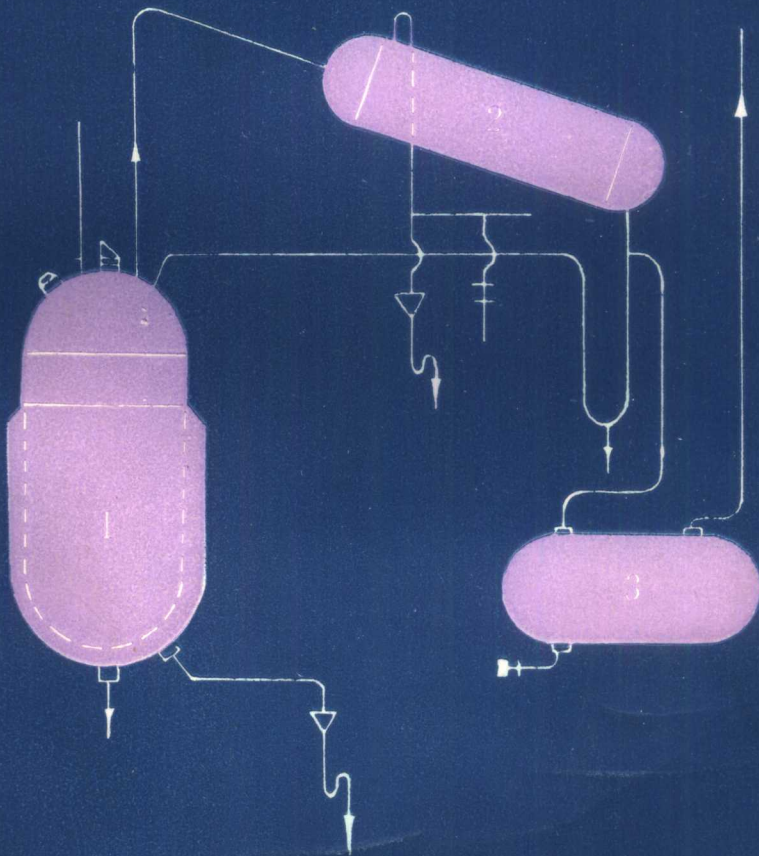


铸造树脂

张瑞庆 编著



兵器工业出版社

铸 造 树 脂

张端庆 编著

兵器工业出版社

铸造树脂

张端庆 编著

*

兵器工业出版社 出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

航空印刷厂印装

*

开本: 787×109 1/16 印张: 8 字数: 199千字
1989年9月第1版 1989年9月第1次印装
印数: 5000 定价: 3.90元

ISBN 7-80038-064-5/TG·4

内 容 提 要

本书综合论述了铸造用树脂粘结剂的特点与分类,所用原材料的来源和性能,树脂的性能分析检验方法,生产中的技安环保措施,并详细论述了呋喃树脂、酚醛树脂、脲烷树脂的合成原理、制造工艺、品种性能与使用方法。本书可供树脂制造厂、铸造厂以及有关大、中专院校生产、科研、教学部门参考。

前 言

为了适应在铸造工业中推广树脂砂工艺的需要，特编写本书。目前国内有关铸造用树脂粘结剂的书藉很少，大多数是从使用的角度在铸造工艺或造型材料中略加讲述。本书是从树脂制造的角度，收集整理了国内外大量资料与作者的实验数据，加以综合分析编写而成。

