

铝合金石膏型 精密铸造译文集

1284

《航空技术情报》编辑部

铝 合 金 石 膏 型 精 密 铸 造 译 文 集

主 编： 郭玉印 蔡柏林

李方新 黄星亮

出版编辑： 郭利民

《航空技术情报》编辑部

一九八四年七月

封面设计：高芳儒

铝 合 金 石 膏 型
精 密 铸 造 译 文 集

编辑 出版	〇一一基地技术情报所 《航空技术情报》编辑部
发行	贵州省安顺市66号信箱
印数	1,000册 工本费2.50元

(内 部 发 行)

¥ 3 元 0 角 0 分

前 言

近年来, 铝合金石膏型精密铸造在国外发展十分迅速, 历届铸造博览会和航空展览会上均出现了一些尺寸相当精密, 表面光洁度极高的整体结构飞机零件、油泵壳体、叶轮及微波波导等。这些铸件的出现, 展示了铝合金精密铸造的新前景, 标志着铝合金精密铸造已进入一个新时代, 而我国目前在这方面还刚刚起步。很多单位已注意到这种新的工艺方法。认识到了它的灵活性和先进性, 并在积极开展研究和试制工作, 本文集的目的就是力图为国内读者提供一本系统的参考资料, 为研究和发 展该工艺贡献我们一点菲薄的力量。

为此, 我们组织力量, 对国外近来发表的期刊, 会议论文集及专刊文献进行了一次检索, 查出与本课题有关的文献600余条, 在此基础上, 选出近70篇价值较大、实用性较强的资料, 编成本文集, 但愿它能在我国铸造界起一个抛砖引玉的开路作用, 相信不久的将来, 在铝合金精密铸造方面定会结出硕果。

参加本文集翻译的有: ○一一基地技术情报所, 安吉铸造厂和万江机电厂。在翻译过程中曾得到贵州省机械研究院副院长, 全国铸造学会理事, 高级工程师朱奕庆和贵州工学院铸造教研室周蓓莉讲师的帮助, 在此一并致谢!

文集最后由蔡柏林、黄星亮、李方新、郭玉印等同志审校定稿。

由于本文集的编辑工作量大, 加之我们的外语和专业水平有限, 时间仓促, 错误和缺点在所难免, 敬请读者批评指正。

《航空技术情报》编辑部

一九八四年七月

目 录

石 膏 型 部 分

1、	国外铝合金熔模石膏型精密铸造的发展概况·····	(1)
2、	采用失蜡工艺生产的大型薄壁铝铸件·····	(10)
3、	泰克公司蜡模组合的优点·····	(12)
4、	蜡模铸造法中使用石膏铸型·····	(13)
5、	石膏型精密铸造·····	(17)
6、	铝铸件用石膏型·····	(19)
7、	石膏型工艺在压铸工业中的地位·····	(21)
8、	精密铸造·····	(22)
9、	石膏型概况·····	(27)
10、	精铸用石膏型·····	(33)
11、	石膏型铸造法·····	(34)
12、	熔模精铸技术的新发展·····	(38)
13、	铝合金石膏型铸造·····	(39)
14、	石膏型精密铸造用器材·····	(47)
15、	铝合金精铸件的定向凝固·····	(51)
16、	普通石膏铸型的高温特性和实用性试验·····	(53)
17、	铝合金气密零件的低压精铸·····	(57)
18、	高温下石膏与金属的反应·····	(59)
19、	铸模车间和铸造车间的石膏和石膏粘结剂·····	(64)
20、	用石膏型制造精密金属型·····	(69)
21、	铜合金和铝合金的精密铸造·····	(77)
22、	熔模铸造用塑料模料·····	(80)
23、	整体熔模精密壳型铸造·····	(83)
24、	石膏型铸造·····	(85)
25、	薄壁铝合金熔模铸件易除模壳·····	(86)
26、	制造精密铸造熔模的方法·····	(87)
27、	石膏型加压铸造法及加压铸造装置·····	(90)
28、	铝合金的真空铸造装置·····	(92)

可 溶 芯 部 分

1、	可溶芯综述	(96)
2、	可溶芯配制方法	(103)
3、	由石膏和硫酸镁组成的水溶性铸型	(113)
4、	铝酸钠系水溶性 CO_2 铸型的研究	(119)
5、	铝酸钠系水溶性 CO_2 铸型的高温性能	(125)
6、	氧化铝系水溶性铸型铸造的铸铁件特性	(130)
7、	以耐火物为主要材料的水溶性铸型	(136)
8、	水溶性耐火材料型芯——适用于铝合金铸件	(143)
9、	用水溶性模型的精密铸造法	(144)
10、	铝合金铸件用可溶型芯混合料	(146)
11、	适用于铸铁及铜合金铸造的水溶性耐火材料型芯	(148)
12、	型芯材料对 Al—Si—Mg 合金钢模铸件材质的影响	(149)
13、	生产铝铸件的新型粘结剂系统	(155)
14、	压铸用水溶盐芯的新发展	(161)
15、	铸造用水溶性模型	(167)
16、	制备可溶型芯的混合料	(168)
17、	水溶性 CO_2 铸型型砂和粘结剂的回收	(172)
18、	可溶芯铸造工艺	(178)
19、	铸造工艺的改进	(182)
20、	关于铸造方法的改进	(184)
21、	生产中空铸件	(186)
22、	水溶性盐及合成树脂的可溶性型芯	(187)
23、	可溶性陶瓷型芯	(188)
24、	以合成树脂及水玻璃为粘结剂的水溶性盐型芯	(191)
25、	水溶性盐芯用混合物	(192)
26、	制备水溶型芯	(194)
27、	日本水溶芯专利	(195)
28、	可溶性铸造型芯	(202)
29、	氧化镁型芯制造工艺	(204)
30、	铝铸造—浸液去型芯	(205)

