

# DISA 线环氧树脂下芯框的快速制模技术

任现伟

(洛阳古城机械有限公司, 河南洛阳 471023)

**摘要:** 介绍了一种环氧树脂铸造用下芯框的快速制模技术。该下芯框制模工艺是采用下芯框框架作为四周骨架, 浇注环氧树脂混合料, 加热固化成形的一种制模技术。用该工艺制得的下芯框具有稳定的力学性能、尺寸精度、表面硬度和表面粗糙度, 以及良好的耐磨性和使用寿命, 具有很高的性价比。与传统在CNC机床上经过坯料加工而成的金属下芯框相比, 在降低成本的同时, 大幅缩短了制模周期, 加快了铸造新产品研发和备用下芯框制模的过程进度。

**关键词:** DISA线; 环氧树脂; 下芯框; 快速制模

下芯框是将砂芯、冷铁、过滤网以及冒口易割片等辅助造型材料精确地放置到铸型中相应位置的传递装置, 主要应用于带有砂芯铸型的造型过程中, 是自动化铸造生产造型环节预置、夹持和定位砂芯, 并在合型后由下芯机将其撤回原位的下芯机附属模型装备。下芯框的精确度直接影响着铸件的表面质量及尺寸准确度<sup>[1-3]</sup>, 因此, 下芯框的设计和制作就如同造型模具一样, 它的优劣也是保证铸件质量的关键。

## 1 DISA线环氧树脂下芯框快速模的特点

环氧树脂具有快速制模的适应性、可靠的表面复制性、极佳的尺寸稳定性和耐磨性、强度高、重量轻、耐高温、易于更改和修补等优点, 已广泛应用于各种类型模具的制造中<sup>[4-6]</sup>。

因环氧树脂是一种含有环氧基团的高分子聚合物, 分子量小、常温下流动性好、粘合力大、收缩性小、以及力学性能、耐热性和稳定性好, 包括下芯框在内的树脂模具是使用最广泛、操作最方便的模具成形方法, 在国际上被广泛应用于汽车、飞机、机械、电子等领域的产品开发和批量生产中。

长期以来, 很多铸造企业DISA线的下芯框都是经过设计后, 选择优质的铸铝坯料或仅在关键部位选择黑色耐磨金属, 与模具和芯盒一样放到CNC机床上加工出来的<sup>[7]</sup>, 下芯框一般都是与同一套模具的外模和芯盒在同一机床上先后加工或者是在不同机床上同时加工出来的, 这样就需要重复定位, 容易引起下芯框定位尺寸失准, 而且机械加工和后续精整周期漫长且成本昂贵。但是使用环氧树脂作为原料, 浇注成形的下芯框定位尺寸、使用性能与金属模具相当, 而成本和生产周期却大幅度下降。

## 2 DISA线环氧树脂下芯框快速制模的流程

DISA垂直无箱射压自动造型机的模具一般包括正压板、反压板、芯盒和下芯框。为了克服传统下芯框由CNC机床加工的缺点与不足, 使用环氧树脂制作DISA线

作者简介:

任现伟(1980-), 男, 高级技师, 高级工程师, 主要研究方向为产品设计和材料成形工艺的研发。电话: 13525453437, E-mail: lyrenxianwei@163.com

中图分类号: TG244

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2025)

01-0129-06

收稿日期:

2023-10-12 收到初稿,  
2024-09-30 收到修订稿。

下芯框。将从模型（母模）、下芯框和耐磨钢片的准备开始到最终使用下芯框铸造试模的整个制作过程，

设计9道工序，具体的制模流程见图1。

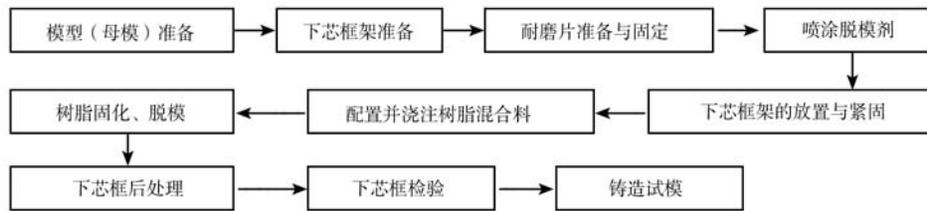
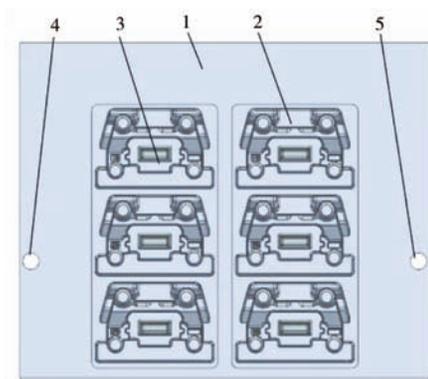


