

熔模铸造用 RML-1 和 RML-2 液状中温模料

六二一所 精铸模料题目组

一、前言

近年来,随着航空事业的发展,各国都在研究提高铸件精度的技术。而影响铸件尺寸精度的因素很多,其中重要的一点是熔模的尺寸精度。过去常用的苏联МАМ-500及改型的中温模料,虽然收缩率很小,但相当脆;日本的液状中温模料尽管塑性好,表面光洁,但收缩率大,都不符合精铸大零件的要求。我们自1974年以来,利用国内资源,参照日英等国腊料的性能,开展了熔模铸造液状中温模料的研究,成功地选择了基本配方。其特点是,线收缩率较小,热稳定性好,表面光洁度高。主要性能优于现有的糊状中温模料。综合性能与英国生产用腊相近。用这种液状中温模料成功地压制了实心叶片,空心叶片;在整体结构件上也得到应用。生产试验在一二〇厂等单位进行,所铸的小余量涡轮和导向叶片效果良好。

二、熔模原材料

精铸工艺对熔模材料的要求是:

1. 热容量小,熔点在 $60\sim 85^{\circ}\text{C}$;
2. 流动性好,表面光洁;
3. 收缩率小,热膨胀小;
4. 有足够强度和耐热性;
5. 无灰分,无毒,价廉。

熔模原材料按工艺性及其作用分为二类。一类是保证腊料成型的组份,有石腊、地腊、川腊、蜂蜡、聚乙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物等。此类材料一般是中性的,非极性物质,带

— CH_2 —基,加入模料中提高强度和塑性。另一类是提高对涂料的亲合力和浸润性,改善涂挂性的组分,有硬脂酸、褐煤腊、松香及改性松香等。它们一般带有—OH羟基,—COOH羧基,是极性物质。

石腊是从石油中提炼出来的石油化工产品。其分子量不大,是从 $\text{C}_{19}\text{H}_{40}$ 到 $\text{C}_{35}\text{H}_{72}$ 组成的高级烷烃。

地腊是一种饱和系固态高分子碳氢化合物,分子量从 $\text{C}_{37}\text{H}_{76}$ 到 $\text{C}_{53}\text{H}_{108}$ 。纯地腊是由在石油矿井、输油管及储油壁上形成的石油质沉积物提炼制得的。石腊和地腊中的碳氢化合物是组成— $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 的两类不同的同系物体系。

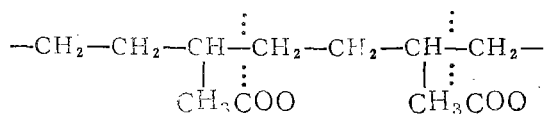
石腊和地腊加入模料中,提高强度、塑性及流动性。它们都不溶于硅酸乙酯。但石腊收缩率小,地腊收缩率大。

松香是天然树脂的一种,是从针叶类松树树干中取得的产品。化学组成主要为同分异构树脂酸,通式是 $\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_2$ 。松香收缩率小(仅0.3%),软化点为 $65\sim 80^{\circ}\text{C}$,缺点是质脆、发粘。

聚合松香是松香中树脂酸在酸型催化剂下进行聚合反应制得。一聚松香和二聚松香中含二聚体分别为30%和50%。聚合松香分子量大,软化点高,稳定性好,不结晶,有良好的混熔性。生产聚合松香的原料是松香,来源丰富。因此聚合松香可以代替部分昂贵、有毒和紧缺的化工原料,是有发展前途的品种。

乙烯-醋酸乙烯共聚物简称EVA,是由乙

烯气和醋酸乙烯共聚而成，具有以下化学结构：



EVA的品种牌号很多，性能有很大差异，控制EVA物理性能有两个指标：一是醋酸乙烯含量，符号是VC；一是熔融指数，符号是MI，单位为克重/10分钟。当VC=0时为聚乙烯；当VC=10~20%为塑料型；当VC=30~35%时，为橡胶状。EVA有刚性，有光泽，柔软，成型工艺性能好，分解温度为230℃。熔化温度约110℃，外形为无色透明的塑料颗粒状。EVA粘性强，加入模料中使各组分熔合均匀，增加模料的弹性和流动性。

三、熔模的配方

开始采用多方案进行了大量的试验工作。以后运用正交设计进行配方试验，选择了最佳配方。其中RML-1和RML-2已用于生产。模料配方按重量百分比计，见表1。

表1 熔模配方（按重量比%）

原料 方案	石蜡	地蜡	松香或 聚合松香	二聚松香或 改性松香	EVA 或 聚乙烯
RML-1	30~35	8~12	15~20	35~40	3~5
RML-2	25~30	8~12	10~15	45~50	3~5