过 滤 器 部 分

1、	泡沫陶瓷过滤器	(206)
2、	使用泡沫浸蚀剂的多孔陶瓷材料的生产	(211)
3、	铝合金液过滤器的制作	(213)
4、	液态金属过滤器	(216)
5、	陶瓷泡沫材料的制备	(218)
6、	坩埚炉内金属液的过滤法	(224)
7、	过滤方法及过滤器的制作	(228)
8、	陶瓷泡沫过滤器	(231)

国外铝合金熔模石膏型 精密铸造发展概况

蔡柏林 李方新 黄星亮

摘要:石膏型精密铸造可铸出表面质量和冶金质量均符合要求的整体铸件,甚至过去一些薄壁的焊铆组件现在也可用铸造方法一次铸成,大大地节省了加工工时,节省了能源和资源消耗,是一种多快好省的工艺方法。本文介绍了国外采用该技术成功地铸出军工产品如航空燃油泵壳体、叶轮、波导、飞机整体框架,万向接头等零件的实例,并着重阐述了石膏型的种类、性能、石膏的搅伴、浇灌以及铝合金熔炼等全部工艺。石膏型精密铸造在铸造复杂、薄壁,整体铸件中有独到之处,具有较高的技术经济价值。该工艺技术可供我国航空以及其它军工产品借鉴和使用。

一、前言

近年来,由于军工技术的迅速发展,对铝合金精密铸件的尺寸精度和表面光洁度的要求越来越高从而国外逐渐发展了铝合金的熔模石膏型铸造,开创了一个铝合精密铸造的新时代。据报道,用这种方法可以生产出壁厚 $0.8\sim 1.5\text{mm}$,局部可达 0.5mm ^[1,2,24]、尺寸公差可控制在 $\pm 0.1\sim 0.12\text{mm}$ ^[3]、表面粗糙度可达 10μ ^[4]、重量从 $0.454\sim 908$ 公斤^[5]的余量很小甚至不加工即可装配的铝合金铸件。如美国新泽西州 Te C—Cast公司(泰克公司)、Antioch公司所属 William工厂^[3]、美国精铸公司^[5](APC)^[26]、英国 Deritend公司^[2]等均在生产电子、航空宇航用的大型薄壁复杂铝铸件。意大利^[6]、加拿大^[2]、捷克^[7]、西德^[8]、苏联^[9,12]、法国^[10]和日本的一些厂商及高等院校也正在积极研究发展该项技术,并已取得了相当成就。1982年第25届英国法恩巴勒国际航空展览会上展出了美、法等国用石膏型铸造法生产的壁厚 $1\sim 1.5\text{mm}$ 的大型铝镁合金飞机零件^[10]。据报道,美国目前用于航空、宇航兵器等方面的铝合金铸件、尺寸公差可达到 $<25\text{mm}$ 时为 $\pm 0.12\text{mm}$,铸件尺寸每增加 25mm ,公差加大 $\pm 0.1\text{mm}$,表面光洁度可达 $25\sim 26$,壁厚可达 $1.0\sim 1.5\text{mm}$ ^[12]。

最近用熔模石膏型浇成的铝合金铸件还有波音767客机的油燃油增压泵壳体,微波波导、内燃机叶轮及大型电子产品的框架等。Deritend公司为宇航部门生产的框架总长 330mm ,结构相当复杂,据说是重量轻,精度高的一个杰出范例,除了用熔模工艺外,其他任何方法均不能作出这种整体结构。该公司还生产了罗盘用双球万向接头,该铸件实际上是由两个空心球组成的,其中一个球体在另一个球体中,两个球体是在同一铸型中铸成的,彼此相互分离,里面的球可以自由运动但又跑不出来,尺寸精度和表面光洁度均很高,不需进行补充加工即可使用^[2]。

苏联也报道了采用熔模法和定向凝固技术的大型薄壁铝铸件。

二 工艺方法

目前,国外所采用的石膏型工艺大体上可分成两种类型,一种是用木材,金属,橡胶,塑料作成实体模型,浇灌石膏料浆制成石膏铸型。另一种是用蜡料作成熔模,灌浆,干燥,脱蜡,熔燃后即可浇注铸件,从铸件精度及复杂程度来看,后一种方法具有极大价值。目前国内外重点研究的亦是这种方法。本文将侧重介绍国外这种方法的发展情况,以供同行们参考。