本书编写完成以后，经过机械电子部高级工程师李昼堂、程振庭的审查，提出了宝贵意见，在此表示衷心感谢。

限于作者水平，书中缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编著者 1988年9月

责任编辑：蒋昌群
封面设计：王茂起

ISBN 7-30038-064-5/TG·4

定价：3.90元

目 录

结论	(1)
第一章 造型材料概述	(3)
§ 1 型砂的性能要求	(3)
§ 2 造型材料	(4)
第二章 树脂砂的特点与分类	(13)
§ 1 树脂砂的特点	(13)
§ 2 树脂砂和铸造树脂的分类	(15)
第三章 铸造树脂的原材料	(20)
§ 1 铸造树脂的主要原材料	(20)
§ 2 催化剂	(25)
§ 3 偶联剂	(27)
第四章 糠醇的性质与制造工艺	(29)
§ 1 糠醇的性质	(29)
§ 2 糠醇的制造工艺	(30)
§ 3 糠醇制造工艺的研究	(33)
第五章 呋喃树脂	(37)
§ 1 呋喃树脂的合成原理	(37)
§ 2 呋喃树脂的制造工艺	(40)
§ 3 呋喃树脂品种举例	(43)
§ 4 呋喃树脂自硬砂的工艺性能	(46)
§ 5 苯基苯酚甲醛树脂	(57)
第六章 酚醛树脂	(60)
§ 1 酚醛树脂的合成原理	(60)
§ 2 酚醛树脂的制造工艺	(63)
§ 3 酚醛树脂的品种与性能	(65)
§ 4 酚醛树脂砂的工艺性能	(68)
§ 5 脲醛-酚醛复合树脂	(74)
第七章 脲烷树脂及其它	(77)
§ 1 合成原理与品种	(77)
§ 2 使用方法与性能	(81)
§ 3 SO ₂ 吹气冷芯盒法	(92)
第八章 铸造树脂的性能检验方法	(98)

§ 1 铸造树脂的理化分析方法.....	(98)
§ 2 型砂性能的试验方法.....	(109)
第九章 技安劳保与三废处理.....	(111)
§ 1 技安劳保.....	(111)
§ 2 三废处理.....	(113)
参考文献.....	(119)

绪 论

金属铸造工业在机械制造业中起着重要的作用。含有大量铸件的机器设备遍布于国民经济的各个工业部门，如汽车、拖拉机、飞机、纺织、化工、电机、船舶等工业部门。据估计，在一般机械中，铸件约占整个机械重量的40~90%；在农业机械中为40~70%；金属切削机床中为70~80%；重型机械、矿山机械、水力发电设备中为85%以上。根据美国的统计资料，在整个制造业中，金属铸造业是第五大工业。1979年金属铸造业的产值达220亿美元，成品铸件的吨位达1940万吨，基建投资超过10亿美元，用于粘结剂、砂、燃料、耐火材料、废铁等原材料的费用接近50亿美元。由此可见，金属铸造工业在国民经济中所占的地位是非常重要的。

金属铸造的历史是古老的，从人类进入文明时代，开始使用青铜与铁制工具器具，金属铸造就随之产生并发展。勤劳智慧的中国人民早在四、五千年以前，就已经掌握了金属铸造的技术。远在3500年以前的商代末期，青铜铸造技术就达到了相当高的水平。在公元前六、七世纪的春秋战国时代，我国就能冶炼生铁，这比欧洲要早1600年左右。我们的祖先在金属铸造方面为人类作了重大贡献。

金属铸造虽然有悠久的历史，但在工艺技术上仍存在很多问题需要研究改进，例如劳动强度高、粉尘高、温度高以及生产效率低、铸件质量低等，成为整个机械工业的薄弱环节。近年来世界各国对提高金属铸造的技术，特别是围绕着降低废品率和精化外形方面都做过很多努力，取得了不少成就，其中之一：就是利用化学工业发展的成果，将合成树脂广泛用作造型、制芯的粘结剂，使铸造生产主要工序之一的造型工序，由传统的粘土砂型、油砂型向化学造型过渡，成为铸造技术发展史上的重大突破。

从1944年德国人克郎宁 (Cronning) 发明壳型铸造，用酚醛树脂做壳型粘结剂开始，到现在已经40年，化学造型经历了从无机向有机，由热到冷，从单一品种向多品种的发展过程。今天，化学造型无论是在铸件产量和应用的广度方面，都已经达到较高的水平。

