

热芯盒射芯

陈允南 李蓉箴 编著

机械工业出版社

86
TG242.7
1
3

热 芯 盒 射 芯

陈 允 南 李 蓉 箴 编著

1692/24



机 械 工 业 出 版 社



B

热芯盒射芯是铸造生产中的一项新工艺。

本书着重介绍了热芯盒射芯法(简称热盒法)的原理、工艺过程、特点及应用范围;芯砂和砂芯性能;热盒法用的树脂粘结剂、固化剂、原砂、附加剂;热盒法芯砂配方举例;分型剂;涂料;热盒法射芯设备;射砂紧实原理及射芯机结构参数;工艺装备;芯盒加热等,并对热盒法产生的缺陷及其防止措施作了初步分析,同时还介绍了热盒法芯砂的试验方法及劳动保护。

本书可供铸造行业的工人、技术人员和大专院校有关专业师生参考。

热芯盒射芯

陈允南 李蓉箴 编著

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发所·新华书店经售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张 $18 \frac{1}{2}$ ·字数449千字

1985年8月北京第一版·1985年8月北京第一次印刷

印数0,001-3,800·定价4.40元

统一书号: 15033·5701

前 言

热芯盒射芯法（简称热盒法）是六十年代才发展起来的铸造新工艺。由于它具有生产率高；尺寸精度准确、表面光洁，因而可减少铸件的壁厚和加工余量；还可简化制芯工序；减轻劳动强度。因此它适用于大批量生产和对砂芯要求较高的汽车、拖拉机、柴油机……等行业制芯用。

我国从1966年第一汽车制造厂首先使用热盒法以来，很快在各有关厂推广。十几年来，全国各地不少单位对该工艺的探讨积累了丰富的经验。为了使热盒法更好的为社会主义建设服务，在铸造生产中进一步普及、发展提高，编者将十几年来所收集到的国内外有关资料，以及自己对该工艺的实践和体会加以整理编写成书。

但是由于实践不多，认识肤浅，若有不当之处，望批评指正。

在此并对各有关单位和有关领导部门的大力支持、热情指导深表谢意！

此书的初稿承蒙第一汽车制造厂巴景麟、郑际蔚、李承春、陈志方等同志的审定与指正，在此表示衷心感谢！

本书中第八章由李蓉箴执笔，其余均由陈允南执笔。

编 者

目 录

前言

第一章 概述..... 1

- 一、热芯盒射芯法(以下简称热盒法)发展简介..... 1
- 二、热盒法原理及工艺过程..... 1
- 三、热盒法特点..... 1
- 四、现状..... 3
- 五、应用范围..... 4

第二章 热盒法芯砂及砂芯性能..... 6

- 一、热盒法芯砂性能..... 6
 - (一) 湿强度..... 6
 - (二) 流动性..... 6
 - (三) 存放期..... 7
 - (四) 固化速度..... 7
 - (五) 起芯强度和常温干强度..... 7
 - (六) 相对脆性..... 9
 - (七) 氧化铁对呋喃树脂砂的影响..... 9
 - (八) pH值的影响..... 9
- 二、热盒法砂芯、壳型的性能..... 10
 - (一) 吸湿性..... 10
 - (二) 耐高温性能..... 12
 - (三) 抗金属液渗透性..... 13
 - (四) 发气性..... 13
 - (五) 砂芯的热膨胀..... 14
 - (六) 退让性和溃散性..... 15
 - (七) 表面光洁度..... 15
 - (八) 尺寸精度..... 16
 - (九) 热盒芯砂的回收和对湿型砂的污染..... 16

第三章 热盒法用的树脂粘结剂..... 17

- 一、粘结剂的基本知识..... 17
 - (一) 粘结剂的分类..... 17
 - (二) 粘结的基本理论..... 18
- 二、热盒法用树脂的概述..... 21
 - (一) 对树脂的要求..... 21
 - (二) 树脂的工艺性能..... 22
 - (三) 热盒法用树脂的分类..... 23
 - (四) 选择树脂的方法..... 25

(五) 树脂中减低游离甲醛含量的办法..... 27

(六) 树脂砂的粘结机理..... 27

(七) 硅烷增强剂..... 28

三、尿醛树脂..... 30

- (一) 尿醛树脂化学..... 30
- (二) 性能..... 32
- (三) 应用..... 32

四、酚醛树脂..... 33

- (一) 酚醛树脂化学..... 33
- (二) 热盒法用酚醛树脂举例..... 34

五、尿酚醛树脂..... 35

- (一) 尿酚醛树脂化学..... 35
- (二) 应用及规格举例..... 36

六、糠醇甲醛树脂..... 36

- (一) 糠醇甲醛树脂化学..... 36
- (二) 呋喃树脂的性能..... 37
- (三) 糠醇及糠醇树脂..... 37

七、尿醛糠醇树脂..... 38

- (一) 尿醛糠醇树脂的特点..... 38
- (二) 应用..... 38
- (三) 糠醇改性尿醛树脂化学..... 38
- (四) 糠醇改性尿醛树脂种类..... 39
- (五) 呋喃I型树脂的制造工艺流程及其质量指标..... 39