首先是蜡料。

泰克公司曾经介绍,对一般铸件来说,只要是熔点低,强度高,热稳定性好,线变量小的蜡料均可用于铝合金的铸造。该公司对熔模、型芯,浇注系统分别采用不同成份的蜡料,其熔点由高到低,以便于脱蜡和保证脱蜡过程中型壳尺寸稳定。

泰克公司推荐的蜡料成份为^[14]:

(1) 熔模蜡:基本成份为巴西棕榈蜡、沥青、松香、聚苯乙烯粉和一定数量的添加剂。

(2) 可熔芯蜡:主要是聚乙二醇、石英、玻璃粉(325目), NaHCO_3 等。

熔模用蜡料还可使用精制褐煤蜡或日本信和产业公司的KK-338蜡料。文献^[15]还提出了蜡料的成份:在530克蜂蜡中加入100克石蜡和11克松香。

其次是蜡模的成型。

现代石膏型用蜡模是用高精度压型压制出的,由于铸件形状复杂,压模也会比一般熔模铸造复杂。美国伯明翰市PAC铝铸件有限公司采用了80个以上的可拼模块组成的压模,这种压模要求一定的装拆程序,其制造精度也是可想而知的。

许多人认为组合压模是个缺点,而该公司则认为是个优点,①只需制造比较简单的模具,设计更改简单。②有助于克服蜡料和金属收缩不同的缺点。

国外对压制蜡模的工作环境的温度和湿度也有严格限制。Deritend公司有现代化的温控车间^[2],这样可保证蜡模不至于因环境温度的变化而产生变形和冷脆,这对大型薄壁件尤为重要。该公司压注蜡模的自动化程度很高,整个车间只有两个人——一个工人,一个技术人员,还使用了可编程序的机器人。

最后是石膏型的种类和性能。

铝合金石膏型熔模铸造所使用的石膏一般为以 α 石膏为主要成份的铸型石膏。美国是各工厂根据各种铸件的实际需要,自行控制。而日本则有配制好的商品石膏出售,但各公司对其成份均严守秘密^[4,16]。

从石膏的使用状态,又可分为发泡石膏和非发泡石膏及Antioch石膏。Antioch石膏是30年代美国的Antioch学院Morris Bean夫妇为寻找一种制造青铜艺术铸件的方法而发现的,他们在试验中意外地发现,受高压蒸发后的石膏会变成永久有效的多孔结构,内部呈粒状,其颗粒尺寸与普通型砂相似,而表面不产生转变、仍然保持光滑。这种结构有很好的透气性,一般可达24~26个单位不久,该法在工业上得到了广泛应用,并受到通用电器公司的注意,该公司购买了这项专利,并添制了一些所需设备,从事制造汽车轮胎模,叶片及其他铸件的生产^[8,16]。几年后,Bean夫妇又续回了专利权并建立了一座至今仍在生产的非常成功的专业铸造厂。

发泡石膏是兼有Antioch石膏的透气性和普通石膏的高强度的两个特点,其生产方法是在

水中加入发泡剂，例如洗涤剂，强烈搅拌，然后加入石膏，使石膏发泡一直延续到所要求的密度为止。最后将制成的浆料灌注到模型上，使其凝固。这种铸型表面有一层厚度约为0.6mm的致密光滑表面，可赋予铸件表面有良好的表面光洁度。

配制发泡石膏浆料用两块重叠的橡胶圆盘作搅拌器，圆盘直径为容器底径的 $\frac{1}{2} \sim \frac{3}{4}$ ，橡胶板厚3mm，装在一根能垂直升降的搅拌轴上。搅拌器以1000~2000转/分的速度搅拌，使浆料产生发泡增量，当发泡体积增大后，搅拌轴的升高高度也应增加，然后将大气泡压入浆料中使气泡碎化，这时要将叶片伸入到料浆中搅拌，当发泡增量达到规定值后，缓缓地将搅拌轴提升出液面。

这种石膏型的主要优点是：原材料比较便宜，容易操作。缺点是，固化时要膨胀。

非发泡石膏因制作工艺不同而有两种： α 型为二水石膏在水蒸气中加压加热而得到的半水石膏（俗称湿法）， β 型是在空气中加热二水石膏后得到的半水石膏（俗称干法）。石膏在升温中的转变示如表1。

表1 石膏在升温中的转变

温 度	石膏状态	分 子 式	晶体结构
室 温	半水石膏	$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	斜方晶系
	加水后变成含游离水的二水石膏	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{游离水}$	单斜晶系
100° C	干燥后游离水蒸发	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	单斜晶系
120° C	二水石膏变成半水石膏	$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	斜方晶系
200° C	半水石膏变成无水石膏	CaSO_4	三斜晶系
1300° C	热分解	$\text{CaO} + \text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$	
1450° C	共晶熔化	$\text{CaSO}_4 \rightarrow \text{CaO}$	

一般而言，为增加石膏的干强度、透气性和防止加热后产生裂纹，一般还要加入一些添加剂。如欧洲各国是加入破碎的耐火砖粉，有时还加入一些石英粉，滑石粉，波特兰水泥、石棉，白泥、熟石灰和玻璃纤维^[17]。日本曾用耐火熟料代替耐火砖粉研究了铸型强度和铸件表面光洁度的影响^[18]。

