头、三通等形状。应具有一定耐火度并可被锯断的性能。直浇口和底注内浇口都可采用。不仅可以简化造型分箱，且可防止浇口内冲砂等缺陷，克服了深浇口刷涂料的困难，使用时先将陶管按所需高度锯好或接长用胶纸贴住，再贴上弯头，造型时埋在沙里即可。不难设想，只有在不需用力捣实的自硬砂工艺中才有必要和可能采用陶管浇口。

#### 其它

如封火条、分型剂、滤渣片（网）、型芯通气管等等，也都随着树脂砂工艺的推行而被开发出来，目前辅助材料也逐步转向专业化生产。能。

### 第三章 自硬呋喃树脂砂的工艺性能

#### 3—1 呋喃砂的硬化特性

呋喃砂的硬化反应从树脂加入到已予混（即已加入固化剂）的混合料的瞬间起就开始进行，图 3—1 为经时硬化特性曲线一例。

以上曲线是将混制出的型砂立即做出抗拉试块，然后经过 1 小时、2 小时、3 小时、……24 小时，每次分别刷 3 个以上试样的抗拉强度，取平均值作为该时刻的抗拉强度值所绘制出来的强度——时间曲线。

从曲线可以看出，开始有一个孕育期，这时反应很缓慢，强度上升慢，然后强度迅增，到 5 小时以后强度的上升又缓慢了，到 24 小时后则升高非常缓慢，基本趋于稳定值，故将 24 小时的强度定为“终强度”。作硬化特性曲线应选用标准砂制作式样，以便工相比较。

随树脂、固化剂的种类和加入量的不同，以及温度、湿度的不同，硬化曲线也各异，但硬化的三个阶段是基本相同的。

#### 二、树脂砂可使时间

树脂砂混制好以后，即开始了树脂的固化反应，如果混制好以后停留一段时间再造型，则会将已经交联起来的部分树脂链重新破坏，使得终强度恶化。所以刚混出的型砂做出的试样强度最高。如果将混制好的树脂砂每隔一定时间作出一组式样，分别测定他们的 24 小时终强度，可以作出象图 3—2 那样的曲线。我们将终强度为刚混制好砂的式样终强度 70% 的试样制作时间称为可使用时间。超过可使用时间的砂，流动性恶化，给制芯带来困难，甚至无法做成，做成的强度也低，充填密度也小，表面稳定性也差，容易引起冲砂和傻眼缺陷。所以树脂砂造型制芯的原则之一就是混好的砂要尽快成型，要在可使用时间之内完成造型操作。生产现场上判定可使时间的方法，一般是当型砂开始发粘，呈粘连，即认为已超过了可使用时间。

#### 三、可起模时间

树脂砂造型制芯后，必须等型砂建立一定强度后才可起模，否则型和芯继续发生变形和破裂等，一般认为型砂抗压强度达到  $1.4\text{Kg/cm}^2$ ，作为可起模强度，将这段时间称为可起模时间。生产现场可通过经验判定起模时间，一般手持钉子向砂型（芯）中扎不进去时，被认为是可以进行起模了。见图 3—3 所示。

#### 3—2 影响呋喃砂硬化特性的因素

影响呋喃树脂砂硬化特性的最主要因素是树脂与固化剂的品种及加入量（固化剂占树脂重量的比例），此外原砂的含水量耗酸量及温度、环境的温度与湿度等也对树脂砂的硬化特性有一定影响。

#### 环境温度和湿度

硬化速度随环境温度升高而加快，可使用时间也随之减少。理想的环境温度一般为 20

— 30℃，一般温度高，初强度与终强度也高些，可起摸时间缩短。但当环境温度达 40℃时初强度随较好，但终强度却比 15℃还要低。

硬化反应是一个缩合反应，有水分折出，所以环境湿度大影响硬化反应的进行，降低初强，也降低终强度。

为此，根据气温与湿度的变化，需调节固化剂的品种和加入量。

#### 砂温

在 35℃以下时，提高砂温，不仅硬化快，而且终强度高，但超过 40℃的砂，使型砂可使用的时间大大缩短，终强度和表面稳定性也会降低。

砂温低于 5℃，则硬化困难。为此，对于混碾前的砂预先进行调温处理，尤其是旧砂回用情况下，旧砂再生后温度仍可达 90℃左右，经过砂冷却装置后，将砂温降到 35℃以下使用。