以上配方可外加0.01%酞青绿，立索尔大红，立索尔宝红等有机染料着色。

各种原材料按以下规格提取。

1. 石蜡：按技术条件GB446-77，选择62#，66#两种牌号的精白石蜡，北京东方红炼油厂、大连石油七厂等单位生产。

2. 地蜡：按技术条件SY1605-76，提取80#提纯地蜡，四川南充炼油厂、锦西石油五厂生产。

3. 松香：按技术条件LY204-63提取特级松香，由广西梧州松香厂加工。

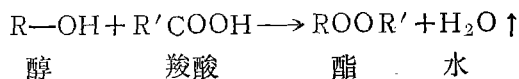
4. 聚合松香：按技术条件粤Q/LY1-75，提取115#一聚松香及140#二聚松香，广东省翁源县林产化工厂生产。

5. 乙烯 醋酸乙烯共聚物：国产醋酸基VC含量26%，熔融指数MI=250克/10分钟。国内由上海化工研究院试生产。另外，也可用日本的EVA630。

四、熔化配制工艺

模料中各组份加热熔化，形成均匀的“固融体”，是一种物理化学现象，一般不产生化学反应，有时也伴有一些化学反应，生成另一种产物并放出气泡，不过这是次要的。熔化过程产生的现象一般与原材料性能有关。分子结构相似的物质互溶性好，分子极性相同的物质互溶性也好。分子结构相异性大，极性不同的物质互溶性差或不熔融。如石蜡和松香，在坩埚中加热80~100℃，5分钟后不断搅拌也分层，不互溶。若加入地蜡，三者很快熔合成均匀的液体。原因是石蜡为线性结构，地蜡是枝链结构，松香是体型结构。石蜡与地蜡能互溶，地蜡与松香能互溶，所以三者能互溶在一起，石蜡与松香结构差异大，不能互溶。

熔模原材料一般具有一定的熔点，沸点及分解温度等。为此，模料配制时的熔化温度一定要严格控制。如EVA的分解温度为230℃，精制褐煤蜡的分解温度为160℃，所以都不能高于分解温度。熔化过程中产生气泡有以下原因：①原材料本身不干燥，含有水份和溶剂；②存放过程中吸潮；③温度过高产生分解，冒烟，冒泡，低分子物质挥发，模料变脆；④发生局部化学反应，生成水、氨气，并随之放出。如下式：



熔模的性能由原料及配方决定，而熔化工艺也有直接的影响。如熔化温度过低，熔化不完全，不均匀，性能就不稳定。熔化过程主要控制下面几个因素：

1. 温度及保温时间;
2. 搅拌速度及时间;
3. 加料顺序。有时加料顺序有影响,有时无影响,根据不同的配方而论。

选择的熔化工艺是:将小部分石蜡及EVA放入坩埚中,在 $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 搅拌均匀,再把地腊、聚合松香等加入,升温至 $145\pm 5^{\circ}\text{C}$,保持3~5小时,搅拌均匀,并保温1~2小时。降温除气,过滤,浇成锭块。此工艺可缩短生产

周期,保证模料性能,并且操作安全。

五、模料的性能

为了检验模料的性能,我们建立了十二种模料性能测试方法,进行了模料的性能测试工作。从表2可以看出,RML-1和RML-2模料的流动性、耐热性及表面光洁度比糊状中温腊好,重熔腊料的性能亦稳定。

表2 各种模料性能数据

项 目	单 位	方 案			
		RML-1 和RML-2	英国RR5腊	糊状中温模料	测 试 方 法
滴 点	$^{\circ}\text{C}$	73~77	74.0	96	Q/6S 124—80
压制收缩率	%	0.37	0.52	0.36	Q/6S 119—80
抗弯强度	公斤/厘米 ²	40	47	32	Q/6S 121—80
针入度	1/10毫米	12.2	11.9	14.7	Q/6S 125—80
耐 热 性	毫 米	14.0~18.0	17.9	全部下垂	Q/6S 126—80 (液状压制试样)
流 动 性	厘 米	42.2/67 $^{\circ}\text{C}$	70.3/67 $^{\circ}\text{C}$	28.7/85 $^{\circ}\text{C}$	Q/6S 127—80
灰 分	%	0.07~0.08	0.05	0.15	Q/6S 129—80
表面光洁度		> $\nabla 7$	$\nabla 7$	> $\nabla 6$	用双管显微镜测

六、压制成型工艺

为了获得高质量的腊模,除了寻找合理的腊料成份外,还需对制模工艺进行试验。影响较大的工艺因素是模料的压制温度,压注压力,保压时间,模具温度,合模力,分型剂的种类,胎模的制备及环境因素等。

试验开始时模料工艺不稳定,产生不少缺陷,如腊模表面有流线、腊模裂纹、气泡、变形等。以后摸索工艺条件,调整工艺参数,严格操作,这些缺陷基本得到克服。

降低压制腊温、提高压力可降低腊料收缩率,对于制得表面无流线、无气泡、无裂纹的腊模也是很重要的。为了防止腊模变形,我们制备了各种胎模。

RML-1和RML-2模料压制薄壁零件收缩小;但压制厚大零件或零件厚壁部位,如锁

根,则有缩凹现象。由于收缩率受制模工艺条件的影响,如压力、温度等,所以我们选择了合理的工艺参数,并采用冷芯块等措施解决了缩凹缺陷。假若无限度地单纯追求模料本身的极小收缩率,将花费更大的精力,必要性不大。