八、酚醛糠醇树脂..... 43

- (一) 糠醇改性酚醛树脂化学..... 44
- (二) 糠醇改性酚醛树脂特点..... 44
- (三) 糠醇改性酚醛树脂的种类..... 44
- (四) 呋喃I型树脂的制备机理及性能特点..... 44
- (五) 生产呋喃I型树脂工艺流程简介..... 45
- (六) 呋喃I型树脂质量指标..... 46

九、尿酚醛糠醇树脂..... 47

十、糠醇加入量对其树脂性能的影响..... 47

- (一) 对砂芯高温强度、溃散性的影响..... 47
- (二) 对砂芯固化时间的影响..... 47
- (三) 对砂芯发气量的影响..... 48

十一、树脂分析方法.....48	一、射砂的紧实原理.....86
(一) 游离甲醛含量的测定.....48	(一) 射芯机的工作原理.....86
(二) pH值的测定.....50	(二) 射砂的紧实原理.....86
(三) 粘度的测定.....51	(三) 芯砂在芯盒内“流动”的机理 分析.....91
(四) 不挥发物的测定.....51	(四) 射砂过程的若干理论问题.....95
(五) 水分的测定.....52	二、射芯机的结构参数.....98
(六) 比重的测定.....52	(一) 影响射砂过程的主要参数.....99
(七) 含氮量的测定.....52	(二) 射芯机设计中的几个问题.....102
(八) 游离酚含量的测定.....54	(三) 射砂机构的主要结构参数计算.....108
(九) 灰分的测定.....54	第七章 热盒法用射芯设备.....111
(十) 固化速度的测定.....55	一、单工位垂直分型射芯机.....111
第四章 热盒法用原砂、固化剂、 附加剂.....56	(一) 移出取芯式.....111
一、原砂.....56	(二) 转向气缸式.....113
(一) 对树脂砂用原砂要求.....56	(三) 自动落芯式.....114
(二) 原砂处理的新工艺.....63	(四) 对开气缸式.....115
(三) 原砂擦洗处理.....63	(五) 四立柱式.....115
(四) 原砂浮选.....66	二、单工位水平分型射芯机.....117
(五) 砂子的贮存和处理.....67	三、单工位水平-垂直分型射芯机.....117
(六) 国内外选用树脂砂用原砂的简况.....67	四、单工位射芯机的安装和取芯机械化.....118
(七) 树脂砂用原砂举例.....68	五、多工位射芯机.....119
二、固化剂.....71	(一) 转台式装置.....120
(一) 概述.....71	(二) 转架式装置.....121
(二) 固化剂种类的选择.....72	六、移动式二工位射芯机.....130
(三) 固化剂加入量.....73	(一) 砂斗.....130
(四) 固化剂的储藏.....76	(二) 射砂机构.....131
三、附加剂.....76	(三) 起芯机构.....132
(一) 氧化铁.....76	(四) 底座.....132
(二) 硼酸.....76	(五) 取芯小车.....133
第五章 热盒法芯砂配制、配方及应用 举例.....77	(六) 抽模气缸.....133
一、芯砂配制工艺及其设备.....77	(七) 移动工作台小车.....133
(一) 混砂工艺.....77	(八) 夹紧气缸.....133
(二) 混砂机.....77	(九) 控制系统.....133
二、热盒法芯砂配方举例.....78	七、国内现已生产的热芯盒射芯机.....135
(一) 铸铁件用热盒法芯砂举例.....79	(一) 单工位热芯盒射芯机.....135
(二) 铸钢件用热盒法芯砂举例.....81	(二) 二工位热芯盒射芯机.....154
三、热盒法砂芯应用举例.....82	(三) 四工位热芯盒射芯机.....184
(一) 常州柴油机厂.....82	(四) 多工位射芯机的转盘机构.....192
(二) 其他.....84	第八章 热芯盒工艺装备.....193
第六章 射砂紧实原理及射芯机结构 参数.....86	一、砂芯工艺分析.....193
	(一) 对使用射芯工艺生产的砂芯要求.....193
	(二) 分型面.....193

(三) 型腔数的确定	194
(四) 射芯机的选择	195
二、芯盒及附件的材料和一般热处理要求	195
(一) 对芯盒材料的要求	195
(二) 各种材料的性能及使用范围	195
(三) 材料的选用	196
三、芯盒设计	196
(一) 芯盒壁厚	196
(二) 芯盒的胀缩	197
(三) 射砂孔	197
(四) 排气系统	199
(五) 镶块	201
(六) 活块	202
(七) 起模斜度及定位	207
(八) 导销、导套	207
(九) 取芯方法	207
四、射砂头、射砂板和射嘴	213
(一) 射砂头	213
(二) 射砂板	214
(三) 射嘴	215
五、热芯盒工装技术要求	216
六、热芯盒的安装和调整	217
(一) 热芯盒的安装	217
(二) 热芯盒的支撑	217
(三) 芯盒的调整	217
七、芯盒的加工	218
(一) 机械加工法	218
(二) 陶瓷型精密铸造热芯盒模具	218
八、热芯盒典型模具图	220
第九章 芯盒加热	228
一、芯盒温度和砂芯固化时间	228
(一) 芯盒温度	228
(二) 砂芯固化时间	228
二、芯盒温度的控制	229
(一) 电接点压力式遥测温度计	229
(二) 热电偶测温 and 毫伏表自动控制	230
(三) 芯盒温度的校核	232
三、加热方式	233
(一) 加热方式分类	233
(二) 直接加热	233
(三) 间接加热	237
四、加热功率的计算	237

