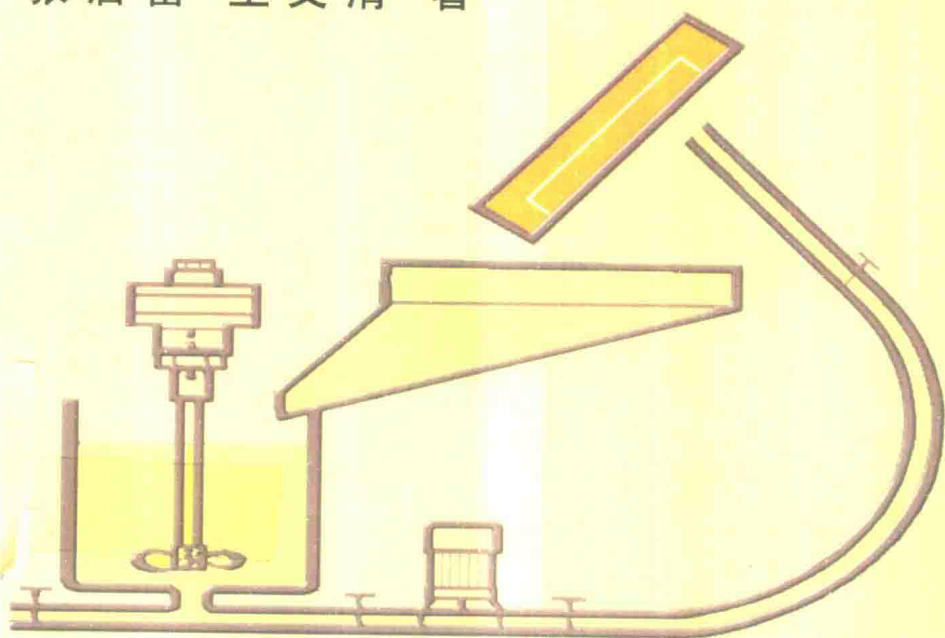


铸造流涂

新工艺

张启富 王文清 著



冶金工业出版社

铸造流涂新工艺

张启富 王文清 著

北 京
冶金工业出版社
1998

内 容 提 要

本书由作者汇集、总结多年从事铸造流涂新工艺研究的理论及实践经验写成。内容涉及流涂必须采用的设备,流涂涂料的制备及其应控制的基本性能和检测方法,流涂涂料的施涂及其流变学等。本书对流涂工艺的推广,对提高铸造生产效率和效益,减轻工人劳动强度,降低铸造表面粗糙度值,会有很大的参考价值。本书可供从事铸造生产的工程技术人员、大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

铸造流涂新工艺/张启富 王文清著. —北京:冶金工业出版社, 1998. 8

ISBN 7-5024-2066-5

I. 铸… I. ①张… ②王… III. 砂型铸造-造型-过程, 流涂-新工艺 IV. TG242.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 03114 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑: 王成禧 美术编辑: 王耀忠 责任校对: 杨力

北京新兴胶印厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1998 年 8 月第 1 版, 1998 年 8 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 6.25 印张; 167 千字; 189 页; 1-1600 册

13.00 元

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

铸造生产中,在砂型、砂芯表面涂敷涂料,是防止铸件产生粘砂、冲砂等缺陷,提高铸件表面质量,减少落砂和减少清理的劳动量,提高经济效益和产品竞争力的有效措施。采用的施涂方法主要有刷、浸、喷、流等。

对目前广泛采用的砂型铸造而言,树脂砂制芯、造型工艺具有能显著提高铸件的尺寸精度,改善铸件的表面粗糙度,降低能耗,缩短制芯、造型生产周期,旧砂易于再生以及适应性广等优点,已被越来越多的工厂采用。树脂砂造型生产线是流水作业,各个工序均按节拍快捷运行,不能随便停顿,否则就会影响生产线的效率和效益。其中涂料工位对生产尺寸长 $\times$ 宽 $\times$ 高=1520mm $\times$ 1400mm $\times$ 450mm左右的砂型来讲,工作节拍虽允许3~5mm,但实际上给予涂敷涂料的时间仅1~2min,在如此短的时间内,既能保证涂敷质量,又能满足生产快节奏要求的最有效的涂敷方法之一是采用流涂工艺。

