

文章编号 : 1003 - 7837(2002)01 - 0030 - 04

高强度蜡模料的研究及其在 大型复杂整体薄壁钛合金精铸件上的应用

南海, 谢成木

(北京航空材料研究院 北京 100095)

摘要:对研制的钛合金精铸用蜡模料进行了分析比较,发现 C864 蜡模料综合性能较好,其抗弯强度 14.10 MPa,线收缩率 0.40%,流动性 48.2 mm,针入度 2×10^{-1} mm,灰分小于 0.05%,并用其成功压制出飞机腹鳍前接头的蜡模及其钛合金精铸件。该铸件长 600 mm,80%的壁厚为 2.5 mm,结构复杂,充分证明了 C864 是一种适合生产大型复杂薄壁整体钛合金精铸件的优秀蜡模料。

关键词:大型铸件;薄壁铸件;钛合金;精密铸造;蜡模料

中图分类号: TG249.5 文献标识码: A

随着航空航天工业的快速发展,钛合金精铸件的应用越来越广泛,同时也对钛合金精铸件提出了越来越高的要求,其中最为迫切的是怎样制造出大型复杂整体薄壁钛合金精铸件。大型薄壁钛合金整体精铸件的尺寸比较大,一般长度都大于 500 mm,壁厚 2 mm 左右,表面光洁度高,铸件的外形、内腔极其复杂。这就要求熔模强度高、韧性好,不变形损坏,表面光洁度高、收缩小、热稳定性好,同时,熔点、粘度要适中,流动性好,以便于熔模的成型和脱蜡。

由于大型复杂整体薄壁铸件的尺寸较大,蜡模料在膏状下压注过程中,常出现尚未完全充满模具就固化的现象,很难获得完整的蜡模。因此,国外大型复杂整体薄壁铸件熔模精密铸造通常都使用中温高强度液态蜡模料制模。我国目前对多元蜡模料的研究处于起步阶段,虽已经对大型铸件用的多元蜡模料进行了研究,但尚未研制出高质量的、符合大型复杂整体薄壁钛合金精铸件要求的蜡模料。显然,一般的中温蜡模料无法满足制造大型复杂整体薄壁钛合金精铸件熔模的要求。为此,我们开展了钛合金精铸用新型高强度蜡模料的研究,以期提高我国蜡模料的研究水平,加速大型薄壁熔模精密铸造这一新技术在我国的推广应用。

1 研究结果与讨论

单一的蜡质材料或松香及其衍生物或高分子聚合物都难以满足新型蜡模料的要求,因为单一的组分只能在某些性能方面满足要求。例如石蜡熔点适中,塑性和流动性好,但强度低,收

收稿日期: 2001—02—28

作者简介: 南海(1968—),男,内蒙古呼和浩特人,高级工程师,博士。

万方数据

缩率大,耐热性差,松香及其衍生物耐热性好,收缩小,表面光亮,但质脆,粘度大,流动性差,所以必须选用多种组分组合在一起,使之互相取长补短,以获得一种综合性能良好的多元蜡模料。本研究中,进行了多种多元蜡模料的研究,其中,晶质组元选用石蜡、地蜡,非晶质组元选用特级松香和二聚松香。同时,为了提高蜡模料的强度、韧性和耐热性,添加一定量的乙烯-醋酸乙烯脂共聚物。

由于蜡模料在高温下容易发生氧化、裂解等化学反应,使其性能恶化,所以要严格控制加热温度。由于蜡模料在固态时导热性很差,容易局部过热而发生组元的烧损和变质,所以先采用水套间接加热,温度控制在 90°C 以下。当熔化一部分后,将其放入高温化蜡炉中,加热到 150°C 左右。为了加快熔化,促进蜡模料的成分和温度的均匀化,在加热过程中进行低速搅拌。配制蜡模料时,根据各组元的相容性和热物性确定加料的顺序,原则是溶剂优先、相容在前。对于石蜡松香-改性松香基蜡模料来说先熔化特级松香,再熔化改性松香,再加入地蜡,待三者熔化后加入石蜡,最后加少量微晶蜡。松香熔化温度比较高,松香熔化后再加入石蜡,可在比较短的时间内将石蜡熔化,这样能尽量避免石蜡氧化。