化学造型是通过化学粘结剂与催化剂作用，使砂子粘结固化成型的造型、制芯工艺，而型砂不需机械或物理的手段就能自行硬化，所以也称“自硬型”。它包括一切有机、无机、加热固化和常温固化的各种方法，其中以常温下固化的有机自硬型，即采用合成树脂作粘结剂的造型、制芯工艺发展最快，也最有前途，世界各主要工业国家，竞相研究推广。据资料介绍，美国目前采用的树脂砂已占各种自硬砂的66%，水玻璃砂仅占29%，冷固树脂粘结剂的消耗量1975年将近48000t。在西德，据该国铸造协会1975年和1977年两次全面调查，树脂砂在各类造型材料中占有重要位置，造型中有机粘结剂占24%，制芯中冷固树脂粘结剂占26%，热固树脂粘结剂占52%。此外，苏联、英国、日本、罗马尼亚等国都奋起

直追，目前英国冷固树脂的消耗量每年已达一万t。

我国应用合成树脂作粘结剂开始于50年代末，最早是将酚醛树脂用于壳芯(型)铸造，如汽车、拖拉机等行业。1970年底试制成功了用于灰铸铁件和可锻铸铁件热芯盒制芯的呋喃-I型树脂，1971年底研制了适合于铸钢件热芯盒制芯的呋喃-II型树脂；1973年以来，又对呋喃树脂冷硬砂进行过试验研究，已先后试验生产出7501型、CHG I-IV型、ZY-1型、F 700型、KJN-I型、呋喃-III型等树脂，这些树脂在国内一些工厂进行过试用，取得了一定成效。为了推广树脂砂的应用，促进铸造工艺的技术改造，近年来，在国家的统一安排下，各机械工业部门纷纷组织人力物力，从铸造树脂的研究试制生产，树脂砂的工艺设备与推广应用，都做了大量工作，其中中国北方工业公司以其工厂行业较齐全，既有使用铸造树脂的机械厂，又有生产树脂的化工厂，生产设备及测试手段也较齐全，技术力量较强等优势，进展较快。目前已试制推广使用酚醛树脂两种、呋喃树脂6种，以及相应的催化剂，用户普遍反映较好。该公司还计划新建和改建树脂生产线，纳入工业生产规模，以满足国内铸造业的需要。

综上所述，合成树脂在铸造行业中作为粘结剂推广应用，在国外，开创于40年代，广泛应用始于60年代，我国于70年代以后，也已大量采用。

第一章 造型材料概述

为了正确理解树脂砂的性能与应用，首先应对造型材料的性能与已有的品种，有一个基本了解。造型材料是用来制造铸型和型芯的材料，其品种与性能要求，简略叙述如下。

§1 型砂的性能要求

型砂（包括芯砂）要承受金属液的热学和力学作用，如果选择、配制和使用不当，往往使铸件产生气孔、粘砂、夹砂、裂纹等缺陷，严重时甚至使铸件成为废品，所以要求型砂具备以下基本性能。

一、可塑性

可塑性是指型砂在外力作用下形成一定形状，而在外力消除后仍能保持既定形状的能力。

要得到轮廓清晰的铸件，型砂和芯砂应有良好的可塑性。可塑性与粘土含量、水分、砂粒的大小和均匀程度有关。

二、强度

砂型和型芯在制造、搬运、修理和浇注时，能承受重力、震动和金属液的冲击和压力，不易损坏的能力叫做型（芯）砂的强度。型砂的强度不好，则砂型易产生掉砂，甚至崩塌，使铸件产生缺陷。

强度和舂砂的松紧，粘土含量，砂粒的大小，形状以及均匀性、水份、混合的均匀性有关。

三、透气性

型砂孔隙透过气体的能力称为透气性。型砂应具备较好的透气性，才能使型砂中的水份蒸发，有机物燃烧，某些物质分解和挥发产生的大量气体顺利排到型外。透气性也称通气度。

透气性和强度一样，也和舂砂的松紧、粘土含量、砂粒大小、水份含量、形状和均匀性有关。

四、耐火性

型砂能抵抗高温金属液作用，而不被熔化、软化和烧结的能力，叫做耐火性。型砂的耐火性不高，型腔的表面接触高温金属液时，砂子就会被熔化，粘结在铸件表面形成粘

砂。粘砂严重时，不但清理非常困难，而且难以机械加工，有时甚至使铸件成为废品。

耐火性主要由所用砂子的化学成份来决定。例如主要成份为 SiO_2 的石英砂熔点可达 1713°C ，故砂中二氧化硅含量愈多，耐火度就愈高；相反，若砂中含有较多的低熔点矿物质，如 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 Fe_2O_3 等，则型砂的耐火性就低。其次，在砂子成份相同的情况下，砂的颗粒愈大、愈圆，则砂子的耐火性愈好。