流涂工艺是国外近十几年才开发的一种用于铸造涂料的新型、快速涂敷技术,主要用在树脂砂造型线上。在我国,由于对铸件质量的要求愈来愈高和近几年引进的树脂砂造型线显著增多,工厂迫切需要有关流涂涂料和与之配套的流涂设备以及指导流涂的基本理论方面的书籍。作者在流涂工艺的理论和应用方面进行了数年卓有成效的研究,本书就是这些研究工作的系统总结。

全书共分六章,第一章着重介绍铸造涂料发展现状、流涂工艺的优越性。第二章介绍了流涂采用的设备,并对流涂用泵的选取、流涂机的使用等进行了说明,也给出了流涂涂料在管道中流动的压力变化公式。在第三章中,为检查流涂涂料的效果及适用性,设计了检验流涂涂料性能的试件,提出了流涂涂料工艺和工作性能检测方法,这有助于合理评定流涂涂料是否适用。第四章

较详细地介绍了流涂涂料的制备、配方优选及原材料的选择。第五章是本书理论的核心,对流涂涂料流变学理论进行了系统的探索,得出了适合于流涂的涂料流变参数范围,采用数学方法,得到了流涂涂料的流变和触变数学模型,为指导流涂涂料的研究奠定了理论基础。第六章介绍了造型线、涂料工位及流涂工艺,对流涂涂层的质量,根据砂型状况、流涂机工况、涂料性能等进行系统评述,指出获得质量较佳的流涂涂层工艺控制条件,并揭示了流涂涂层常见缺陷及防止措施。

感谢戴绪绮、李远才副教授在流涂新工艺的研究和推广应用工作中给予的全面合作。感谢高南、顾宝珊、张岩同志对本书编写提供的帮助;感谢冶金部钢铁研究总院黄建中教授、纪晓春高工对本书出版的支持和帮助。感谢宝鸡石油机械厂肖安福高工、马玉芳、郝玉英、罗乃林、刘书堂等工程师、株洲机车车辆厂秦天峰高工在流涂涂料的研究和推广应用方面给予的帮助。

本书是作者近几年的最新研究成果,由于水平所限,在内容和学术观点方面,难免有偏颇不当及疏漏之处,尚祈读者不吝赐教。

著 者
1997.5



作者简介

张启富, 1965年生, 博士, 现任中国腐蚀与防护学会常务理事, 北京市腐蚀与防护学会副理事长, 秘书长, 冶金工业部钢铁研究总院高级工程师。主要从事特种涂料、耐蚀(防护)材料及产品、金属涂镀层工艺技术等方面的研究和开发。



作者简介

王文清, 1928年生, 1954年毕业于华中工学院机械系, 现为华中理工大学材料科学与工程学院教授, 1986年经国务院学位委员会批准为博士生导师, 1992年获国务院政府特殊津贴。长期从事铸造方面的教学和科研工作, 在铸造用化学粘结剂(含呋喃树脂、酚醛树脂、聚丙烯酸盐、改性水玻璃、磷酸盐等粘结剂)、铸造涂料、原砂、分型剂及制芯、造型工艺等方面均进行了系统地研究和开发, 获国家及省部级科技成果或科技进步奖15项。截止到1998年初, 培养和指导的研究生已有10人获博士学位, 29人获硕士学位。1979年以来, 在国内外学术刊物上发表了120多篇学术论文, 主审教材和专著2本, 参编和主编教材3本。

目 录

1 绪 论	1
1.1 引 言	1
1.2 铸造涂料的发展及现状	2
1.2.1 铸造涂料理论	4
1.2.2 涂敷工艺	4
1.2.3 涂料性能的检测	4
1.2.4 涂料品种	5
1.3 铸造涂料涂敷工艺评述	6
1.3.1 刷涂法	6
1.3.2 浸涂法	7
1.3.3 喷涂法	7
1.3.4 流涂法	11
1.3.5 各种涂敷方法的适用性	11
1.4 流涂工艺的发展	13
2 流涂设备	17
2.1 引 言	17
2.2 流涂动力源的选择	18
2.2.1 重力法	18
2.2.2 空气压力法	18
2.2.3 泵压法	18
2.3 动力泵的选择	19
2.3.1 隔膜泵的工作原理	19
2.3.2 叶片泵的工作原理	21
2.4 流涂涂料在流涂机施涂管路中流动的压力变化	22
2.4.1 流涂涂料在管路流动压力变化公式推导	22
2.4.2 应用实例	30
2.5 流涂设备的运行机制、组成及结构特点	32

