

## 碱性酚醛树脂自硬砂在球铁曲轴生产中的应用

山东潍坊柴油机厂铸造厂 任兴夫 夏天时

**【提要】**分析了呋喃树脂自硬砂生产球铁曲轴产生缺陷的原因,介绍了碱性酚醛树脂砂的特点,总结了本厂采用碱性酚醛树脂自硬砂生产大断面球铁曲轴获得成功的经验。

**关键词:**碱性酚醛树脂 自硬砂 球铁曲轴 呋喃树脂

## 引言

我厂生产的 6160 和 6200 型柴油机球墨铸铁曲轴,批量大,1992 年 4 月上呋喃树脂自硬砂生产线生产。投产后,曲轴在加工中暴露出许多新的质量问题,其主要缺陷为:铸件出现黑心、黑斑、缩松及皮下气孔等。我们通过对材质、工艺及涂料配方的改进,使铸件废品率有所下降,但始终未能根本解决。为此,我们于 1992 年 7 月,开始对碱性酚醛树脂自硬砂进行调研,随后做了系统的工艺试验,并于 1993 年 1 月开始试生产 6200 型曲轴。这些试生产的曲轴,经机械加工和退火探伤,证明用碱性酚醛树脂自硬砂工艺,能有效地消除铸件局部球化不良和缩松等缺陷,铸件质量明显提高。1993 年 6 月,决定在自硬砂生产线上,全部用碱性酚醛树脂替代呋喃树脂。

## 一、碱性酚醛树脂自硬砂的特性

我厂经过近一年的生产实践,已充分显示出碱性酚醛树脂在球铁生产中的优越性,其主要特点如下:

## 1. 优点

## (1) 元素组成

碱性酚醛树脂及其酯类固化剂中只含有 C、H、O 三种元素,不含有呋喃树脂及其固化剂中所含的 N、S 等有害元素。从理论上讲,消

除了用于球铁生产易渗“S”而引起球化不良和渗“N”而引起气孔等缺陷,且在高温浇注金属液时,不形成和释放  $SO_2$ 、HCN 等有害气体,改善了生产环境。

## (2) 硬化特性

呋喃树脂的硬化是在酸催化剂的催化作用下进行缩聚反应来完成的,其固化速度与固化剂的浓度及其加入量有直接的关系。碱性酚醛树脂的固化,是酯类固化剂与树脂直接进行化学反应,因此,碱性树脂的固化速度只与温度和固化剂种类有关,而固化剂的加入量影响不大(见表 1)。

表 1 固化剂加入量与碱性树脂砂的可使用时间及强度的关系

固化剂加入量(占树脂的%)	30	40	50
可使用时间(min)	10	10	10
抗压强度(MPa)	1.24	1.4	1.2

注:ND5 砂 100%, 中温固化剂, 室温 20℃

除此之外,碱性树脂对原砂的酸耗值要求不严格,这一特性使其对原砂的适应更广泛。特别是当以碱性酚醛树脂替代呋喃树脂时,不必大量淘汰原有的旧砂,只需补充部分新砂即可,而不致影响生产和造成较大浪费。

## (3) 热塑性和二次强度

碱性酚醛树脂砂与呋喃树脂砂相比的另一个不同点是,前者在高温下具有热塑性和二次强度。

1994 年 4 月 23 日收到初稿,1994 年 10 月 25 日收到修改稿。

(铸造) 1994.12



文献 [1] 介绍了 BCIRA 所做的树脂变形试验结果, 见图 1。

图 1 曲线证明了, 碱性酚醛树脂具有优良的热塑性。

碱性酚醛树脂砂具有二次强度特性的原因是, 在常温下面化剂与树脂的反应不完全, 温度升高后继续反应, 使得强度继续提高, 图 2 所示的试验结果证明了碱性酚醛树脂具有二次强度特性, 这一特性对生产球铁曲轴起到相当有利的作用。因为砂型在受热情况下, 二次强度的建立, 增加了铸型的刚度, 能有效地抵抗球铁曲轴的石墨化膨胀, 从而可象粘土砂干型工艺那样, 采用平浇立冷工艺而铸件不产生缩箱和延迟裂纹。

