

消失模铸造生产 及应用实例

章 舟 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

内 容 提 要

本书针对消失模铸造生产过程中易出现的各种问题,包括原辅材料、工艺、设备等,结合铸造技术基础知识,分列专题,以实例形式阐明消失模铸造白区、黑区生产技术,铸造缺陷及防止,消失模铸造生产铝合金铸件、汽车零件、管件、耐磨件等相关知识和技术。

本书可供从事消失模铸造生产和管理的技术人员、工人阅读,也可供科研院所从事铸造方向研究的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

消失模铸造生产及应用实例/章舟编著. —北京:

化学工业出版社, 2007. 7

ISBN 978-7-122-00320-1

I. 消… II. 章… III. 精密铸造 IV. TG249.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 057548 号

责任编辑: 刘丽宏

责任校对: 吴 静

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市彩桥印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 7 字数 193 千字 2007 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 19.00 元

版权所有 违者必究

前 言

消失模铸造，又称实型铸造，是一项精确成型的铸造新技术，是将与铸件尺寸形状相似的泡沫模型粘接组合成模型簇，刷涂耐火涂料并烘干后，埋在干石英砂、镁橄榄石砂、宝珠砂中振动造型，在负压下浇注，使模型气化，液体金属占据模型位置，凝固冷却后形成铸件的新型铸造方法。消失模铸造技术被铸造界的人士称为“21 世纪的铸造新技术”，“使铸造技术在与其他成型方法和替代材料的竞争中立于不败之地的一张王牌”。

消失模铸造技术具有下列特点：铸件质量好，成本低；材质不限，大小皆宜；尺寸精度高，表面光洁，减少清理，节省加工时间；内部缺陷大大减少，组织致密；可实现大规模、大批量生产；自动化流水线环保，可以大大改善作业环境，降低劳动强度，减少能源消耗。因此，与传统铸造技术相比，消失模铸造技术具有无与伦比的优势，它符合当今铸造技术发展的总趋势，有着广阔的前景。1999 年，国家科技部把消失模铸造技术列为国家重点推广的高新技术。近年来，消失模铸造技术在国内外已经成为改造传统铸造产业应用最广的高新技术。

为适应我国消失模铸造生产的需要，结合我国铸造企业的技术现状，为众多中小企业从事消失模铸造的广大工程技术人员、管理人员以及现场的实际操作者，撰写一本以铸造基础知识为指导的实用技术类书籍，是十分必要的。鉴于此，本书在撰写过程中，与消失模铸造生产实践密切结合，针对消失模铸造生产过程中出现的各种问题，结合铸造技术基础知识，分列专题，以实例形式，阐明消失模铸造原辅

材料、设备的选用，铸造缺陷产生原因与预防措施，消失模铸造生产各种合金铸件、汽车零件、管件、耐磨件等的工艺与技术。书中内容深入浅出，通俗实用，力求使读者看得懂、用得上，并在技术上有所收益，有所提高。

本书撰写过程中除得到书中列举的各消失模铸造厂家的大力支持外，还得到原材料、设备生产厂的唐锁云、厉三余、朱以松、周海，合金熔炼厂的李京隆、王海珊等的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢！

限于作者水平，书中不当之处难免，敬请读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 消失模铸造技术概述	1
EPC 1-1 什么是消失模铸造	1
EPC 1-2 消失模铸造技术的发展和状况	1
EPC 1-3 消失模铸造的工艺流程	3
EPC 1-4 消失模铸造的工艺分类及特点	3
EPC 1-5 消失模铸造原辅材料	6
EPC 1-6 消失模铸造的关键技术	6
EPC 1-7 消失模铸造需要的专用设备	7
第 2 章 消失模铸造白区生产技术	8
EPC 2-1 消失模铸造白模制作区生产线	8
EPC 2-2 消失模铸造模样材料及成型工艺	11
EPC 2-3 消失模白模发泡成型设备	26
EPC 2-4 消失模铸造白模发泡成型模具	30
EPC 2-5 消失模铸造浇注系统	34
EPC 2-6 消失模铸造工艺与涂料	44
EPC 2-7 消失模铸造涂料测量方法	48
EPC 2-8 消失模铸造管件专用涂料	50
EPC 2-9 铸铁件消失模水基醇基涂料	51
EPC 2-10 消失模铸造干粉涂料的研究与应用	59
EPC 2-11 消失模（白模）手工制作和黏结剂	60
EPC 2-12 消失模黏结剂的生产和使用	63