2.5.1	流涂设备的运行机制	32
2.5.2	流涂设备的组成及结构特点	33
2.6	砂型(芯)的夹持放置和翻转装置	35
2.7	流涂机的设计与制作	37
3	流涂涂料的基本性能及检测方法	39
3.1	引言	39
3.2	流涂涂料应具有的性能	39
3.3	检测流涂涂料主要工艺性能的试件设计	41
3.4	流涂涂料工艺性能的检测方法	44
3.4.1	密度	44
3.4.2	粘度	45
3.4.3	悬浮性	45
3.4.4	渗透性和涂挂性	46
3.4.5	流平性	47
3.4.6	涂层均一性与抗过流淌性、抗堆积性	48
3.4.7	流动性	49
3.4.8	抗滴痕性	50
3.5	流涂涂料工作性能的检测方法	51
3.5.1	涂层的表面强度	51
3.5.2	发气性	52
3.5.3	抗高温激热开裂性	52
3.6	流涂涂料应用中易出现的缺陷	52
3.6.1	裸型	52
3.6.2	波纹痕	53
3.6.3	叠层	53
3.6.4	冲击痕	53
3.6.5	溅滴	54
4	流涂涂料及其制备	56
4.1	引言	56
4.2	涂料用原材料	56
4.2.1	耐火粉料(Refractory Fillers)	56
4.2.2	载液(Carrier Liquids)	59

4.2.3 悬浮剂 (Suspension Agents)	59
4.2.4 粘结剂 (Binding Agents)	60
4.2.5 其它添加剂	60
4.3 造型用原材料	61
4.3.1 原砂	61
4.3.2 粘结剂等	62
4.4 主要涂料试验设备	62
4.4.1 涂料制备设备	62
4.4.2 涂料性能检测设备	62
4.5 涂料配制工艺	63
4.6 水基锆英粉流涂涂料的配制和性能分析	64
4.6.1 锆英粉种类对流涂涂料性能的影响	64
4.6.2 悬浮剂种类对锆英粉流涂涂料性能的影响	72
4.6.3 粘结剂种类对锆英粉流涂涂料性能的影响	78
4.6.4 羧甲基纤维素钠 (CMC) 对锆英粉流涂涂料 性能的影响	81
4.6.5 其它附加物对锆英粉流涂涂料性能的影响	84
4.7 水基锆英粉流涂涂料配方研究的正交实验	85
4.8 铸钢和铸铁水基流涂涂料	96
4.9 醇基流涂涂料	103
5 流涂涂料流变学	105
5.1 引言	105
5.2 铸造涂料流变学的基础理论	105
5.3 涂料流变特性曲线和流变参数测定方法	108
5.3.1 涂料流变特性曲线	108
5.3.2 涂料静切力	111
5.3.3 涂料剪切稀释能力	112
5.3.4 涂料触变性	112
5.3.5 涂料高剪粘度	113
5.4 涂料组分及加入量对流涂涂料流变特性的影响	113
5.4.1 锆英粉种类对流涂涂料流变特性的影响	113
5.4.2 悬浮剂种类及加入量对锆英粉流涂涂料流变特性	

的影响	115
5.4.3 粘结剂种类及加入量对锆英粉流涂涂料流变特性 的影响	118
5.4.4 CMC 加入量对锆英粉流涂涂料流变特性的影响	122
5.4.5 悬浮剂及加入量对铝矾土流涂涂料流变特性的影响	124
5.4.6 石墨流涂涂料的流变特性	126
5.5 流涂涂料与刷涂、浸涂涂料的流变特性和触变性 的比较	128
5.6 流涂机循环对流涂涂料流变特性的影响	133
5.7 涂料流变参数对流涂工艺性能的影响	135
5.7.1 涂料屈服值 τ_y 对流涂工艺性能的影响	135
5.7.2 涂料触变率 M 对流涂工艺性能的影响	137
5.7.3 涂料剪切稀释系数 A 对流涂工艺性能的影响	138
5.7.4 涂料高剪粘度 η_∞ 对流涂工艺性能的影响	139
5.7.5 涂料流杯粘度 T_N 对流涂工艺性能的影响	140
5.8 流涂涂料流变和触变数学模型	141
5.8.1 流涂涂料流变数学模型	141
5.8.2 流涂涂料触变数学模型	148
6 流涂涂料的施涂	152
6.1 引言	152
6.2 树脂砂脱箱造型线设备组成及特点	152
6.2.1 树脂砂脱箱造型线工艺流程、设备组成	152
6.2.2 脱箱造型线工艺参数	154
6.3 造型线涂料工位及流涂操作工艺	155
6.3.1 造型线涂料工位	155
6.3.2 流涂操作工艺	157
6.4 流涂涂料涂敷过程的基本规律	158
6.4.1 流涂涂料在砂型表面的润湿和渗入	159
6.4.2 流涂涂料的流淌过程	163
6.4.3 流涂涂料的流平流淌	165
6.5 流涂涂层质量影响因素	169
6.5.1 砂型状态对涂层质量的影响	170