小池敬一还曾研究在 α 型半水石膏中加入16~25%的硫酸镁，制成了可溶于水的石膏，主要用来制作型芯，以便在浇注后型芯容易用水溃散^[18]。

非发泡石膏由于没有透气性，应采用加压浇注或减压浇注，有些设备还获得了专利。发泡石膏和Antioch石膏由于有一定程度的透气性，可用重力浇注。

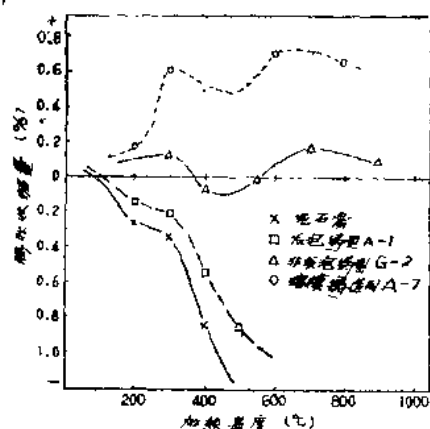
熔模石膏型一般采用真空浇注，压力结晶。

日本市场出售的熔模石膏型的种类和使用方法示于表2。

石膏的热分解温度为1300°C左右。温度对各种石膏膨胀和收缩率的影响示如图1^[4]。

表2 日本熔模铸造石膏的种类和使用方法

名 称	制 造 厂	使 用 方 法
熔模用石膏 A~7	日东石膏公司	加水量47~53%，搅拌约5分钟。100~150°C脱蜡。 100°C, 370°C, 600°C, 700°C各干燥1小时
熔模用石膏 S S720	丸石石膏公司	加水量45~50%，搅拌2~4分钟缓慢加热后在600~650°C干燥。
Satin 20	Kerr 公司	加水量38~42%，干燥：185°C 2小时, 400°C 2小时, 770°C 3小时，加热后调节到460~570°C
熔模用石膏	而至石膏公司	加水量31~36%，搅拌30~60秒，低温（100~150°C）干燥后，650~700°C干燥。
555 D	Ransom和Randolph 公 司	加水量30~40%，真空搅拌2~3分钟，脱泡处理30~60秒，650~670°C干燥。



Antioch石膏和发泡石膏的配方示如表3。^[4]

←图1 石膏铸型加热时的膨胀和收缩率

表3 石膏型的常用配方

种 类	成 份	加 水 量	干燥浇注规范
Antioch石膏	模型白石膏42% 水洗石英粉50% 滑石粉70% 波特兰水泥余量	54%	在高压锅中脱水<6~12, 小时, 再在大气中吸温最后经175~230°C干燥, 透气性15~30重力浇注
发 泡 石 膏	铸型石膏39%, 模型石膏36% 滑石粉26%, 高强石膏水泥1% 石棉0.5%, 瓷土0.5%, 烷稀基丙基磺酸0.035%。	60~80%	发泡增量50~100%, 120~250°C干燥透气性10~30, 重力铸造

表4给出了各种石膏型铸造方法的分类和适用合金^[4]

表4 各种石膏型铸造方法的分类和适用合金

铸 造 方 法	主 要 特 点	石膏型性质	适 用 合 金
加压铸造法	铸件精度高, 光洁度好, 铸型透气性差	含有 SiO_2 , 滑石粉 等耐火材料的石膏	Al、Zn、Cu合金
重力铸造 (发泡石膏)	铸型多孔透气性好导热率 低	含发泡剂的石膏	Al、Zn合金、
重力铸造 (Artioch石膏)	透气性好, 铸型无破损	含有耐火材料的石膏	Al合金
熔 模 法	铸件精度高, 适用于形状 复杂的铸件	含有 SiO_2 、方石英等 耐火材料	Al、贵金属

捷克所用石膏型成份示如表5^[7]。

表5 捷克的石膏型成份

低压铸造法	石膏65% 石英粉28% 滑石粉5% 磨细的硅藻土2%	铸型表面光度 可达0.5~1.5 μ 可铸大型薄壁铸件	适用于Al~Si合金 及其他有色金属
-------	--------------------------------------	---------------------------------------	-----------------------

三、工艺过程中的注意事项

石膏型熔模铸造工艺流程与一般熔模精密铸造基本相同, 但各工序中有些特殊要求, 现分述如下。

(1) 水的纯度

配制石膏浆料的水, 如果有机杂质含量过高, 将会导致硬化时间的改变。由于大多数有机物均阻碍石膏的硬化, 延长石膏的固化时间。混于水中的大量可溶性盐如 NaCl 、 Na_2SO_4 、 MgSO_4 等会在干燥时迁移到铸型表面, 从而使铸型表面粉化, 并产生硬点, 破坏了铸型表面光洁度。此外, 混于水中的其他化学物质也能与石膏反应生成可溶性的盐。一般说来, 只有可供饮用的水才能用于混制石膏浆料。