图1 制模流程图

Fig. 1 Process flow diagram

## 2.1 模型（母模）准备

选择经过机械加工完毕尚未安装浇口杯和浇注系统的相应反压板模具作为制作下芯框的母模，如果反压板上已经安装了浇口杯和浇注系统，需要将其去除后才能作为母模，否则它们将影响下芯框框架的放置与固定。本文以某制动支架模具为例，选用环氧值为0.650 mol/100 g的JH-021耐高温环氧树脂，甲基四氢苯酐固化剂和BH-1促进剂作为预混料，介绍一种DISA线下芯框快速模的制作过程。图2显示了未安装浇口杯和浇注系统的反压板模具<sup>[8-9]</sup>。



1. 反压板 2. 模仁 3. 芯头 4、5. 定位销套

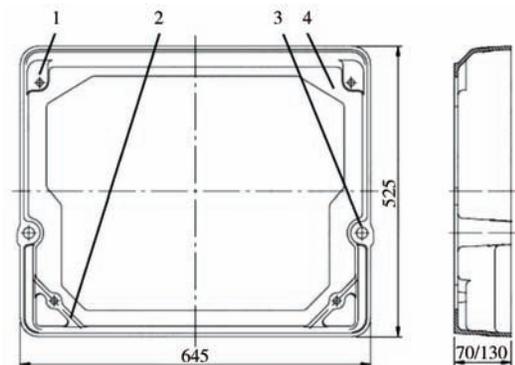
图2 反压板模具

Fig. 2 Swing plate (SP) of the patterns

## 2.2 准备下芯框框架

下芯框框架是用来作为下芯框的外框骨架，最终构成下芯框的外轮廓，在浇注的过程中防止填充材料的外溢，也可以起到支撑和加强的作用<sup>[10]</sup>。本文所述带有加强筋条和加强筋板的下芯框框架是用砂型铸造得来的，并经机械加工上下端面、定位销套和气锁螺栓孔的普通铸铝薄壁框架，主体壁厚为15 mm。将下芯框框架的厚度尺寸设计为两种规格，分别是70 mm

和130 mm，这样做的目的是可以根据砂芯定位芯头的高度或者砂芯插入下芯框的深度来选择相应的尺寸规格，并且可以实现下芯框框架的小批量铸造和机械加工，与不同规格的常用浇口杯、冒口、定位销和定位销套一样，作为制作模具和下芯框的常规备用材料<sup>[11]</sup>。下芯框框架的框内表面尽量不要打磨，保持经抛丸后不带杂质的、粗糙的毛坯状态，以便随后浇注的树脂混合料固化后与下芯框框架牢固地结合。下芯框框架的具体形状和尺寸如图3所示。



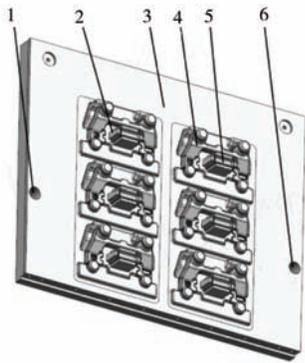
1. 气锁螺栓孔 2. 加强筋条 3. 定位销套 4. 加强筋板

图3 下芯框框架

Fig. 3 The core mask frame

## 2.3 耐磨钢片的准备和固定

为了减缓砂芯与下芯框接触面的摩擦，延长下芯框的使用寿命，在反压板模具芯头的上、下、左、右四个面各紧贴放置一块厚度为5 mm的耐磨钢片，长度和宽度铺满整个反压板模具芯头，但不包括两芯头结合表面的过渡圆角，在下芯框框架浇注并固化后该耐磨钢片并不随反压板一起脱模，而是成为下芯框的一部分。具体固定位置见图4所示。耐磨钢片放置到紧贴芯头部位的同时，必须牢牢固定在芯头上，避免在环氧树脂混合料浇注过程中耐磨钢片松动，偏离芯头