#### 其他影响硬化特性的因素

原砂耗酸量高，需耗费一定量固化剂以中和砂中碱性物质，故降低硬化速度和终强度。原砂中水分含量高影响硬化速度和终强度。加入缓凝剂（如氯化钙）可以减缓硬化速度和延长可使时间。

### 3—3 自硬呋喃树脂砂的性能

#### 表面稳定性

将经 24 小时硬化后的  $\phi 50 \times 50$  试样称重  $W_1$ ；然后放在 14 目筛上振动 2 分钟，再称重  $W_2$ ，则表面稳定性为：

$$SSI = W_2 / W_1 \times 100 \%$$

砂型（芯）表面稳定性不足会导致冲砂及砂眼、机械粘砂等缺陷，一般来说表面稳定性的好坏与型砂常温强度的高低是一致的。增加树脂加入量，选择合适的固化剂品种及加入量，不超过可使用时间，造型时适当的紧实，芯盒填砂面用刮刀埽平等都可提高表面稳定性。

生产上要求砂型（芯）的工作表面（即与铁水接触的表面）稳定性应大于 90%，现场经验判定方法是用手指摩擦硬化后的型（芯）表面，一般以摸不下砂粒为准。

#### 透气性

它与硬化速度无关，与砂的粒型和粒度组成有关，颗粒越小，粒度越分散，含微分越多则透气性越差，粘结剂加入量多也影响透气性。

透气性好是呋喃树脂砂的一个优点，他弥补了有机铸型发气量大的优点，但也不可忽视采用集中通气等方式解决砂型和型芯的通气。

#### 发气量

呋喃树脂是有机粘结剂，型砂发气量主要与树脂的成分和加入量有关。脲醛的发起量大，而糠醇和甲醛的发气量低。加入量大，发气量相应增大而且发气时间也延长，但与发气的增长率不成比例。图 3—4 为树脂加入量与发气量的变化关系。千方百计降低树脂加入量之所以成为树脂砂工艺最基本的问题之一，除了经济上的原因之外，也是为了尽量降低砂型发气量，以减少铸件的气孔、呛火等缺陷。由于发气量与型砂灼减量成正比（见图 3—5），为方便起见，生产厂常以测定型砂灼热减量的方法代替测定发气量。

#### 溃散性

其指标用高温残留强度高低来反映。将试样经 24 小时硬化后放在 100、200、300℃的电炉中保持一定时间，取出冷却至室温，测定其抗压强度。残留抗压强度越低，说明溃散性越好。一般说呋喃砂溃散性比较好，500℃左右残留强度为零。

实际砂型浇注后，由于树脂砂导热性较差，靠近铁水部分的砂层经受高温显示出较好的溃散性，但离铁水稍远一些的砂层受到热作用较小，残留强度仍然很高。为了防止热裂和清砂方便，应在造型时采取降低砂铁比的各种措施，以提高宏观溃散性。

#### 高温强度

是指试样在高温（如 900℃）状态下测得的强度。对于有机系铸型而言，要保证铸型经受住金属溶液的

热冲击，是铸件凝固前铸型不至于过早溃散。提高高温强度主要通过提高树脂中糠醇的比例。另外，砂中添加少量氧化铁或硼酸等添加剂，或采用膨胀小耐热性好的锆砂，铬矿砂也可以提高热强度。

#### 第四章 树脂砂的操作工艺

##### 4—1 呋喃砂的混制

###### 一、型砂配制程序

为了使树脂、固化剂、偶联剂能在最短的时间里均匀复盖在砂粒表面，需利用混砂机混制。根据混制的程序不同，分为单砂双混法和双砂三混法二种，它们的混制程序如图所示。

砂 + 固化剂 砂 + 固化剂 砂 + 树脂

根据混砂机构造不同分为连续式混砂机和间歇式混砂机两种。连续式混砂机一般为搅笼式。固化剂和树脂分别通过定量泵先后加进（单砂双混）或分别加进（双砂三混法）搅笼里的砂中被螺旋叶片混合均匀后连续放出。间歇式混砂机有低速的普通搅拌机和高速旋转的碗形混砂机。需要指出的是，当树脂加入已混和有固化剂的砂中后，应该在数秒钟至半分钟内混好尽快出砂造型，不可在混砂机内混制时间过长。