(2) 水温

当水温为20~28°C时, 石膏在水中有最大的溶解能力, 水温的变化也将导致硬化时间的改变, 难以控制硬化时间。

(3) 水/石膏比

水/石膏比的变化将导致铸型性能和强度的变化, 必需严加控制, 并在生产中进行抽查, 以保证铸型的最终质量。

(4) 石膏粉末吸潮时, 会产生局部水和硬化现象。

(5) 混制

混制是石膏型制作过程中的最重要环节。图2为混制时间与铸型强度改善之间的关系。从图2可见，铸型强度随混制时间增长而提高，但过长的混制时间不仅影响了生产周期，而且还会影响铸型的其他性能，例如透气性。因此，应根据铸型所需性能确定。

熔模用石膏型浆料采用真空混制设备，以清除浆料中的气泡。

(6) 浇灌

搅拌结束后应立即浇灌，为防止蜡模表面产生气泡或填充不足，可在蜡模表面预先喷一层相同成份的浆料，然后再灌注，并微振几秒钟。

(7) 固化、干燥和脱蜡

石膏型的固化速度与石膏种类及混制条件有关，一般为20~30分钟。

固化后的铸型，应尽可能迅速干燥，这样才能获得高的物理性能。

干燥过程中为防止铸型产生裂纹，不应采用反复加热—冷却—加热的方法。对发泡铸型来说，干燥温度太高会使尺寸精度下降。铸铝用石膏型的干燥温度一般为250°C以上。

石膏型干燥后若在室内长期放置又会吸收空气中的水份，阴雨两天放置几小时会使铸件产生气孔，干燥过程不能中断、否则也易产生裂纹。

石膏型铸型能否成功，全在于干燥，干燥设备为能升温到250°C左右的干燥炉。为了充分干燥，应该采取下列措施：(1)先在室温下放置一昼夜，尽量使剩余水蒸发。(2)在100°C左右干燥8小时以上，再升温到250°C干燥4小时以上。温度达到100°C以上时，在室温下放置很长时间或受风吹急冷会产生龟裂，必须注意。衡量铸型是否干透的方法有：(1)测定导电率法；(2)测定重量法；(3)测定温度法，即在铸型中心部份埋置热电偶，当指示的温度达到105°C时，游离水即已除尽^[11]。总之，上述各种方法在生产中应用时均有一定的局限性，一般都是凭经验从外观上来判断。

微波干燥则是一种节省能源的方法，但不能去结晶水，在石膏中加入发热剂 Fe_2O_3 后，可使铸型温度达200°C以上，能消除结晶水。

根据所用模料的性能，可分别采用蒸汽脱蜡或烘箱脱蜡和微波脱蜡，脱蜡工艺与一般熔模大体相同。脱蜡温度一般550°C左右。

铝合金的石膏型熔模铸造也可将脱蜡和干燥同时进行。

(8) 石膏型的焙烧

泰克公司提出在脱蜡之后应进行高温焙烧，这时，可用天然气焙烧炉，亦可用普通电炉。所用天然气应纯净、干燥，并严格控制炉温和炉内气氛，使石膏型各部份的升温和降温均匀而缓慢。

(9) 浇注

目前石膏型的浇注方法有重力浇注，加压或减压浇注。文献^{[23][11]}曾介绍过一些方法，这里再介绍一种专利加压铸造装置。该装置的特点是，不直接在石膏型上施加高压，浇注时能获得

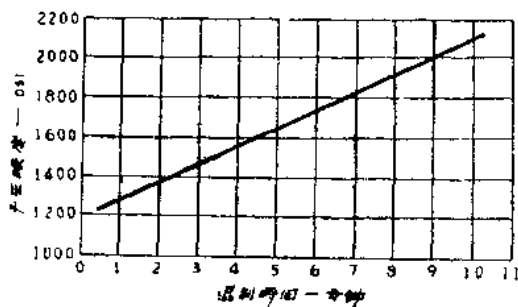


图2 混制时间与铸型强度的关系^[20]

充分的密封效果,可防止石膏型的破损和变形,同时,因采用了定向凝固措施,能高效率地生产出高精度,高性能的铸件。装置原理示如图3^[22]。

该装置的工作原理是,先将石膏型16从保护用金属框的上方放入保持器15a内,然后上汽缸24使保护用金属框15下降到导向金属型14内,并与通孔14a的里面密合。再用下汽缸25使激冷板26下降,嵌合在保护用金属框15的凹处15°c内,并与浇注系统保持气密状态。由进气口13通入压缩空气,使内坩埚6内的铝液7受压而在浇口8中上升,充满石膏型。浇注后,因激冷板的冷却作用,型腔16a内的铝液产生定向凝固。然后通过上汽缸25使激冷板26上升,由下向上推出石膏型,并从上面取出。再从石膏型中取出铸件,反复操作即可连续进行加压铸造。

(10) 石膏型熔模铸造的铝合金及熔炼工艺

国外一般采用Al—Si合金,主要牌号有319、355、356、360^[25]。熔化石膏型熔模铸造用铝合金时必须充分除气和细化晶粒处理,如果使用Na变质还要注意变质的有效时间,这是因为石膏型导热性差,金属液在型中的冷却速度非常缓慢。而且,铝合金厌恶水蒸气,故必须注意铸型冷却时而产生的再吸气。铸型温度一般为150°C以上,浇注温度则应取下限值。表6为用石膏型生产的A356T铝合金铸件性能。

