

实型真空铸造

王家藩 侯锡亮 王昕 编著

EV

V FM V

EV FM V EV

兵器工业出版社

(京)新登字 049 号

图书在版编目(CIP)数据

实型真空铸造/王家藩,侯锡亮编著. —北京:兵器工业出版社,1995.7

ISBN 7-80038-844-1

I. 实… I. ①王… ②侯… III. ①实型铸造②真空铸造 N. ①TG249.6②TG249.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 12684 号

兵器工业出版社出版发行

(北京市海淀区车道沟 10 号)

各地新华书店经销

北京育才印刷厂印装

开本:787×1092 1/32 印张:7.8 字数:170.59 千字

1995 年 7 月第 1 版 1995 年 7 月第 1 次印刷

印数:1500 定价:10.00 元

内容简介

本书以作者的实践为基础,从实用性、新颖性出发,系统地阐述了实型真空铸造的发展、特点、工艺过程及所需工装、操作方法与关键技术,还列举了一些应用实例及其产生的效果。实型真空铸造是实型铸造和真空密封造型两种新工艺的结合与发展,三者既能内容相互渗透、补充、配合,又能独立操作运用。因此,本书对这两种工艺方法也各辟一章,分别进行了必要的叙述。

全书内容翔实、叙述清楚,便于掌握和运作,是国有及乡镇企业、院校及研究单位广大从事铸造生产、研究、教学、管理的工作者甚有参考价值的一本新书。

前 言

铸造是历史最悠久的液态金属成型工艺。4000 多年前,造型奇特、纹饰精美、铸工精湛的青铜器的出现,标志着人类社会又进入一个崭新的文明时代。直至近代,铸造也仍为金属成型的主导工艺技术,其地位和规模仅次于轧钢业。

当今社会开始进入信息时代,以电子计算机为先导的高新技术渗透到各个领域。不进则退,与时代的进步、与飞速发展的电子技术相比,铸造业是大大地落后了,成为“典型”的“衰退”产业。对其现状,权威人士的描述恰如其分:“很少有哪个行业像它那样,历史悠久,却继续保留着传统的生产方式、简单的质量管理、恶劣的生产环境。”设备陈旧、工艺落后、操作条件恶化、从业人员的剧减及其老龄化等等,一直困扰国内外铸造业的发展。

为使古老的铸造技术兴而不衰、跟上时代的步伐,必须提高共识、强化投入、进行大刀阔斧的更新改造。而采用新工艺、新技术,则是企业进行更新改造的根本途径。对于如何吸收新技术以及新技术在技改中的作用和紧迫性,中央领导最近有十分明确的阐述:“企业要不断了解国内和世界上的新技术”,“技术改造要年年搞、不断地搞,不能等过了几年甚至一二十年后,特别要不断地采用新技术。”呈现在读者面前的《实型真空铸造》及其相关的实型铸造和真空密封造型,都是 80 年代以来国外广泛应用、国内刚刚起步的成熟新工艺、新技术。这些工艺技术的推广普及,将突破“传统的生产方式”,起到减化生产工序、节省工装与材料、改善操作环境、精化毛坯、提高铸件质量等作用,从而产生显著的经济效益和社会效益,

提高企业的整体技术水平,加速更新改造的步伐。

我国是世界铸造大国之一。全国从事铸造生产的厂家众多,仅“改革开放”以来出现的乡镇铸造企业就达 13000 多家。如果本书能给广大企业的经营管理者和工程技术人员以启迪和帮助,那将是编者无比欣慰的快事。

本书在编写过程中,为使其内容更充实,引用了有关著作和文献资料,在此谨向这些辛勤耕耘的作者致以衷心的感谢。

由于我们的水平所限,书中难免存在不足、不妥之处,恳请读者不吝指正。

编 者

1994 年元月

目 录

前 言	(1)
第一章 绪 论	(1)
第一节 铸造工艺的问题与实型真空铸造的作用	(1)
第二节 实型真空铸造工艺的形成过程	(4)
第三节 实型真空铸造的工艺优势及在我国的发展和应 用前景	(7)
第二章 实型铸造	(10)
第一节 工艺过程	(10)
第二节 铸造用泡沫塑料	(12)
第三节 模样的制造方法	(20)
第四节 实型模样表面的涂料	(27)
第五节 实型铸件的形成机理	(31)
第六节 实型铸造的铸造工艺特点	(40)
第七节 实型铸造的局限性	(42)
第三章 真空密封造型	(44)
第一节 概述	(45)
第二节 基本工艺装备及设备	(48)
第三节 基本的生产条件及工艺技术要求	(59)
第四节 浇注 V 法铸型时的物理化学现象	(71)
第五节 常见的铸件缺陷及防止措施	(78)
第六节 V 法应用实例	(79)
第七节 V 法生产线	(86)
第四章 实型真空铸造	(92)
第一节 概述	(92)