###### 二、树脂与固化剂的加入量

随着树脂加入量增加，呋喃砂的终强度将增加。一般抗拉强度应大于  $8—10\text{Kg}/\text{cm}^2$  或抗压强度大于  $25—30\text{Kg}/\text{cm}^2$  即可。这时还应考虑型（芯）的大小，复杂程度以及铁水压头高低等因素，过高的强度是不必要的，不仅浪费昂贵的粘结剂，而且增加发气性促成气孔类缺陷，同时降低溃散性增加落砂出芯的困难。

##### 4—2 造型制芯操作

###### 模样准备

可以采用木模、金属模和环氧树脂塑料模，对单件要求不高的铸件还可使用泡沫塑料做的一次性模样。冬季使用金属模或金属型板会影响硬化，尽可能采用木模。模样的拔模斜度适当增大，芯盒尽量做成脱开式或稻桶式，对限制拔模斜度的模样可做成抽芯式。浇注系统和圆角尽量在模样上做出，起模螺栓应装置紧固。

造型前应检查模样是否完好齐全，木模表面应平整光滑，不得有裂纹、划痕，并在造型制芯前涂上脱模剂。放砂前要仔细检查活块是否齐全到位。

###### 芯骨与吊攀的准备

制芯前应准备好必要的芯骨与吊攀。由于树脂砂强度高，芯骨可以大大简化，一

般不必作整体铸铁芯骨，可以通过散插铁棒，但也要考虑到起模、搬运、下芯合箱、浇注时的铁水浮力等等对泥芯刚性及强度的要求，放置足够的芯骨，对大泥芯可放入铸铁龙骨，吊攀下钩处注意插横担铁条。

###### 造型紧实

树脂砂流动性好，自紧实性能好。但造型中仍需十分注意凹处、角部、活块凸台下等不易充填部位的紧实操作。紧实可用木棒捣、用手塞，填砂面可用脚踩或木锤紧实。紧实不好的铸型或局部表面，其表面稳定性差，容易造成机械粘砂（渗铁）、冲砂及砂眼，而且起模后铸型的疏松难以修补。

放砂和紧实中要注意模样活块、浇口棒、出气及冒口棒、浇口陶管等的移动和松动。直浇口棒及出气、冒口棒应在造型后几分钟内拔出。

入砂中对于连续混砂机的头砂，因树脂量和固化剂量不正常，应接放在提桶时里当背砂使用。否则铸型内表面有局部不硬化或强度不够时往往要整箱敲掉。

要重视直浇口处型砂的强度，因直浇口表面稳定性不够引起的冲砂往往是造成铸件砂眼缺陷的重要原因。同样，对于与铁水接触的芯盒添砂面，为增强表面稳定性，应及时用戥刀刮平。

大砂箱造型时，放砂时间有可能超过树脂砂的可使用时间，因此要注意放砂的推进路线，对已开始反应的部分尽量不要再去挖动，所以放砂前一定要做好各项准备工作，包括思想上的充分准备，尤其要周密计划好吊攀的放置方向及部位。对填砂面的吊攀应在造型后即使挖出吊攀头部。

对于非型板模样多箱造型时，应在分裂面上刷一层分型剂（一般用滑石粉）

### 起模与修型

树脂砂起模时间要控制适当,过早易变形,太尺起模困难,因此,一般在造型后约半小时左右,用洋钉(3"—4")向铸型里扎,若扎不进去时,一般说来即可进行起模了。由于树脂砂型起模是在半硬化状态下进行的,所以需利用较大的冲击力,这时要注意起模样的平衡性,不要用铁榔头直接敲击木模,应垫上木块或用橡胶、塑料、木制榔头。拆芯盒时要注意每个活动部分的起模顺序与起出方向,挖出吊攀头部。

对于起模或搬运中不慎破损的部分,成块的可涂专用的型芯修补粘合剂后回原处,必要时用钉子加固,其它破损处可用新混制时树脂砂填补,并用戥刀刮平。

修过的部分,其强度和表面稳定性较差,所以最主要的是要很仔细细心的做好起模、搬运、翻转等工作,最大限度的减少修行操作。

造型与制芯时要特别注意放好出气。

### 上涂料

刚起模的型和芯不易立即上涂料,因为这时树脂的硬化反应还处在初级阶段,遇到涂料中的水分(溶剂)影响硬化的正常进行。若使用酒精快干涂料,需立即点火燃烧,又会使未反应完全的树脂过烧,这些都会降低铸型(芯)的表面稳定性。一般应在造型后 4—8 小时以后才可进行上涂料作业。

