

复杂异形陶瓷型芯的研究

六二一所空心叶片及型芯组

一、前言

目前所有高推重比的发动机都采用了复杂异形孔型的冷却叶片。为满足设计要求,我们对某些复杂的异形孔型陶瓷型芯进行了研究,先后研制出如图1所示的a、b、c三种结构的型芯。这些型芯的特点是形状复杂、壁薄(连接部位的厚度仅0.6~0.7毫米),这就给陶瓷型芯提出了一些特殊要求。经过反复试验,基本上克

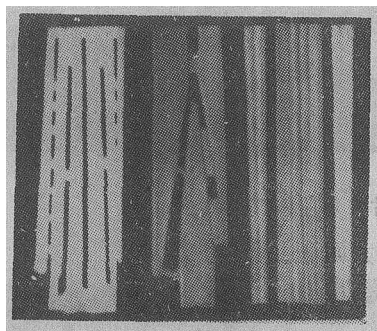


图1 三种型芯外型

服了由于型芯薄的部位强度不足,在制模过程中造成型芯折断和浇注时铸件漏芯等技术问

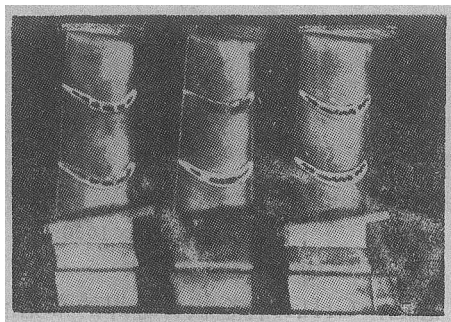


图2 三种孔型叶片铸造毛坯

题,并用以铸造出如图2所示的三大孔对流、三大孔回流和六孔回流等三种孔型的叶片,部分叶片进行了冷效试验,冷却效果明显提高。

如三大孔回流叶片平均降温220℃,比10孔型高60℃,且温度分布均匀。

二、基体材料的选择

对型芯基体材料的要求:

1. 具有良好的尺寸稳定性,以免型芯在加热或冷却过程中,由于型芯材料中结晶相的转变而引起突然的收缩或膨胀;
2. 具有一定的常温强度,以免在制模或脱蜡过程中型芯折断;
3. 与金属材料不起反应;
4. 可溶性好,型芯易从铸件中溶出;
5. 耐火度高,型芯在高温下不软化不变形。

根据上述要求,本试验选用了石英玻璃为型芯基体材料。

石英玻璃是一种良好耐火材料,它的密度为2.21克/厘米³,线膨胀系数极小,在20℃时为 $5 \times 10^{-7} 1/^\circ\text{C}$,1200℃时为 $11 \times 10^{-7} 1/^\circ\text{C}$,抗急冷急热性良好,耐火度较高,在2公斤/厘米²下的荷重软化温度为1280℃,它能经受1000~1200℃高温,还可以短时间内加热到1400℃。

由于石英玻璃具有良好的抗急冷急热性能,且机械性能随温度的变化甚小,不与熔融金属起反应,并能被熔融碱和碱溶液所腐蚀等优点,因此被广泛用于熔模精密铸造的陶瓷型芯基体材料。

三、颗粒度控制

型芯基体材料颗粒度的大小,是影响型芯烧结特性的一个重要因素。在一般陶瓷生产

中，往往采用粒度较细的粉料，以获得强度较高的制品。而熔模精密铸造用的陶瓷型芯，不但要求具有一定的强度，而且要求具有较小的收缩和良好的高温性能。为选择合适的粒度，本试验对粗细两种粒度的型芯进行了某些性能试验，结果示于图3。

从图3看出，粒度变细，常温抗弯强度提高，烧成收缩增大，高温变形增大。这是因为石英玻璃基陶瓷型芯是有少量液相参与的固相烧结体。而固相烧结主要是颗粒之间固相扩散反应。众所周知，在不同状态下，同一物质的表面积是不同的。高度分散的粉末颗粒比块状材料具有大得多的表面积，因此系统的表面能高，极大的表面能使系统极不稳定。根据热力学原理，系统表面能对固态粉料的熔化温度有显著的影响。颗粒变细，表面能增加，物体熔化温度下降，其下降值可用下式进行计算，

$$\Delta T = \frac{2\gamma MT}{R \cdot d \cdot Q_{\text{熔融}}}$$

即物料相对的熔点变化与颗粒半径R、固体比重d、熔融潜热Q_{熔融}成反比，与晶体表面张力γ及物质分子量M成正比。T为物质的熔融温度(°K)。由此可见，粉料颗粒愈细，粉料的熔化温度降低愈多，因此在同一烧结温度下颗粒愈细，制品烧结愈致密，因而强度高、收缩大。