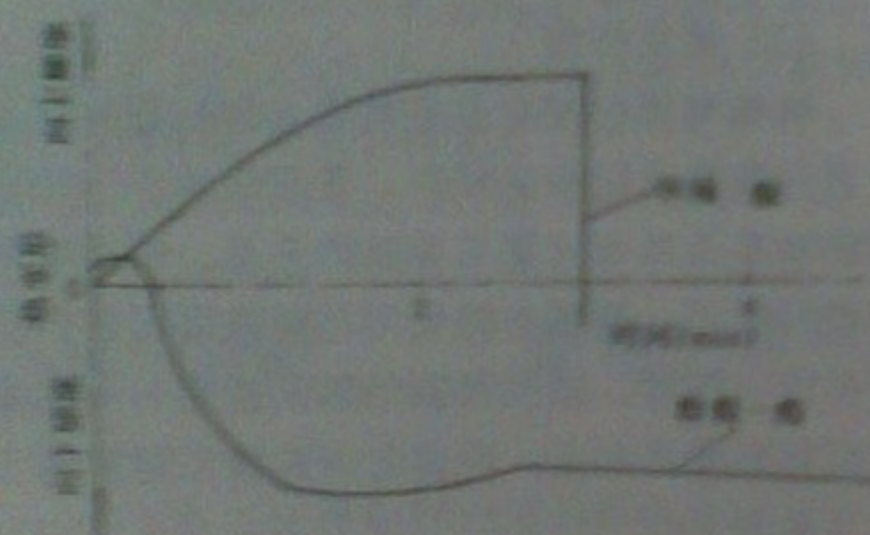


图 1 BCIRA 树脂变形试验结果

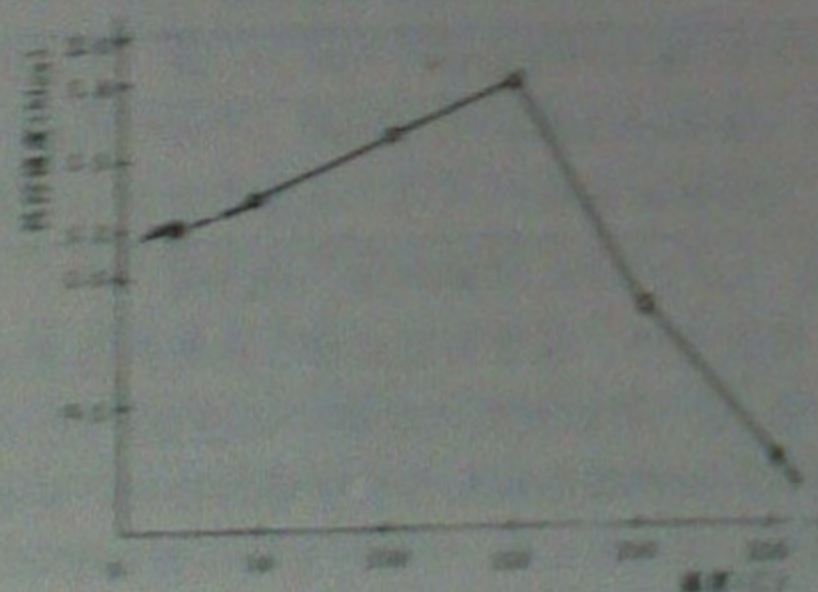


图 2 碱性酚醛树脂砂受热强度变化曲线

图中, 虚线表示常温强度, 实线表示高温二次强度。试验条件: 树脂砂 100%, 树脂加入量 3.0%, 中温固化剂 25% (占树脂量), 作标准 "B" 试样在 140°C 下固化 14h 后测常温强度。将用上述制得试样在图示不同温度下保温 30min 后测其二次强度。

## 2. 缺点

(1) 发气量大 (见图 3)