经试验,最终选择了三种蜡模料 C871(白色)、C869(浅黄)、C864(深黄)。这三种蜡模料的性能测定结果如表 1 所列,表 1 中的 T-8.5 是目前在钛合金精密铸造中应用较广,性能较好的蜡模料。

表 1 蜡模料的性能指标

Table 1 Properties and Index of wax

蜡模料	抗弯强度 /MPa	线收缩率 /%	滴点 /°C	流动性 /mm	针入度 / 10^{-1} mm	耐热性 /mm	灰分 /%	涂挂性 复模性	表面粗糙 度 Ra/ μm
C871(白色)	7.98	0.43	55	48.2	3	3.92	<0.05	好	<1.6
C869(浅黄)	8.79	0.39	73	48.9	3	0.69	<0.05	好	<1.6
C864(深黄)	14.10	0.40	74	48.2	3	1.63	<0.05	好	<1.6
T-8.5(浅黄)	7.01	0.50	56	42.4	5	4.12	<0.05	好	<1.6
预期指标	≥ 7.0	<0.5	70~80	≥ 42	3~4	<2	<0.05	好	<1.6

从表 1 中可以看出 (1) 蜡模料的强度从小到大依次为 T-8.5、C871、C869、C864, 几种蜡模料强度都大于 7.0 MPa , 均满足要求, 其中 C864 强度最高。(2) 除了 C871 和 T-8.5 的熔点低于设计要求外, C869(浅黄) 和 C864(深黄) 的熔点都处于 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 之间, 均满足新蜡模料设计要求。(3) 三种新蜡模料的线收缩率都小于 0.5% , 热胀冷缩小, 利于提高熔模的尺寸精度, 减少熔模的表面缺陷和脱蜡时型壳被胀裂的可能性。而 T-8.5 线收缩率略大, 性能低于新蜡模料。(4) 三种新蜡模料的流动性远大于 42 mm , 也优于 T-8.5。在压注复杂薄壁铸件的蜡模时, 好的流动性可确保完整清晰地复制出蜡模。(5) 除 T-8.5 外, C871、C869、C864 的针入度都为 $3\cdot 10^{-1}\text{ mm}$, 均满足要求。较高的针入度能保持熔模的表面光滑, 保证蜡模表面有足够的硬度, 以防摩擦损伤。C869、C864 的耐热性均小于 2 mm , 满足设计要求, 抗热变形能力强。而 C871 和 T-8.5 的耐热性均大于 2 mm , 抗热变形能力弱。(6) 三种新蜡模料和 T-8.5 的灰分都小于 0.05% 。蜡模料灼烧后残留在型壳中的残灰, 大多数能与熔融钛发生化学反应, 这样不但会使钛合金铸件表面形成气孔、针孔, 而且严重时还会影响铸件的内部质量。所以要获得优质的钛合金精铸件, 蜡模料的灰分最好应低于 0.05% 。(7) 钛合金精铸采用的面层粘结剂大都是水溶性的, 表面张力比较大, 对蜡模料的润湿性不好, 为获得质量较好的型壳必须采用复模

性和涂挂性好的蜡模料.通过压制蜡模和蜡模涂料试验,发现4种蜡模料的复模性和涂挂性都很好.(8)表1中4种蜡模料的表面粗糙度均满足设计要求.

通过以上对比分析,可以发现C864是强度最高,其他各项性能比较好的蜡模料,说明它是一种综合性能较优良的高强度蜡模料.

2 应用

为了验证上述试验结果,对C864进行了小批工程化应用试验.选用T-8.5和新研制的C864分别压制飞机活动腹鳍前接头铸件的蜡模,该铸件是一个大型复杂薄壁框架式结构的钛合金精铸件,长600 mm,宽180 mm,高120 mm,80%以上壁厚为2.5 mm.采用目前使用的T-8.5压注时,起模困难,蜡模常出现裂纹,表面常有流痕,根本无法获得合格的蜡模.而改用新研制的C864高强蜡模料压制后,起模容易,蜡模很少出现裂纹,表面光洁,蜡模的成品率在95%以上.为了进一步验证新研制的C864高强蜡模料在钛合金精密铸造过程中性能的优劣,利用C864高强蜡模料压制的飞机活动腹鳍前接头蜡模(图1),制取了惰性氧化物陶瓷型壳,在自耗电极真空熔炼炉中,进行离心浇铸,成功地浇铸出了合格的飞机活动腹鳍前接头钛合金铸件(见图2),铸件内外部质量、形状、尺寸、力学性能等均符合设计要求.

