

# 熔模铸造汇编

第一机械工业部技术情报所编

第一机械工业部技术情报所

**熔模铸造汇编**

**(内部资料)**

\*

第一机械工业部技术情报所

机械工业出版社印刷厂印刷

北京中国书店(北京琉璃厂西街)、上海河南中路新华书店经售

\*

1977年8月北京版

代号: 76—8 • 定价: 1.15

## 前 言

一九七五年十二月下旬在广州市召开了一机系统熔模铸造经验交流会。

熔模铸造是实现少、无切削的重要方法之一，具有显著的技术经济效益。例如沈阳第一机床厂在CA6140车床上采用熔模铸件60种74个零件代替锻钢和圆钢使金属材料利用率从31.5%提高到81.2%，比金属切削加工件提高了二点六倍。据该厂统计每台CA6140车床可以节约钢材84公斤，节约机加工时83个小时。该厂生产CA6140车床，仅此一个产品每年可节约钢材500多吨，机加工时50多万个。又如洛阳拖拉机厂生产东方红75型和40型拖拉机，每年采用熔模铸件1300吨，可以节约2600多吨钢材。无产阶级文化大革命以来，熔模铸造行业广大革命职工，“抓革命，促生产，促工作，促战备”，使熔模铸件产量增长几十倍，应用范围扩大到拖拉机、机床、汽车、动力、矿山机械、农机具、石油化工等行业。同时在材料、工艺和设备上都有很大发展，熔模铸造水平向前迈进了一大步。

为了进一步交流推广这些先进经验，现将会议收到的技术资料汇编成册，以供参考。在编辑过程中，各单位又作了修改和整理，给了很大帮助。在此表示感谢。由于水平所限，对错误之处请予批评。

编 者

1976年3月18日

# 目 录

## 前 言

|                                         |                          |
|-----------------------------------------|--------------------------|
| 蜡基模料的试验总结 .....                         | 沈阳第一机床厂精铸车间 ( 1 )        |
| 新中温模料——石蜡——褐煤蜡模料试验总结 .....              |                          |
| .....北京油嘴油泵厂 沈阳铸造研究所 唐山“五·七”日用化学厂 ( 4 ) |                          |
| 低分子量聚乙烯在熔模铸造中的应用 .....                  | 济南第一机床厂精铸车间 ( 19 )       |
| 石蜡——松香——地蜡模料介绍 .....                    | 国营庆华工具厂 ( 21 )           |
| 硅酸乙酯铝矾土湿法快速制壳新工艺 .....                  | 北京重型电机厂 沈阳铸造研究所 ( 24 )   |
| 制壳新材料的探讨 .....                          | 上海仪表铸锻厂 ( 38 )           |
| 采用全自动机械手结壳流水线制备型壳 .....                 | 上海第七纺织机械厂 ( 47 )         |
| 熔模铸造高强度模壳的研究 .....                      | 清华大学机械系铸零班 ( 50 )        |
| 高岭土——碱式氯化铝模壳的探讨 .....                   | 武汉市机械研究所 ( 56 )          |
| 用铝矾土代替石英砂 .....                         | 沈阳高中压阀门厂 ( 65 )          |
| 用结晶氯化铝做制壳硬化剂的经验总结 .....                 | 沈阳高压开关厂 ( 67 )           |
| 结晶氯化铝硬化剂 .....                          | 沈阳第三机床厂 ( 74 )           |
| 氯化镁在熔模铸造中的应用 .....                      | 沈阳风动工具厂 ( 80 )           |
| 用聚氯化铝做为熔模铸造型壳硬化剂和粘结剂的生产验证 .....         |                          |
| .....内蒙古工学院铸造专业科研生产组 ( 95 )             |                          |
| 水玻璃——硅铝胶交替硬化新工艺 .....                   | 清华大学 北京建华铸钢厂 ( 111 )     |
| 混合涂料在高强度模壳中的应用 .....                    | 洛阳东方红拖拉机厂精铸分厂技术科 ( 125 ) |
| 混合涂料 .....                              | 长春汽车制造厂工具分厂 ( 131 )      |
| 电热保温气动压蜡机 .....                         | 无锡油泵油嘴厂 ( 134 )          |
| 气动自动压蜡机 .....                           | 沈阳风动工具厂 ( 139 )          |
| 十二工位卧式压蜡机 .....                         | 江南机器厂 ( 146 )            |
| 熔模铸造生产中应用半导体致冷器冷却压型 .....               | 建设机床制造厂 ( 152 )          |
| S72-1型自动制壳线 .....                       | 上海仪表铸锻厂 ( 156 )          |
| 焙烧、浇铸流水线 .....                          | 沈阳第一机床厂精铸车间 ( 160 )      |
| 用液压机和压力机切割熔模铸件 .....                    | 建设机床制造厂 ( 165 )          |

# 蜡基模料的试验总结

沈阳第一机床厂精铸车间

目前,在熔模铸造生产中,广泛应用的是以石蜡硬脂酸所组成的低温模料。随着熔模铸造工艺的迅速发展,这种低温模料在生产中还存在问题。如:热稳定性差,软化点低,影响铸件的尺寸精度和表面光洁度。特别是当室温超过30℃时,由于蜡模是在压力下凝固的。蜡模表面开始软化,产生鼓包变形,改变了蜡模的几何形状和尺寸精度,造成蜡模成批报废。这种模料因为模料中加入硬脂酸,蜡模呈酸性状态。它和具有碱性的水玻璃涂料亲合力比较好。因此,提高了水玻璃石英粉涂料对蜡模表面的涂浮能力,有利于提高模壳型腔的表面光洁度。从而,也提高了精铸件的表面光洁度。