(一) 图表法	237
(二) 算法	238
五、提高芯盒加热效率的措施	238
第十章 热芯盒分型剂及砂芯涂料	240
一、分型剂	240
(一) 对分型剂的基本要求	240
(二) 分型剂的种类	240
(三) 硅油分型剂	240
(四) 硅油乳化剂的配制和使用	241
(五) 分型剂使用方法	243
二、树脂砂芯及铸型用涂料	244
(一) 涂料的用途	244
(二) 树脂砂型芯产生粘砂的机理和 涂料必备的性能	244
(三) 树脂砂型芯用涂料的种类举例	245
三、砂芯的粘合	247
第十一章 针孔缺陷及其防止措施	248
一、针孔缺陷的产生原因	248
(一) 影响针孔形成的因素	248
(二) 针孔缺陷的金相分析	249
(三) 产生针孔的机理	249
(四) 热盒法用树脂和产生气孔关系 的假设	250
二、树脂种类和固化剂对产生针孔的影响	252
(一) 树脂种类的影响	252
(二) 固化剂对针孔产生的影响	253
(三) 树脂砂芯的发气与铸钢件气孔 的关系	253
三、钢水脱氧程度对铸件形成针孔的影响	254
四、金属材质对针孔产生的影响	254
五、防止针孔的措施	254
(一) 树脂粘结剂	254
(二) 附加剂	255
(三) 工艺上措施	257
第十二章 热盒法芯砂性能试验方法	259
一、系统的试验方法	259
(一) 试验装置	259
(二) 芯砂的原材料及其配比	260
(三) 芯砂存放期	261
(四) 固化速度	261
(五) 起芯强度	262
(六) 常温强度	264

(七) 砂芯吸湿性	264	(六) 高温表面稳定性与高温抗压强度 比较	276
(八) 砂芯的剥蚀	265	四、树脂芯砂粘结剂发气特性的试验	277
(九) 发气性	266	(一) 试验工作	278
(十) 热冲击值	266	(二) 发气特性	279
(十一) 形成针孔的倾向性	268	(三) 气体分析	279
(十二) 树脂存放期	268	(四) 讨论	279
(十三) 热盒法用树脂砂试验报告	268	(五) 结论	283
二、简易试验方法	270	第十三章 劳动保护	284
(一) 试样强度试验	270	一、使用树脂注意事项	284
(二) 发气量的测定	270	(一) 热盒法用树脂中包含的物质及其 毒性	284
三、高温强度的测定	271	(二) 皮肤炎的预防	286
(一) 高温抗压强度的测定	271	(三) 铸造上的控制	287
(二) 高温表面稳定性的测定	271	二、树脂砂放出的有害气体的处理	287
(三) 影响型芯高温抗压强度的工艺 因素	272	(一) 分析方法	287
(四) 树脂对砂芯高温强度的影响	275	(二) 有害气体的处理	287
(五) 加热温度对高温抗压强度的影响	276		

第一章 概 述

一、热芯盒射芯法(以下简称热盒法)发展简介

热芯盒制芯试验开始于1946年。那时还处于暂时的停顿状态，到了1960年前后，用热盒法制造的砂芯还是小或中等尺寸的。直到糠醇用于热盒法以后，大大推动了热盒法的发展。现在不仅在热芯盒中制造的砂芯比以前大得多，而且形状复杂，有普通的砂芯、壳芯、壳型等品种。应用范围很广，对铝合金及其他有色金属、灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁及铸钢等都可应用。

二、热盒法原理及工艺过程

将金属芯盒加热至一定温度后，瞬时射入以热固性树脂作粘结剂的芯砂，芯砂和芯盒接触后，热量从芯盒传给芯砂，在很短时间（几秒至几十秒钟）使芯砂固化。砂芯的固化深度与树脂种类、芯盒温度和接触时间等有关。当固化层深度足以使砂芯具有足够的起芯强度，并能从芯盒中被顶出而无变形时，便可从芯盒中取出砂芯。砂芯靠其余热继续固化（利用放热反应、酸性气体的扩散和热传导）。对于要求较高的砂芯，其固化深度要适当增加，利用其余热继续固化直至砂芯的截面全部硬透，以保证有足够的强度和尽量减少发气量。

当热盒法用的热固性树脂达到一定温度时，要求它快速固化，最好是瞬时固化，而且固化后芯砂要有一定的起芯强度（温热强度）和常温干强度和耐高温性能。

砂芯快速固化是由于芯砂和金属芯盒接触时，热量传给芯砂的速度比在烘炉中芯砂和热空气接触时要快得多。加上树脂是快速固化的，故砂芯能在很短时间固化。

热盒法的工艺过程见图1-1。

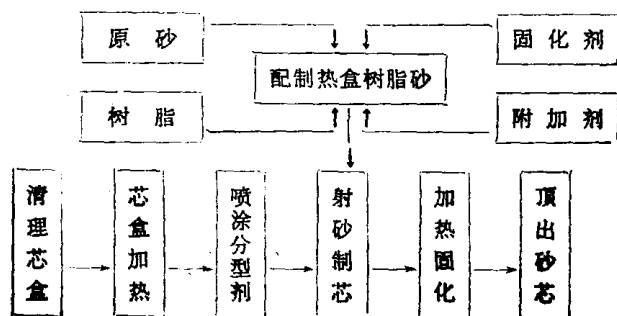


图1-1 热盒法工艺过程

三、热盒法特点

铸造上制芯长期以来多用植物油、合脂作芯砂粘结剂，其主要缺点是：（1）需要进烘炉烘干，固化速度慢，生产周期长，占地面积大，效率低。（2）在湿态下从芯盒中起芯和烘干时易变形。尺寸精度低，废品率高。