五、退让性

在铸件凝固后的冷却收缩过程中，砂型的体积也能随之缩小的能力叫做退让性。型砂的退让性不好，使铸件收缩时受到的阻力增大，容易造成变形和裂纹等。

退让性的好坏，主要是由粘结剂在铸件收缩时，所表现的粘结力和砂粒间的空隙大小所决定。在铸件产生固态收缩时，如粘结剂能迅速丧失粘结力，砂粒间存有较多、较大的空隙，则砂型和型芯就能表现出很好的退让性。

六、耐用性

也称复用性或回用性。它是指型砂使用后，能保持原来性能的能力。型砂和芯砂通过浇注后，由于高温的作用，其中一部分砂粒会碎裂，一部分粘土会丧失其粘结性，这样经过反复多次的使用，砂粒会愈来愈细，其中没有粘结力的尘土，也愈来愈多，因而使强度、透气性、可塑性等性能下降。耐用性差的型砂和芯砂，在工作中需要经常补充较多的造型材料，以恢复其性能，这将会增加铸件的成本。

型芯的工作条件较差，除比型砂要求更高的性能外，还要求以下性能。

(一) 吸潮性要小

芯砂吸收水份的能力称为吸潮性。吸潮性大会使干型芯很快变潮，强度降低，发气量增加，在浇注时会产生大量气体，使铸件产生气孔。吸潮性的大小，主要与芯砂所用的粘结剂有关。

(二) 发气量要小

芯砂受高温作用时放出气体的量称为发气量。由于型芯在浇注时是四面被金属液所包围，如果芯砂发气量大，就容易使气体进入金属液内，形成气孔而影响铸件质量。

(三) 出砂性要好

芯砂从铸件孔腔中清除下来的难易程度称为出砂性，也叫落砂性（溃散性）。为了清理时能方便地取出型芯，就要求型芯的粘结剂经过高温作用后，能失去粘结力，以减少清理时的困难。

§2 造型材料

型砂和芯砂是由砂子、粘结剂及附加物等组成。本节分别介绍这些材料和它们的性质。

一、砂子和粘土

砂子和粘土都是由火成岩长期风化逐步形成的。

(一) 砂子

1. 石英砂

砂子是火成岩中稳定的部分，它的成份是二氧化硅和少量的杂质（钠、钾、钙、铁等的氧化物）。含二氧化硅高的砂子叫石英砂，它有很高的熔点（1700℃左右），硬度为摩氏硬度7级（摩氏硬度共分10级，金刚石为10级，滑石为1级）。随着杂质含量的增加，砂子的耐火度也随之下降。二氧化硅含量愈高，砂子的颜色愈接近无色透明，一般用的石英砂白色并略带灰色。

根据机标 JB435-63 的规定，石英砂的代号用“S”表示。石英砂按 SiO₂ 的含量不同分为四类。如表1-1所示。

根据砂子颗粒的大小，石英砂可分为五级，用号数表示，1号最粗，5号最细，再细为石英粉。美国用 AFS（美国铸造协会标准）表示颗粒细度，粒度反映砂子的比表面积（单位体积的表面积）与颗粒尺寸。颗粒大小与其表面积如表1-2所示。

石英砂一般用于铸钢件生产的型砂和芯砂，对大型和重型铸铁件的生产，也可适当采用。

2. 石英—长石砂

长石为铝硅酸盐。常见的有钾长石 K₂O·Al₂O₃·6SiO₂，钠长石 Na₂O·Al₂O₃·6SiO₂，和钙长石 2CaO·Al₂O₃·4SiO₂。长石的摩氏硬度为6~6.5级，熔点约1200℃。长石的硬度较低，易于粉碎而降低砂子的耐用性。