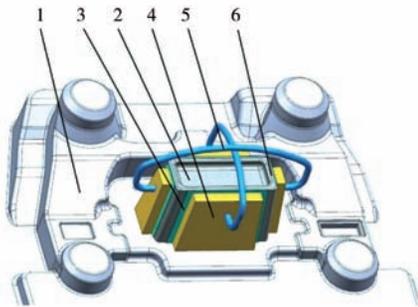


1、6. 定位销套 2. 耐磨钢片 3. 反压板 4. 模仁 5. 芯头

图4 耐磨钢片在反压板模具上的位置

Fig. 4 The position of wear-resistant sheet on the swing plate ( SP )

或脱落<sup>[12-13]</sup>。本文所述的制动支架下芯框上的耐磨钢片是采用类似于芯撑的小卡钩将其夹持在反压板芯头上，这样就可以防止耐磨钢片在环氧树脂浇注过程中位移。这些直径为3 mm的卡钩在下芯框框架浇注并固化后也会成为下芯框的一部分。夹持前，还必须在芯头和耐磨钢片之间衬上一层厚度0.10 mm的铝皮，这样既可以给砂型铸造过程中的砂芯留下芯头间隙，避免砂芯芯头在下芯框相应芯头内放不进去，也便于下芯框从反压板上顺利脱模，这层厚度0.10 mm的铝皮不会成为下芯框的一部分，而是在脱模时随反压板一起脱模，具体见图5所示。



1. 模仁 2. 芯头 3. 铝皮 4. 耐磨钢片 5. 小卡钩 6. 集砂槽

图5 耐磨钢片固定后的状态

Fig. 5 The state of the wear-resistant steel sheet after fixing

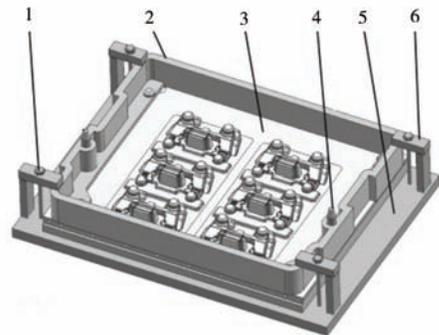
## 2.4 喷涂脱模剂

脱模剂的合理选用，是为了确保固化后的下芯框能够从反压板模具上顺利脱模，可以避免局部脱模不良或强制脱模造成的下芯框缺角掉块而引起的后期修补，提高下芯框的质量，延长其使用寿命。因此，在反压板模具及所有模型上和整个分型面上均匀喷涂脱模剂，涂层尽可能薄，一般喷涂2~3遍，预防喷涂不均匀或漏涂。需要特别注意的是不可将脱模剂喷涂到下

芯框框架上，有时为了使其与环氧树脂混合料更好地粘接，还需要将下芯框框架内表面处理得粗糙。

## 2.5 下芯框框架的放置与紧固

如图6所示，将下芯框框架放置到反压板上，用定位销把两者定位在一起，并用压紧装置将下芯框框架牢牢紧固在反压板上。需要特别注意的是还需要用纸团或其他柔性易清理材料将下芯框框架上的4个气锁螺栓孔堵死，避免浇注过程中将混合料注入到气锁螺栓孔内，造成后期清理困难，待脱模后再将纸团从气锁螺栓孔内剔除。



1. 压紧螺栓 2. 下芯框框架 3. 反压板模具 4. 定位销

5. 压紧底板 6. 压板

图6 下芯框框架的固定方法

Fig. 6 The fixing method of core mask frame

## 2.6 配置并浇注树脂混合料

将一定比例的固化剂、促进剂与环氧树脂进行混合，环氧树脂、固化剂和促进剂按质量比为100 : 105 : 1，在尽可能短的时间内搅拌均匀，搅拌过程中要注意防止混合料裹挟气体，搅拌均匀后在室温下静置5~10 min。