采用热固性树脂作粘结剂的热芯盒制芯克服了上述缺点。其特点如下:

1. 生产率高

热芯盒射芯过程是充填芯砂与紧实芯砂同时瞬间完成的,并在热芯盒中快速固化。故生产每一盒砂芯只需几十秒钟至几分钟,可用自动的热芯盒射芯机生产。也可考虑组成流水线与造型线有机配合起来。

2. 减少铸件的加工余量

能射制不同复杂程度的砂芯、壳型,且其尺寸精确、表面光洁,可减少铸件的切削加工余量(但芯盒、型板也应精确)。

3. 减少铸件热裂

采用热固性树脂作芯砂粘结剂,砂芯的紧实度均匀,退让性好,对金属液凝固时的收缩阻力小,可减少铸件的热裂。

4. 溃散性好,不易粘砂

由于树脂粘结剂在高温时很容易烧掉,故砂芯的溃散性好,铸件不易粘砂,铸件表面较光洁,清理铸件时可减轻劳动强度和改善环境条件。

5. 砂芯强度高

因为液体树脂粘结力强,易在原砂表面上分布为均匀的薄膜,故芯砂的湿强度低、流动性好,从而改善射砂性能,制得的砂芯表面硬度均匀,致密,因而提高了砂芯强度。

6. 简化制芯工序

由于用热盒法制得的砂芯强度高、紧实度均匀,故可以取消或大大减少复杂砂芯的芯骨;可减少排气道(排气孔或腊线);因为在芯盒中成型,且顶出砂芯时已有足够的强度,不会变形;加热是在芯盒中进行的,可省去制造和维修烘干托板、装配烘架、装卸炉、砂芯修磨等工序及其额外的运输,节省大量人力及相应的设备。如可以去掉造价昂贵、占地面积大的烘炉。

7. 减轻劳动强度

用热芯盒射芯机射制砂芯、壳型可以做到机械化、自动化,操作灵活轻便、容易掌握、劳动强度低。用电加热芯盒,方便且易控制、清洁、热利用率高。

8. 经济效果

目前所用的树脂粘结剂的价格比传统用的植物油,合脂高,但随着我国化工工业的发展将有所降低。再则,热盒法可节省稀缺的植物油,如桐油是重要的传统出口物资,现在国内的售价也已提高了。

综上所述,热芯盒法用于大批大量生产、形状复杂、质量要求高的砂芯,其技术、经济效益显著,而对于小批量、单件生产和形状简单的砂芯,由于需要制造价格昂贵、周期长的金属芯盒……等,故未能发挥热盒法的优点。正如其他工艺一样,各有其适用范围,选用时应全面结合本单位的具体情况综合考虑。例如用热盒法制得的砂芯厚度限制在70毫米以内,含氮树脂易产生针孔和气孔等等。

现将世界上目前生产已采用的几种制造砂芯方法的特性对比列于表1-1。按其所用粘结剂的种类可分为:无机粘结剂类和有机粘结剂类;按砂芯固化工艺的特点可分为:芯盒外固化制芯法和芯盒内固化制芯法;加热固化制芯法和常温固化制芯法。

粘结剂种类和固化形式不同就决定了所采用的工艺方法,从而产生不同的特点和不同的适用范围。

表1-1 几种制芯法的特性对比

砂芯种类 特性对比	油砂芯	水玻璃砂芯 (吹CO ₂)	壳 芯	热芯盒砂芯	冷硬砂芯	冷芯盒砂芯 (吹气)
粘结剂种类	有 机 类	无 机 类	有 机 类			
固化形式	芯 盒 外	芯 盒 内				
固化方法	加 热	常 温	加 热		常 温	
砂芯强度	较 高	般	很 高	高		
砂芯尺寸精度	低	较 高	很 高			
砂芯表面光洁度	一 般	差	好			
对芯盒的要求	不 严 格		金 属 芯 盒		不 严 格	严 格
生产率	低	高			中 等	很 高
制芯过程产生的气味	小	很 小	大		中 等	小
适用生产范围	中 小 批 量		大 批 大 量		中小批量	大批大量
出砂性	好	差	好			
要求工人的熟练程度	高	般	低		一 般	低

四、现 状

(一) 国外近况

国外工业发达的国家中,大批大量生产的铸造车间已广泛采用热芯盒及壳芯制造砂芯。例如:苏联汽车、拖拉机行业约有90%的砂芯是用热盒法、壳芯生产的。日本的汽车行业所用的壳型(芯)约占其总数的60~65%。瑞士乔治·菲希尔(*Georg Fischer*)工厂的可锻铸铁用的砂芯有60%采用壳芯。