硬脂酸是以动植物油为主要原料,经分解、蒸馏、压榨、酸洗和脱色等工序制成。目前尚供不应求,特别是熔模铸造采用的三压一级硬脂酸,供应更为困难。

因此,我厂于一九七三年三月,对蜡料的产地和自然状况进行了调查,并对蜡基模料的配方进行了试验和探讨。如在蜡料中加入松香、地蜡、沥青和褐煤蜡。实验证明,有的蜡模涂挂性差,有的收缩大,有的不适应压蜡设备的需要。

在太原燃料化学研究所的大力支持下,我们对褐煤蜡氧化成的浅色蜡作了实验。从实验中我们知道,这种浅色蜡的物理化学性能和工艺性能都接近硬脂酸的性能,其熔点为82℃。这种浅色蜡和石蜡混合后,可提高模料的热稳定性。同时,这种模料具有脱蜡快,强度高,表面光洁度好的优点。

目前,我国云南寻甸化工厂已能成批生产浅色蜡。我们曾对该厂生产的浅色蜡做实验。从做出的几批较复杂的精铸件来看,其尺寸精度与表面光洁度都不低于石蜡、硬脂酸模料。通过实验。我们认为石蜡74% (熔点56℃) 浅色蜡26% (熔点82℃) 的配方较好。其收缩率接近石蜡和硬脂酸模料,不改变现有模具。压蜡温度为54℃,现有的供蜡装置与压蜡设备不改变。对水玻璃涂料的涂挂性能也比较好。

## 一、褐煤蜡与浅色蜡

褐煤蜡又称粗蜡,是由含蜡10~15%的褐煤用有机溶剂直接萃取而成的产物。它基本上是由碳原子C 20、C 28、C 39的游离酸所组成,并含有树脂,其产物为黑褐色。

我国褐煤资源很丰富,吉林、云南、牡丹江、浙江等地都有褐煤蜡的生产。云南寻甸化工厂生产的褐煤蜡基本成分如表1所示:

表 1

| 产地 | 熔点<br>(℃) | 水分<br>(%) | 灰分<br>(%) | 丙酮分离 |      | 元素分析 (%) |       |      |      |      |
|----|-----------|-----------|-----------|------|------|----------|-------|------|------|------|
|    |           |           |           | 树脂   | 精蜡   | C        | H     | N    | S    | O 平均 |
| 寻甸 | 82        | 0.5       | 1.32      | 17.6 | 82.4 | 78.27    | 12.06 | 0.07 | 0.14 | 9.46 |

从表1中看出,褐煤蜡经丙酮分离后,得出精蜡和树脂,精蜡即浅色蜡。而树脂的存在必须清除掉。因为这部分树脂低于80℃时软化成团状。当制备蜡膏后,这种团状物混合在蜡膏中,往往会堵塞蜡枪,其涂挂性也很差。为此,精密铸造所用的褐煤蜡必须经过脱脂处理方可使用。

目前,云南寻甸化工厂已将褐煤蜡用铬酸氧化处理制取浅色蜡,产品质量分析如表2。

表 2

| 产地 | 熔点<br>(℃) | 灰分<br>(%) | 元素分析  |       | 皂化值        | 酸 值        | 脂 值        |
|----|-----------|-----------|-------|-------|------------|------------|------------|
|    |           |           | C     | H     | KOH (毫克/克) | KOH (毫克/克) | KOH (毫克/克) |
| 寻甸 | 82~85     | 0.14      | 74.25 | 12.54 | 201        | 192        | 9          |

从表2中看出,脱树脂后的浅色蜡,有高的酸值和皂化值,这就说明了浅色蜡以脂肪酸为主,并含有少量的脂。这也是浅色蜡能代替硬脂酸的首要条件。表3是浅色蜡和硬脂酸的性能对比。除浅色蜡灰分高于硬脂酸外,其酸值和皂化值都接近于硬脂酸,熔点高于硬脂酸。

表 3

| 材料名称 | 熔点 (℃) | 灰分 (%) | 酸 值     | 皂化值     | 颜 色 | 备 注    |
|------|--------|--------|---------|---------|-----|--------|
| 硬脂酸  | 54     | 0.03   | 205~210 | 206~211 | 白 色 | 三压(1级) |
| 浅色蜡  | 82     | 0.14   | 192     | 201     | 浅黄色 | 脂值=9   |

## 二、蜡基模料的试验情况

### 1. 配方:

石蜡是石油的产物;浅色蜡是褐煤的产物。但它们都是以蜡为基本成分。因此,我们称之为蜡基模料。

我们曾对浅色蜡和石蜡的不同配方进行试验,其结果如表4。

表 4

| 配方 (%) |      |     | 压蜡温度<br>(℃) | 蜡 模 质 量 情 况          |
|--------|------|-----|-------------|----------------------|
| 石蜡     | 其它   | 浅色蜡 |             |                      |
| 64     | 松香11 | 25  | 53~55       | 小件尚好,强度较好,大件发现缩,流动性差 |
| 70     | —    | 30  | 58~60       | 中小件较好,强度高,大件有的缩,脆性较大 |
| 74     | —    | 26  | 54~55       | 大件较好,强度较高,模料流动性好     |

从表4中看到,石蜡74%,浅色蜡26%的配方比较好。这种模料比石蜡和硬脂酸各50%的模料压蜡温度高8~10℃它具有脱模快,强度高,涂挂性好的特点,下面介绍这一配方的实验情况。

### 2. 制模

制模过程,基本上和石蜡硬脂酸模料相同。但在蜡膏制备的过程中,制取蜡沫的粒度应

小于2毫米。如果呈块状加入蜡液中，这种块状的模料熔点比较高，即使在每小时3000转的搅拌下，也不会粉碎而形成膏状。因此会堵塞注蜡膏的通道和蜡枪。另外，供蜡装置的恒温水比原来提高8~10℃。

这种模料的收缩率是采用园饼法来测定的。园饼直径为100毫米，厚度为6毫米。当糊状蜡膏为54℃时，其收缩率为1.2%。而石蜡和硬脂酸的旧模料，采用同种实验方法，其收缩率为1.3%。