第二节	泡沫塑料实型的制造	(95)
第三节	成型发泡模具的设计	(123)
第四节	实型模样及模组的组装	(157)
第五节	实型模样的耐火涂料	(158)
第六节	型砂与旧砂处理	(171)
第七节	基本工艺装备	(173)
第八节	FV 法铸件的形成	(180)
第九节	FV 法铸造的工艺设计	(197)
第十节	实型铸造碳缺陷的分析和解决的途径	(217)
第十一节	FV 法的应用实例与效益分析	(223)
第十二节	FV 法的应用发展	(231)
[参考文献]		(240)

第一章 绪 论

第一节 铸造工艺的问题 与实型真空铸造的作用

不同的铸造方法有其特定的铸造条件。近代的铸造方法多种多样,但占支配地位(80%以上)的仍是砂型铸造法。

从型砂粘结剂划分,40年来,粘结剂的发展经历了四代:第一代是粘土和水,其应用历史最悠久;第二代为化学粘结剂,如水玻璃、各种树脂等,是当前国内外广为普及的粘结剂;第三代为物理法,即型砂的紧实是借助电磁、真空和冷冻等物理力实现的,本书所述真空密封造型和实型真空铸造即属此类,是一种极有发展前途的造型工艺;第四代为生物化学法,即靠生化作用使型或芯固化成型,目前尚处于研究阶段。

目前,我国铸造生产使用的型砂和芯砂几乎100%是第一、二代粘结剂。据一般统计,生产1t铸件平均需要5t型砂(其中含每吨铸铁件需补充的1t新砂,每吨铸钢件需补充的1.5t新砂),生产1t合格铸件所需要的型砂反复运输量达50~60t左右。铸造生产每年消耗新砂数百万t。有新砂的补充就必有旧砂的废弃。数量几乎与新砂相等的旧砂排放,不仅浪费了资源,还造成环境污染。为此,旧砂再生技术在国内外兴起,并获广泛应用,尤其是在国外,如美国与加拿大、德国、日

本分别有 30%、60%、68% 的厂家采用。

由文献资料[1]可知,铸造车间每生产 1t 铸件,就会有 10~50kg 粉尘及其他杂物排出,致使一些铸造车间粉尘浓度每立方米高达几十至几百毫克,回砂地沟内则更高,有的高达每立方米几千毫克,远远超过 GBJ1—62 国家标准允许值。

随着化学工业的发展,各种有机与无机粘结剂的采用,在制芯工步烘烤砂芯时,会有游离的甲醛、氨等散发出来污染环境。这些粉尘及有害气体产生的根源就在于造型材料及粘结剂。在砂处理、落砂、清理工步都有较高的粉尘浓度,这是造型材料里扬出的粉状物;在制芯、浇注工步,含有有害气体,这是造型材料及其中含有的有机质和可燃物所致。造型材料中含有的有机质及粉状物越多,可能产生的粉尘也越多,对环境的污染也就越严重。造型材料中的粉状物,随着混砂周期的增加而增加。旧砂周转的次数越多,对环境的污染越严重。旧砂中粉尘的累积,一方面来自粘结剂,另一方面是砂粒的破碎所致。砂粒强度越低,破碎越严重。由于铸造车间污染点多、分散、影响操作等因素的存在,采取“点”的治理法就很难做到“见尘就捕”。据抽样调查资料介绍,铸造车间至今未达到国家规定标准尘点的约占 75%。

铸造生产排放的废砂、废渣以及粉尘和泥浆数量很大,每年约有千万吨。我国目前有 90% 左右的铁水仍用冲天炉(约 8000 座)熔炼,它是铸造生产对大气的主要污染源;铸件清砂和旧砂处理产生大量废水,还有配制型砂的添加物如陶土、煤粉等粉状材料的运送造成污染,特别是煤粉给铸造生产造成又脏又黑的面貌。除此以外,还有一种“铸造车间的视觉污染”^[2]。所谓视觉污染,是指杂乱不洁的环境通过人们的视觉给精神上、情绪上带来的不愉快感和压抑感,从而对人的身心