图 3 表明, 在树脂加入量 (2%) 相同的情况下, 碱性酚醛树脂砂较呋喃树脂砂具有更高的发气量和发气速度, 这一特性对防止铸件气孔缺陷不利。

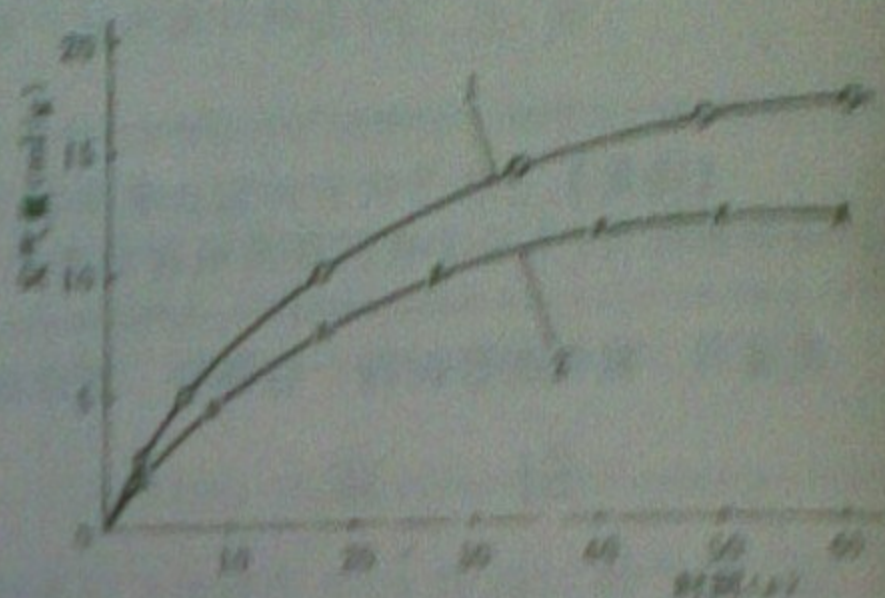


图 3 树脂—般与呋喃—般发气率比较  
1. 树脂—般 2. 呋喃—般

## (2) 比强度低

碱性酚醛树脂砂的比强度一般为 0.6~0.8 MPa, 而呋喃树脂砂的比强度一般高于 0.9 MPa。在实际生产中, 比强度低将导致树脂加入量的增多和型砂发气量的加大。

## (3) 粘度高

碱性酚醛树脂的粘度达 250 mpa·s 左右, 而呋喃树脂的粘度一般小于 30 mpa·s, 粘度高非常不利于泵的吸取、计量和混砂。

# 二、碱性酚醛树脂砂的工艺控制

碱性酚醛树脂砂上线应用后, 根据其工艺特点, 确定了比较稳定的生产控制工艺。

## 1. 碱性酚醛树脂砂的工艺配比及性能

酚醛树脂砂与呋喃树脂砂的工艺配比及性能比较列于表 2。

表 2 两种树脂砂工艺配比及性能的比较

砂 类	配 比 (%)	树脂 (%)	固化剂 (%)	发气率 (ml/g)	比强度 (MPa)
酚醛	10~15	10~15	1~1.5	20	0.6~0.7
呋喃	10~15	10~15	1~1.5	20	0.7~1.2
呋喃	10~15	10~15	1~1.5	20	0.7~1.2
呋喃	10~15	10~15	1~1.5	20	0.7~1.2



由表3可见,酚醛树脂砂的型芯强度较呋喃树脂砂的低,但由于酚醛树脂砂具有二次强度特性,在不影响操作的情况下,其型、芯强度虽低于呋喃树脂砂,而却不会影响铸件的质量。

## 2. 固化剂选择

目前,与碱性树脂配套供应的固化剂有快速( $\gamma$ -丁内酯)、中速(甘油三乙酸酯)、慢速(甘油乙酸酯)等3类。表3列出了这3类固化剂单独和混合使用时对可使用时间和抗拉强度的影响。

表3 碱性酚醛树脂与不同固化剂匹配对性能的影响(室温20℃、砂温30℃)

固化剂匹配	中速	慢速	快速	50%中速+50%慢速	50%中速+50%快速
可使用时间(min)	10	30	—	15	8
抗拉强度(MPa)	1.35	1.0	—	1.3	1.0

由表3可见,使用快速和慢速固化剂,抗拉强度均比中速固化剂低。

我厂是在夏季开始投产(室温约30℃、砂温约35~40℃)到冬季(室温约10℃、砂温约20℃),只采用了中速固化剂,加入量均为30%,夏季脱模时间为15~20min,冬季延长至30~40min。但在温度更低的情况下(0℃左右),采用中速固化剂+20~30%快速固化剂工艺,可使用时间相应缩短,强度指标变化不大,由此可知,碱性树脂对环境温度的适应范围是较宽的。