据苏联有关资料介绍:在汽车工业中若采用热盒法制芯,每生产10万吨发动机复杂铸件,可节省工人500名,劳动生产率提高10倍;1979年又介绍了哈尔科夫拖拉机厂利用热盒法制造CMII-60发动机缸盖的一级复杂带状砂芯的经验及其技术经济效果。由于砂芯尺寸稳定性高,铸件平均重量可降低1.3%。

据介绍:美国福特汽车厂、约翰·迪尔工厂、凯特里勒拖拉机厂;英国的莱兰汽车厂和法国的雷诺汽车厂中,采用的各种制芯法的比例是:热盒法占60~70%;壳芯20~30%;油砂芯10~20%。1972年美国福特汽车厂在密执安州的弗莱特罗克城新建的一铸造厂,其制芯工部全部采用热盒法制芯,共采用58台热芯盒制芯机。自1971年以来,苏联汽车行业由日本浪

速公司进口了100多台热芯盒制芯机。1977年苏联新建投产的卡马汽车厂的铸造厂制芯工部大部分采用热盒法制芯,向美国萨特公司购进了91台热芯盒制芯机。该汽车厂每年生产25万台柴油发动机和15万辆载重汽车。意大利的非亚特汽车公司的克雷斯森特洛铸造厂是1973年开始投产的,是世界上最现代化铸造厂之一,约有90%的砂芯采用热盒法生产。

西德曾于1975年,1977年对国内各种造型、制芯材料及各种工艺进行普查得出其所占比例(见表1-2,表1-3)。其中热芯盒树脂砂占各种芯砂总量的28.9%。

表1-2 西德各种造型法和型砂所占比例(据1975年普查)

造型方法和型砂	手工造型		机器造型		树脂砂		水玻璃砂	水泥砂
	湿型	干型	普通	高压	冷硬	热盒		
比例(%)	6.9	4.3	34.4	17.4	19.4	4.8	0.8	12.4

表1-3 西德各种芯砂所占比例(据1977年普查)

芯砂	粘土砂	水玻璃砂	水泥砂	油砂	树脂砂				其他
					壳芯	热芯盒	冷硬	冷芯盒	
比例(%)	4.4	14.1	3.1	3.2	19.6	28.9	17.4	8	0.5
工厂数	15	78	4	62	44	28	83	49	9

(二) 国内近况

热盒法制芯在国内于1966年由第一汽车制造厂首先试验成功和用于生产后,逐步推广到各地。几年后很多大中批量生产的铸工车间采用热盒法制芯。1973年第一汽车制造厂用热盒法制的砂芯占全部汽车砂芯重量的30%以上(已有缸体、排气管等20~30种铸件的砂芯)。北京内燃机厂、上海柴油机厂、常州柴油机厂、洛阳拖拉机厂、济南汽车厂等都及时地采用此新工艺。第二汽车厂大部分砂芯采用热盒法制芯。

迄今,热盒法砂芯已大量用于普通灰铁铸件、可锻铸铁件、球铁件等,铸钢件用得较少。

(三) 存在问题

虽然近年来国内广大铸造工作者取得不少成绩和经验,但在生产实践中还存在以下问题:

1. 对某些铸造缺陷,例如针孔、粘砂、复杂薄壁铸件溃散性差等尚未得到较好的解决,仍需进一步研究和试验。
2. 热盒法芯砂的质量控制方法还跟不上现在生产的需要,应加强热盒法芯砂测试方法及其测试仪器的研究。
3. 1979年英国杂志报道:近年来企图降低芯盒温度、提高固化速度,但未获成功。

五、应用范围

热盒法特别适用于形状复杂、成批生产的砂芯、壳型车间,例如汽车、拖拉机、柴油机、动力机械、管道阀门、刀具铸造、机车车辆等铸工车间射制砂芯(包括壳芯)及壳型。

砂芯的重量超过一定范围以及砂芯截面比较厚时，可考虑是否做成空心的（即壳芯）。一般砂芯的厚度不能超过75毫米。否则未固化的松软部分太厚，将会影响砂芯的强度、存放期，容易吸湿、浇注时发气量增大……等。

中空的砂芯（壳芯）不但可以节省芯砂、加速砂芯固化，从而提高生产率和砂芯强度；生产薄壁铸件时，可避免因铸件内应力而产生裂纹。这是由于热盒法砂芯已具有良好的退让性，再加上砂芯作成空心的，明显地减少铸件的热应力。

壳芯特别适用于大砂芯，因为这种实体大砂芯比所制得的铸件有时还要重。做成壳芯后，装配很方便。壳芯的壁厚取决于铸件的形状和大小，一般为10毫米。比较大的、形状复杂的壳芯应做成两半。壳芯的内表面（中空部分）可用细筋骨联结，以增加壳芯强度。两半壳芯必须有定位，最好有凹（凸）槽，以防止装配时错位及浇注时金属液钻进中空部分。两半壳芯用螺栓通过两个板夹或者用粘合剂装配成整体。必要时壳芯中空部分填满能承受金属液压力的物质（如废砂等）。