表1-1 造型用砂分类（机标 JB 435-63）

原砂名称	等级符号	含泥量 %	二氧化硅 %	有害杂质不大于 %			参 考 使 用 范 围
				K ₂ O + Na ₂ O	CaO + MgO	Fe ₂ O ₃	
石英砂	1S	≤ 2	≥ 97	0.5	1.0	0.75	配制铸钢件用型砂及芯砂
	2S	≤ 2	≥ 96		1.5	1.0	
	3S	≤ 2	≥ 94		2.0	1.5	配制各种铸铁件及部份小型铸钢件用型砂及芯砂
	4S	≤ 2	≥ 90		—	—	
石英—长石砂	1SC	≤ 2	≥ 85		—	—	配制铸铁件及有色金属铸件用型砂及芯砂
	2SC	≤ 2	< 85		—	—	
粘土砂	1N	> 2~10	—		—	—	各种粘土砂主要用作铸铁及有色金属铸件用型砂及芯砂的附加物，以提高湿强度，改善造型性能
	2N	> 10~20	—		—	—	
	3N	> 20~30	—		—	—	1N砂可用于配制小型铸铁件及中小型有色金属铸件用型砂及芯砂
	4N	> 30~50	—		—	—	

表1-2 砂颗粒大小与表面积 (美国)

颗粒大小 (目)	表面积 (cm ² /kg)
40	61159
50	86761
70	122319
100	170677
140	241793
200	341354

石英—长石砂的代号用SC表示。按SiO₂含量不同分为两类，如表1-1所示。

石英—长石砂一般用于配制铸铁件及有色金属铸件用型砂和芯砂。

3. 粘土砂

凡粘土含量大于2~50%的砂称为粘土砂。粘土砂的代号用“N”表示，按粘土含量不同而分为四类，如表1-1所示。

1N的粘土砂可用于配制小型铸铁件及中小型有色金属铸件用型砂及芯砂，2N·3N·4N的粘土砂一般不单独用作造型用砂，往往在铸铁和有色金属铸造中用作附加物配入型砂中使用，以提高型砂的湿强度。

4. 石灰石砂

目前有些工厂试用石灰石砂做铸钢用型砂和芯砂，以解决铸件成本高、光洁度不够、难以清铲等问题，已取得初步成功。石灰石砂的主要成份为CaCO₃，在800℃左右即分解生成CaO，析出CO₂。CaO与FeO和SiO₂可以生成低熔点的易熔物，冷却后由于与铸件收缩不一致，易于从铸件上脱落，析出的CO₂气体则易在铸件内形成气孔。

5. 特种砂

对于大型铸钢件或合金钢铸件，由于浇注温度高等原因，可用特种砂来代替石英砂做面砂或涂料。特种砂包括铬矿砂、镁砂、锆砂、橄榄石砂等，它们的共同特点是耐火度高，化学稳定性好和加热时体积变化小。例如铬矿砂的熔点可达1900℃，镁砂熔点为1800℃，锆砂熔点为2430℃。这些砂均不与金属氧化物作用，体积变化亦较小，在1700℃以下均无同素异晶体的变化，但特种砂价格均较贵，若无特殊需要则尽量少用。

(二) 粘土

粘土是火成岩中不稳定部分与空气和水起化学反应而成。主要成份为含水的硅酸铝 $mAl_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot xH_2O$ 。粘土的颗粒较砂子细得多，尺寸大多在0.001~0.002mm。

粘土加入砂中，再加适当的水，可使砂具有可塑性和强度。由于粘土来源丰富，价格便宜，所以广泛用作型砂和芯砂的粘结剂。常用粘土分为下列两类。

1. 高岭土

即普通粘土，较纯时呈白色粉末，有很高的耐火度，其熔点为1545~1750℃，干燥时收缩率很小，适用于做干型。

普通粘土按热化学稳定性分为三级，见表1-3。热化学稳定性是指高温下不生成易熔

物的性质。

表 1-3 粘土热化学稳定性等级 (JB436-63)