为防止溶剂和水分过多地渗进型芯深出,影响涂层的干燥程度,并保证涂层厚度以提高抗金属渗透能力,涂料必须有一定浓度。在涂刷性能(如流平性、易涂性等)可以的情况下,应保证涂料浓度有 30" Be 以上为宜。涂前搅拌均匀。

刷涂料要自上而下进行,不要使涂料流挂堆积、应涂刷均匀、减少刷痕,还要注意不得漏涂,整个浇注系统都必须涂到,在不便涂刷时防止浇口陶管。为了合箱时不使砂粒掉入型腔,盖箱顶面的浇冒口、出气空上也要刷上涂料。但在芯头部位不要上涂料,以免影响配模精度和阻碍排气,这一点在浸涂时尤应注意。

醇基涂料上好应及时点燃自干。为了提高涂料的燃烧性能,应选用 95%以上酒精作为稀释溶剂。水基涂料上好应进烘房在 150—180℃下烘干 1—2 小时。涂料的充分干燥对防止气孔至关重要,在燃烧不良的情况下应用喷枪补充干燥,但注意火力不要过猛,引起树脂过烧。

### 下芯盒箱

一般与粘土砂同。树脂砂强度高,配模时容易操作,但需注意以下几点:

因烧注中发气量大,要注意在箱上的行腔高点、芯头端部留出气孔,以使行腔内和型芯内的气顺利排出。要采取防止铁水钻芯头的措施,以避免枪火和气孔。

吊攀头部要用新混制的砂修平并上涂料和点干。吊攀处修补时应插上合适长度的钉子。

为防止抬箱跑火,砂箱卡子应紧固并紧固好,分型面应放封火泥或石棉绳。

为保证铁水压头,所有浇口杯、冒口圈和出气口圈等的安放均需粘牢型面或埋住,以防跑火。

合好的箱应垫空放置,以利低面也能通畅排气。

下芯后合箱前应将芯头上下左右的间隙塞实垫平,以防型芯窜动或漂浮,浮砂必须吹(吸)净。合箱前在对铸型整体用喷枪烘干一次。冷铁、芯撑等应干燥清洁无锈蚀。

### 4—3 浇注、开箱及清理

#### 浇注

为了减少浇注过程的发气量,浇注系统一般设计得较粘土砂大。浇注时应贯彻快速、不断流、严格挡渣、及时点火引气等原则。为了不使铁水变成紊流、卷入空气促使树脂燃烧引起气孔和夹渣缺陷,浇注时要使直浇口始终处于充满状态。

为了开箱方便、延长砂箱使用寿命,要求浇注后当冒口圈和浇口杯凝固后,趁热将砂箱顶面溢流出的披缝铁敲掉,并将浇口杯搬掉。

其他浇注应注意事项与粘土砂同。

#### 开箱与落砂除芯



树脂砂保温性能好，浇注后铸件冷却较慢，对易裂和易产生白口的铸件应比粘土砂延长开箱时间。而对那些有硬度要求的铸件则可适当提早开箱或将局部提前除去型砂，使该部位裸露在空气中冷却。

原则上应先开箱，吊出或翻出铸件后，再将砂箱放在落砂机上落砂，以免铸件被碰坏。由于靠近铸件的型砂层已溃散，所以落砂前开箱和取出铸件并不十分困难。

除芯作业因型砂的溃散，一般用工具或风枪进行即可。树脂固化后不溶于水，所以一般不采用水力清砂。其他要求与粘土砂要求相同。

树脂砂造型芯工艺参数

浇注系统的设计

树脂砂浇注系统的基本原则是：快速（大流量）封闭、防止紊流与气体卷入，保证压头。

浇注速度

计算方法可参照粘土烘砂，但浇注速度应尽量快，一般说来，500Kg 以下铸件浇就时间不超过 20 秒为宜；1T 重铸件不超过 40 秒；即使 2—3T 重的铸件也尽量在 1 分钟内浇注完毕。