### 3. 制壳

模组装配仍然按原工艺执行。但这种蜡基模料具有凝固快的特点，蜡模和水口棒之间的结合强度比较高。可提高模组组合的效率。

在制壳的过程中仍在制壳生产线上进行，这种模料对水玻璃石英粉涂料的涂挂性和石蜡硬脂酸模料比较如下：用直径100毫米，厚度6毫米的两个试样，放入涂料中（涂料为水玻璃石英粉涂料，水玻璃比重为1.29~1.30，石英粉为270目。涂料的温度为20℃，涂料的粘度100毫升，流口直径为6毫米粘度计其粘度为28秒），涂挂后，待涂料不继续往下滴时，将两个园饼试样放入烧杯中，用水将涂挂的涂料清洗干净，当石英粉全部沉淀后，将水倒出，送烘箱干燥。最后，称其重量蜡基模料试样为3.4克；石蜡、硬脂酸试样为3.89克。涂料中加入表面活性剂：JFC。

从这次实验中我们知道，蜡基模料比石蜡硬脂酸的涂挂性稍低一些，但在模组上看不出有涂挂不上的地方。

### 4. 脱蜡和蜡料回收

由于蜡基模料的熔点比石蜡硬脂酸高。所以，脱蜡的时间要延长些。脱蜡仍采用水溶液，水的温度应在95℃左右。脱蜡后的蜡液冷却成蜡块以后，其皂化情况和石蜡硬脂酸模料差不多。这是因为：蜡基模料具有高的酸值和皂化值，并以脂肪酸为主。所以，这种模料仍和硬脂酸模料一样，存在着皂化问题。为了使蜡基模料能重复使用，我们将这种模料进行回收处理，其回收处理过程如下：将旧蜡与水混合，水约占三分之一，加热使其沸腾。然而，在蜡液中加入0.2~0.5%的硫酸，蜡液开始强烈的反映，静化半小时后即可取出蜡液制成新的蜡锭。回收后的蜡料和新配制的蜡料，从颜色上看基本相同。

我们用回收模料制模，做出的精铸件，表面质量和新模料制成的精铸件基本相同。

## 三、存在的问题

1. 浅色蜡由于刚投产，蜡中还有少部分树脂和铬酸，应该在今后的生产中提高产品质量，达到逐渐减少和清除。

2. 浅色蜡中的灰分比较高，是否影响到产品质量，需要在生产中进一步的考查。

# 新中温模料

## —石蜡—褐煤蜡模料试验总结

北京油泵油泵厂 沈阳铸造研究所 唐山“五·七”日用化学厂

石蜡—褐煤蜡为主的新中温模料制备的蜡模有热稳定性高（约40℃左右），尺寸精度高，强度大等优点，从而提高了蜡模质量。现将我们的试验情况总结如下。

### 一、对新中温模料的要求

我们研制的新模料除满足对模料提出的一般要求外，还必须满足下列要求：

（1）该模料热稳定性必须在40℃以上，这样即便没有恒温设备也能解决夏天高温软化变形问题，另外由于热稳定性提高，蜡模尺寸精度也有所提高。

（2）该模料强度必须比石蜡—硬脂胶模料提高一大步，以满足机械化制壳及制壳新工艺（如交替硬化）。模料收缩率要有所降低。

（3）模料成份以石蜡为基，以我国资源丰富的矿物蜡为主；去掉硬脂酸，基本上不考虑动植物蜡（如川蜡、蜂蜡等）。

（4）模料成份在满足上列要求下，组成的成份应尽量少，以便生产管理，以利于质量控制。

### 一 褐煤蜡简介

根据以矿物蜡为主的原则，在目前国内使用的模料成份中能够采用的只有石蜡、地蜡、另外再加上松香，用这三种成份制备成的模料性能不是很理想，为此我们在模料中进行了新成份—褐煤蜡的试验。

褐煤蜡是从褐煤中萃取出来的矿物蜡，棕黑色（粗制的）或浅黄白色（精制的），质地硬脆，碎片呈壳状，冷时几乎无味，热时有某些脂味。比重为1.02~1.03，熔点为81~85℃（经我们实测，云南寻甸精制浅色蜡熔点为81.7℃），酸值为31~38，皂化值87~100，灰分0.5（粗制的）或<0.2（精制的）。

褐煤蜡组份为蜡、树脂、地沥青类物质等三部分。国内目前生产的褐煤蜡含树脂（丙酮可溶物）为17%，地沥青（石油醚不溶物）为10%左右，这种褐煤蜡称为粗褐煤蜡，也是整个褐煤蜡系统的原料蜡，将粗褐煤蜡经过不同精制处理能派生出许多具有不同性能的褐煤蜡。我国目前生产的褐煤蜡有两种，一是粗褐煤蜡，一是精制褐煤蜡，以下简称粗蜡和精蜡。精蜡系以粗蜡为原料，经过精制而去除树脂所得到的精制蜡，其含蜡量大大提高，杂质相应减少，颜色也从棕黑色变为浅黄白色，故又称浅色蜡。