6.5.2	流涂机工作状态对涂层质量的影响	174
6.5.3	流涂涂料性能对涂层质量的影响	177
6.6	流涂涂层常见缺陷	179
6.6.1	堆积	179
6.6.2	涂层流淌过度	179
6.6.3	裸型	180
6.6.4	滴痕	180
6.6.5	冲击痕	180
6.6.6	波纹痕	181
6.6.7	叠层	181
6.6.8	砂型棱角不清晰	181
6.6.9	涂层上下厚度差别大	181
6.6.10	溅滴	182
6.6.11	涂料不粘附砂型或砂芯	182
6.6.12	气孔	182
6.7	流涂工艺经济效益和社会效益	182
参考文献		184

1 绪 论

1.1 引 言

近年来,我国经济建设突飞猛进,取得了令人瞩目的成就。经济的腾飞,极大地推动了我国机械、电力、化工等行业的高速发展。作为这些工业基础之一的铸造行业的面貌也是日新月异。为了满足我国国民经济建设的需要,铸件产量逐年增加,对产品的质量要求也愈来愈高。同时,由于铸造是一个劳动强度大、能耗高、污染严重的行业,与工业发达国家相比,我国是发展中国家,尽管铸造业在我国历史悠久,但其技术水平并不高,亟待发展。当前,随着高新技术产业的出现,随着全世界对生态环境保护的重视,以及受能源、原材料和劳动力的制约,工业发达国家已从铸件出口逐渐转向进口。出口铸件,尤其是出口高档次铸件,不仅对质量提出了很高的要求,而且对生产铸件的铸造厂的质量管理和质量保证工作也提出了愈来愈高的要求。国外用户在向铸造厂采购铸件时,已不只满足于了解铸件的实物质量,同时还要求审查铸造厂的质量保证能力。这种质量保证能力,不仅要求铸造厂家推行全面质量管理,而且还要求铸造厂家向用户提供确定的证据,以证明本厂有足够的力量,可以持续不断地提供市场需要的,使用时质量可以信赖的、用户满意的铸件。要达到此目的,很重要的一条就是要有好的工艺方法和技术装备。

对目前砂型铸造生产而言,树脂砂制芯、造型工艺,由于具有能显著提高铸件的尺寸精度,改善铸件的表面粗糙度,降低能耗,缩短制芯、造型生产周期,适应性广等优点,被越来越多的工厂采用。其中树脂自硬砂新工艺在我国从粘结剂的开发到应用只有二十来年的历史,已在机床、重型机械、石油机械、造船、军工等行业的铸件生产中得到不同程度的推广应用,并且采用了国

内自制或从国外引进单机甚至成套的各种类型的树脂砂造型、制芯生产线。这些造型、制芯生产线，由于是流水作业，各个工序不能随意停顿，均须按节拍保质保量快捷运行，否则就会“卡脖子”，影响整个生产线的运行。其中施涂工位上对长 $\times$ 宽 $\times$ 高=1520mm $\times$ 1400mm $\times$ 450mm的砂型来说，工作节拍虽允许为3~5min，但实际上给予涂敷涂料的时间仅1~2min，时间短。那么，采用何种涂敷工艺，才能满足要求呢？