配置好的环氧树脂混合料也应在尽可能短的时间内浇注完毕。将图6所示的紧固完毕的反压板模具和下芯框框架预热至60~80 ℃之间，然后，再将模具放置到浇注平台上，浇注开始前将浇注平台倾斜15°~30°放置，浇注开始时从最低处注入，浇注时应沿下芯框框架内壁缓慢注入，避免浇注流直接冲击到分型面上，这样有利于分型面上脱模剂薄膜的保护，以及提高气体的外溢和避免卷气。浇注过程中确保速度均匀，并尽可能使混合料均匀填充下芯框框架内的每个部位。浇注2/3时后，将浇注平台恢复水平放置，再浇注剩余的混合料。浇注完毕后，使用专用刮板沿下芯框框架底面刮掉高出平面的多余混合料。为了防止气泡的产生，必要时可在浇注前对混合料进行预脱泡处

理,也可在模型的最高部位设置排气孔,以便气体能顺利排出。

## 2.7 树脂固化、脱模

将浇注后的下芯框移至CS101型电热鼓风干燥箱内进行固化,固化工艺如图7所示。当升温至80℃时,保温2h,以便浇注料在下芯框内能够充分、均匀预热;然后,约用1h从80℃缓慢升温至100℃,保温1h;接下来,缓慢升温至100℃后再保温1h;最后,以每小时50~70℃的降温速度,将干燥箱内温度降至室温后,将其移出干燥箱。再在室温下放置24h。待其完全固化完毕后开始脱模<sup>[14-15]</sup>,避免脱模过早引起下芯框变形和强度不足,脱模操作要规范,预防下芯框开裂和损伤反压板模具。

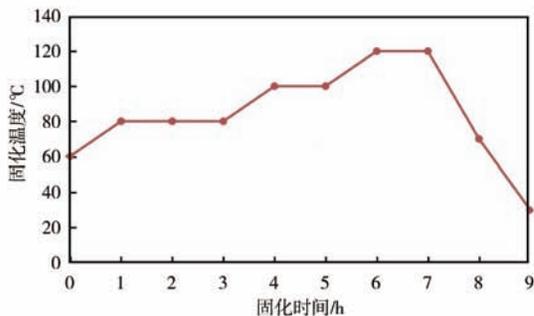


图7 固化工艺图

Fig. 7 The chart of solidification process

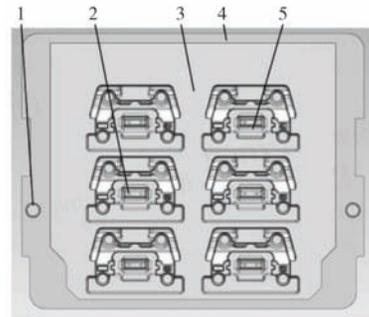
## 2.8 下芯框后处理

脱模后应对高出下芯框背部端面及未刮净的混合料进行清理,对于高出下芯框背部端面过高的混合料,必要时可在铣床上进行切削加工,然后配以钳工精细打磨,避免高出下芯框背部端面的混合料影响下芯框的尺寸精度,也可避免在向下芯机上安装下芯框时的混合料干涉,导致定位不准<sup>[16]</sup>,影响下芯精度。遵循的原则是允许低于下芯框背部端面,但不允许高出下芯框背部端面0.01mm。

待下芯框背部端面和其他部位多余混合料被清除干净并被研磨光滑后,按照设计图纸的要求在芯头部位钻出用于牢固吸附砂芯的吸气孔,吸气孔的多少和尺寸大小应严格按照图纸执行<sup>[17]</sup>。本文所述制动支架每模设计为6件,每个铸件需要放置一个砂芯,每个砂芯需要在芯头顶面部位钻出2个直径5mm的吸气孔,共6组12个吸气孔。

待吸气孔钻孔完毕,向位于下芯框左、右两侧的定位销套孔内安装过盈配合的定位销套,该定位销套的作用是与下芯机上的定位销配合,实现下芯框在下芯机上的定位;然后,向位于下芯框四角的气锁螺丝

