

铸造车间旧砂再生技术

曹善堂 郭景纯 编著



机械工业出版社

铸造车间旧砂再生技术

曹善堂 郭景纯 编著



机械工业出版社

本书系统地叙述了铸造车间的旧砂再生的意义、工作原理、工艺流程、再生方法的选择、再生系统的设计布置、经济效益分析和再生砂的质量控制等内容。重点介绍了国内外旧砂再生工艺、设备的应用和发展情况以及各种再生设备的结构形式、特点和设计计算举例,充分反映了国内外旧砂再生方面已经取得的经验和新技术成果,对发展旧砂再生技术,以及旧砂再生工艺、设备的选用和设计都有参考价值。

本书可供铸造科技人员、大专院校铸造专业师生参考。

铸造车间旧砂再生技术

曹善堂 郭景纯 编著

责任编辑:余茂祚

封面设计:田淑文

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 $\frac{1}{32}$ ·印张 10 $\frac{3}{4}$ ·字数 237 千字

1987年12月北京第一版·1987年12月北京第一次印刷

印数 0,001—3,700·定价:2.60 元

统一书号:15033·6901

前 言

旧砂再生在国外已得到广泛的应用,成为铸造车间砂处理系统不可缺少的组成部分,80年代更有新的进展。我国对旧砂再生技术也日益重视,先后研制出一些新的产品,随着自硬砂铸造技术的迅速发展,型砂及铸件质量的要求提高,广大铸造工作者迫切希望了解国内外旧砂再生技术应用及发展状况。为此,编写了这本书,以适应我国社会主义现代化建设中铸造车间技术改造和新厂设计的需要,促进我国旧砂再生的发展。

本书系统地叙述了国内外旧砂再生工艺、设备和应用的情况,充分反映了这方面已经取得的经验和新技术成果。全书共分十章。第一章概述了旧砂再生的意义和目前国内外旧砂再生的技术水平和发展情况;第二章着重叙述了旧砂再生的目的、要求和砂再生系统的基本组成;第三章和第五章主要介绍了再生前的预处理和再生后处理设备。包括:落砂、磁选、破碎、筛分、分级、砂温调节装置等;第四章是全书的重点,叙述了各种类型旧砂再生设备的结构特点、工作原理和配套系统,并列举了一些设备的设计计算方法;第六章着重阐述了各种铸型的旧砂性质、再生特点和再生设备的选择;第七章重点介绍了目前再生砂的质量水平和管理;第八章概述了旧砂再生系统的设计和布置,除提出设计原则和平面布置要求外,还列举了一些设计布置实例;第九章对旧砂再生工艺的技术经济分析提出了一些看法,并介绍了概略的

经济分析方法和实例：第十章按铸型种类介绍了具有代表性的应用实例。本书可供铸造科技人员、大专院校有关专业师生参考。

编写分工：第二、三、五、六、七、八、九章及第四章3、5、6节由曹善堂编写。第四章2、4两节由郭景纯编写。第一、十两章和第四章第1节由两人合写，并相互修改补充共同合作完成。本书经冯里镇审校。责任编辑为余茂祚。

在编写过程中得到了不少工厂及同行提供资料与意见，仅表示衷心感谢。

由于我们水平所限，在选材和内容方面难免有不少错误和不足之处，殷切希望读者批评指正。

目 录

第一章 概述	1
一、旧砂再生的意义	1
二、旧砂再生技术的发展概况	5
第二章 旧砂再生的目的及再生系统	16
一、再生的目的	16
二、旧砂再生系统完整的工艺流程	21
三、旧砂再生系统的组成	23
四、对完整的旧砂再生系统的要求	27
第三章 再生前的预处理设备	29
一、落砂设备	29
二、磁选设备	39
三、破碎设备	43
四、筛分设备	50
第四章 旧砂再生设备	59
一、再生方法的分类和选择	59
二、气流再生	67
三、机械再生	87
四、湿法再生	137
五、热法再生	167
六、联合再生	189
第五章 再生后处理设备	205
一、分级	205
二、冷却	215
第六章 各种铸型旧砂的再生	226
一、旧砂的性质及再生特点	226

二、再生设备的选择	234
第七章 再生砂的质量控制与管理	244
一、再生砂质量管理的内容及要求	244
二、再生砂的质量状况举例	253
三、控制再生砂质量的措施	267
第八章 旧砂再生系统的设计和布置	271
一、设计的依据和原则	271
二、平面布置的要求	277
三、设计布置举例	279
第九章 旧砂再生系统技术经济分析	292
一、注重全面的经济效益	292
二、旧砂再生经济分析	295
三、经济分析举例	298
四、电子计算机在旧砂再生经济分析上的应用	301
第十章 应用实例	306
参考文献	332