就铸型涂料涂敷方法而言，主要有刷、浸、喷、流等方法。刷涂的涂敷效率低，在1~2min之内刷一个大中型砂型或砂芯，不仅劳动强度大，也很难保证质量，甚至无法完成；浸涂只适用于砂芯，不适用于砂型；喷涂虽有较高涂敷效率，但很难保证型腔内部凹坑侧壁面的涂层质量；流涂工艺与其它涂敷工艺相比，具有涂敷迅速，涂层无刷痕，表面光洁，铸件棱角清晰，表面质量高，节省涂料，对环境污染小，适用于砂型和砂芯等优点，成为树脂砂造型线上重要的配套工艺，采用此工艺，能充分发挥造型线上生产效率高的优势。

国外对流涂工艺的介绍始于80年代初期^[1~3]。在树脂砂造型线上，有的配有流涂装置，并有商品流涂涂料，但其具体配方、关键工艺性能和有关理论上的研究还未见诸报道。我国对流涂工艺的研究也刚刚开始^[4,5,6]。目前，我国树脂砂造型线引进数量逐年增多，大多采用刷涂办法施涂，不仅涂敷速度慢，制约了造型线高生产率发挥，而且铸件的表面质量也不理想。有的工厂直接引进了流涂设备，但又苦于缺乏合适的流涂涂料而无法应用。采用进口涂料，运输不易，价格也昂贵。因此开展流涂涂料及其工艺的系统研究，开发国产流涂设备和实用的流涂涂料，并建立流涂涂料的基本工艺理论，既可以满足工厂的急需，又丰富了科学技术宝库，也有利于流涂工艺的推广和科学知识的普及，必将产生巨大的经济效益和社会效益。

1.2 铸造涂料的发展及现状

在砂型或砂芯表面涂敷涂料的目的在于获得表面光洁的铸

件，防止粘砂、夹砂、砂眼等缺陷，减少落砂和清理劳动量，增加铸件、机械产品的市场竞争力，提高经济效益。

我国是世界上最早使用铸造涂料的国家。早在中国汉代（约4500年前），就将在阳光下烤干的石灰石或粘土铸型（泥范）涂上粘土涂料生产纹路清晰的器皿类青铜铸件，并且相当普遍。国外，在索罗门国王统治时期，为了生产钟型铸件，采用在粘土铸型上涂敷牛脂涂料。在欧洲，据毕瑞古科（Biringuccio）^{〔1〕}介绍，典型的青铜和黄铜铸件的生产是采用细粘土造型工艺，其铸型涂敷木炭粉或碾碎的乌贼骨，也有的在砂型上涂敷动物硬脂酸和松香的烟灰。总之，这段时间限于当时工业发展水平，涂料并无多大进展。但是，到了20世纪，涂料技术取得惊人的发展。约在1905年，木炭粉、滑石粉、焦炭和煤粉已成为常见的防粘砂材料，出现了以粘土、糖浆和发酵粉为基的最早的现代涂料。到1930年，已普遍使用虫胶、清漆、石墨及水玻璃，并结合使用锰铁粉来改善铸钢件的表面质量。本世纪50年代，出现了各种性能不同的涂料，以锆英粉为基的涂料得到广泛应用。从60年代始，随着生产专业化的发展，工业发达国家出现了制造铸造耐火涂料的专业厂家，配制好的涂料以商品形式在市场上销售。为满足市场需要，不断出现各种“专利涂料”，涂料的品种也日渐增多，除常用的水基涂料外，出现了醇基点燃涂料，以挥发性有机溶剂例如三氯甲烷、三氯乙烷、二氯甲烷等氯化物为载体的自干涂料。铸铁件涂料以石墨等碳质材料配以锆英粉作为常用耐火粉料，以及用叶蜡石、橄榄石粉配制浅色铸铁涂料等；铸钢件涂料用的耐火粉料品种繁多，有石英粉、锆英粉、刚玉粉、镁砂粉、铬铁矿粉、铝矾土、橄榄石粉、蓝晶石、硅线石等。目前国外已有许多厂商以商品形式供应能分别用于铸钢、铸铁、铸铜、铸铝以及铸镁等各种铸造耐火涂料。

我国近几年才开始注重涂料的应用及有关理论的研究，个别单位引进了国外部分涂料生产技术，多数厂家靠我国自己的力量提供的配方进行生产，并出现了一些专业化铸造耐火涂料生产厂