为综合考虑型芯性能，本试验选用了50~150微米的混合粒度。

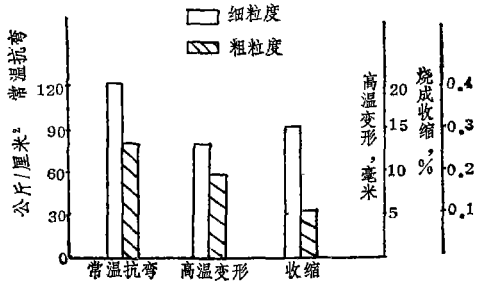


图3 粒度对性能的影响

四、终烧温度的确定

终烧温度亦是影响型芯烧结特性的重要因

素之一。终烧温度高，制品烧结致密，因而强度高。但对于石英玻璃基型芯，因石英玻璃在1200℃以上开始析出结晶型方石英，随着温度的升高，方石英析出量增多。图4是不同终烧温度型芯的差热曲线。可见终烧温度提高到1300℃时，在220℃左右有明显的方石英转变的吸热峰，可见方石英已显著增多。过量方石英的析出对型芯制品是不利的。因为方石英在冷却过程中发生晶型转变，由高温方石英转变

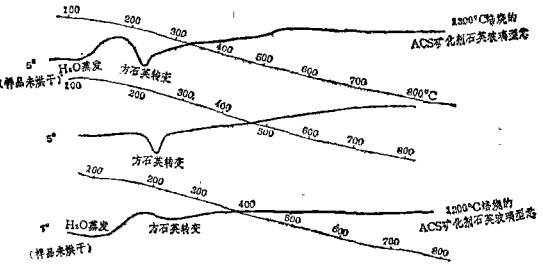


图4 石英玻璃陶瓷型芯差热曲线(差热曲线用300μV记录)

为低温方石英，引起体积显著变化，从而导致型芯破裂。为寻找合适的终烧温度，本试验对不同的终烧温度1100℃、1150℃、1200℃进行了试验。某些性能测定结果示于图5。

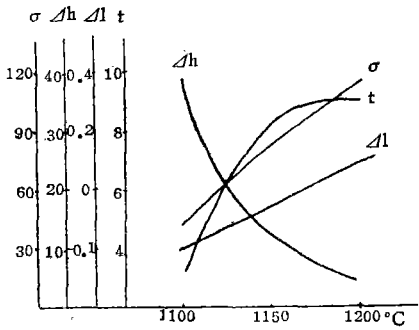


图5 不同终烧温度对型芯性能的影响
σ—常温抗弯强度(公斤/厘米²)
Δh—高温变形量(毫米)
Δl—烧成收缩率(%)
t—腐蚀时间(分)

试验结果表明，提高终烧温度，可使常温抗弯强度增大，高温变形减小，烧成收缩增大，腐蚀时间延长。不过收缩值和腐蚀时间均

能满足所研制零件的要求，故在本试验中选用了1200℃的终烧温度。

五、型芯的强化处理

焙烧后的型芯，一般具有承受制模时的注射压力和高温浇注时金属的冲击力的强度。但对于薄壁复杂的型芯，在制模和浇注金属时经常发现型芯断裂。为提高型芯的强度，对所研制的型芯进行了强化处理。

1. 高温强化

将焙烧后的型芯浸入水解硅酸乙脂中，然后氨干固化。强化后的型芯的高温强度提高 $\frac{1}{3}$ ，高温变形量减少 $\frac{1}{3}$ （见图6）。由于陶瓷

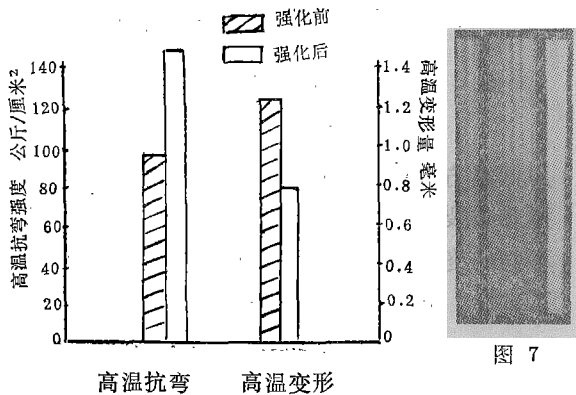


图 6

型芯是多孔的坯体，在微管压力作用下，硅酸乙脂浸入陶瓷型芯的微孔中，在干燥过程中，硅酸乙脂的有机硅由溶胶变为冻胶，再脱水成为凝胶。经高温焙烧后变成极小的 SiO_2 微粒，使多孔陶瓷型芯的高温性能得到提高。

本试验曾对图7结构的型芯，采用高温强化和不采用高温强化，进行了浇注零件的对比试验，结果列于表1。可见，高温强化可提高零件的合格率。

2. 低温强化

将型芯浸入热固性树脂溶液中，然后加温固化。强化后的型芯，常温强度提高3~5倍（见表2）。其中浸环氧树脂的强度较酚醛树

脂高，因为环氧树脂的粘合力较强。但环氧树脂粘度大，渗透能力较差，因此只适用于浸渍薄小型芯。酚醛树脂粘度较小，渗透能力较强，适用于浸渍较大的型芯。

表 1

序号	强化剂	高温强化	浇注叶片数	叶片漏芯情况	
				漏	好
1	A.C.S 5%	强化	16	0	16
2	A.C.S 5%	未强化	8	4	4
3	Al_2O_3 15%	强化	8	2	6
4	Al_2O_3 15%	未强化	10	4	6