EPC 2-13	手工粘接用消失模黏结剂的施工方法	65
EPC 2-14	白模密度和浇注件	69
第 3 章	消失模铸造黑区生产技术	72
EPC 3-1	消失模铸造黑区生产线	72
EPC 3-2	消失模铸造黑区设备概述	81
EPC 3-3	消失模干砂造型振实台	83
EPC 3-4	真空泵、真空度和消失模铸件质量	88
EPC 3-5	消失模铸造优质铸件与铁水净化	94
第 4 章	消失模铸造缺陷及防止	97
EPC 4-1	消失模铸造对铸件性能的影响	97
EPC 4-2	铸铁件表面皱皮（积碳）及防止	98
EPC 4-3	铸钢件增碳及防止	101
EPC 4-4	反喷及防止	104
EPC 4-5	气孔及防止	107
EPC 4-6	铸件尺寸超差、变形及防止	108
EPC 4-7	塌箱及防止	111
EPC 4-8	粘砂及防止	113
EPC 4-9	节瘤、针刺及防止	114
EPC 4-10	冷隔（对火）、重皮浇不到及防止	115
EPC 4-11	表面孔眼、凹陷和网纹及防止	116
EPC 4-12	内部非金属夹杂物、缩松、组织性能不均及防止	117
EPC 4-13	消失模铸造炭黑及防止措施	120
EPC 4-14	消失模铸件白斑、白点、夹砂及防止	122
EPC 4-15	消失模铸造缺陷的影响因素及防止措施	124

第 5 章 消失模铸件生产工艺应用实例	135
EPC 5-1 铸造磨球	135
EPC 5-2 用消失模铸造生产汽车零件	148
EPC 5-3 消失模铸造缝纫机零件（包缝机机头）	150
EPC 5-4 用消失模铸造生产高锰钢弯管	153
EPC 5-5 用消失模铸造生产耐磨件	155
EPC 5-6 消失模铸造浇注铝合金铸件	159
EPC 5-7 消失模铸造浇注铜合金铸件	161
EPC 5-8 消失模铸造高锰钢筛板	163
EPC 5-9 奥-贝球铁斜楔消失模铸造的生产实践	167
EPC 5-10 消失模铸造球铁管件主要缺陷及防止	171
EPC 5-11 球铁和铝合金消失模铸造工艺应用体会	175
EPC 5-12 消失模工艺在球铁件生产中的应用	178
EPC 5-13 消失模铸造的模具设计和制造	180
EPC 5-14 耐火材料空心管在消失模铸造上的应用	183
第 6 章 消失模铸造生产其他注意问题	187
EPC 6-1 消失模铸造的适用性和多样性	187
EPC 6-2 采用消失模铸造需考虑的问题	191
EPC 6-3 EPS 白模潮砂实型和空腔铸型浇注	194
EPC 6-4 保温冒口在消失模铸钢件上的应用	199
EPC 6-5 消失模精密铸钢技术及实际应用	203
EPC 6-6 消失模铸件的正火——理想正火及正火液	208
参考文献	212

第 1 章 消失模铸造技术概述

EPC 1-1 什么是消失模铸造

消失模铸造技术是用泡沫塑料（EPS、STMMA 或 EPMMA）高分子材料制作成与零件结构和尺寸完全一样的实型模具，经浸涂耐火粘接涂料（起强化、光洁作用）烘干后陆续埋入干砂造型，经三维微振加负压紧实，在没有泥芯、活块（甚至没有冒口）的情况下浇入熔化的金属液（注意在浇注和凝固过程中要继续保持一定的负压），使泡沫塑料模受热气化进而被金属取代的一次性成型铸造新工艺。