等级	名 称	耐 火 度 ≥°C	硫 化 物 中 的 硫	不 大 于 (%)		
				CaO+MgO	K ₂ O+Na ₂ O	Fe ₂ O ₃
1	化学稳定性高的	1580	0.2	2.0	3.0	3.0
2	化学稳定性中等的	1350	0.3	3.0	—	—
3	化学稳定性低的	—	0.3	—	—	—

按粘结能力可分为六级见表1-4

表 1-4 粘土的粘结能力 (JB 436-63)

名 称	符 号	工 艺 试 样 抗 压 强 度 MPa	
		湿 态	干 态
强度低的	D	0.02~0.03	<0.2
强度中等的	Z	0.031~0.05	0.1~0.2
强度高的	G	0.051~0.075	≥0.2
湿强度高的	SG	>0.05	0.1~0.2
干强度高的	GG	0.031~0.05	>0.2
特级的	T	>0.075	≥0.2

2. 膨润土

又叫酸性陶土,呈白色粉末,有时呈粉红色,颗粒极细(0.0001mm),被水润湿后,其体积要膨胀数倍至十几倍。膨润土除了有很好的可塑性外,还有很高的粘结能力,它的粘结能力比普通粘土要大2~4倍。因而用量可较普通粘土少几成,这也大大的改善了透气性。膨润土的耐火性较低(1250~1350°C),但由于膨润土的粘结力强,在型砂中用量较少,所以有时也用于高熔点合金铸造。膨润土用在干型上,不仅干强度不高,而且在烘烤时收缩率很大,容易裂开,所以它多用于湿型上。如用在干型上最好与高岭土或其它粘土同时使用。

膨润土分为三种,见表1-5所示

表 1-5 膨润土分类 (JB-436-63)

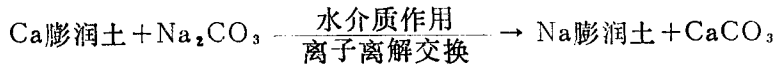
牌 号	工 艺 试 样 湿 压 强 度 (MPa)	胶 质 价
P ₁	>0.10	≥60
P ₂	0.076~0.10	≥50
P ₃	0.05~0.075	—

3. 膨润土的活化处理

由于组成膨润土的元素不同,天然膨润土可分为钠膨润土和钙膨润土。自然开采的大

都属于钙膨润土。钠膨润土的水化强度比钙膨润土高，所以钠膨润土的粘结能力比钙膨润土高，用作型砂的粘结剂时，抗夹砂能力强。但钠膨润土价格较贵，产地有限，故应用受到限制。

活化处理就是通过加入活性剂，使钙膨润土转变为钠膨润土。活性剂一般采用碳酸钠，加入量为3~5%，因碳酸钠活化效果好，能保证型砂的透气性和强度，而且价格低，对人体皮肤腐蚀小。其反应是在水介质中进行的，可用下式表示：



活化处理后的膨润土做粘结剂的型砂，对于小铸件可用自然干燥一天，对于大铸件，为了进一步提高铸型的表面强度，各工厂大多采用刷涂料，然后进行表面烘干。

二、粘结剂

采用粘土作粘结剂，虽然来源丰富，价格便宜，但强度、透气性等都不够，同时退让性和出砂性也不好，因而迫使人们寻找新的粘结剂。

粘结剂不但影响型砂（芯砂）的性能，铸件的质量及成本，而且还影响到铸造的工艺过程。因此，粘结剂应满足以下要求：

（一）容易均匀分布在砂粒的表面上，具有较高的粘结力，并能用少量的粘结剂，使型砂（芯砂）具有高的强度。

（二）粘结剂的准备应简单方便，在制芯、造型时不粘模。

（三）浇注时不应产生很多气体，产生的气体对人体也应是无害的。

（四）烘干后应不易返潮。

（五）浇注后应逐渐丧失其粘结力，以改善退让性和溃散性（出砂性）。

（六）来源丰富，价格便宜。

常用的粘结剂按硬化的机理不同，可分为以下四类。

（一）烘烤时包在砂粒表面的膜状粘结剂，与炉气中的氧起化学作用，粘结剂就由液体变为固体而将砂粒粘结变硬。这类的粘结剂如油类、合脂、渣油等。

1. 油类

油的粘结作用来自氧化，但各种油的氧化能力是不同的。如亚麻仁油、桐油等烘烤时很易氧化而干燥，称为干性油；向日葵油、大豆油等次之，称为半干性油；花生油、菜子油等烘烤时氧化很慢，氧化膜的强度也很小，所以称为不干性油。