第一章 概 述

一、旧砂再生的意义

纵观铸造技术的进步，近十多年来，树脂自硬砂造型制芯工艺得到了迅速的发展。但随着铸造生产机械化水平的提高和造型工艺的改进，粘土砂湿型仍将是大批大量生产的主要造型工艺方法；其次，是以水玻璃作粘结剂的二氧化碳硬化砂型或自硬砂型。随着改善水玻璃砂溃散性科研工作的进展，水玻璃砂仍将占有较大的比重；再次，是树脂为粘结剂的热硬或冷硬砂型，它具有强度高、溃散性好、铸件表面光洁、尺寸精度高等优点。随着铸件质量要求的提高，这种工艺必将有较大的发展。预计今后十年内，以上几种砂型铸造工艺将占我国铸件总量的90%左右。

砂型铸造需要大量型砂才能进行生产，1 t 铸件约需1 t 新砂，又要废弃1 t 旧砂。尤其水玻璃砂，树脂砂有的全用新砂配制，新砂用量更大。以我国年产铸件700多万吨计，即需700多万吨新砂，废弃同样数量的旧砂。从砂产地到用户的运输和材料消耗，费用昂贵（每吨 20~50 元计）；而且大量废弃的旧砂也造成严重的环境污染。故近年来旧砂再生后代替新砂使用，减少旧砂的浪费，已成为国内外铸造生产迫切需要发展的一项技术。

旧砂再生是降低铸件成本、提高铸件质量、减少环境污染和节约资源的一个重要措施。型砂的质量直接影响铸件的

质量, 据统计约30~40%的铸件废品, 都直接或间接地与型砂质量有关。因此, 为了保证和提高铸件质量, 就必须严格控制型砂质量。旧砂再生则是很有效的措施之一。近十几年来, 国内外都较重视废旧砂的再生利用工作, 并积极发展旧砂再生设备和技术。其目的和意义主要有以下三个方面。

1. 经济效益方面

型砂的费用是决定铸件成本的重要组成部分。旧砂再生后能代替新砂使用, 可大大降低铸造生产的新砂消耗, 获得较大经济效益。目前我国铸造生产中, 原砂单位消耗平均大致是每吨铸件1 t。若以我国铸件年产量700万 t 计算, 每年就要约700万 t 新砂, 也就是说每年要排放废砂量约700万 t。假定旧砂再生回收率为85%, 那么, 我国每年至少可回收废砂约600万 t, 节约大量新砂消耗, 其经济效益是非常可观的。特别是树脂自硬砂, 它不仅要求采用质量高的砂子, 而且新砂消耗量大。象铸钢件采用精选硅砂, 其 SiO_2 含量大于97%, 含泥量小于0.1%; 铸铁件采用擦洗硅砂, 其 SiO_2 含量大于90%, 含泥量小于0.3%。这种新砂价格贵, 比一般水洗砂约高2~3倍, 工厂距离砂场越远, 砂子的费用也越高。这样就大大提高了型砂的费用。所以使用树脂自硬砂的工厂, 如果能将旧砂再生代替新砂使用, 就能收到好的经济效益。它不仅表现在大大节约了新砂费用, 而且可以减少粘结剂的用量。一般使用再生砂时, 树脂的加入量可减少20~30%, 固化剂的加入量也得到相应的减少。同时还可减少抛弃废砂的运输费和新砂贮存所需库房的建筑费用。从国外来看, 近十几年来, 型砂价格普遍上涨(例如美国上涨了40%左右)也是促进应用和发展旧砂再生设备和技术的一个重要因素。

2. 环境保护方面

铸造车间每年要排放大量的废砂，要占据很多废砂场地，随着工业的不断发展，这种矛盾也越来越突出。扔掉废砂不仅寻找场地困难，而且也往往造成环境污染。国外对环境保护日益重视，公害限制越来越严。有的国家还颁布了“关于废弃物的处理及清除的法律”。我国为了保护环境，防止污染和公害，也制定了《中华人民共和国环境保护法》(试行)和《工业企业三废排放试行标准》GBJ₄-73等有关法令和条例。它要求一切企业、事业单位，在选择厂址、设计、建设和生产时都必须充分注意防止环境的污染和破坏。在进行新建、改建和扩建工程时，必须提出对环境影响的报告书，经环保部门或其它有关部门审查批准后才能进行设计；其中防止污染和其它公害的设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产；各项有害物质的排放必须遵守国家规定的标准。铸造生产过程中排放的废砂是砂型铸造的一大公害。旧砂再生对环境保护有以下三方面的重要意义^[1]：