对于消失模铸造，有多种不同的叫法。国内主要的叫法有“干砂实型铸造”、“负压实型铸造”，简称 EPC 铸造。国外的叫法主要有 lost foam process (USA)、policast process (Italy) 等。

与传统的铸造技术相比，消失模铸造技术具有无与伦比的优势，因此被国内外铸造界誉为“21 世纪的铸造技术”和“铸造工业的绿色革命”。

EPC 1-2 消失模铸造技术的发展和状况

1956 年美国 H. F. Shoyer 开始了将聚苯乙烯泡沫塑料用于铸造的试验，并获得成功，引起了人们极大的兴趣，1958 年以专利的形式公布于众，当时称之为“无型腔铸造”。起初，该法只是用来制造金属雕像等艺术品铸件，以后经过许多实践和探索，1962 年联邦德国从美国引进专利，消失模铸造法才开始被开发，并在工业上得到应用。1999 年美国威斯康星大学的一项市场调查表明，在未来的 6~10 年中，消失模工艺的前景一片光明。市场调查表明，在 1990 年，有 6% 的铝合金铸件是使用消失模铸造工艺生产的。到 2007 年，将有 29% 的铝合金铸件使用该工艺。从 1997 年起，灰铸铁和球铁方面

2 消失模铸造生产及应用实例

也有较大增长，目前约有 2% 的灰铸铁件是由消失模工艺生产的，预计到 2009 年将达到 15%。

在我国 1979 年由黄述哲教授领导的课题组最早开始了消失模铸造的原理性试验。同年，他们在全国铸造工艺学会上发表了“消失模铸造基本特性的研究”论文报告，在国内首次系统阐述了这一方法的特点和规律性。消失模铸造技术自 20 世纪 90 年代开始在我国进入工业化应用，经过十几年的发展，我国的消失模铸造工业具有了一定规模，成为铸造工业的重要组成部分。消失模铸造技术也被国家重点推广而成为改造传统铸造业应用最广泛的高新技术。但总的来说，我国消失模铸造的生产应用水平与发达国家仍然有很大的差距。目前，我国的消失模铸造厂家大大小小的有数百家，但大部分的工厂生产能力都不大（与国外动辄数万吨的生产能力相比差距较大）。

目前消失模铸造技术在国内主要应用在如下几方面。

(1) 应用的铸件合金种类 铝合金、特种铸铁（高铬铸铁等）、灰铸铁、球墨铸铁、特种铸钢（高 Mn 钢、Ni-Cr 耐热钢）、普通碳钢、低 C 钢及不锈钢。

(2) 应用成功的典型铸件

- ① 抗磨铸件——磨球、衬板、锤头；
- ② 耐热铸件——炉算条、热处理底板、料框等；
- ③ 管件——各种规格（ $\Phi 25 \sim 1200\text{mm}$ ）的灰、球铁管件；
- ④ 阀类铸件——铸钢阀体、阀盖、球铁阀体、阀盖；
- ⑤ 工程机械件——斗齿、齿轮、齿条、叉车铸钢件；
- ⑥ 箱（壳）体铸件——变速箱壳体、差速器壳体、转向器壳体、电机壳体、消防栓壳体、炮弹壳体等；
- ⑦ 汽车制动系统铸件——刹车鼓、刹车盘；
- ⑧ 曲轴——压缩机曲轴、汽车发动机曲轴；
- ⑨ 进、排气管——铝进气歧管、球铁 4 缸汽车排气管、灰铁 6 缸柴油机排气管；
- ⑩ 支架类铸件——铁路 25 钢支板、汽车弹簧支架等；
- ⑪ 后桥铸件——铸钢、球铁后桥壳体；