表 2

性能 \ 强化剂	未强化	环氧树脂	酚醛树脂
常温抗弯 公斤/厘米 ²	115	507	304

六、局部加固和二次成形

1. 局部加固

经强化处理的型芯一般可直接用来压制蜡模，但对结构复杂的薄小型芯还须采取一些加固措施。如图8结构的型芯在制模时，其横向通道a、b、c三处经常断裂。我们采取了在横向通道a、b、c三处用树脂局部加固（见图8—6）。

2. 二次成形

二次成形的方法是先是一次成形模自由浇注液态蜡料，使其均匀包复型芯，包复厚度以保证型芯有足够的强度，且留有足够的二次成形厚度为宜。其工艺过程如图9所示。

型芯采用局部加固和二次成形后，压制蜡模和浇铸零件，检查型芯断裂和漏芯，结果列于表3和表4。

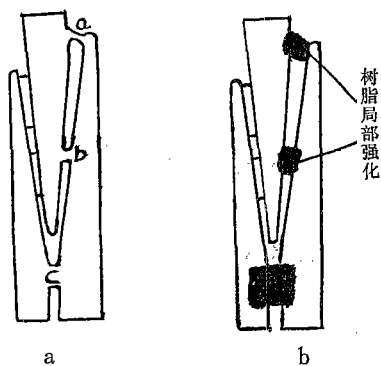


图 8

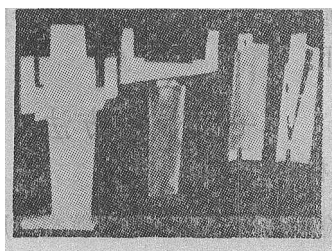


图 9

表 3

序号	加固工艺	制模数	型芯断裂情况		合格率
			断	好	
1	未加固	15	10	5	30%
2	树脂局部加固	16	5	11	70%
3	二次成形	30	0	30	100%

从表 3 和表 4 看出, 图 8 结构的型芯, 采用树脂局部加固和二次成形工艺, 均能有效地提高制模时蜡模合格率和浇铸叶片时的铸件合格率。特别是采用二次成形后效果更为显著。

表 4

序号	加固工艺	浇注零件数	零件漏芯情况		合格率
			漏	好	
1	二次成形	20	2	18	90%
2	树脂局部加固	31	15	16	51%

七、结 论

1. 通过对三种结构复杂的薄小型芯的工

艺试验, 采用透明石英玻璃作为型芯的基体材料, 能生产出优质的陶瓷型芯。在真空中浇注镍基耐热合金, 铸件内孔成形合格率达 75% 以上。

2. 粒度对型芯性能有一定的影响, 粒度细, 强度高, 变形大, 收缩大。

3. 焙烧后的型芯采用高、低温强化, 型芯的高温强度能提高 $\frac{1}{3}$, 低温强度能提高 3~5 倍。浇注三大孔对流叶片时, 有效地提高了铸件合格率。

4. 对结构复杂的、连接截面小的、易于折断的型芯, 采用局部加固和二次成形工艺, 是保证型芯在制模过程中不被折断的有效措施。对试验三大孔回流叶片, 采用二次成形工艺后, 铸件内孔成形合格率达 90% 以上。

(彭利君 执笔)

摩擦材料和刹车盘定型会

根据国家计委批转《民航进口飞机刹车装置立足国内解决》文的精神, 在民航总局组织领导下, 由三机部六二一所和北京摩擦材料厂研制的 245-2-30CrSiMoVA 摩擦副材料以及三机部六〇九所、民航一〇一厂参加研制的安-24 飞机刹车盘, 经实验室研究、地面惯性试车和长期航线试用, 证明材料和产品性能先进、稳定可靠。

245-2-30CrSiMoVA 摩擦副材料和安-24 飞机刹车盘定型会于 1981 年 1 月 16~17 日在北京召开。会议由民航总局主持, 参加会议的有民航总局、三机部、一机部、空军、海航、民航上海、广州、兰州、沈阳和成都管理局、北京市科委、经委、计委、机械局、粉末冶金公司、民航一〇一厂、三机部六〇九所和六二一所等单位的代表并由民航总局、三机部和空军等单位组成定型会领导小组。会上由研制单位六二一所、北京摩擦材料厂和六〇九所作了材料研究、生产工艺和设计参数技术报告, 与会代表一致通过了材料和刹车盘产品技术鉴定书, 认为所研制的摩擦副材料和产品已达到和超过国外同类材料和技术水平, 并且有显著的经济效果和推广使用潜力。