厚大砂芯做成空心，可以通过热芯盒活块或者抽芯来实现。对于不大的壳芯可将内腔未固化的芯砂倒出，剩下已固化的薄壳，通过不同的固化温度和固化时间来控制壳厚。

用热盒法射制的壳型能够达到传统壳型法的性能。其壳厚可以严格控制，壳背可用细筋加固，以增加壳型强度。浇注时，作为夹紧用的壳背细筋部分应做成平的。

壳型多用于制造少无切削的铸件（如曲轴、凸轮轴等）。

第二章 热盒法芯砂及砂芯性能

一、热盒法芯砂性能

热盒法树脂砂配制后，具有一定的湿强度和流动性，在存放过程中流动性将逐渐下降。当将树脂砂射入加热至一定温度（一般为180~260℃）的热芯盒内时，树脂砂开始固化。当固化到一定深度后，便可以从芯盒中取出砂芯。这时砂芯表面有一层硬壳（一般在3毫米以上），中间尚呈塑性状态。由于砂芯有余热和放热反应，以及酸性气体扩散作用，砂芯的中心部分逐步变硬。因此芯砂必须具有一定的工艺性能，即要求：湿强度低、流动性好、具有一定的存放期、固化温度范围较宽、固化速度快和固化后强度高。

（一）湿强度

混制后的芯砂是湿的，具有一定的流动性。一般要求树脂芯砂的湿压强度在0.02~0.04公斤力/厘米²。这样在射芯机所推荐的空气压力下都能射制型芯。树脂的粘度低，则其芯砂湿强度也低。芯砂应尽量避免与空气接触，暴露在空气中，芯砂性能的变化情况取决于周围空气的湿度和气温。

（二）流动性

良好的芯砂流动性可避免吹、射砂芯时产生不紧实或堵塞射砂孔。芯砂流动性对砂芯强度影响很大。

树脂砂流动性的下降与下列因素有关：树脂的粘度及其加入量的增大、固化剂的酸性加强及加入量增大、气温或砂温的升高、空气相对湿度的降低、混砂时间过长、树脂砂用的原砂的颗粒形状为多角形、表面粗糙。

一般情况下，芯砂的湿强度低，其流动性也好。

芯砂流动性的测定，某汽车制造厂采用挤压法：把180克芯砂在型砂抗压强度捣样机上捣实10次，其通过直径为 $\phi 16$ 毫米的孔所挤出的芯砂重量（以克数表示）作为相对流动性的度量。按表2-1配制工艺，某汽车制造厂所用的呋喃I型树脂砂的相对流动性通常在3~5克之间。一般手工制芯的油砂，其相对流动性为6~7克。在6~8个大气压下，采用这种芯砂可以射制形状复杂的砂芯。

表 2-1 某汽车制造厂热盒法芯砂配比(重量比)

砂 号	内蒙大林水洗砂 (50/100目)(%)	呋喃I型树脂 (%)	固 化 剂 (占树脂重量%)	附 注
1	100	2	20	内蒙大林砂颗粒多为半圆形，含泥量小于0.5%
2	100	2.5	20	
3	100	3	20	

(三) 存放期

芯砂的存放期取决于固化剂的酸性强弱和加入量、砂温、气温、大气中相对湿度、树脂的性能等。可按所需要的存放期调整固化剂加入量。当树脂的粘度低、反应速度慢；固化剂加入量少、酸性弱；气温低，砂温低，大气中相对湿度高时，芯砂存放期长。树脂砂在存放过程中，由于和流动的空气接触，表面砂层很容易结壳，可用湿麻袋遮盖，以防止表面砂层结壳。最好的办法是装在密封箱或射芯机的砂斗中，使芯砂与空气尽量少接触。

使用2124酚醛树脂，2127酚钡树脂，如没有加入固化剂，曾放置4天，其性能未见明显变化。但2130树脂的存放期就短得多。

芯砂的存放期会影响射砂时芯砂的流动性、紧实度等。可用芯砂流动性的测定法作相对比较。芯砂的存放期长短依生产中实际需要而决定。

(四) 固化速度

芯砂的固化速度直接影响到制芯生产率，它主要取决于树脂的性能、固化剂酸性强弱及加入量、芯盒温度。每种树脂都有一合适的固化温度范围。固化温度低，固化速度慢；固化温度过高，砂芯表面要烧焦。为了提高固化速度，又要防止烧焦，生产上通常采用固化温度范围内的上限作为芯盒温度。

任何方式增加芯砂含水量，都会增长固化时间。若使用碱性过高的原砂，即使增加固化剂加入量也不一定能保证有足够的酸性去固化树脂。

在热的芯盒中，砂芯不需要全部固化，它的强度只要能满足搬运和储存时不损坏就可以了。如重量为1公斤以下的砂芯，其固化深度一般为3毫米；较大的砂芯为6~13毫米。取砂芯时砂芯尚有余热，能使自身全部固化。但落芯、合型前，需要检查其固化程度。若发现未全部固化，则需在允许的固化温度范围内提高芯盒温度或延长在芯盒中的固化时间，若用此方法引起砂芯表面损坏，则要选用反应性强的树脂。