从上述褐煤蜡物理性能及内部组成看，应用于精铸模料是可以的，粗蜡组成中虽然有树脂、地沥青，用做蜡料成分也是可以的，国外有些蜡料配方中就有树脂、沥青类成分。

我们还对使用褐煤蜡单位进行了调查，结果表明褐煤蜡有如下特点：熔点高，软化点高，热稳定性好；硬度高，组织很致密；表面光亮，这几点都是精铸模料所需要的。

褐煤蜡货源充足现国内云南的寻甸、曲靖，吉林的舒兰等地都有生产。因此，精铸模料中应用褐煤蜡是可行的，也是有益的。

### 三、四种模料的对比试验

我们对四种代表性的模料物理性能进行了对比试验，这些物理性能是：热稳定性、静抗弯强度、收缩率。四种模料的配方及其性能测定结果见表1。

几点说明：

(1) 本试验中有关各性能指标之测定方法和测定仪器部分见附录I。

(2) 由于国内各单位在测定模料性能时所用的试块及方法均不统一，再加上我们试验仪器简陋，试验水平不高，因此本试验中所测定之各性能具体数据仅供参考。

(3) 本试验蜡料配制方法见附录II。

关于表1的几点说明：

(1) 表1中热稳定性能为40℃保温2小时后测定的结果。

(2) 2号配方测不出强度，因试块变形弯曲仍不断裂故无结果。

(3) 3号配方为仿P-3蜡料配方，原配方为石蜡58%。褐煤蜡12%合成地蜡25%。石油馏渣5%。由于没有合成地蜡故用75#精制地蜡代，而石油馏渣找不到故将其含量并入褐煤蜡成分中，这样就成了3号配方。

从表1中可以初步看到：

(1) 热稳定性以4号配方为佳，说明褐煤蜡对提高热稳定性作用不小。2号和3号配方照一般推论热稳定性应该不低，但试验结果却较低。我们估计这可能是由于75#地蜡含量大，软化点低的缘故。在试验中我们曾经发现75#地蜡熔点虽高，但软化点却较低，塑性变化范围很广。

(2) 抗弯强度及收缩率也以4号配方为好。

通过四种模料对比试验，初步看到了石蜡—褐煤蜡模料的优越性。达到了预期的目的，我们预期的目的是：以高熔点石蜡作为基础，以褐煤蜡来提高热稳定性及强度，以松香来降低收缩率，改善涂挂性。

这次试验是在炎热的七月份进行的，为了更进一步比较，我们在初冬的十一月又重复地作了同样的对比试验，目的是：

(1) 看气候对表1中所示的相互关系有无影响；

(2) 试验结果所显示的规律性有无重现性。

这次试验列在表2中，供大家补充参考。

由于两次测试地点不同，测试仪器不同、气候不同，故两次试验结果的具体数据并不相同，但从表2中仍可以看到总的倾向还是依表1中所示，故这儿就不重复细述了，只是收缩率对比关系稍有变动。

需要说明一点是2号配方的抗弯强度不是试样断裂后的强度，因测定时试样只弯不断，同第一次测定时的情况相似，因此这数据只能代表这种模料韧性极好，而不能代表强度。

上述四号配方中除加有褐煤蜡外还加有68℃高熔点石蜡，那么68℃石蜡能否用稍低熔点石蜡代替呢？这个问题的实质也就是石蜡熔点对模料性能到底起什么作用，为此我们还做了一个补充性试验，试验不同熔点石蜡对石蜡—褐煤蜡模料性能的影响情况，试验配方如下：

- 1 号: 68℃石蜡65% 精制褐煤蜡20% 松香15%;  
 2 号: 64℃石蜡65% 精制褐煤蜡20% 松香15%;  
 3 号: 62℃石蜡65% 精制褐煤蜡20% 松香15%;  
 4 号: 62℃石蜡50% 75\*地蜡15% 精制褐煤蜡20% 松香15%。

4 号配方系将原65%的石蜡含量分成50%石蜡和15%75\*地蜡两部分, 目的是再试验一下地蜡对热稳定性起什么作用。

试验结果列在表3中。

从表3中可以看出:

(1) 石蜡熔点对模料热稳定性是有影响的, 64℃石蜡及62℃石蜡模料的热稳定性较差, 超过一般要求, 还是以68℃石蜡为好。在4个配方中热稳定性最差的是加75\*地蜡的4号配方, 这再一次证明了75\*地蜡对提高热稳定性是无益的。

(2) 石蜡熔点在62~68℃之间变化时对强度没有什么大影响。

(3) 石蜡熔点降低, 收缩率有减小的趋势, 但不是太明显, 以4号模料收缩率为低。

通过以上一系列试验可明显地看到褐煤蜡加到模料中能较大地提高热稳定性, 并且对强度和收缩率都产生有益的影响, 基本上满足了对模料提出的四条要求。于是我们把要研究的新中温模料基本确定为以石蜡——褐煤蜡为主的模料。

#### 四、褐煤蜡模料的正交试验设计

在初步确定石蜡——褐煤蜡模料配方的基础上, 我们进行了这种模料的正交试验设计, 通过正交试验, 一方面可以找到最佳配方, 另一方面还可以进一步认识各成份的作用及相互间关系。

正交设计选定的因素和水平如下:

三因素: A. 精制褐煤蜡;

B. 松香(一级或特级);

C. 68℃白石蜡。

三水平: A: A<sub>1</sub>25% A<sub>2</sub>20% A<sub>3</sub>15%;

B: B<sub>1</sub>5% B<sub>2</sub>15% B<sub>3</sub>25%;

C: C<sub>1</sub>55% C<sub>2</sub>65% C<sub>3</sub>75%。

正交表选用L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)

| 列号<br>试验号 | A<br>1 | B<br>2 | C<br>3 | 试 验 结 果 | 列号<br>试验号 | A<br>1 | B<br>2 | C<br>3 | 试 验 结 果 |
|-----------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------|--------|--------|---------|
| 1         | 1      | 1      | 1      |         | 6         | 2      | 3      | 1      |         |
| 2         | 1      | 2      | 2      |         | 7         | 3      | 1      | 3      |         |
| 3         | 1      | 3      | 3      |         | 8         | 3      | 2      | 1      |         |
| 4         | 2      | 1      | 2      |         | 9         | 3      | 3      | 2      |         |
| 5         | 2      | 2      | 3      |         |           |        |        |        |         |

具体配料时将上述各水平之百分数乘一个固定配料总重即可, 我们在三因素中把石蜡也做为一个独立因素, 其目的是通过正交试验的分析, 能单独看到石蜡对模料性能的影响情况。