快速浇注有利于较快建立压头，使铸型大量发气以前做到冲心充型完毕。这样既

有利于防止气孔缺陷，也有利于减少铸件的热粘砂和冷隔。

浇口型式与浇口比

对于高度较小的铸件可以将内浇口开在分型面上，但较高铸件应优先采用底注浇口。

推荐采用 F 直：F 横：F 内 =1.5：1.25：1.0 那样的封闭加压浇注系统。可以较好的避免气体被卷入型腔，同时挡渣效果也好。

对于长度较大的铸件，在行车距离允许的情况下，为了加快浇注速度和均匀紧铁水，可设置二道直浇口从两端同时浇注。

对于阶梯浇口，应尽量避免上层辅助浇口过早进铁，为此上下内浇口最好有各自的直浇口。

冒口与出气孔

树脂砂在铁水表层凝固前的刚性好、强度高，不易发生胀砂和型壁迁移，依靠铁水凝固期间的石墨化膨胀有一定的自补缩能力，冒口比粘土砂的小，可以改用出气冒口或溢流冒口。

但应多设顶部出气口，以保证行腔中的气体尽快排出。在外型的各部分芯座上应尽量做出与大气相通的通气孔，以保证型芯中气体顺利逸出。

## 5—2 工艺设计参数

收缩率

树脂砂对铸件收缩率的影响较为复杂。一方面，由于芯骨简化、溃散性好、对收缩阻碍小，另一方面，树脂砂热膨胀系数大，树脂粘结剂也有一定的热强度，使收缩率有减小的因素。故在实际生产中发现树脂砂铸件的收缩率可以在 0.8—1.4% 范围内变动。总的倾向是纵长方向收缩率较横向的大；外型的收缩（包括形成外型的型芯）较芯型的大；长大铸件的收缩较小铸件来的大。但树脂砂铸件的同一处的尺寸在相同条件下的收缩率其复现性较好，因此对于要求较高的尺寸可通过试制加以修正，能够找出较为标准的收缩系数。一般设计中，可试采用外型（包括外型芯）1.0—1.2%，型芯 0.8—1.0% 的收缩率。

吃砂量

可取比粘土砂小的多的吃砂量。主要根据铸件的大小、壁厚不同来选取。一般距砂箱壁的吃砂量可取 20—50mm 即可。上下面的吃砂量可取 50—100mm，盖箱顶面吃砂

量还应考虑铁水压头的需要适当增高，否则需通过冒口圈、出气孔圈、浇口杯的高度来补充，这时要注意粘合良好，防止圈底杯底跑火。

芯头间隙与分裂系数

芯头间隙应小，避免漂芯或型芯退让。根据型芯大小不同芯头间隙可取 0—1.5mm，分型负数原则上可以不放。

拔模斜度

树脂砂模样的拔模斜度较粘土砂略大。有些铸件不允许有拔模斜度处可采用抽芯方法制模样或用脱开式芯盒。使用优良的脱模剂可以使拔模斜度稍小一些。

加工余量

树脂砂铸件尺寸准确，直线度也好。加工余量可减少 1/3。

呖喃树脂砂铸件缺陷及其对策

## 6—1 气孔与针孔

产生原因

树脂添加量过多，树脂中氮含量过高。

醇基涂料的溶剂中有变质酒精、含水分较多或涂料的浓度太低，点火后干燥不彻底。

水基涂料干燥不充分。

造型工艺方案不良。其中影响较大的因素有：浇注速度过慢；通气方案不良；浇注系统尺寸合比例不当；压头太低。

回收再生砂的灼减量过高。

造型（芯）后尚未充分固化就过早合箱浇注，造成发起量过大。

造型操作不当。如芯铁外露，芯头钻铁等。

防止气孔类缺陷的措施

针对以上各条产生原因，采取以下相应对策：

选择含 N 量较低的树脂，并千方百计降低树脂添加量，即（1）选用粒型圆整、粒度适中、含微粉量低、耗酸量低的原砂；（2）添加偶联剂；（3）选用强度性能好的树脂及适当的固化剂等，尽可能将树脂添加量将至砂重的 1.2% 以下。