呋喃I型树脂砂具有良好的固化特性：固化温度低、范围宽；固化速度快。通常在180℃即可固化，当超过240℃时砂芯表面有烧焦现象。为了确保砂芯的质量和高的生产率，芯盒温度一般保持在210~230℃之间。呋喃I型树脂砂的固化速度相当快，如抗弯强度标准试样尺寸为22.4×22.4×180毫米，当芯盒温度为210℃时，经过5秒钟后其固化深度为3毫米，这时便可以从芯盒取出。

呋喃II型的固化速度慢，固化温度高，一般要在250℃左右。

(五) 起芯强度和常温干强度

起芯强度（温热强度）——砂芯从芯盒顶出时的强度。它影响到生产率、砂芯表面质量和尺寸精度。

砂芯顶出时变形，可能是由于固化不充分或树脂的热塑性引起的。可以采用热抗弯强度试样进行试验，比较在一定荷载下抗弯强度试样中部挠曲变形量的大小。

呋喃I型树脂砂的起芯强度高，可以得到较高的生产率和制造形状复杂的砂芯。

呋喃树脂砂芯自芯盒取出后，一般在20分钟左右达到最大的常温干强度（室温干强度）。例如呋喃I型芯砂，当芯盒温度为230℃时，在5~10秒钟内抗拉强度每秒钟约增长3.5公斤力/厘米²。冷却至室温后每1%树脂加入量的芯砂的比抗弯强度可达20公斤力/厘米²。总的抗弯强度和树脂的加入量有关。如图2-1所示，对于小砂芯，若固化时间过长（例如30秒钟），其常温干强度显著下降。

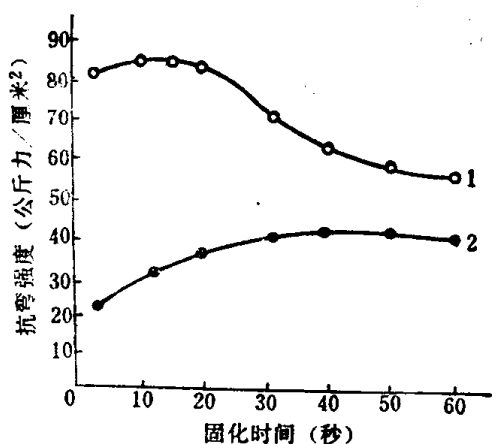


图2-1 固化时间对抗弯强度的影响
1—常温干强度 2—起芯强度

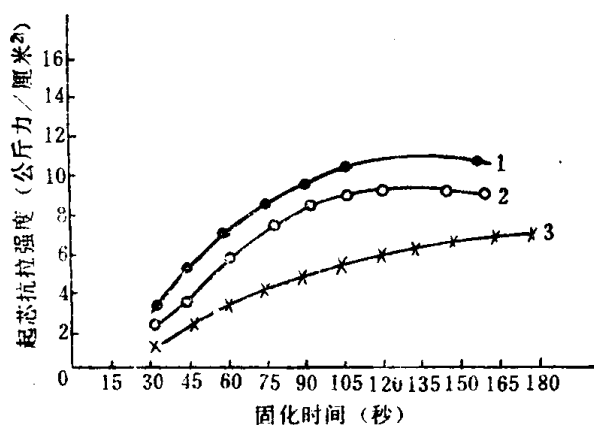


图2-3 树脂加入量对起芯强度的影响
1—树脂3.5% 2—树脂3% 3—树脂2.5% (原砂用湖口砂, 芯盒温度210℃)

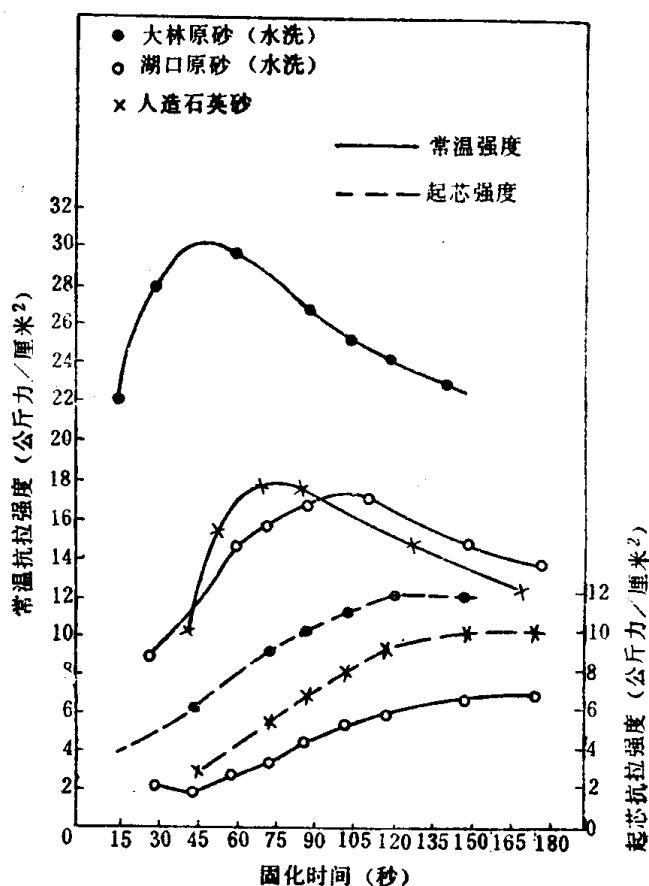


图2-2 不同原砂对热盒法芯砂强度的影响

常温干强度对砂芯质量、成本和铸件质量影响很大，例如比强度越高，达到相同强度时树脂加入量越少，从而降低砂芯成本，同时可减少由于树脂发气引起的气孔、针孔等铸造缺陷，改善劳动条件。

