

树脂砂铸造工艺

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。呋喃本身在互业上并无什么用途，但它的衍生物——糠醛和糠醇，却是互业上的重要原料，它们是最重要的呋喃衍生物，糠醛学名叫 α ——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。

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、砂尘等，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。

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 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°C ，具有耐高温、耐磨损等优点。若原砂中石英(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(K_2O 、 Al_2O_3 、 SiO_2)、钠长石(Na_2O 、 Al_2O_3 、 SiO_2)和钙长石(2CaO 、 Al_2O_3 、 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，有黑白云母之分，白云母的成分为($3\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 6SiO_2 、 H_2O)。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， 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 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 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， 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 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 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 Na_2O 、 K_2O ，钙长石和其它一些杂质中则含有 CaO 、 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。

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 α β 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/cm²，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脂。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/m³。

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%。

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。一般都是用有机酸作固化剂。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。

2—6 几种辅助材料

树脂砂对涂料的要求较粘土砂高，首先，呋喃砂的孔隙率高，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 and 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。**

？ 脱模剂

树脂砂型（芯）的起模是在砂型（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，会给起模造成很大的困难，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—10M²/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。

第三章 自硬呋喃树脂砂的工艺性能

二、树脂砂可使用时间

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试样，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试样终强度 70% 的试样制作时间称为可使用时间。超过可使用时间的秒，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用时间的方法，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 $14\text{Kg}/\text{cm}^2$ ，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。

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 $20—30^{\circ}\text{C}$ ，一般温度高，初强度与终强度也高些，可起模时间缩短。但当环境温度达 40°C 时初强度随较好，但终强度却比 15°C 还要低。硬化反应是一个缩合反应，有水分析出，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°C 以下时，提高砂温，不仅硬化快，而且终强度高，但超过 40°C 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°C ，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°C 左右，经过砂冷却装置后，将砂温降到 35°C 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用时间。

？ 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互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 $100、200、300^{\circ}\text{C}$ 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°C 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

是指式样在高温（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