健康产生不良影响和危害。如乱七八糟的未经整理的场地、涂料桶附近的斑痕、垃圾满地的炉后区、尘土飞扬的清理区以及难看的衣着打扮等,都是令人生厌的视觉污染。

为了提高铸件质量和劳动生产率,应该全面改善劳动环境,其中包括自己动手能有效减少或消除的视觉污染问题,重视它是文明生产的第一步。

铸造行业“八五”发展规划纲要及十年设想在环境方面的要求是:“八五”末期,全国省辖市级以上城市的铸造厂,其排放物和噪声都必须符合国家标准;到2000年,全国各铸造厂的排放物和噪声都必须符合国家标准。

据资料[3]介绍,我国现有的2万多个铸造厂点,年产量在500t以下的约占70%以上。这些厂点极大多数工艺技术水平很低,大多停留在手工操作或简单的机械化状态,原材料和能源利用率很低,生产环境恶劣。

《中华人民共和国环境保护法》(修订本)的颁布,为加强我国的环境管理提供了重要的法律依据。随着改革开放的不断深化,对一些给城市环境仍造成很大压力的铸造厂点,将实行搬迁或转产;要求新批准建设的铸造厂点,必须使用无污染、少污染的工艺技术;市场竞争优胜劣汰,大力发展专业化生产也是必然趋势。

近年来,一些主要发达国家(美、英、日、德、意、法)的铸造从业人数减少、铸件产量下降,劳动条件差也是重要因素。所以,国际上出现了发达国家从发展中国家和东欧进口铸件的动向。

环境公害重、劳动条件恶化和铸造工业与生俱来。走依靠传统工艺技术及其包罗万象的机械装备对铸造工业进行技术改造的道路是极其艰难的,即使不惜投入巨额资金也难以达

到治本的效果。因此,改革工艺技术本身,即广泛采用高新工艺技术,才是彻底改善铸造生产落后面貌的根本途径。

实型真空铸造工艺进入铸造业,至少能因如下优点而使铸造生产的面貌发生显著变化:

(1)不使用粘结剂,无化学物质引起的污染;

(2)烟尘、噪声严重的造型、制芯及其材料的处理以及落砂清理工序得以消除或简化:

(3)废旧砂等排放物极少;

(4)自动化程度高,操作强度低。

以上特征大幅度降低了对环境的污染程度并减轻了工人的生理负担。一向与铸造无缘的清洁、安静、文明的生产条件可使铸造面貌彻底改观。

第二节 实型真空铸造工艺的形成过程

60年代已推广实型铸造。初期,多用于中大型铸件的单件或小量生产;制模材料用聚苯乙烯泡沫塑料板材,通过手工或机械加工,然后粘结制成与铸件形状完全一样(尺寸加放收缩量)的泡沫塑料模样;造型材料可用湿型砂、流态自硬砂或树脂自硬砂等。造型时,将模样置于砂箱内填砂、舂实;造型后,泡沫塑料模样不取出,成为有实型型腔的铸型,浇注金属气化模样,金属液取代模样的空间,冷却凝固成与模样形状相同的无披缝的铸件。实型铸造工艺与传统砂型铸造工艺比较,简化了造型工序,如不需分型(分箱)、不需起模、不需修型、不需砂芯(水平的孔穴有时还用砂芯);对一般砂型铸造难以起模或无法起模的铸件采用实型铸造,更能显示出它的优越性;生产大型铸件可节约大量制造模样的木材和造型所需的芯、

骨、砂钩、铁钉等辅助材料,经济效益相当可观;实型模样制成后,可以直观地按图纸检查模样形状和尺寸,易于消除因制模造成的形状和尺寸偏差;又因革除了造型起模、修型、下芯和合箱等工序,也就消除了这些工序造成的形状和尺寸偏差。因此,实型铸件的尺寸精度较高、造型周期短。

由于实型铸造自身还存在较大的缺欠,如用泡沫塑料板材制模效率较低和表面光洁度不高;浇注时模样气化产生烟雾污染环境;生产铸铁件和铸钢件易产生特有的实型缺陷(皱皮、夹渣、渗碳)。

60~70年代,分别对造型材料进行改革,研究并应用了无粘结剂的铁砂(磁型铸造)和干砂进行造型,但消除上述缺陷的研究仍未取得突破性的进展。

1971年真空密封造型(V法)问世和1975年实型铸造专利失效,再加之化学工业研制成功细颗粒可发性聚苯乙烯(EPS)珠粒,为提高制模的效率和质量(表面光洁度)创造了条件。