⑫ 缸体、缸盖铸件——压缩机缸体、单缸机缸体、缸盖、汽车 4 缸缸体。

EPC 1-3 消失模铸造的工艺流程

图 1-1 为大量生产的消失模铸造的全部工艺流程。可见，该流程的主要工部有熔化工部、制模工部、模型组合及涂层烘干工部、造型浇注工部和落砂清理工部。

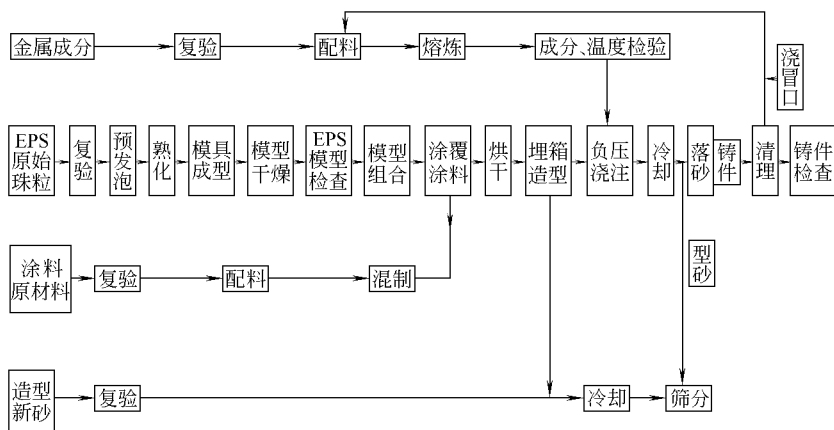


图 1-1 消失模铸造的工艺流程

EPC 1-4 消失模铸造的工艺分类及特点

消失模铸造根据其铸型材料可分为自硬砂消失模铸造和无黏结剂干砂消失模铸造。根据浇注条件可分为普通消失模铸造和负压消失模铸造。

与传统的砂型铸造相比，大量生产的消失模铸造有如下工艺特征。

① 一个与铸件形状完全一致、尺寸大小只差金属收缩量的泡沫塑料模型保留在铸型内，形成“实型”铸型，而不是传统砂型的“空腔”铸型（即“空型”）。

② 其砂型为无黏结剂、无水分、无任何附加物的干石英砂，或

4 消失模铸造生产及应用实例

镁橄榄石砂、宝珠砂等。

③ 浇注时，泡沫塑料模型在高温液体金属作用下不断分解气化，产生金属-模型的置换过程，而不像传统“空型”铸造是一个液体金属的填充过程。制作一个铸件，就要“消失”掉一个泡沫塑料模型。

④ 泡沫塑料模型可以分块成型再进行粘接组合。模型形状（即铸件形状）基本不受任何限制。

表 1-1 为大量生产条件下传统黏土砂型铸造与消失模铸造工艺特点的比较。

表 1-1 大量生产条件下传统黏土砂型铸造与消失模铸造工艺特点的比较

项 目		传统砂型铸造	消失模铸造
模 型 工 艺	开边	必须分型开边,便于造型	无需开边
	拔模斜度	必须有一定的拔模斜度	基本没有或很小的拔模斜度
	组成	有外型芯合组成	单一模型
	应用次数	一个模型多次使用	一型一次
	材质	金属或木材	泡沫塑料
造 型 工 艺	型砂	有黏结剂、水、附加物经过混制的型芯砂	无黏结剂、任何附加物和水 的干砂
	填砂方式	机械力填砂	自重微振填砂
	紧实方式	机械力紧实	物理(自重、微振、真空)作用紧实
	砂箱特点	根据每个零件特点制备专用砂箱	简单的通用砂箱
	铸型	型腔由型芯装配组成	空腔实型
	涂料层	大部分无需涂层	必须有涂层
浇 注 工 艺	充型特点	只是填充空腔金属与模型	发生物理化学作用
	影响充型速度的主要因素	浇注系统与浇注温度	主要受型内气体压力状态、浇注系统、浇注温度的影响
落 砂 清 理	落砂	需强力振动打击翻箱或吊出铸件	铸件与砂自动分离
	清理	需打磨飞边毛刺及内浇口	只需打磨内浇口,无飞边毛刺