试验结果及正交试验计算见表4, 正交计算结果的图解分析见图1。

从图解分析中我们可以得出下列见点:

(1) 按各因素对每种性能指标的影响作用的大小可以排成下列主次顺序关系:

|      |   |   |   |
|------|---|---|---|
|      | 主 | → | 次 |
| 热稳定性 | A | B | C |
| 抗拉强度 | A | C | B |
| 收缩率  | B | C | A |

所谓主次系指对性能指标的影响是起主要作用还是起次要作用。

根据这个主次顺序关系我们可看到:

- ① 三个成份中以精制蜡对热稳定性影响最大, 褐煤蜡含量增大则热稳定性提高。
- ② 从强度看褐煤蜡也起主要作用。
- ③ 从收缩率看松香起主要作用, 含量从15%减到5%时则收缩率直线上升。

这样我们就抓住影响各性能指标的主要因素是什么, 以便于有效地控制和掌握模料。

(2) 三个性能指标中我们认为最主要的是热稳定性, 其次是收缩率, 再其次是强度。  
按这样关系综合考查, 选出的最优水平组合是 $A_1B_2C_3$ , 换算成蜡料配方为: 精制褐煤蜡22%, 松香22%, 68℃石蜡56%, 这也就是我们所要求的最优配方。

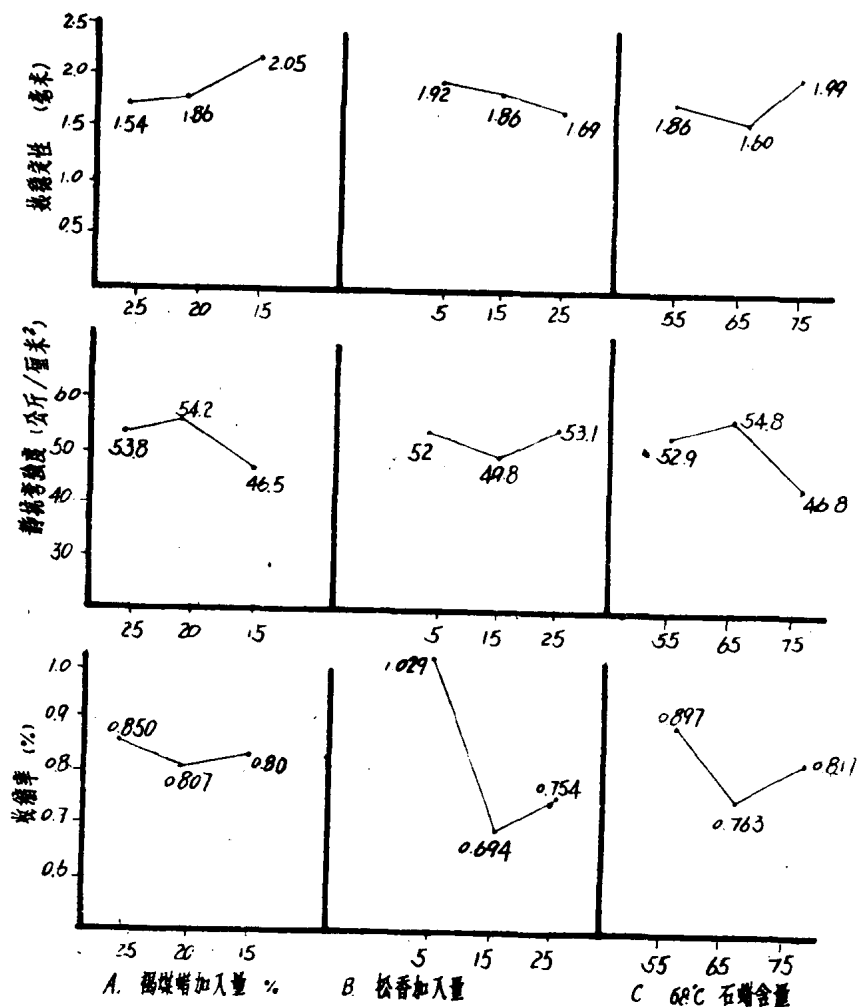


图1 正交计算图解分析

### 最优配方的验证试验

将所选定最优配方同正交设计 9 次试验中理想的配方（试验中 2 号配方）相对比，以验证最优配方，试验结果见表 5，其中热稳定性为 40℃ 保温两小时测试结果。

表5 最优配方验证试验

| 配 方                                 | 热稳定性 (毫米) | 收缩率 % | 抗拉强度公斤/厘米 <sup>2</sup> |
|-------------------------------------|-----------|-------|------------------------|
| 最优配方<br>22% 精制蜡, 22% 松香, 56% 68℃ 石蜡 | 0.46      | 1.04  | 65.5                   |
| 理想配方<br>24% 精制蜡, 14% 松香, 62% 68℃ 石蜡 | 0.59      | 1.34  | 59.5                   |

从表 5 验证试验对比中，可以看到所选定的最优配方是正确的。

### 五、粗褐煤蜡试验工作

上述褐煤蜡模料试验中所加褐煤蜡均为精制蜡。精制蜡能应用于精铸模料，那么粗制蜡是否也可以呢？所以提出这个问题一者是因为当前精制蜡产量稍低，成本稍高。再者，也是最主要的一点即这种粗制变精制的过程对精铸模料来说是否完全必须？为此我们进行了粗制蜡（未经任何精制与改性）直接应用于精铸模料的试验，以期能广开货源，降低模料成本。