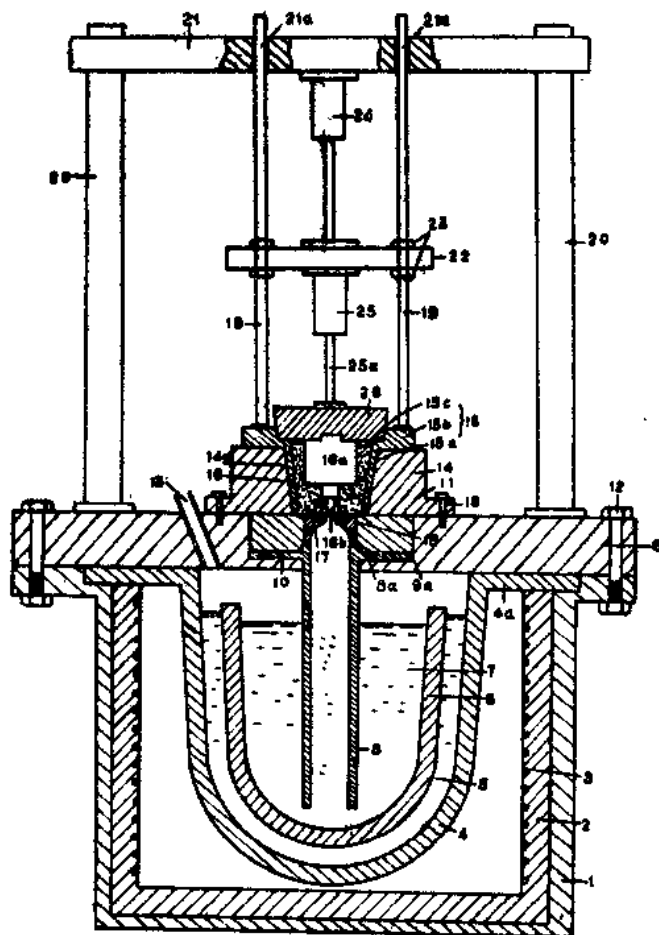


图3 加压铸造装置

1、保温炉炉体, 2、保温材料、3、电阻元件, 4、外坩埚, 5、保温铝液, 6、石墨坩埚, 7、浇注铝液, 8、直浇口, 9、模座, 10、炉体, 11、中直浇口, 12、螺钉, 13、进料口, 14、导向金属型, 15、保护用金属框, 16、石膏铸型, 17、过滤器, 18、保温耐火材料, 19、导向杆, 20、支柱, 21、横梁, 22、安装板, 23、螺母, 24、上汽缸, 25、下汽缸, 26、激冷板

表6 用石膏型生产的A356 T铝铸件性能

试样号	试样厚度时	X射线	抗拉强度1000磅/吋 ² 。		延伸率%	
		检查气孔率	预测值	实测值	预测值	实测值
1	1/10	3	40	40.5	3.5	5
2	"	2	43.2	43.5	6.5	8.5
3	"	1	47	46	12	9
4	"	3	42	43.3	6	8 G
5	"	4	40	36.5	4	2 G
6	1/8	2	44	45.5	8	10
7	"	3	42.5	41.6	6.5	5EF
8	3/16	2	42.6	42.4	5.5	7
9	1/10	2	45	45	9.5	8
10	"	2	45.5	44	11	4 F
11	"	1	47	46.9	12	15
12	"	1	44	43.2	6	7
13	1/8	2	41.5	29.8	4	0
14	"	2	41.5	36.9	4	4
15	"	6	36.5	33.5	1	1
16	"	6	36.5	33.5	1	1
17	1/2	5	34.5	36.2	1	1.5
18	"	6	33.5	35.8	0.5	0

四、高温下石膏与金属的反应

玉崎洋一^[18]曾用实验方法测定了与石膏型接触的金属及合金的熔点与实验测定的石膏热分解开始温度之差,研究了石膏的热分解与金属共存时的变化和热分解开始温度与共存金属或合金熔点间的关系,指出,以 α 石膏为主要成分的铸型石膏,主要可用作有色合金精密铸造的铸型。除锌、铝之外,还可部份地用于铜合金或贵金属的铸造。玉崎还指出,在高温下能铸造的合金种类是多种多样的,这是与所使用的铸型石膏的种类或铸件大小,壁厚的不同而有差别的,不能仅从纯石膏(硫酸钙)的热分解温度和铸造合金浇注温度之差为基准来加以判断。

五、铸造实例

泰克公司用熔模法铸造的燃油增压泵壳体示如图4。该壳体用356合金浇注,重6.3公斤,压制蜡模的压型由22块模块组成,使用了12个可溶型芯,并采用了多种专用夹具来确保组合蜡模的尺寸精度。刚投产时废品曾高达70%,所遇到的问题是型芯偏离,经过努力,只用22周时间就拿出了合格的铸件,该铸件精度已达到 $\pm 0.254\text{mm}$ 。