氧化膜的强度还与油的加入量有关，如果油的加入量太少，油在砂粒表面构成的油膜太薄，在干燥过程中，油膜发生收缩，有可能使粘结薄膜破裂，破坏其联结性，使强度下降。相反，油膜过厚，在规定的烘干规范内，得不到充分硬化，会使强度、透气性、出砂性下降，并增大发气性。一般油的加入量为芯砂重量的1~3%较为合适。油砂的干强度可以达到1.2MPa。由于油不会吸收湿气，因而常用在复杂薄壁的类型芯上。

单独使用油作粘结剂，它的湿强度很低，给制芯工作带来了困难。为了提高湿强度，

可同时加入粘土或糊精等。油砂中加入粘土后，其干强度会降低，同时一部分油会给粘土吸收而失去作用，所以粘土加入量不宜超过3%，只要使其达到所需要的湿强度即可。用糊精代替粘土，能改善这个情况。

2. 合脂

由于桐油等植物油都是重要的工业原料和生活资料，用途很多，供应量不能满足需要，所以研究和寻找油类粘结剂的代用品，是铸造工业中重要而迫切的问题，合脂就是近年来所找到的比较理想的油类代用品。

合脂是造皂厂的副产品，是用石油副产品——石蜡进行氧化、真空蒸馏提取了合成脂肪以后，所剩下的残渣，用来代替桐油效果很好。

合脂的硬化，主要是合脂中的羧基聚合成为分子量更大的聚合物；另一方面是合脂中的脂肪酸氧化。合脂硬化后就形成光滑而坚固的薄膜，产生很好的粘结性能，它是一种有机粘结剂。

合脂砂的烘干温度范围和烘干时间以及主要性能（如干强度、出砂性等）都和桐油比较接近，仅流动性和不粘膜性稍差。合脂砂的湿强度很低，为增加其湿强度，要加适当的粘土或糊精等粘结剂。合脂的供应比较充足，价格也较便宜。

3. 渣油

渣油是近年来使用的一种粘结剂，可代替植物油使用。它的原料是炼油厂减压蒸馏塔底的残留物，叫做减压渣油。

渣油在常温下呈膏状，不能在混砂时直接使用，须经柴油等稀释，随着稀释比增大，其粘度减小，渣油砂的流动性提高，但至10:7.5以后，流动性不再明显变化。为了保证使用性能的基础上，尽量减少柴油用量，可选用10:5的稀释比，即使在冬季也能保证不过于粘稠。

渣油粘结剂的加热硬化过程，是在油质挥发和分子量逐步增大的转化过程中，从溶胶转变成凝胶以及半固体和固体，从而使芯砂获得强度。

渣油加入量一般是芯砂重量的4~7%，过少，干强度较低。过多，湿强度显著下降，并使发气量增大，影响出砂性。

(二) 烘烤时混合在砂内的粉状粘结剂，由固体熔化成液体而扩散在砂粒的表面上，在冷却凝固后将砂粒粘结变硬，这类粘结剂如松香、沥青等。

1. 松香

呈黄色块状，是松树树脂中的不挥发部分，加入量为3~5%，加入前要磨成粉状，使之与砂子混合得更均匀。

砂内松香烘烤后，能使型芯具有很好的干强度，但刚出烘炉时由于松香还未冷却凝固，强度很低，烘干后的型芯可以久放不会返潮。松香在烘烤时会渗透到型芯的表面，形成坚固的硬壳，而型芯内部强度较低，因此使型芯具有较好的退让性，经浇注后表面硬壳能逐渐烧去，也改善了型芯的退让性和出砂性，松香的缺点是湿强度很低，而且价格昂贵。