重视涂料的溶剂质量；涂刷前对涂料充分搅拌，浓度应大于 30% Be；涂刷料后即时点火干燥。

使用水基涂料后应在小于 180℃ 温度下烘烤 1—2 小时以上，务使涂料充分干燥。

制定工艺方案时要注意提高浇注速度，合理有效的设计通气；掌握快速、封闭、底注、不紊流的设计原则。

使回收砂灼减量控制在 3.0—3.5% 以下。主要措施是尽量降低砂铁比，选择优良的再生设备，注意再生砂的管理。

型芯最好隔天使用，铸型也应在造型 4—6 小时以后再上涂料及合箱浇注。

严格造型（芯）、配模操作。芯骨不要外漏，芯头要有防止钻铁措施，以免呛火造成气孔缺陷。

以上主要讨论了因呖喃铸型本身而造成的侵入型气孔缺陷，实际生产中因铁水温度及溶炼质量等因素引起的气孔比例也不小，要注意具体分析、对症下药。

## 6—2 机械粘砂与脉纹

产生原因

型砂骨料粒度分布不当及造型（芯）时紧实度太低。

涂料耐火度低、涂层厚度不够。

新砂用量较大时易产生渗铁与脉纹，尤其当新砂的 SiO<sub>2</sub> 含量很高时。

造型操作不当引起的型砂强度过低、表面稳定性差，促使粘砂脉纹的发生。如使用超过了可使用时间的型砂，连续式混砂机的头砂尾砂充当面砂，修模型砂（芯）表面时引起的表面稳定性降低、砂温过高等。

防止粘砂及脉纹的措施

针对以上各条产生的原因，采取以下相应对策：

使砂的粒度分布范围适当加宽，如选用 30/70 目砂时，粒砂的集中分布分散到 30、40、50、70 四个筛号上。造型（芯）时要保证各部位面砂的紧实度。尤其注意死角处搭子下等不易紧实的部位。

保证涂料质量，尤其是耐热性、骨料细度、固相成分含量（浓度或波美度）等性能，同时上涂料操作要保证涂刷质量和厚度、防止漏涂等。

旧砂再生回用是减轻和防止机械粘砂与脉纹最有效的措施。

注意操作保证铸型（芯）强度和表面稳定性。混砂时砂温应控制在 40℃ 以下。

砂中加入适量氧化铁粉或使用铬矿砂。浇注温度不宜过高。

### 6—3 冲砂与砂眼

发生原因

浇口表面粗糙、涂料未涂到或涂层厚度不足往往是引起冲砂成砂眼的重要原因。

造型（芯）操作不当引起表面稳定性差。如紧实不足、型（芯）面修模粗糙、修补处或填补吊攀处未达到强度和粘合的牢固性不够，超过了可使用时间的型砂等等都有可能发生冲砂引起砂眼缺陷。

对策

浇口棒应光洁。横浇口和内浇口最好用横样做出。各部位浇口都要认真上好涂料，对于较深的直浇口，底注内浇口可用陶管做出。

严格造型操作，保证型面的表面稳定性，配模合箱前要将型腔内浮砂吹（吸）净。

注意涂料质量和涂刷质量。

### 6—4 硬度

呋喃铸型冷却速度较慢，凝固过程中石墨周围产生铁素体有时硬度达不到要求。对此可考虑以下措施。

适当降低碳当量。

铁水中添加极少量珠光体稳定元素如 Cr、Cu、Sn 等。

采用冷铁或碲粉涂料等。

在不至于发生变形及裂纹情况下，提早开箱或对局部采取风冷措施。

### 6—5 铸件尺寸精度超差

木模或型板的变形或收缩率不正确、芯头间隙过大、芯头固定不良引起型芯漂浮、定位销的误差或错偏、模样活块在放砂时松动、芯撑固定不良等都是造成铸件尺寸精度超差的常见原因，主要对策一是强调模样的质量、二是强调操作的严格认真。

### 6—6 夹渣及烧结粘砂

解决办法主要是：加快浇注速度、注意浇口的封闭性，提高涂料质量、提高型砂及涂料的高温强度。

## 第七章、自硬砂树脂砂工艺问答

1．为什么磷酸多用作高氮呋喃自硬树脂的固化剂，而很少用作低氮呋喃自硬树脂的固化剂？

这是因为低氮高糠醇树脂，采用酸做固化剂时，硬化速度慢，脱模时间长，且强度很低。

高氮低糠醇树脂使用磷酸做固化剂可获得必要的硬化速度。而且，高氮低糠醇树脂采用磷酸作催化剂可获得很好的终强度。

造成这种结果的原因主要是由于磷酸与糠醇的工溶性差，而与水的亲和力大，使得树脂和催化剂中所含的水分以及树脂在缩聚反应中生成的水不易扩散排出而以磷酸为核心生成水滴残存于树脂膜中，破坏了树脂膜的致密性，故强度较低。而高氮树脂与水的工溶性好，各种水分不易以磷酸为核心集中为水滴，树脂膜结构好，强度高。