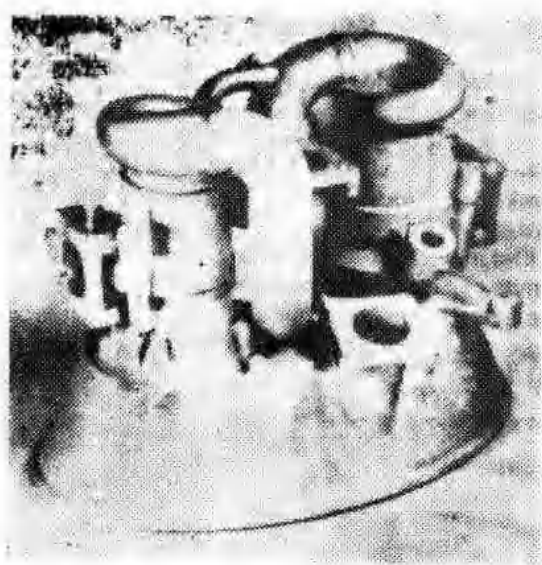


图4 燃油增压泵壳体^[5]

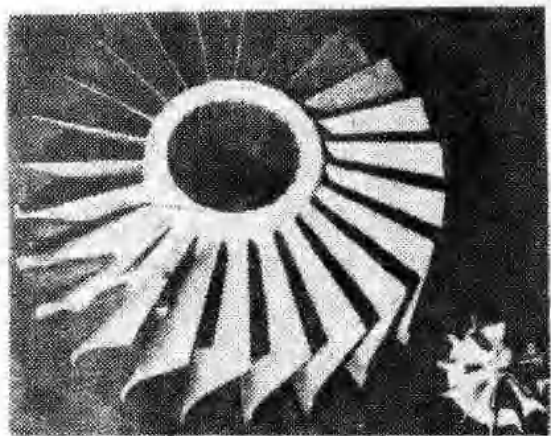


图5 叶轮^[3]

图5是美国Willam工厂用熔模石膏型铸造的铝合金叶轮,照片中大件外径为64.06mm,小件外径为101mm,精度为 $\pm 0.10\text{mm}$,无余量,用于航空和导弹产品。

微波用波导也是国外熔模石膏型铝合金精密铸造成功的实例,现在,这种铸件25mm以下的内通道精度可保持在 $0.005\sim 0.1\text{mm}$,25~50mm的内通道精度可保持在 $\pm 0.082\sim 0.15\text{mm}$ 。因微波用波导的外表面光洁度并不重要,国外还采用了一种廉价的工艺方法,即铸型用 CO_2 砂型,型芯用可溶性石膏芯^[16]。

六、结 语

熔模石膏型在薄壁、整体优质铝合金铸件中有独到之处,铸出的铸件表面光洁,尺寸精确,变形小,组织性能均匀,铸件重现性好。泰克公司总裁Ed·Gotthold曾经指出:世界上没有我们能做到而其他熔模铸造者不能做到的事,但是,我们认为,许多人没法猜出我们的熔模铸造之谜。与人们观点不同的是,我们感到熔模铸造技术没有到头,尚有很大的发展余地。这种观点部份地体现在泰克的制模技术上^[9]。美国Gypsam先生也曾断言:石膏型铸造将在几年内取代砂型铸造。他们的这些观点虽有一定局限性,但可以从侧面观察到国外对石膏型铸造技术是如何的重视。诚然,铝合金石膏型熔模铸造工艺从基本原理来看并不是什么新花样,但铸件批量越大,经济效益也就越高,然而,PAC公司甚至宣称,即使在小批量条件下,该法也可用一个单个铸件来代替迄今为止一直由多个机械加工件组成的复杂组件,从这种意义上来看,所付出的模具成本也是合算的^[2]。

目前国内很多单位正在积极研制,预计在不久的将来将会得出硕果。

采用失蜡工艺生产的大型薄壁铝铸件

英国伯明翰市 Deritend 铝铸件有限公司 (D A C)，正采用专门的铸造设备生产与图 1 所示零件类型相似的大型、复杂的薄壁铝铸件。这就给失蜡（熔模铸造）工艺的应用开辟了一个新领域。

目前，D A C 产品中有 90% 以上是为电子和宇航工业生产的，但此种工艺应用于其它行业的兴趣正在增长。图 1 所示的实物可清楚地说明铸件所能达到的复杂程度。从图中也可看出，一个单个铸件的形状一般情况下要包括多个零件的组合。图 1 所示的铸件，是为电子行业生产的，其中左边的铸件长 600 mm，高 270 mm。右边的铸件是一个仪器壳体，也是用于电子行业的。

Deritend 公司正在采用熔模铸造工艺生产图示及其它相似的零件，其壁厚可小至 1.5 mm，其中隔板或局部壁厚可小至 0.5 mm，并能保证较高的表面光洁度和冶金均匀性。熔模铸造的一个重要应用实例，是生产一种整体结构的所谓“针鳍”式热交换器，这种热交换器具有很高的冷却效率。该交换器的两块壁板，或一块壁板与另一块隔板相当紧凑地铸在一起，中间留有空隙。在两块壁板之间，有相当数量的小直径针体与两块壁板连接并将它们连为一体。所有表面区域和针体都具有极高的导热率。