(1) 可减少废砂量

一般旧砂经过再生以后，可以回收75~90%，大大节约了新砂的用量，减少了废砂丢弃量。如有的工厂对树脂砂进行再生，其回收率达90%以上，也有的工厂对合脂砂进行再生，除了部分芯头及大块外，其余全部回收。还有的工厂对批量生产的湿型粘土砂进行再生后，新砂加入量由原来的40%降到15%，也相应地减少了丢弃的废砂量。所以，旧砂再生本身就是“三废”处理，变废为宝，直接保护了环境。

(2) 可减少环境污染

铸造车间排放的废砂，容易造成对环境的污染。各种有机、无机粘结剂的广泛应用，致使砂中含有的有害成分越来越

越多，例如残留的甲醛、硫化物、异氰、苯、酚、酸类、水玻璃、碱类等成分。含有这类成分的废砂经过雨水浸蚀，其有害成分将污染江河湖泊，甚至污染生活水源。废砂中粉尘，随风飘扬，会使空气污染。因此，污染环境，造成公害。尤其水玻璃砂的强碱性和树脂砂中含有的异氰、酚类等成分，造成的公害更为严重。如果旧砂经过再生，重复回收利用，大大减少丢弃的废砂量，则可减少对环境的污染。

(3) 可减少车间污染

旧砂经过再生后代替新砂使用时，则可减少铸造车间新旧砂运进运出时的装卸尘源点。这比通过排气除尘的消极办法更有意义。在使用树脂砂的情况下，用再生砂配制型砂时，如前面所述，由于树脂和固化剂的加入量的减少，产生的有害气体也相应降低，散发在车间内的有害气体也就少了。

3. 技术方面

技术上再生砂较之新砂有其优点，对改善型砂性能和铸件质量起到较好效果。由于旧砂经受反复的再生处理，每经一次循环，砂粒都要经受一次金属液的热冲击，并在落砂、破碎、筛分和再生处理过程中还要经受机械冲击而去除粉尘。因此，所获得的再生砂具有明显的优点。例如：

(1) 含泥量降低。对于粘土砂，其含泥量可降低40~60%；

(2) 急热膨胀性小，热稳定性好。在铸件温度加热的情况下，再生砂能保持最小的膨胀；

(3) 粒度均匀。再生砂的粒度分布接近于新砂，均匀率有较大提高；

(4) 砂粒形状改善。经过再生使砂粒棱角减少，擦去砂粒表面起伏不平的残留粘结剂，并除去微粉，因此表面光滑

圆整。

(5) 化学性能稳定。再生砂的 SiO_2 接近于新砂, 可燃物质大大减少。

再生砂的这些优点(在第七章中有详细论述)有利于提高其型砂的性能, 例如提高了型砂的强度, 改善了型砂的流动性, 提高了充填密度。同时也有利于提高铸件精度和降低表面粗糙度。

由于在经济、环保及技术质量上的一系列优点, 旧砂再生日益受到重视。在当前我国的四化建设中, 旧砂再生技术, 正随着铸造工业的发展而发展。尤其是随着自硬砂造型工艺的迅速发展, 旧砂再生技术具有更重要的意义。

二、旧砂再生技术的发展概况

旧砂再生回用是铸造生产中关键问题之一。铸造工作者一直在寻求旧砂再生的适当方法。自旧砂再生推广使用以来, 至今已有四十多年的历史, 现已得到了很大的发展。

1. 国外发展状况

早在1922年美国人就开始研究旧砂再生^[2], 例如詹森(Jannsen)、勒恩(Lane)、沃尔夫(Wolff)及格鲁布(Grubb)等的著作中, 论述对粘土砂先用筛分处理干旧砂去除残渣, 随后用碾磨及抽风分离残余杂物及粉尘, 得到再生砂。加上25%的新砂即可适用于造型。他们对干法和湿法再生都作了研究。^{〔4〕}在干法系统中, 旧砂从轴上装有交错斜叶片的再生装置的垂直旋转轴上部加入, 砂子依靠重力阶梯式地落下, 由于搓擦的作用得到再生。而粉尘则从轴上部的吸尘口抽走, 空气则经过滤后排出; 湿法系统采用立筒式结构, 砂从上面加入并落下, 水从底部引入, 砂水相遇清洗后, 污水从顶部