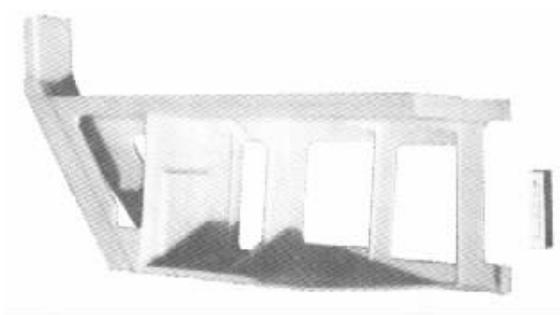


图1 用C864压制的腹鳍前接头蜡模

Fig.1 Wax pattern of Fin's front junction made of C864

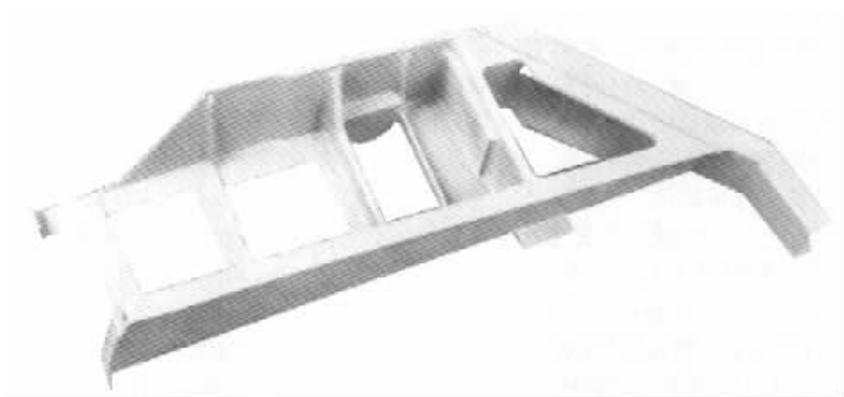


图2 腹鳍前接头铸件

Fig.2 Fin's front junction casting

3 结论

研制的新型蜡模料 C864 综合性能优越, 是一种非常适合生产大型复杂整体薄壁钛合金精铸件的优秀蜡模料, 其各项性能与目前国内同类材料相比, 处于领先水平。

参考文献 :

- [1] 周彦邦. 钛合金铸造概论 [M]. 北京 : 航空工业出版社, 2000.
- [2] 谢成木. 铸造钛合金及其铸造技术的发展和应[J]. 金属学报, 1999(9): 550 - 556.
- [3] 曹国平. 国外航空钛合金铸件的发展与应用 [J]. 金属学报, 1999(9): 557 - 562.
- [4] 蒋增荣, 陈冰, 李海志. 熔模铸造工艺材料及性能测定方法标准汇编 [M]. 北京 : 北京航空学院出版社, 1987.

Study on high strength wax and its use on large complicated integrated thin wall titanium investment casting

NAN Hai, XIE Cheng-mu

(*Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China*)

Abstract : In this paper, the properties of developed waxes are compared. The comprehensive property of C864-wax is better, and its flexural strength is 14.10 MPa, its line reduction 0.4%, its flowability 48.2 mm, its penetration $2 \cdot 10^{-1}$ mm, its ash constituent less than 0.05%. The plane fin's front junction wax pattern and its titanium casting have been successfully manufactured. This casting is very complicated, 600 mm long and 80% of the casting is 2.5 mm thick. It is proved that C864 is very suitable to large complicated integrated thin wall titanium investment casting.

Key words : heavy castings ; thin section castings ; titanium alloy ; precision casting ; wax