消失模铸造工艺主要具有下列优点。

① 铸件尺寸形状精确，重复性好，具有精密铸造的特点；

- ② 铸件的表面光洁度高；
- ③ 取消了砂芯和制芯工部，根除了由于制芯、下芯造成的铸造缺陷和废品；
- ④ 不合箱、不取模，大大简化了造型工艺，消除了因取模、合箱引起的铸造缺陷和废品；
- ⑤ 采用无黏结剂、无水分、无任何添加物的干砂造型，根除了由于水分、添加物和黏结剂引起的各种铸造缺陷和废品；
- ⑥ 大大简化了砂处理系统，型砂可全部重复使用，取消了型砂制备工部和废砂处理工部；
- ⑦ 落砂极其容易，大大降低了落砂的工作量和劳动强度；
- ⑧ 铸件无飞边毛刺，使清理打磨工作量减少 50% 以上；
- ⑨ 可在理想位置设置合理形状的浇冒口，不受分型、取模等传统因素的制约，减少了铸件的内部缺陷；
- ⑩ 负压浇注，更有利于液体金属的充型和补缩，提高了铸件的组织致密度；
- ⑪ 组合浇注，一箱多件，大大提高了铸件的工艺出品率和生产效率；
- ⑫ 减少了加工裕量，降低了机加工成本；
- ⑬ 易于实现机械化自动流水线生产，生产线弹性大，可在一条生产线上实现不同合金、不同形状、不同大小铸件的生产；
- ⑭ 可以取消拔模斜度；
- ⑮ 使用的金属模具寿命可达 10 万次以上，降低了模具的维护费用；
- ⑯ 减少了粉尘、烟尘和噪声污染，大大改善了铸造工人的劳动环境，降低了劳动强度，以男工为主的行业可以变成以女工为主的行业；
- ⑰ 简化了工艺操作，对工人的技术熟练程度要求大大降低；
- ⑱ 零件的形状不受传统的铸造工艺的限制，解放了机械设计工作者，使其根据零件的使用性能，可以自由地设计最理想的铸件形状；
- ⑲ 可减轻铸件重量；

6 消失模铸造生产及应用实例

⑳ 降低了生产成本；

㉑ 简化了工厂设计，固定资产投资可减少 30%~40%，占地面积和建筑面积可减少 30%~50%，动力消耗可减少 10%~20%；

㉒ 消失模铸造工艺应用广泛，不仅适用于铸钢、铸铁，更适用于铸铜、铸铝等；

㉓ 消失模铸造工艺不仅适用于几何形状简单的铸件，更适用于普通铸造难以下手的多开边、多芯子、几何形状复杂的铸件；

㉔ 消失模铸造工艺可以实现微振状态下浇注，促进特殊要求的金相组织的形成，有利于提高铸件的内在质量；

㉕ 在干砂中组合浇注，脱砂容易，温度同步，因此可以利用余热进行热处理。特别是高锰钢铸件的水韧处理和耐热铸钢件的固溶处理，效果非常理想，能够节约大量能源，缩短了加工周期；

㉖ 利用消失模铸造工艺，可以根据熔化能力，完成任意大小的铸件。

EPC 1-5 消失模铸造原辅材料

消失模铸造生产所需原材料种类较多，大致可分为模型原材（泡沫塑料）、涂料原材（耐火黏结剂）、造型原材（干砂）、熔炼原材（生铁或其他合金）。能否正确控制各种原材料的质量和参数是消失模铸造工艺成败的基础。