粗制蜡直接应用到模料中去，其关键在两点，一是粗制蜡模料的性能要与精制蜡的相当，二是粗制蜡模料的灰分必须少，不能超过精制蜡。我们就是针对这两点来进行试验的。

第一，首先进行了精制蜡与粗制蜡对比试验，所用对比配方为精制蜡正交试验所优选的配方，该配方为：褐煤蜡（粗制的或精制的）22%，松香 22%，68℃ 石蜡 56%。

对比试验结果见表 6

表 6 表明这两种模料性能基本相近，也就是说用粗制褐煤蜡代替精制蜡是有可能的

仍按这个配方又做了三次对比试验，重点测定其热稳定性，试验结果列在表 7 中

表 7 中第一次试验条件为 42℃ 保温 2 小时，第二次试验为 41℃ 保温 2 小时，第三次试验为 40℃ 保温 2 小时（最后五分钟首达 42℃）。

这三次试验进一步表明：（1）粗制蜡配方接近于精制褐煤蜡，在热稳定性上超过了精制蜡，（2）在温度为 40℃ 到 42℃ 范围内，粗制褐煤蜡热稳定性性能是比较稳定的，而精制褐煤蜡却有很大的波动。

根据这四次对比试验，可见粗制褐煤蜡是能够应用于精铸模料的。

为找到加有粗制蜡的模料最佳配方，并进一步认识模料中各组分间的相互关系，我们对粗制蜡模料也进行了正交试验设计。因素及水平选定如下：

三因素：A—褐煤蜡（粗制）

B—松香

C—68℃ 石蜡

三水平：A: A<sub>1</sub>25% A<sub>2</sub>20% A<sub>3</sub>15%

B: B<sub>1</sub>15% B<sub>2</sub>15% B<sub>3</sub>0%

C: C<sub>1</sub>75% C<sub>2</sub>65% C<sub>3</sub>55%

选用正交表 L<sub>9</sub> (3<sup>4</sup>)

配料时将上述各水平之百分数乘一个固定配料总重即可。

试验结果及正交试验计算见表 8，正交计算结果的图解分析见图 2。

从图解分析中我们可以得出下列几点：

(一) 按各因素对每种性能指标影响作用的大小可以排成下列主次顺序关系：

|       | 主 | 次 |   |
|-------|---|---|---|
| 热稳定性  | A | B | C |
| 静抗弯强度 | B | C | A |
| 收缩率   | B | C | A |

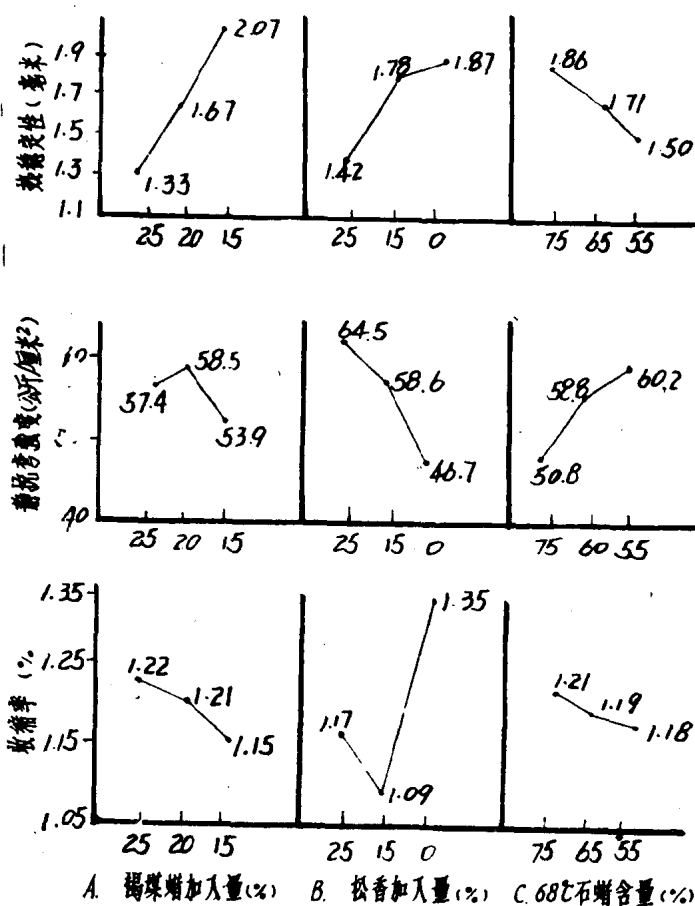


图 2 正交计算图解分析

其中所谓主次系指对某一性能指标起主要作用或次要作用。

根据这个主次顺序关系可以清晰看到：

(1) 粗褐煤蜡对热稳定性能影响极大，随着粗蜡含量增加成直线上升，而对静抗弯强度和收缩率不起什么作用，含量变化时这两个指标变化较平缓，不过含量低于20%时变化稍为大些。

(2) 松香对热稳定性能的影响作用虽不及粗制蜡大，但位居第二。另外对静抗弯强度及收缩率都有举足轻重的影响。

这样我们就能抓住影响各性能指标的主要因素是什么？以便于有效地控制和掌握蜡料。

(二) 三个性能指标中我们认为最主要的是热稳定性，其次是收缩率，再其次是强度。

按这样的关系综合考查,选出的最优水平组合是 $A_1B_1C_3$ ,换算成蜡料配方为粗制蜡24%、松香24%、68℃石蜡52%,这也就是我们所要的最优配方。

(三) 考虑到松香多,能使蜡模发粘,致使修模困难,根据图解分析,也可将水平组合选为 $A_1B_2C_3$ ,换算成蜡料配方为26%粗制蜡,16%松香,58%的68℃石蜡,或调整为25%粗制蜡,20%松香,55%68℃石蜡。

#### 最优配方验证试验

将所选定之最优配方同正交设计9次试验中较理想的配方(试验中4号配方)进行对比,以验证最优配方,试验结果见表9。

表9 最优配方验证试验

| 配 方                                   | 热稳定性<br>(40℃保温2小时) (毫米) | 收缩率% | 抗弯强度<br>公斤/厘米 <sup>2</sup> |
|---------------------------------------|-------------------------|------|----------------------------|
| 最优配方<br>24%粗制蜡<br>24%松香<br>52%68℃石蜡   | 0.69                    | 0.90 | 95.2                       |
| 理想配方<br>18%粗制蜡<br>21%松香<br>61%石蜡(68℃) | 1.26                    | 0.95 | 75.1                       |