从而促进了实型铸造工艺的演变。至80年代初,所谓气化模化(EPC法)诞生了。EPC法适用于大量生产,制模用细颗粒EPS珠粒在模具中发泡形成模样,用干砂充填模样周围并振实造型,然后在铸型上加压铁,浇注金属液气化模样,金属冷却凝固成为铸件。但这样的铸型只能浇注小的、形状简单的铸件,因为干态的无粘结剂的充填材料形成的铸型是不稳定的“一盘散砂”,不适宜生产形状复杂特别是有复杂内腔和大尺寸的铸件,同时也不能对模样气化产生的烟雾进行排除。然而,EPC法与V法相结合,不仅能通过抽真空的方法使干散的型砂紧固稳定,而且还可通过真空作用使模样气化产生的烟雾滤化后排入室外。用塑料薄膜密封铸型上部抽真空的

铸型硬度达 90° , 达到了高压造型的水平。有人对抽真空这样评价: 实型真空铸造(FV 法)的主要成就之一是改善泡塑模浇注这一最有毒害的工序的劳动卫生条件。有人称这种方法为“真空铸型气化模铸造法”, 也有人称负压 FMC 法、LOST FORM 法、POLYCAST 法、Replicast CS 法, 有人干脆叫气化模法或消失模法等。叫法五花八门, 或与各自的技术主张有关或与各自的专利有关。笔者认为, 该法是由其前身实型铸造(FM 法)演变并与真空密封造型法(V 法)相结合而成, 取名实型真空铸造法(FV 法)较为确切。这样可使人们联想起该工艺的形成过程, 也能反映出青出于蓝而胜于蓝的实质。当然, FV 法不能替代 FM 法和 V 法, 它们仍是砂型铸造中的新工艺, 各有其独到之处。为此, 本书前两章必须对 FM 法和 V 法进行介绍和论述, 旨在研究和应用 FV 法的同时, 也要研究和应用 FM 法和 V 法, 以便在具备了 FV 法的生产条件时, 能从事 FV 法和 V 法的生产。这样, 可拓宽商品铸件的生产范围, 取得最佳经济效益。笔者认为, 这是灵活应用新工艺的有效途径。

我国的实型铸造研究和应用始于 60 年代中期, 几乎和其他发达国家同时起步。1965 年 10 月, 一机部机械研究院和上海机械制造工艺研究所就开始了对实型铸造的研究。随后他们都不遗余力地联系全国各地工厂、研究单位和大专院校, 直至 70 年代末涌现了几十家从事研究和生产的单位。1974 年以后, 全国形成了研究和应用实型铸造的热潮; 70 年代末至 80 年代末, 国内诞生了 FV 法。其间, 对 FV 法的理论和应用实践进行了艰苦的探索, 其中既有困惑、怀疑的情绪和失败的教训, 也有成功的喜悦和美好前景的展望; 最后, 不仅取得了理论上的突破, 还建成了一批小规模的生产线, 如长春光学精

密机械研究所的试产线、国营江麓机械厂的年产 600t 的生产线等。

我国 FV 法的研究与实际应用历程与国外基本相似。在技术上是成熟的,应用也是成功的;所不同的是国外发展迅速、应用广,自动化、专业化程度高。

第三节 实型真空铸造的工艺优势 及在我国的发展和应用前景

FV 法虽由 FM 法进化而来,但相对其前身却发生了根本性的变化。概括地说,FV 法除继承 FM 法的优点外,还全部解决了 FV 法的不足。所以,FV 法与等离子熔炼、计算机辅助设计与制造,被誉为 20 世纪铸造领域中的三大革命,为世界各工业国家所重视。

众所周知,造型是铸造生产的中心和关键。型砂的配制、金属的熔炼浇注、铸件的清理精整等,均围绕造型这一中心环节进行,是影响铸件产量、质量、精度的首要工序。

以往,由于造型这个中心未取得革命性的突破,传统砂型铸造始终简化不了由极其复杂工序组合的生产过程,造型本身加上与造型配套的工序,其机械化、自动化程度愈来愈高,则包罗万象的复杂的机械化、自动化设备也就相应增加,致使造型、造型材料处理、落砂、清理等工序以及环保等的设备投资迅速增长并要付出愈来愈高的维持和管理费用,沿着这条老路走下去,像美国这样的国家,每年对铸造行业投资 10 亿美元(为年铸件出售总额 10%左右)进行改造也未能解决问题。