EPC 1-6 消失模铸造的关键技术

消失模铸造生产现场有“白区”、“黑区”之分，通常将泡沫塑料珠粒预发泡，模具成型、涂料浸挂、烘干称为“白区”；将干砂造型、熔炼、浇注及落砂出模称为“黑区”。从“白区”到“黑区”，各环节重重相连，每环节均有自己的关键技术点。

(1) 泡塑模型模具制造技术

① 消失模铸造工艺设计；

② 模具设计；

③ 模具维修。

(2) 泡塑模型制造技术

- ① 预发泡工艺；
- ② 模具成型；
- ③ 粘接组合。

(3) 涂料及涂层制备技术

- ① 涂料配方；
- ② 涂料制备；
- ③ 涂料涂敷；
- ④ 涂层干燥。

(4) 微振造型技术

- ① 振动台选用；
- ② 振动参数；
- ③ 操作要点。

(5) 负压浇注技术

- ① 真空系数选定；
- ② 浇注参数；
- ③ 负压规范。

(6) 过滤技术

EPC 1-7 消失模铸造需要的专用设备

消失模铸造主要有如下专用设备。

(1) 白区

制模工部：预发机、蒸缸、成型机、模型干燥室等。

模型组合及涂料烘干工部：涂料研磨机、涂料混制滚筒、模型烘干设备等。

(2) 黑区

造型浇注工部：造型振实台、真空系统、砂处理系统、砂箱、雨淋加砂装置、砂箱运输系统等。

第 2 章 消失模铸造白区生产技术

EPC 2-1 消失模铸造白模制作区生产线

消失模铸造泡沫塑料模样（白模）的制作是首道工序，白模的形状、尺寸精度和表面质量对生产的铸件的质量起着决定性作用。白模制作的工艺流程见图 2-1。

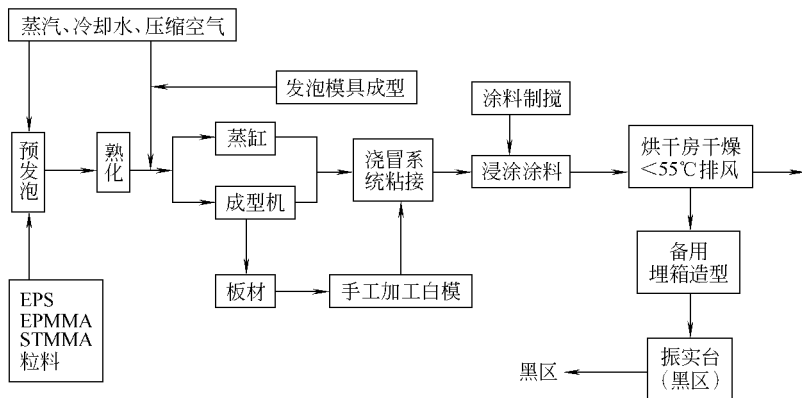


图 2-1 消失模铸造白模制作的工艺流程

消失模模样的制作是根据铸件合金的种类和铸件结构特点而决定其性能，模样的性能取决于采用的粒料（EPS、STMMA、EPMMA）和与其相应的发泡、成型的设备（包括模具）及其相应的发泡成型操作工艺。

(1) 珠粒（粒料） 泡沫塑料模目前常用 EPS、STMMA 等材料为多，详见本章 2-2。

(2) 发泡、熟化

① 预发泡。预发泡的目的是为了获得密度低、表面光洁、质量

优良的泡沫模样，可发性珠料（EPS、STMMA）在成型发泡之前一般要经过预发泡和随后的熟化处理。预发泡工艺详见 2-2。

② 熟化。将预发泡珠粒贮存在容器中熟化——称熟化仓（或熟化器），一般容量 $1\sim 5\text{m}^3$ ，为防止输送珠粒产生静电引起珠粒逸出，戊烷燃烧不能采用塑料管（要带有接地片）进行输送，采用金属管并接的要好，熟化仓应放置在良好的通风条件下，以减少熟化珠粒的静电，使制模操作中充填模具时静电作用影响降低。熟化仓见图 2-2。