溢出,将泥分、细粒带走。显然,这些装置是原始、简单的,属于试验装置。

最早研制成功的是湿法再生。在美国从1940年开始用于再生粘土砂。但由于连活性膨润土都被冲洗掉,因而在一个时期内应用得很少。1943年美国赫特里(Hartley)和朗格惟勒(Longaeville)等研制了热法再生^[3]。1950年美国国际工程公司(National Engineering)研制成功气流冲击式再生装置。此后英国贝克·珀金斯公司(Baker Perkins)、联邦德国怀勒(Whylen)及日本新东(Sinto)等公司也都生产气力再生装置。经过不断改进后,由于设备比较简单、经济 and 有效,并具有广泛的使用范围,因此很多工厂采用了这种再生装置。

在50年代和60年代期间,机械式再生装置也不断得到发展。随着水力清砂工艺的推广、湿法再生工艺再次被应用起来。特别是用于CO₂砂的再生处理。为了提高再生砂的质量,以适应生产的需要,联合再生法也相应诞生了。

70年代以来,由于在经济、环保及技术质量上的一系列优点,尤其是随着树脂自硬砂工艺的发展,由于使用新砂配制用砂量大,旧砂再生工艺便日益受到重视,并得到了迅速的发展。据报道,美国和加拿大1963年统计共有旧砂再生设备591台,到1977年则增长为1493台,增长了1.5倍。其中湿模砂再生设备800台,化学粘结剂砂再生设备633台,而且这些设备的65%是在1971年以后安装的。英国1976年共有61套旧砂再生设备,其中干法53套,湿法5套,加热法3套。这些设备约70%用于再生树脂砂。日本1976年对300家铸造厂进行了旧砂再生情况调查,有再生设备的厂家仅占20%,但准备采用再生设备的厂家,铸铁厂占其总数的71.5%,铸钢

厂占其总数的75%。市场上已有十多种再生产品出售，两个专业铸造机械公司（太洋铸机和新东公司）已生产220台再生设备，使用中的再生设备约250台，70%用于有机自硬砂再生^[4]。最初提倡回收再生树脂砂，是从处理废砂和节约原材料的观点出发；后来由于砂子价格及其运输费和处理费都在增长，环境保护要求越来越严格，而再生砂又有提高铸件质量的优点，使得旧砂再生成为应用树脂自硬砂工艺必不可少的工序。

在这个时期还研制成功了强力抛丸清理与旧砂再生相结合的抛丸再生法，也叫“四合一”法（即落砂、表面清理、旧砂再生和回用）。此法由美国开始研究，在美国较流行。现在联邦德国、日本等国家都在推广使用。

另外还开发了超声波再生法及化学处理法，使水玻璃砂的再生技术得到进一步的发展^[6]。超声波再生法是日本铸物工业会社于1972年开始到1974年研制成功。化学处理法分碱法、酸法和化学试剂法等。例如强酸化学处理法，其应用情况大致可分为两种：一种是用在湿法水洗时，加入盐酸来中和碱分；另一种是在干燥状态的旧砂中加入盐酸来中和^[8]。如果后者再配合干法再生，则可获得良好的再生效果。

这期间各国生产再生设备的厂家增多，产品规格大大增加，再生技术水平也不断得到提高。

从砂再生实际使用于生产的1940年算起，四十多年来，随着砂再生设备的广泛应用，各种再生方法都不断得到了发展，现将其发展特点概述如下：

旧砂再生设备，从原来传统的湿法再生、气力再生、机械再生和热法再生，又研制了抛丸再生、超声波再生、化学

再生等方法。70年代以来,每类再生设备在改进完善的基础上,又发展出多种形式的再生装置,展现出一片百花盛开的景象。1979年国际铸造博览会上,展出旧砂再生设备20余种,可以看出其蓬勃发展的状况^[7]。在1984年国际铸造博览会上,有33家公司展出旧砂再生设备,可以看出80年代旧砂再生设备发展的一些特点:一是振动式再生设备发展较快;二是有向多功能型再生装置发展的趋势。现在已成熟的正在配套完善,新开发的则在改进发展。据不完全统计,目前国外旧砂再生设备的正式产品约30多种。现以几种主要类型的再生设备为例,谈谈其发展情况。

(1) 气力再生的结构形式,已由初期阶段的竖吹式,发展出双筒竖吹式、横吹式(如日本花王技研工业公司的KE型)、气力提升搓擦式(如日本东久铸造公司产品及英国的阿尔发式)、旋流撞击式(如日本川崎工厂的NCK型)、斜吹式(如比利时惠尔阿布拉托公司产品)以及气流旋转搓擦式(如美国布里合金制造公司产品)等。此类设备,美国国际工程公司、英国贝克·珀金斯公司、联邦德国怀勒公司以及日本新东等公司均有系列产品,一般有3 t/h、5 t/h、12 t/h、16 t/h、20 t/h等规格。