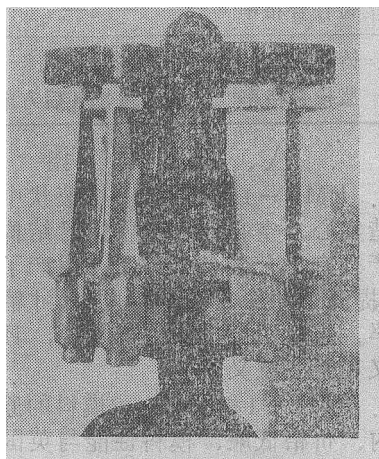


图1 涡轮叶片腊模组

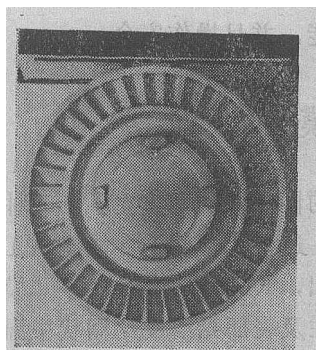


图 2 整体结构件腊模

在试验室, 用 RML-1 模料压制了 10 多种零件。该模料的工艺成型性能较好, 可采用高压, 气压, 手压等各种方法成型。可用钢模, 亦可用塑料模成型。压制成的实心、空心叶片及整体盘结构件腊模见图 1~3 (图 3 取自工厂生产线)。

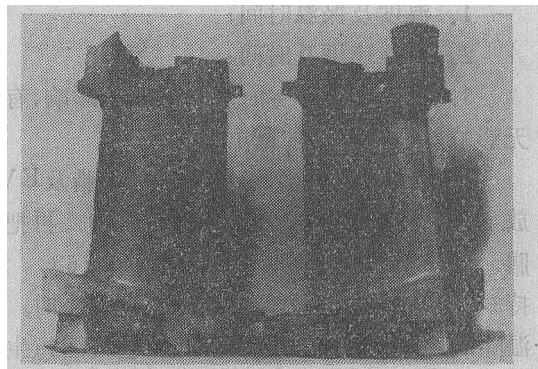


图 3 空心叶片腊模

模见图 1~3 (图 3 取自工厂生产线)。

七、生产应用试验阶段

在一二〇厂领导的支持下, 在工厂用 RML-2 模料进行了生产试验。其中包括原材料规格的调整试验, 熔化工艺试验, 测试腊料性能, 压制工艺试验, 精铸工艺过程试验等阶段。经过两三年的努力, 至今模料新工艺基本稳定。

1979 年 7~9 月, 一般是工厂一年中最炎热的季节, 室温 30℃ 左右, 在没有恒温恒湿的条件下, 利用现有的工艺装备, 排除了腊模的各种缺陷, 成功地压制了实心涡轮叶片及导向叶片, 腊模生产合格率达到 80~90%。此外还压制成功空心叶片腊模, 用以生产了近万件 K3, K5, K18 等高温合金精铸件。

精铸件用各种腊料试生产效果见表 3。

表 3 精铸件用各种腊料试生产效果

项 目		腊 料		
		低 温 腊	糊 状 中 温 模 料	RML-1 和 RML-2 模料
腊料成本, 元/公斤		2.6	2.5; 4.4; 5.0*	2.7~2.8
腊模表面光洁度		▽6	▽6~▽7	▽7~▽8
铸件表面光洁度		▽5	▽5	▽6
实 心 叶 片	腊模合格率	未试生产	需经热水矫形方能用	80~90% (在胎模中存放 1 小时)
	铸件加工余量	—	1.00~0.5 毫米	0.20~0.35 毫米
	铸件合格率	—	均需矫形方合格 (小余量腊模不能成型)	60~70% (另件 77504—115; —116; —126/127)
空 心 叶 片	铸件加工余量	0.20~0.25 毫米	—	0.20~0.25 毫米
	腊模合格率	经大量修补后方能用	不 能 成 型	90% (不需修补)

八、结 束 语

1. RML-1 和 RML-2 液状中温模料适于制造实心、空心叶片及整体盘结构件, 在工厂生产现有工艺装备条件下, 生产了小余量精铸件, 提高了铸件表面光洁度、尺寸精度及生产合格率。这对工厂目前生产来说, 具有普遍现实意义和经济意义。

2. RML-1 和 RML-2 模料的原材料立足于国内、价格低廉、模料性能与英国生产用液状中温模料相近, 可以代替现有的糊状中温模

料与低温腊使用。因为它是液状压制的模料, 更适于制造薄壁零件, 对于厚壁零件收缩率显得大些, 可采用其他工艺措施加以解决, 或今后进一步改进。

3. 采用液状中温模料, 配备自动化、半自动化高压成型设备, 制备尺寸稳定、表面光洁度高的腊模, 可提高精铸件的尺寸精度和表面光洁度, 符合熔模精密铸造的发展方向。

* 为工厂现用模料价格

(黄爱珍 执笔)