2．为什么酚脲脒自硬树脂的硬透性比呋喃自硬树脂砂好？

因为酚脲脒树脂的固化过程是聚合反应，固化过程中不产生小分子的水，不存在因型内外水分的挥发速度不同使其内外固化速度不一致的问题，而呋喃自硬树脂的固化过程是缩聚反应，反应过程中产生水分，因型芯内外的水分蒸发速度不同，导致了其内外固化速度不同，故其硬透性差些。这也是呋喃自硬树脂砂的固化速度受空气相对湿度影响较大的原因。

3．为什么生产铸铝，铸铜件可以选用高氮呋喃树脂？

由于铝、铜金属液对氮几乎不溶解，因此，即使使用高氮树脂在浇注过程中树脂分解产生的氮，也不会被铝、铜金属液吸收，也就不会在凝固过程中因析出氮而形成氮气孔。因此，生产铸铝、铸铜件可以为满足溃散性的需要而选用高氮树脂。

4．为什么自硬树脂砂生产重量大的铸件，浇注系统宜于用陶瓷管制作？

采用自硬树脂砂造型,当生产重量较大的铸件时,由于浇注时间长,浇注系统在高温金属液的长时间热作用下,易使树脂砂过早溃散丧失强度,造成冲砂缺陷,因此,对重量较大的铸件,浇注系统宜用陶管制作,同时使浇注系统特别是直浇道不易上涂料的问题得到解决。

5. 采用自硬树脂砂造型、制芯时,如何确定树脂砂的可使用时间是否满足要求?

当采用间歇式混砂机时,树脂砂的可使用时间要大于树脂砂从混好卸砂到用完的这段时间;当采用连续式混砂机造型、制芯时,树脂砂的可使用时间要大于从混砂机的出砂口起始放砂位置到又回到该位置连续放砂的这段时间。

6. 自硬树脂砂用模样的拨模斜度为什么要比粘土砂大些?

树脂砂型芯在起模时已具有一定的硬化强度,无退让性,一般不能通过敲击模样和芯盒框使砂型或砂芯壁来达到松动模样,起模时摩擦力较大;树脂砂型与砂芯的可修补性差,起模时,砂型,芯一旦不完整,较难修补。

7. 树脂砂工艺生产铸铁为什么宜少设被缩冒口,多设出气冒口?

树脂砂型刚度好,浇注初期砂型强度高,这就有条件利用铸铁凝固过程的石墨化膨胀,有效地消除缩孔、缩松缺陷,实现灰铸铁、球墨铸铁件的少冒口、无冒口铸造。但树脂砂的发气量在,为了便于浇注过程中型腔中的大量气体能顺利排出,必须多设出气冒口,原则上要求 $\sum F_{\text{冒}} > \sum F_{\text{内}}$ 。

8. 为什么含糠醇 70%-80%的呋喃自硬树脂的常温终强度最大?

从理论上讲,呋喃树脂中的脲醛树脂比例越高,其常温终强度越大,因此当糠醇含量大于 70%~80%时,糠醇含量越高,即含氮量越低,常温终强度越低。但随着脲醛树脂的增加,呋喃树脂的含水量相对增高,又会降低硬化速度和终强度。当糠醇含量低于 70%~80%时,树脂终强度的下降趋势超过了上升趋势。因而一般情况下,糠醇含 70%~80%时,呋喃自硬树脂砂的常温终强度最大。

9. 为什么采用催化活性过强固化剂和过多的

的固化剂加入量。会导致树脂砂的终强度下降?

采用催化活性过强的固化剂或过多的固化剂,会导致预固化阶段过短,树脂中无规则卷曲线团状预聚物尚未充分伸展和有序化,就被已经交联的预聚物阻塞在体形结构中,使线团中的大量活性基未能参与反应,不能形成聚合度很大的聚合物。所以尽管树脂砂硬化较快,初强度较高,却必然导致终强度的明显降低。

10. 为什么自硬树脂砂的旧砂需要再生回用时,不宜用磷酸做固化剂?