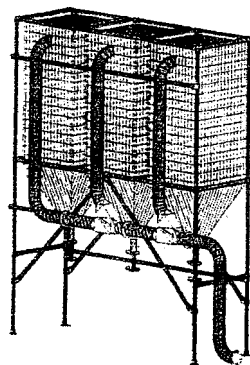


图 2-2 熟化仓

(3) 成型

① 成型机介绍详见 2-3 节有关内容。

② 模具。发泡成型模具可分为蒸缸发泡模具和压机气室发泡模具两大类。模具设计与加工有关内容介绍详见 2-4。

(4) 白模装配和粘接 白模结构装配

是按工艺要求进行粘接，黏结剂的选择要恰当，这不仅有利于提高白模的质量以及铸件的质量，分块分片合理还可以节约材料和制模费用，提高生产效率。反之白模结构选择不当或装配不良，不仅浪费材料和降低制模效率以及影响振实台造型的效果春瘪白模或造型变形。

黏结剂选择要恰当，操作要合理，黏结剂涂得过多或不均匀或过少，均影响白模质量和效率，会增加浇注时发气量和残留物，以致使模样各部分结合不良，导致铸件表面的凹痕或毛刺、结疤等缺陷。

国内使用黏结剂有 260 胶、聚醋酸乙烯乳液、聚乙烯醛缩丁醛、聚醋酸乙烯液、聚乙烯醇胶、石蜡黏结剂、EVA-石蜡、“851”强力胶等。

据白模形状结构需要量大小粘接方法有人工粘接和粘接机粘接。

(5) 涂料 消失模涂料有关内容详见 2-6~2-9。

(6) 干燥 白模涂浸上涂料后必须进行干燥，以消除涂层中的水分，由于白模的软化温度在 80°C 左右，所以一般只能采用低温烘干。在阳光充足的室外放置 $4\sim 8\text{h}$ 也能使其干燥。采取烘干过程中必须

注意：

- ① 白模的合理放置和支撑，防止白模变形、走样；
- ② 烘干后，要检查是否彻底干燥（上下左右前后内外）；
- ③ 烘干后，使用前白模应放置在湿度较小地方，通风，防止吸潮。



图 2-3 3000~5000t/年铸件配套白模蒸汽烘房

烘干过程中除控制温度外，还要控制湿度，湿度 $<30\%$ ，如有良好通风的烘干设备中（烘房中）烘干，烘干效果为佳。烘干设备有鼓风机干燥箱、干燥室及连续室或循环式干燥室，热源可采用电热、暖气供热和远红外线、微波等，如图 2-3，3000~5000 t/年铸件配套白模蒸汽烘房。

国外采用全自动白模生产线如图 2-4。每小时生产 60 个白模，采用成型机。模片成型后由机械手取出，置于专用的底板上，通过自动辊道送入热风炉进行定型处理。定型后再通过粘合机合成整体白模并装配上浇注系统，浸涂涂料，装卸、转运等工序全部由机器人自动操作完成，浸涂料后再通过连续立式热风炉进行干燥，干燥后的白模在储存辊道上备用。

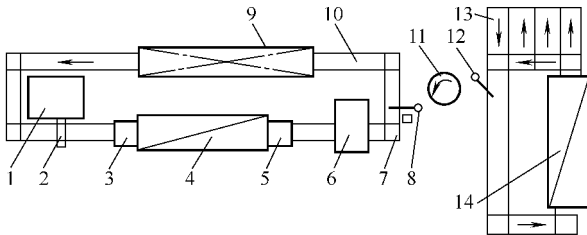


图 2-4 全自动模样生产线

- 1—成型机；2—起模机械手；3、5—升降机；4—立式热风烘炉；
6—粘合机；7、8—模样装配线；9—立式模板库；10—机动
辊道；11—回转式浸涂线；12—机械手；13—模样储
存辊道；14—立式涂料烘干炉