家，实行涂料生产的专业化、商品化。但是，当前我国大多数工厂的涂料还是自配自用，不论在品种上、质量上，还是在性能的检测及有关理论的研究上，均满足不了快速发展的各种新的造型制芯方法、涂敷工艺及对铸件表面质量日益提高的要求。今后除大量开发涂料用的优质原材料、适用不同合金和涂敷工艺的涂料以及在线检测仪器和更适用的新的涂敷工艺外，铸造涂料在我国的发展趋势是：涂料的颜色由黑色转向浅色；涂料载液由采用载液转向尽可能少用或不用载液或主要用水；涂敷方法由手工转向机械、静电和采用更能保证型、芯尺寸精度的工艺；涂料干燥由全烘干转向快干或靠物理化学反应自硬；涂料的效果由一般的防粘砂转向充分利用涂料达到冶金化目的，以及适应新材料、新工艺和铸件优质、精密化等。下面简介部分新进展。

1.2.1 铸造涂料理论

(1) 更确切揭示了涂料的一些抗粘砂机理，包括烧结剥离理论、光亮碳理论等^[8~11]，这些理论已成为进一步提高涂料的抗粘砂能力和开发新型涂料的指针。

(2) 为防止涂料开裂、剥落，指明涂料的涂层与砂型（芯）的急热膨胀量应基本近似^[12]。

(3) 用流变学和胶体化学等方面的理论指导涂料的配制和应用，并建立了能较好反映涂料流变特性的数学模型——宾汉模型和卡森模型^[10,13]。

1.2.2 涂敷工艺

从刷涂、浸涂发展出低压喷涂、流涂、静电喷涂。铸造涂料的供应形式已从液态到膏状到固体粉末状，这样便于运输和贮存，使用前用水或醇稀释。

1.2.3 涂料性能的检测

随着现今对质量的高标准要求，人们逐步认识到通常只借助波美读数或国内常只用流杯粘度来简单检验涂料，已满足不了工艺过程的控制要求。目前，国外在铸造车间（厂）常将波美度、密度和粘度结合在一起来进行对涂料的质量控制，操作工人因此可

以更准确地判定该涂料质量是否能满足技术要求, 适合施涂。检测所用仪器: 波美读数为波美比重计; 粘度为粘度杯; 密度采用巴罗德泥浆天平 (Baroid mud balance)^[15], 它可以用于在线操作人员和 (或) 质量检测技术人员测量密度。

1.2.4 涂料品种

已开发出少用或不用溶剂, 有助于改善劳动条件, 有助于节能, 和有利于进一步提高铸件尺寸精度, 以及有冶金效用等方面的各种涂料。这些涂料主要有以下 4 种。

(1) 水基快干涂料 这种涂料的特点是用水做载液, 又能快速烘干甚至风干硬化。传统水基涂料通常采用以粘土为基的粘结剂, 并用它来控制流变性能。这种涂料在砂型 (芯) 和涂层界面厚度一般为 0.1~1mm, 渗入深度为 2.5~4mm。这种涂料的弱点是涂敷时对某些化学粘结剂砂可能降低其表层粘结强度, 发气量大, 需要彻底烘干且耗能高, 烘烤时间长。为解决这些问题, 开发了水基快干涂料。这种新涂料的特点是不加粘土, 而且不会使较多的水渗进砂层。所采用的粘结剂主要为水溶性有机和 (或) 无机粘结剂。这种涂料安全、无毒, 既可用于树脂砂和粘土砂, 也可用于酯自硬水玻璃砂的砂型、砂芯等。

(2) 转移涂料 日本在 80 年代初开发了转移涂料法, 称为 K-Y 法^[16,17]。这种方法是在模样或芯盒工作表面涂覆涂料, 填砂后在微波炉中硬化, 脱模时, 该涂层便转移到砂型、砂芯表面, 这种涂层能精确复制出模样或芯盒内腔的形状。我国近些年也研制出自硬转移涂料法及加热硬化的转移涂料法^[18,19], 可明显提高铸件尺寸精度。

(3) 静电粉末涂料 80 年代初, 国外就将静电粉末涂料用于铸造生产。常用的高压静电喷涂法^[20~23]是利用电晕放电原理使粉末涂料在喷枪头部的电晕放电区捕捉到一定电荷而带电, 在电场力和风力作用下喷向砂型表面 (参见图 1-1)。

这种涂料是在耐火粉料如锆英粉、石英粉等颗粒表面包覆一层树脂粘结剂 (例如热塑性酚醛树脂和六亚甲基四胺) 膜。它免