从表9中可以看到所选最优配方是正确的

第二,粗制蜡模料的灰分测定,对比精制蜡模料及现用石蜡—硬脂酸模料的灰分,测定结果如下:

|          | 灰分%   |
|----------|-------|
| 粗制蜡模料    | 0.11  |
| 精制蜡模料    | 0.02  |
| 石蜡—硬脂酸模料 | 0.047 |

测定结果表明粗制蜡模料的灰分确实稍高,这是它应用时不利的一面,在试验中据我们观察和分析,灰分高主要还是由于混入粗蜡中的机械杂质—煤灰所引起的,在配制粗制蜡模料时,曾将粗蜡熔化沉淀两次,发现容器底部有不少黑色沉淀杂物。

若褐煤蜡厂生产时能有效地控制这机械杂质(这是根本的),然后使用单位再加以注意,如沉淀过滤等,那么粗制蜡模料的灰分是可以降低的,不利的一面是可以克服的。

在下述的工艺试验中,用粗制蜡模料配方浇注出来的精铸件,其表面光洁度用肉眼观察与精制蜡并没有什么差别,因此我们认为只要加强沉淀过滤,粗制蜡灰分虽然高一些,还是可以应用于精制模料的。

## 六、工艺试验及实物测定情况

在进行各种模料性能对比试验时,除压制试样以备测定外,同时还压制不同配方的蜡模进行对比。但我们认为仅这样的对比是不够的,因此配合性能试验还做了一些较系统的工艺试验。工艺试验内容是:用试验的模料配方压制蜡模,将蜡模焊装成组,而后结壳、脱蜡直至焙烧浇注。这样能系统地看到所试验模料在整个精铸过程中,其工艺性能到底怎么样。

工艺试验一共进行三次。

第一次是在初步确定石蜡—褐煤蜡模料配方后进行的，模料配方为：精制褐煤蜡20%、松香15%、68℃石蜡65%。试验数：三组模组。

第二次是在褐煤蜡模料中添加改性松香时进行的（该试验情况未列入总结）。试验数：4组模组。

第三次是在粗褐煤蜡模料正交试验后进行的，模料配方为粗褐煤蜡25%、松香20%、68℃石蜡55%（这个配方系将最优配方加以调整而定的）。试验数：6组模组。

通过三次工艺试验，初步摸清了石蜡—褐煤蜡模料在焊接性和涂挂性上是理想的，在热水脱蜡时，水温、脱蜡时间及脱净程度与石蜡—硬脂酸模料并无差别，因此可以说这种模料在工艺上是可行的。

三次工艺试验所浇成的铸件（未喷砂）见图3。

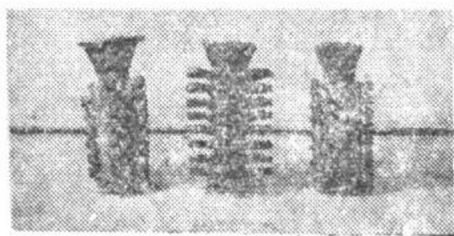


图3 工艺试验浇注之铸件

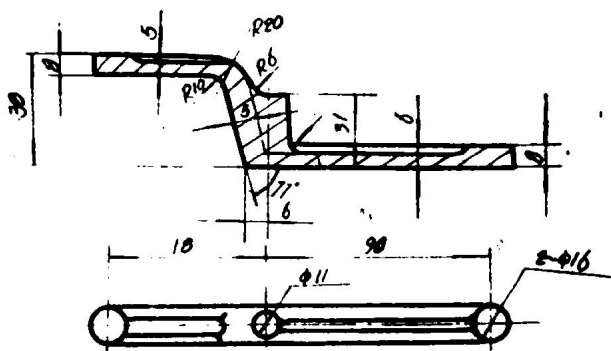


图4 调速手柄

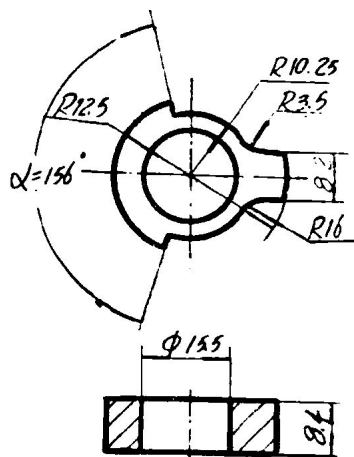


图5 调节齿轮

## 七、模料回收

石蜡—褐煤蜡模料的回收工作我们做的较少，从已做的一些工作看来，这种模料回收还是比较容易的，回收后模料性能也未见有什么大变化。现将已做的工作介绍如下：

原模料配方：25%粗制蜡、20%松香、55%68℃石蜡。

回收方法：一般的热重熔法（水温100℃），即将待回收模料熔解，沸腾，净置沉淀，最后撇出干净之蜡液。

回收后模料的性能与原模料之对比见下表

| 模料 \ 性能 | 热稳定性（毫米）<br>40℃保温2小时 | 收缩率% | 抗弯强度<br>（公斤/厘米 <sup>2</sup> ） |
|---------|----------------------|------|-------------------------------|
| 原模料     | 1.08                 | 0.75 | 76.7                          |
| 回收模料    | 0.95                 | 0.93 | 63.7                          |

回收模料之涂挂性也很理想

在比较模料热稳定性能时，除用试样对比外，我们还用实物进行对比，这样的对比更实际。

选取的实物是北京油泵油咀厂生产的两个精铸件，一是调速手柄，一是调节齿圈，其铸件图见图4、图5。调速手柄细长，蜡模在高温时易变形，调节齿圈内园尺寸( $\phi 15.5$ )要求较严，故所选这两个另件还是有代表性的。