(2) 机械再生法是目前使用较广泛的一种,而且形式也多种多样。已由离心式、滚筒研磨式,发展到高速机械离心式(如日本铸造公司的NRR型)、强力抛丸式、搅拌研磨式、振动破碎式、振动研磨式等。此类设备,日本、联邦德国、苏联等国家均有系列产品,一般有5 t/h、10 t/h、20 t/h、30 t/h、40 t/h和60 t/h等规格。

(3) 湿法再生,已由机械搅拌式、水力旋流式,发展到超声波式,以及机械搅拌同化学处理法相结合的方式等。

此类设备，美国、苏联、日本等国家均有系列产品，其规格从2 t/h到60 t/h。

(4) 热法再生，已由回转窑式、竖炉式，发展到流动焙烧炉、沸腾焙烧炉等。近年来还发展出一些利用粘结剂自燃烧及预热的方法来节省燃料与能耗。如美国罗塞米(Ronceray)公司等制造供应的“特诺”(TNEE)型加热设备，就属于这种类型^[8]。

(5) 联合再生法，是在以上几种再生方式的基础上发展起来的。开始有热法-干法、湿法-热法等联合方式。70年代以来干法-干法(包括机械式-气流式和机械式-机械式)联合再生方法有了迅速的发展。

在旧砂再生工艺发展的过程中，各国根据自己的资源及具体条件等情况，其发展道路也各异。例如在美国、法国和日本的铸造厂使用气流再生装置相当普遍，但在英国却很少使用^[9]。又如苏联由于电液压等湿法清砂工艺的发展，所以湿法再生应用得较多。

从各种型砂的再生效果来看，对于树脂砂的再生技术，现已积累了不少经验，取得了较满意的结果。干法再生得到广泛的应用，其再生系统的设备型式、规格齐全，能够成套供应，目前正在向型砂全封闭循环系统发展；对于粘土砂，它属于可重复使用的型砂，采用干法或湿法再生，已基本上能满足生产的要求。对于在大批量生产中，混入有机粘结剂的粘土湿型砂，采用热法与干法组成的联合再生法，取得了较好的再生效果，能满足制芯砂的要求。对于水玻璃砂再生，尽管进行了很多研究，但至今还没有得到满意的解决。一般干法再生，设备简单，比较经济，但再生效果不理想，多功能型干法联合再生，效果比较好一些，湿法再生效果好，但

从经济的观点来看，获得的结果仍不满意。其中超声波法和化学处理法，虽然再生的效果好，但因为价格太贵，目前在工业上使用的还很少。因此还需要继续研究和发展，应从工艺与设备两方面同时进行解决。对于大型铸钢件使用的铬铁矿砂的分离再生技术，已开始应用于生产；对锆砂的分离再生也有使用的，这方面还有待于今后加强研究和发展。

为了促进旧砂再生技术的发展，一些国家开展了旧砂再生方面的学术研究活动，并建立了相应的组织。例如英国铸造技术学会在1970年8月成立了一个委员会，承担“旧砂再生”的咨询项目，后来更改为“铸造厂旧砂再生研究”工作组，下设旧砂再生设备研究、树脂砂研究、水玻璃砂研究及粘土砂再生的研究小组^[10]。美国1974年在铸造学会(AFS)造型方法及材料分部(P4)下设立了特别委员会，叫旧砂再生与回用委员会(80-S)，其职能是了解旧砂再生的情况，并研究关于再生的可能性以及提出旧砂回收系统中的重要问题^[6]。1975年国际铸造技术会议成立了一个1.4分部委员会，规定的任务是专门调查研究国际上造型制芯用砂的再生水平以及报告最好的工艺设备情况。成员有英、法、民主德国、比利时、日本等十几个国家。1981年5月发表了篇幅很长的造型制芯砂的再生专题报告，对再生的必要性，再生装置及各种粘结剂砂的再生，以及各成员国的使用情况等作了详细的分析与论述^[11]。

在旧砂再生技术方面，很多国家结合实际情况，开展了大量的试验研究工作，对再生砂的工艺性能、控制参数、各种型砂的旧砂性质、再生方法和再生砂的适用性等方面，取得了很大的进展并积累了丰富的经验。以呋喃树脂自硬砂为例，开始时人们都认为旧砂中的粘结膜清除的越干净