图 1 左下角是为宇航工业生产的复杂框架，总长为 330 mm，该铸件形状异常，重量轻，精度高是一个杰出范例，除了采用熔模铸造工艺，用其它任何方法都不可能加工出这种整体化的结构。而图 1 右下角所示的铸件（或更准确的说是铸件组）的奥妙之所在，是不易

一眼看出的。

该铸件组实际上由两个空心球体组成，其中一个球体在另一个球体内。两个球体是在同一铸模里同时铸成的，彼此相互分离，里面的球体可以自由运动又无法取出。该组件实际上是一个罗盘用的双球方向接头。

蜡 模

图 2 是 D A C 生产的一些典型薄壁蜡模，用这三个蜡模铸出的零件，也可用其它方法采用铝板制造，但效率可能会很低。生产这些类型和尺寸的蜡型，必需在恒温车间内进行。如果环境温度过高，蜡模将会发生变形或塌陷；而温度过低，蜡模则变脆，易于破裂。

图 3 是蜡模车间的一角，目前，该车间拥有两台中型和一台大型蜡模压铸机，另一台大型压铸机将在近期内安装。D A C 失蜡工艺的唯一最重要的特点是采用了专门设计的组合式模具来生产蜡模。

从图 1 所示铸件不难想象，该公司采用的模具，要比一般熔模铸造用的蜡型模具复杂得多。迄今为止，D A C 制造的最复杂的模具包括不少于 80 个彼此分开又可联接的模具块，用以生产蜡型。当然，这些模具块必须严格按预定顺序装配和拆卸。尽管蜡模车间的温度控制极为严格，一些薄壁蜡模仍然出现了自身支撑力不够的问题。为此，可采用一般认为是过大的浇口和冒口来增加强度。

自动压蜡机

D A C 的蜡模压注工艺具有很高的自动化程度，图 4 为车间的部份情况。在这里只用了两个人，一个操作员和一个技术员，后者还担负其它工作间的工作。

整个蜡模浇注系统的关键部分是一台可编程机器人,其机械臂的一般位置如图示A处。在图4的背影处可看到部份自动传输系统,该系统可以将压制后的蜡模经过一条干燥隧道输送到铸造车间。根据批量大小和蜡模的形状,机器人可以用手工装载或将各个蜡模组从传送系统上取下。

机器人可达的范围内有五个圆桶,其中一个装有底层料浆,还有一个桶内装有壳型主料浆,其它三个圆桶装在一个旋转分度盘上自成一组,可以逐个依次进入机器人可达范围内。机器臂活动范围很大,包括倾斜和旋转,以便在涂料后直到将蜡模转入下一道工序能够将多余的底层涂料甩回料桶,以促其干燥。这种甩干动作是人的手臂运动的精确模仿,因为在进行首次干燥之前,获得厚度尽可能均匀的底层涂料是十分重要的。

高强度铝合金

据称:DAC采用的KO-1铝合金具有很好的可加工性,在相当宽的温度范围内有很好的性能。

例如,室温下最低的机械性能为抗拉 416 N/mm^2 (27吨/吋²);屈服, 340 N/mm^2 (22吨/吋²);延伸率5%。对大多数

熔模材料而言,铸件表面光洁度都很高,尺寸精度也可稳定地保持在很小的公差范围内。

铸造微波元件时,25 mm以下的内通道之精度可保持在 $0.05\sim 0.10\text{ mm}$,25~50 mm的内通道,精度可保持在 $\pm 0.082\sim 0.15\text{ mm}$ 。DAC的伯明翰铸造厂目前采用的设备,可以生产最大尺寸约为 $500\times 500\times 700$ 的壳体铸件。

经济管理

DAC采用的熔模铸造工艺,从基本原理上说,不是新东西。显然,铸造批量越大,该工艺就越经济。

但是,采用该工艺生产大型、高度复杂的铸件,可使其经济性得到提高。如果一个单个铸件能够替代迄今一直由多个单独机加件所组成的组件,就可以节省大量资金。因此,为加工小批量铸件付出较高的模具成本也是合算的。在某些特殊情况下,DAC声称,甚至生产单个铸件也是合算的。(本文图片因原文图不清,故从略)

马进 译自《Machinery and
Production engineering》

NQ3385·1977.11

蔡柏林 校



(上接21页)

6、压铸者只要最小限度地调整模具校正量,就能改进模具工作寿命。

对用户好处:

因为石膏型铸件能得到与压铸一样的精度,光洁度。该工艺对压铸件用户有几大好处,首先,用户可在制造永久模前使用样件进

行工程试验,如适合的肋条,凸台、壁厚、倒圆、复杂内腔,表面光洁度,以及铸入加热元件或润滑道。压铸者能快速以最小代价和最短时间考虑设计的更改而无需重新设计。

蔡柏林 译自《SDCE 79》Paper No
G-T79-021

李方新 校