## 3. 浇注冷却工艺

采用与粘土砂干型相同的平浇立冷工艺,即使碱性树脂砂的抗拉强度在0.4MPa(最低工艺要求)情况下,经对砂型宏观观察和曲轴毛坯测量表明,均不产生膨胀问题,这与原用呋喃树脂砂型的抗拉强度为1.0MPa时,采用平浇立冷工艺仍涨砂严重的现象,形成了鲜明的对比。

## 三、酚醛树脂砂旧砂的再生、回用及再生设备

酚醛树脂砂旧砂的再生工艺及所用设备与  
《铸造》1994.12

呋喃树脂自硬砂相似,即采用原来的干法再生设备,再生机为离心撞击式的。碱性酚醛树脂旧砂有吸湿性,雨季更为严重,影响再生砂质量。图4显示了碱性酚醛树脂砂在相对湿度80%环境中的吸湿量与时间的关系。

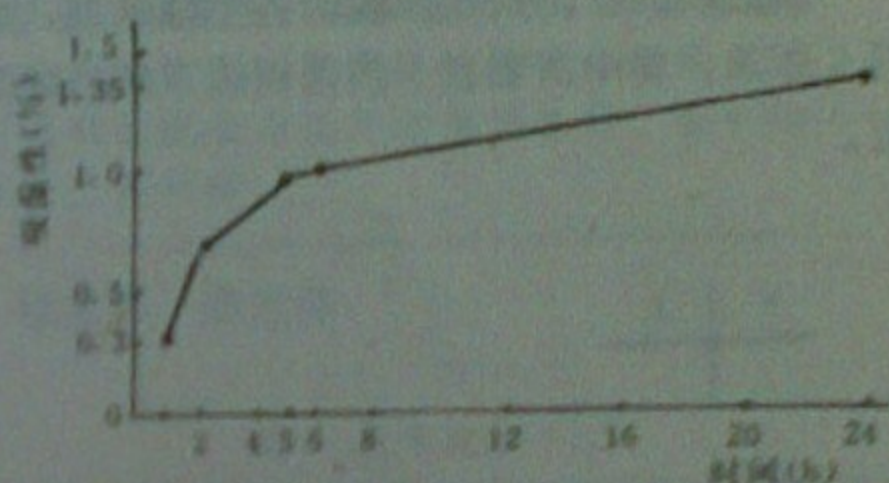


图4 碱性树脂砂的吸湿性-时间曲线  
(70%旧砂+30%新砂)

为解决旧砂的吸湿问题,在旧砂破碎后,增加一套旧砂烘干装置,将旧砂含水量控制在0.3%以下。

再生砂的质量直接影响型、芯的强度、发气量和铸件的质量,是树脂砂正常运转的关键。根据我厂一年多的生产实践,我们将回用砂质量控制指标定为:灼减量不大于2.5%,微粉含量不大于1%,旧砂回用率控制在70%以下。

## 四、碱性酚醛树脂砂在球铁曲轴生产中的应用

### 1. 呋喃树脂自硬砂生产球铁曲轴易产生的缺陷

#### (1) 皮下气孔

皮下气孔出现在球铁曲轴的表层,产生的主要原因是由于含氮呋喃树脂中的氮所引起,即“N”气孔。

#### (2) 表面球化不良

在曲轴表面产生约1~2mm厚的球化不良层,产生的原因是,由于呋喃树脂中含的硫所致。用电镜分析球化不良层,证明该层富硫。

#### (3) 黑心

宏观观察发现,6160曲轴冒口颈断口出现



分散性黑点，由边缘至中心逐层增多，面积约 $\phi 30 \sim 40\text{mm}$ 。经分析，黑心部位的石墨形状为大团块和枝晶石墨。出现黑心缺陷的原因是，由于呋喃树脂砂型的导热性差、冷却速度慢，导致球化衰退。