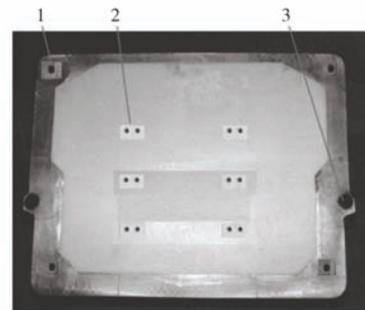
孔内拧上气锁螺栓,该4个气锁螺栓的作用是通过其在压缩气体的作用下,将定位完毕后的下芯框牢固吸附到下芯机上吸气锁紧装置。吸气孔、定位销和气锁螺栓在下芯框上的具体形貌如图8~9所示。



1. 定位销套 2. 吸气孔 3. 下芯框体 4. 下芯框框架 5. 耐磨钢片

图8 下芯框正面

Fig. 8 The front of core mask



1. 气锁螺栓 2. 吸气孔 3. 定位销套

图9 下芯框背面

Fig. 9 The back of core mask

## 2.9 下芯框检验

按照GB/T 2567—2008,对下芯框和同时浇注的两个固化了48h后的环氧树脂单铸试样使用CMT万能试验机和ZBC型冲击试验机进行检测,其弯曲强度按照GB/T 2570—1995进行检测,其力学性能按照GB/T 2571—1995进行检测,所得力学性能检测结果如表1所示<sup>[18]</sup>。

表1 下芯框的力学性能检测结果  
Tab. 1 Mechanical properties of the core mask

试样 编号	抗拉 强度/MPa	拉伸 模量/GPa	伸长 率/%	弯曲 强度/MPa
1	92.8	3.52	5.6	187
2	98.5	3.65	4.2	196

### 3 DISA线环氧树脂下芯框与其他常用材料下芯框对比

以本文所述的某制动支架下芯框为例, 经过长期的生产实践和经验积累, 对比了同一种产品的不同

材料下芯框之间的差异, 结果如表2所示, 可以发现带有耐磨钢片的环氧树脂下芯框与其他材质的下芯框相比, 尺寸精度和表面粗糙度基本相当, 但其表面硬度、自身重量、制作周期和使用寿命却明显优于其他材质的下芯框。

表2 DISA线下芯框对比  
Tab. 2 Comparison of the core mask in DISA line

对比项目	铝合金	灰铸铁	模具钢	带有耐磨钢片的环氧树脂
尺寸精度/mm	+ (0.05~0.10)	+ (0.05~0.10)	+ (0.05~0.10)	+ (0.06~0.12)
表面硬度HB	40~95	160~230	300~390	350~450
粗糙度Ra	3.2	3.2	3.2	3.2
质量/kg	68.2	123.2	131.9	48.6
制作周期/天	20	20	20	4
使用寿命/次	200 000~250 000	200 000~300 000	300 000~500 000	500 000~800 000

环氧树脂下芯框在生产实践中的表现明显优于其他材质的下芯框, 又由于其制模周期短、制模成本低等特点<sup>[18]</sup>, 对于各个型号的DISA线上使用的各类模具和下芯框的制作, 以及在更大范围内的其他类型铸造生产线上, 均具有明显的借鉴和推广应用价值。下一步, 我们还要进一步研究不同类型环氧树脂, 在不同配比和不同温度下以及不同时间内混合料凝胶时间随着温度变化的规律, 还有等速升温条件下粘度随温度的变化趋势<sup>[19-20]</sup>, 以便更精确地计算固化时间和开模时间对于环氧树脂力学性能的影响, 制定更加科学的固化工艺, 制作出力学性能更高、使用寿命更长的模具和下芯框。

### 4 结束语

(1) 环氧树脂下芯框与传统金属下芯框相比,

自身质量分别只有铝合金、灰铸铁和模具钢材料的71.3%、39.5%和36.8%, 包括下芯框在内的模具轻量化, 是减少造型设备损耗和延长设备使用寿命的关键, 在铸造厂具有广泛的推广应用价值。

(2) 环氧树脂下芯框与传统在CNC机床上经过坯料加工而成的金属下芯框相比, 制作周期只有原来金属下芯框的1/5, 有利于加快铸造新产品开发的进度, 为新产品铸件的试制和检验提供了更加充足的改善时间, 提高了企业新产品开发的成功率。

(3) 由于该环氧树脂下芯框在与砂芯接触、易磨损的部位增设了耐磨钢板, 以及固化后混合料优异的力学性能, 使其与其他材质的下芯框相比, 使用寿命得到了大幅的提升。