现将实物测定结果对比如下：

### 1. 调速手柄

① 装夹及测定方式见图6

② 测定的对比项目：在40℃保温两小时情况下，H值的变化（即热稳定性）

③ 手柄模料配方。

1号：精制蜡22%、松香22%、68℃石蜡56%；

2号：粗制蜡22%、松香22%、68℃石蜡56%；

3号：硬脂酸50%、62石蜡50%（即现在生产用的模料）

④ 对比结果见表10

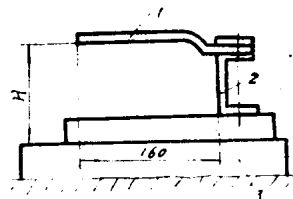


图 6

1—手柄蜡模 2—热稳定性测定夹具 3—平台

表10 H值变化对比

| 配 方 | 原测H值 (毫米) | 加热变形后H值 (毫米) | 下垂变形量 (毫米) |
|-----|-----------|--------------|------------|
| 1   | 90.25     | 86.75        | 3.5        |
| 1   | 90.7      | 88.15        | 2.55       |
| 2   | 90.6      | 87.1         | 3.5        |
| 2   | 91.15     | 88.75        | 2.40       |
| 3   | 92.00     | 85.20        | 6.80       |

### 2. 调节齿圈

① 装夹及测定方式见图7。

② 测定对比项目：在40℃保温两小时情况下H值的变化及内园尺寸 $\phi$ 值的变化。

③ 齿圈模料配方

1号：粗制蜡22%、松香22%、68℃石蜡56%；

2号：硬脂酸50%、62℃石蜡50%（即现在生产用模料）

④ 对比结果见表11、表12

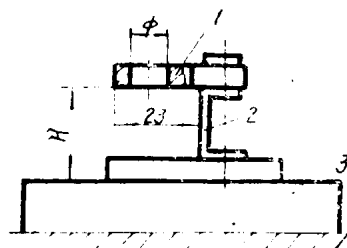


图 7

1—齿圈蜡模 2—热稳定性测定夹具  
3—平台

表11 H值变化对比

| 配 方 | 原测H值 (毫米) | 加热变形后H值 (毫米) | 下垂变形量 (毫米) |
|-----|-----------|--------------|------------|
| 1   | 56.95     | 56.85        | 0.10       |
| 1   | 55.85     | 55.80        | 0.05       |
| 2   | 55.60     | 55.35        | 0.25       |
| 2   | 55.35     | 55.30        | 0.05       |

表12 内园尺寸 $\phi$ 值变化对比

| 配 方 | 蜡模原 $\phi$ 值 (毫米) | 加热后变化 $\phi$ 值 (毫米) | 径向变化量 (毫米) |
|-----|-------------------|---------------------|------------|
| 1   | 15.30             | 15.30               | 0.00       |
| 1   | 15.40             | 15.34               | 0.06       |
| 2   | 15.24             | 15.14               | 0.10       |
| 2   | 15.24             | 15.12               | 0.12       |

从上述实测对比中，不难看出石蜡—褐煤蜡模料在稳定性能上大大优于石蜡—硬脂酸模料，尺寸精度比后者为高，而收缩率比后者为小。

## 八、结论与建议

结论：

① 以石蜡—褐煤蜡为主要成份的模料是可以做为中温模料而应用于精铸生产的。

② 就模料性能说（热稳定性、收缩率、抗弯强度）这种模料最佳配方为：

22%精制蜡、22%松香、56% 68℃石蜡

或 24%粗制蜡、24%松香、52% 68℃石蜡。

最佳配方在生产使用时要根据具体情况加以调整，此外正交设计中的九次试验配方也可供选择参考。

③ 这种模料的性能参数及成本（供参考）：

|                           | 石蜡—精制蜡模料 | 石蜡—粗制蜡模料 |
|---------------------------|----------|----------|
| 熔点(℃)                     | 约75左右    | 约75左右    |
| 热稳定性(软化温度)℃               | 40~42℃   | 40~42℃   |
| 压注时蜡膏保温温度(℃)              | 59~60℃   | 59~60℃   |
| 收缩率(%)                    | 0.98     | 0.84     |
| 抗弯强度(公斤/厘米 <sup>2</sup> ) | 60       | 80       |
| 灰分(%)                     | 0.02     | 0.11     |
| 成本(元/公斤)                  | 4.6      | 2.3      |

## 附录 I 精铸模料试验方法及仪器

1. 热稳定性能（亦称软化点）测试试样断面尺寸：6×2（宽×高）

测试方法：将试样装卡在热稳定性能专用夹具上，使悬臂长度都对齐60毫米处，在平台上用游标高度尺测原高度（悬臂顶端到平台的高度），然后放入保温箱中，在规定的温度下保温两小时，取出之后再放到平台上用上述方法测其高度，两次高度差即为试样下垂的变化量（以毫米计）。从变化量大小即可看出热稳定性好坏。这个量按规定须2毫米，与此相对应的保温温度就是模料的软化点。

测试仪器及工具：

- ① 保温箱 ( $T^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ )
- ② 游标高度尺
- ③ 平台
- ④ 试样模具。

有关这部分内容请参看图8。

2. 抗弯强度

由于用八字块试样测抗拉强度困难，故改测抗弯强度。

试样尺寸：见图9（用八字块代替抗弯试样）

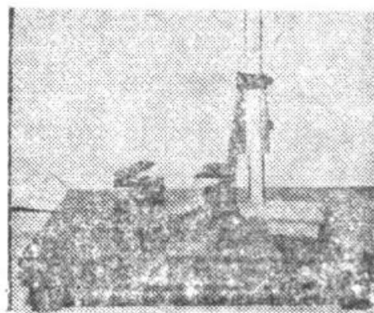


图8 热稳定性测定