#### (4) 黑斑（局部球化不良）

黑斑缺陷常出现在曲轴的各主轴颈处，如图5所示，集中出现在一拐前柄的下箱轴线部位。

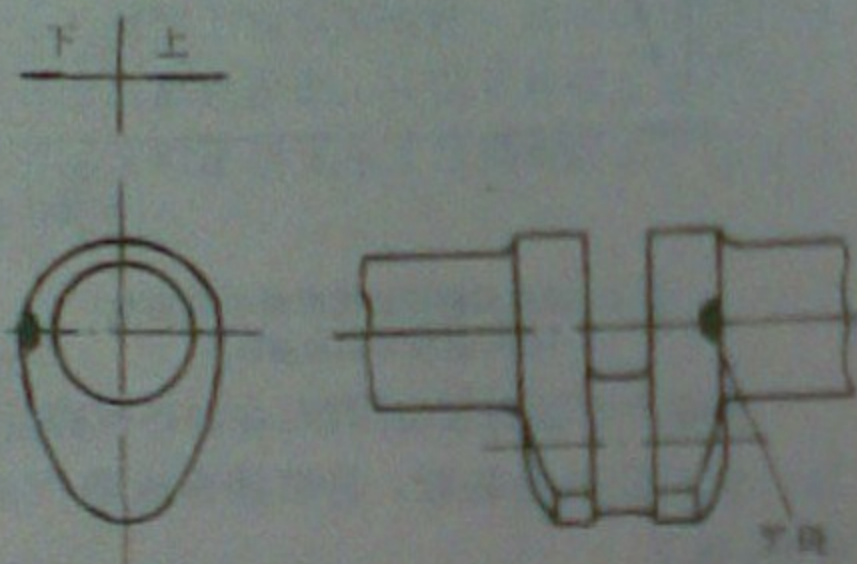


图5 黑斑缺陷出现的部位

出现的黑斑面积约 $(15 \sim 30) \times (30 \sim 60)\text{mm}^2$ ，深约 $15 \sim 20\text{mm}$ ，有时更厚一些。经分析，黑斑区硫为 $0.037\%$ ，而正常区的硫仅为 $0.016\%$ ；观察黑斑区的金相组织，珠光体仅 $3\%$ ，铁素体高达 $97\%$ ，石墨为粗大片状石墨，片长 $0.25 \sim 0.8\text{mm}$ ；正常区则为：珠光体 $90\%$ ，铁素体 $10\%$ ，球化2级。

呋喃树脂所用固化剂中含硫，是造成曲轴局部球化不良的根本原因。

#### (5) 疏松（缩孔）

疏松缺陷常出现在曲轴三、四拐处，产生的原因是，呋喃树脂砂型在高温下过早的失去强度，使铸型刚度下降，导致铸件致密性变差。

### 2. 碱性酚醛树脂砂应用效果

碱性酚醛树脂上线应用半年多以来，已生产铸件4000多吨，其中6160曲轴5000余根。从已生产出的这5000余根曲轴看，基本消除了皮下气孔、疏松、表面和局部球化不良等缺陷，铸出废品率小于 $1\%$ ，加工废品率小于 $5\%$ 。表4列出了3种工艺生产曲轴废品的分布及废品

率比较。

表4表明，采用碱性酚醛树脂砂工艺，由于该树脂不含S、N等有害元素，且这种砂型具有高温二次强度特性，所以球铁曲轴的废品率明显下降。但由于该树脂发气量大，易产生气孔，设计工艺时应加强排气措施。

生产的灰铸铁件质量也显著提高，综合废品率已被降至 $2\%$ 以下，有些件废品为零。

表4 三种生产工艺对球铁曲轴废品率的影响

缺陷名称	废品率	夹渣	掉砂	球化不良	疏松	气孔
粘土砂干型	10%	✓	✓	—	—	—
呋喃树脂砂型	28%	—	—	✓	✓	—
碱性酚醛树脂砂型	6%	—	—	—	—	✓

## 五、结 论

(1) 由于碱性酚醛树脂不含有害元素硫，从而彻底消除了球铁曲轴的表面及局部球化不良缺陷。

(2) 碱性酚醛树脂砂高温下具有热型性及二次固化强度，使铸型在较低的室温抗拉强度下，能采用平浇立冷工艺而不胀箱，从而有效地防止了曲轴产生疏松缺陷。

(3) 碱性酚醛树脂砂硬透性好，对环境温度变化适应性强，有利于生产管理和操作。

(4) 严格控制旧砂再生质量，采取防吸湿措施，旧砂回用率可达 $70\%$ 。

(5) 该树脂气味小，改善了混砂、造型、浇注现场的环境。

(6) 该树脂发气量大，工艺上注意排气，以减少气孔缺陷。

致谢：参加本工作的还有张学寅、孙广礼、秦广业等；本课题和本文得到沈阳铸造研究所金广明、余明德和梁雷的指导，在此一并致谢。

## 参 考 文 献

- 1 官下雄次等，JACT NEWS, 1988 (9)

(编辑：郭桂林)