用磷酸做固化剂的砂型、芯在浇注后,磷酸不能在金属液的热作用下分解破坏,而生成磷酸盐沉积在砂粒表面,较难通过再生去除,导致再生砂配制的树脂砂的强度下降很多,并且增加铸型膨胀,使夹砂倾向增加。

11. 为什么酸硬化的甲阶酚醛树脂自硬砂宜选用游离酸含量低,总酸高的有机酸做固化剂,不通用无机酸做固化剂?

由于酸硬化的甲阶酚醛树脂中含水量高,因此发生交联反应时,除树脂本身缩聚产生水外,还将释放数量很多的水,这些水将起稀释硬化剂的作用,使反应很慢。增加硬化剂的游离酸含量,才会使硬化速度变快,但会使自硬砂的强度下降很多,因此要保证硬化速度,又不使树脂砂的强度下降较大,只能增加固化剂的总酸值。由于无机酸的游离酸一般都较高,所以对于酸硬化的甲阶酚醛树脂,宜选用总酸度高,游离酸含量低的有机酸做固化剂。

12. 为什么酸固化甲阶酚醛树脂砂的固化剂加入量宜以占树脂的百分数表示?

这是由于酸固化甲阶酚醛树脂是由苯酸和甲醛在碱性催化剂作用下缩合而成的,出厂前用酸将碱性催化剂中和并使其成弱酸性。因此树脂对酸性硬化剂不如呋喃树脂那样敏感,在酸浓度相当高时才发生交联反应。另外,此种树脂的含水量很高,一般都在某些方面 15%左右或更高。发生交联反应时,除树脂本身综合产生水分外,还要释放很多原与树脂工溶的水。这些水将硬化剂稀释,自硬砂中树脂加入量越多,此种稀释作用就越强,因而要保持同样的固化速度,不得不增加硬化剂的加入量。所以对于甲阶酚醛树脂自硬砂,硬化剂的加入量以占树脂的百分数计算为宜,也就是对酸硬化的甲阶酚醛树脂砂固化剂



的加入量要随树脂加入量的增加而增加。

13 . 为什么刚起模的型芯及刚修补过的地方不宜立刻上涂料？

因为刚起模及刚修补过的型、芯中的树脂硬化反应还处于初期阶段，若遇到水基涂料中的水分（溶剂）会影响硬化的正常进行（对于酚脲烷自硬树脂，则未反应的二组分聚异氰酸酯可与水分反应而失效）；如使用醇基涂料，施涂料后后需立刻点燃，也会使未反应的树脂过烧。这些都会影响型、芯的表面稳定性。

14 . 为什么碱性酚醛树脂砂的旧砂再生较困难？

由于碱性酚醛树脂的碱性很高（基 PH 值通常为 11-13），树脂中含有较多的碱（一般为氢氧化钾），浇注时，树脂中的碱易与硅砂作用生成低熔点的硅酸盐，熔融的硅酸盐牢固的粘附在砂粒上，不易去除，造成较难去除，造成旧砂再生较为困难。

15 . 选择树脂的类型时，应考虑铸件的哪些因素？

选择树脂的类型时，应考虑铸件的以下因素：

（ 1 ）铸件的材质。铸件（铸钢件、高合金铸铁件）的材质产生氮气孔的倾向大时，宜选择低氮或无氮树脂；当铸件（球墨铸铁件、灰铸铁件）的材质为产生氮气孔的倾向小的黑色金属时，可选择中氮树脂；对氮不溶解的铜、铝件要选择高氮树脂。

（ 2 ）铸件的重、壁厚、及浇注温度。当铸件的重较大，壁较厚，浇注温度较高时，应选择糠醇含量高、脲醛含量低的树脂，使型芯的高温强度满足需要；浇注温度低、重量轻，薄壁的铸件，需要的高温强度低，可以选择脲醛含量高些的树脂，以降低成本。

（ 3 ）铸件的结构。铸件易出现热裂，宜先用高温强度低的树脂作粘结剂。对易出现热裂的铸钢件，宜选项用碱性酚醛树脂，不宜选用呋喃无氮树脂为粘结剂；铸件易出现冷裂，宜选用溃散性好的做粘结剂。