造成砂芯强度降低的原因有：

1. 原砂性能的影响

如图2-2所示，其他条件相同时，用内蒙大林原砂混制的热盒法芯砂强度要比用江西湖口原砂或人造石英砂混制的高。

2. 固化时间的影响

从图2-2也可看出：固化时间过长会降低常温抗拉强度。

3. 树脂加入量及其质量的影响

从图2-3可知：在一定范围内芯砂中树脂加入量越多，则芯砂强度越高。由于各个树脂厂生产的呋喃I型树脂质量不一样，虽然其他条件都相同，但所得到的芯砂强度却不同（如图2-4所示）。这是由于一厂所生产的树脂比另一厂的质量好，粘度低，混砂质量好。

4. 树脂和固化剂与原砂混合得不好；混砂时间过长。

5. 芯盒温度过高，树脂部分已焦化。

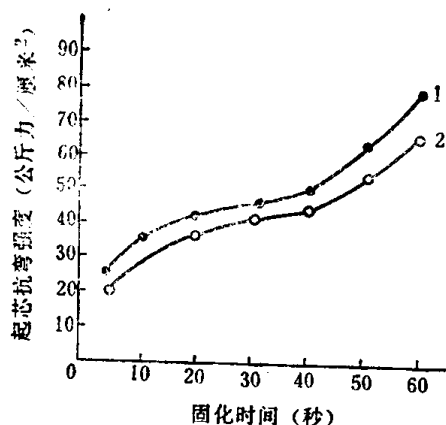


图2-4 不同产地的呋喃I型树脂对芯砂起
芯强度的影响
1—厂树脂 2—另一厂树脂

6. 由于射砂气压太低、芯盒排气不良、射砂孔选择不当, 以致砂芯不够紧实, 砂芯表面局部呈海绵状。

(六) 相对脆性

相对脆性(弹性或挠度)用来表示砂芯的抗冲击强度。

其他条件相同时, 以糖基为粘结剂的芯砂, 其挠度值为0.15毫米, 而酚醛树脂砂和油砂的挠度值为其3倍。为了改善这一性能, 比较简单的办法是增加粘结剂的加入量, 因为挠度是和粘结剂加入量成正比的。

(七) 氧化铁对呋喃树脂砂的影响

1. 对芯砂性能的影响

呋喃树脂砂中加入氧化铁粉能防止由于砂芯弹性变形或塑性变形、内应力所引起的缺陷。

2. 防止渗碳作用

由于呋喃树脂砂热分解时, 其产物为 CO 、 CO_2 及 CH_4 和少量的 H_2 , 致使铸钢件容易发生渗碳。芯砂中添加氧化铁粉后, 由于氧化铁粉有促进呋喃树脂热分解作用, 使其产物中 CO 的克分子比大大增加, CO_2 和 CH_4 的稍有减少, 而总的发气量仍增加, 但这种热分解发生得早, 气体能由铸型通气孔排出, 其中的碳不可能向钢中扩散。再则在高温下 Fe_2O_3 被还原, 放出氧, 使渗碳气体氧化, 从而减弱渗碳作用。

氧化铁粉加入量为石英砂重量的1%时, 防止渗碳作用不大, 增加到3~6%时才有效果。

3. 防止粘砂、脉状胀砂、桔皮现象

浇注时树脂砂中的有机物, 在高温下不完全燃烧, 产生碳氢化合物的气体, 在低温处容易游离出碳, 堆积在砂粒之间, 故砂芯表面变脆, 金属液容易浸渗。另外, 碳在砂粒间的堆积使砂芯内部膨胀, 发生开裂, 金属液渗入, 产生脉状胀砂。若在树脂砂中加入氧化铁粉, 在浇注时它能在高温下放出氧气, 使碳氧化物充分燃烧而不产生游离碳, 从而防止上述缺陷产生。还可改善铸钢件表面产生桔皮现象(氧化铁加入量为原砂重量的2%)。

采用抗渗透性较好的原砂制备热盒法芯砂时, 添加原砂重量2%的 Fe_2O_3 (氧化铁粉) 可防止包砂。

4. 防止针孔、气孔

实践证明, 在芯砂中加5~20% (占树脂重) 的氧化铁粉, 一般就能防止铸件产生针孔或皮下气孔。添加氧化铁粉后, 要适当增加固化剂, 对砂芯强度也有一定影响。

在英国用的氧化铁粉不是红色的, 而是呈灰色、片状的氧化铁皮(轧钢时轧下的氧化铁皮), 再磨成粉。

(八) pH值的影响

芯砂的pH值对热盒法芯砂性能有影响, 特别是用酚醛树脂砂时, 砂芯的最佳性能由芯砂的pH值来测定。而芯砂的pH值又与树脂的pH值、固化剂的酸性有关, 特别是与原砂的pH值有关。提出此看法的人并举一树脂砂为例, 其芯砂的最佳pH值为3。