#### 参考文献:

- [1] 戚鹏超, 李永刚, 张明, 等. 浅析下芯定位工艺对铸件尺寸精度的影响 [J]. 铸造设备与工艺, 2020 (3): 23-25.
- [2] 任现伟. 制动器钳体铸件的铸造工艺及模具设计 [J]. 现代铸铁, 2020, 40 (3): 55-58.
- [3] 任现伟. 铸铁件砂孔和渣孔缺陷的研究与防治 [J]. 中国铸造装备与技术, 2020 (1): 40-43.
- [4] 明璐, 宁荣昌, 杨卫朋, 等. 高性能环氧树脂浇铸体研究 [J]. 热固性树脂, 2012, 27 (5): 27-30.
- [5] LUO Y L, LIZ Q, LAN W X. Response behavior of an epoxy resin/amine curing agent/carbon black composite film to various solvents [J]. Materials Science and Engineering, 2007, 139 (1): 105-113.
- [6] MAITY T, SAMANTA B C, DALAI S, et al. Curing study of epoxy resin aromatic amine functional curing agents along with mechanical and thermal education [J]. Materials Science and Engineering, 2007, 464 (1/2): 38-46.
- [7] 任现伟. 砂型铸造模具的设计与工艺研究 [J]. 中国铸造装备与技术, 2020, 55 (3): 23-27.
- [8] 任现伟. 浅析铸件设计对铸造企业的重要性 [J]. 中国铸造装备与技术, 2020, 55 (4): 54-57.

- [9] 黄天佑, 闻星火. 快速成型技术及其在铸造中的应用 [J]. 铸造, 1995 (2): 38-42.
- [10] 任现伟. DISA线生产优质铸件的工艺技术与应用 [J]. 铸造, 2019, 68 (7): 777-781.
- [11] 代颖辉. 挤压铸造A356铝合金重载车轮的模具设计 [J]. 铸造, 2016, 65 (2): 155-157+161.
- [12] 任现伟. 高初球墨铸铁离合器飞轮铸造工艺设计与实践 [J]. 铸造技术, 2019, 40 (7): 696-700+704.
- [13] 王赟, 丁鹏. 滤清器底座金属型铸造工艺及模具设计 [J]. 铸造, 2021, 70 (1): 104-108.
- [14] 韦春, 钟文斌, 刘敏娜, 等. 环氧树脂/液晶固化剂固化反应动力学研究 [J]. 热固性树脂, 2002 (2): 15-18.
- [15] 甘厚磊, 易长海, 吕鹏举, 等. MOCA/环氧树脂体系的固化行为 [J]. 高分子材料科学与工程, 2009, 25 (2): 119-122.
- [16] 任现伟. 两种不同铸件一模铸造的工艺设计与实践 [J]. 铸造, 2019, 68 (11): 1292-1298.
- [17] 时俊杰, 崔景旭. 发动机单体气缸盖自动下芯工艺开发及应用 [J]. 铸造, 2022, 71 (8): 1032-1035.
- [18] 任现伟. 基于ERP系统的铸造企业管理创新研究 [J]. 企业改革与管理, 2019 (15): 32-33.
- [19] 任智勇. 六缸气缸体砂型铸造下芯夹具的通用性优化设计 [J]. 铸造技术, 2012, 33 (2): 232-234.
- [20] 黄琪. 适用于RTM成型的高性能环氧树脂体系的研制 [J]. 粘接, 2002 (5): 25-28.

---

## Rapid Molding Technology of the Core Mask Made of Epoxy Resin for DISA Line

REN Xian-wei

(Luoyang Gucheng Machinery Co., Ltd., Luoyang 471023, Henan, China)

### Abstract:

A rapid molding technology of the core mask made of epoxy resin was introduced. The manufacturing process of the core mask adopts the core mask frame as the surrounding skeleton, pouring the epoxy resin mixture, and heating and curing molding. The core mask made by this process has stable mechanical properties, dimensional accuracy, surface hardness and surface roughness, as well as good wear resistance and service life, and has a high cost performance ratio. Compared with the metal core mask processed by blank on the traditional CNC machine tool, the production cycle is greatly shortened while the cost is reduced, and the process progress of new casting product development and spare core mask production is accelerated.

### Key words:

DISA line; epoxy resin; core mask; rapid molding technology