FV 法成功之处,恰恰是革命性地改革了造型工序,并由此而取消了配制型砂和制芯工序、大大简化了旧砂回用、落砂和清理精整工序,这种综合改革铸造技术的能力,是目前其他任何砂型造型工艺所不及的。

除上述优点外,FV 法还具有下列优势:

1. 商品铸件的发展趋势是优质(内部质量、力学性能)、精化(表面质量、尺寸精度),这也恰是 FV 法生产铸件之所长。FV 法的特点表明,对获得优质铸件它具有下述三个方面的先天条件:

(1)聚苯乙烯泡沫塑料模样的吸热破坏,可保证有效的冷却,从而改善结晶组织;

(2)铸型坚固稳定、硬度高,浇注时承受金属的压力而型腔不变形、型壁不膨胀移位,故可提高对铸件的补缩和铸件自身补缩的效率以及铸型有较强的保持模样精度的能力;

(3)造型没有起模、下芯、合箱工序,而且对泡沫塑料模样的复印性极好,可确保铸件尺寸精度和表面粗糙度等于或高于高压造型铸件的水平(CT5~7 级和 $\nabla_{6.3} \sim \nabla_{12.5}$),因此,FV 法可制得少切削或无切削加工的铸件。

2. FV 法适宜于单品种的小批量或大批量生产,单件或小量生产可用泡沫塑料板材制模。所以,它对铸件商品市场的适应性强,生产周期短。对固定用户或畅销的商品铸件可采用贮存泡沫塑料模样(长期存放不变形)代替贮存铸件,一旦需要立即生产供货,避免积压资金。

3. FV 法可生产铸钢、灰铸铁、球铁、特殊合金铸铁、铸铝和铸铜等中小型铸件;低碳钢和不锈钢精铸件采用 FV 法的派生方法——实型真空陶瓷型壳铸造法(Replicast CS 法)。

此外,生产下列类型的铸件可增值:

(1)薄壁和形状、结构特殊,普通砂型铸造难以生产或无法生产的铸件;

(2)生产片状、蠕虫状和球状石墨共存的铸件或某一部位或几个部位与整体不同的特殊性能的铸件;

(3)铸造精密花纹的装饰性铸件。

4. FV 法工艺的生产工序少,原材料消耗低(造型干砂可回用 90%以上),铸件成品率高,生产成本比普通砂型铸造可降低 15%~90%。

5. FV 法工艺只需要熟练工人,经短期培训即可上岗操作,可缓和铸造生产后继乏人的矛盾。

6. FV 法与传统砂型铸造相比,设备投资额、工厂面积、操作人员都在 1/2 以下,能源消耗仅 1/5~1/10。

7. FV 法工艺对铸造生产的环境改善所产生的效果,上文已述及。

综上所述,FV 法工艺不仅能满足发展和振兴我国铸造工业对产品提出的“质量、品种、效益”三个方面的要求,还可实现低耗、高效和少污染。

我国铸造工业的落后现状与铸造大国的地位不相称,大力开展这项 80 年代最新铸造技术,将使我国铸造业获得一个较高的起点。

第二章 实型铸造

实型铸造是实型真空铸造的基础。因此,该章主要涉及实型铸造(即 FM 法)的原理、工艺过程、泡沫塑料及其模样的制造、涂料、铸件的形成与工艺特点、FM 法的局限性等。

第一节 工艺过程

一、基本原理

实型铸造是一种新颖的铸造方法。FM 法与传统的砂型铸造均是一次砂型铸造法,但两者所制出的铸型却有本质上的不同:传统砂型铸造的型腔是空腔,而实型铸造的型腔是实腔。传统砂型铸造的造型,在木模的周围完成紧砂后,必须经过起模、下芯和合箱等一系列工序才能形成空腔铸型,其造型过程十分复杂;实型铸造的造型,是用聚苯乙烯泡沫塑料制成与铸件形状相同的模样(加放尺寸收缩量)和浇注系统进行造型,造型过程中无需分型、起模、下芯、合箱,仅仅进行紧砂过程即可,造型过程大大简化,浇注时,泡沫塑料模样受到高温液态金属的灼热作用迅速气化、烧失,模样的空间位置被金属液取而代之,冷却后便形成所需形状的铸件。其主要工艺过程如图 2-1 所示。

二、应用范围

实型铸造的出现,打破了千百年来制模用木材、造型要起模的传统模式,是铸造史上绝无仅有的重大变革。正是实型铸