

# 新一代闪烧炉和废壳利用

—国外精铸技术进展述评(7)—

《特种铸造及有色合金》，2005（7）：433~437

## 一. 新一代闪烧脱蜡炉

跟国内不同的是，国外基本上不采用热水脱蜡，常用的脱蜡方法除蒸汽脱蜡外，还有闪烧脱蜡、溶剂脱蜡和微波脱蜡。当然应用最为广泛的还是蒸汽脱蜡。20世纪90年代国外在脱蜡方法上的一个重要进展便是新一代闪烧脱蜡炉的诞生<sup>[1]</sup>。

早期闪烧脱蜡方法是使从壳模组中熔化出来的蜡液直接滴落进炉子下面的容器中。其间，大量烟雾弥漫于工作间而后释放到大气中，模料着火现象也时有发生。另一种形式是采用炉门开在底部的钟罩形焙烧炉。预先将壳模组的浇口杯朝下，放在位于炉子下方的一个带圆孔的底板上，浇口杯对准圆孔，然后将底板上升，直到炉门位置，使炉门关闭，加热模组脱蜡。熔化的蜡液直接流入位于平板下方的收集箱中。这是国外单件或小批量生产大型精铸件（例如某些大型艺术铸件）常用的一种方法。这种方法同样因脱出的蜡液温度过高而容易着火。以后，虽然几经改进，但大量蜡液燃烧对环境污染严重，模料回收率低等问题，始终未能从根本上解决。上世纪80年代中期，美国Pacific Kiln & Insulations, Inc. 开始着手开发新一代闪烧脱蜡炉。新闪烧炉于1994年投放市场并获得专利权，其外形如图7-1所示。装炉时模组浇口杯朝下对准装载车上的承接口，承接口直接与装载车下面的阻燃室相连。装炉后炉子处于密封状态。阻燃室内通入惰性气体（诸如CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、Ar等），用以防止模料燃烧并使之冷却。阻燃室下面是回收模料收集箱（图7-2）<sup>[2]</sup>。显然，阻燃室是本系统的关键所在。由于蜡液很快从型壳中流出进入充满惰性气体的阻燃室，所以不会燃烧，同时，由于温度迅速下降，基本上没有烟雾产生。可见，由于它的引入，模料回收和防止燃烧、烟尘污染环境等许多问题都得到妥善解决。这可以说是闪烧炉设计的一次革命性的变革，新一代闪烧炉从此诞生<sup>[1] [2]</sup>。



图7-1 新一代闪烧炉

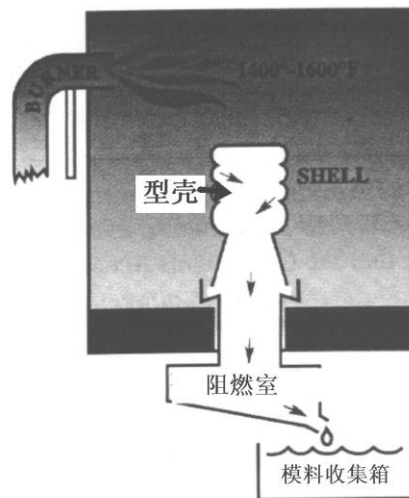


图7-2 阻燃室原理示意图

现将新一代闪烧炉的优点归纳如下<sup>[1] [2]</sup>：

- 1) 将脱蜡和焙烧二道工序合二为一，与蒸汽脱蜡加焙烧相比，初步估算节能约20%<sup>[4]</sup>。
- 2) 80%~95%的蜡可以回收，而且没有水分混入，所以，无需专门的模料回收处理工序和设备；
- 3) 若能附加后燃烧室，可燃物燃烧率高达99.98%，达到烟尘零排放标准。
- 4) 由于避免了蒸汽蒸煮，脱蜡期间型壳湿强度不但不会下降，反而由于水份蒸发而提高。同时又由于型壳内外温度梯度大，减轻了蜡模膨胀对型壳的挤压力，所以采用这种方法脱蜡，型壳胀裂的很少。
- 5) 是脱除塑料模（包括SLA、LOM 等快速成型方法制作的模样）的最佳选择，因为此时蒸汽脱蜡无能为力<sup>[3]</sup>。

在图7-1所示标准规格闪烧炉的基础上，Pacific Kiln & Insulations, Inc.又推出了前后双开门 / 双台车闪烧炉（图7-3）。当一个台车上装载的型壳正在炉中脱蜡 / 焙烧时，另一个台车可以装卸模组，使生产效率成倍提高。

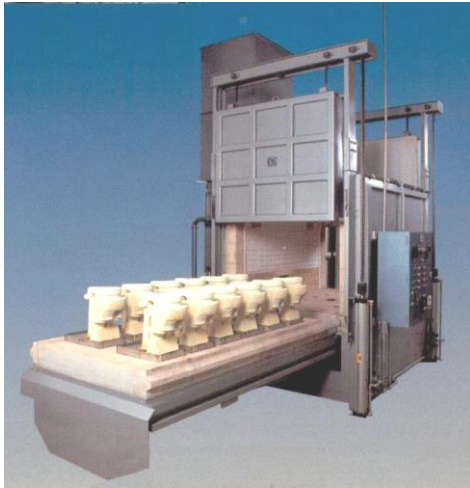


图7-3 双开门闪烧炉

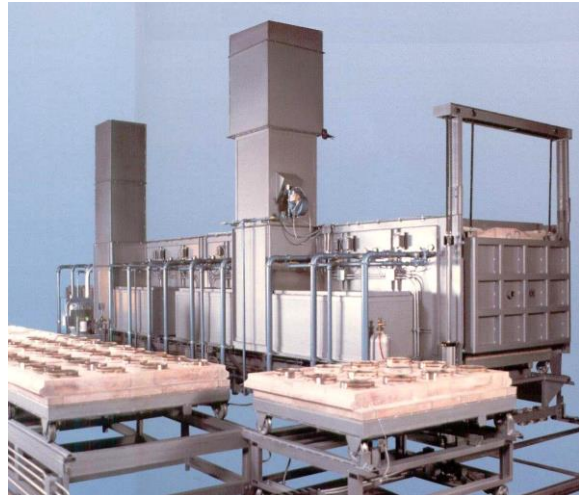


图7-4 连续式闪烧炉

不仅止此，该公司新近又为 Dalphin Inc. 设计制造了新型的连续式闪烧炉（图7-4），据称，该系统每天可脱蜡 / 焙烧1500个型壳，满足生产17000个高尔夫球棒头之需。

## 二. 后燃烧室

早在 1978 年，Pacific Kiln & Insulations Co., Inc.便率先在焙烧炉上加装后燃烧室，以减少烟尘排放。早期的后燃烧室设计比较简单，只不过是一个带有绝热层的空间，使燃烧不完全的烟尘在此停留一段时间，充分燃烧后再从烟囱排出，其中的温度和燃气压力可由控制面板观察和控制。从上世纪 90 年代到本世纪初，由于美国国家和地方的环保法规越来越严格，同时，‘与邻为善’的道德观念日益增强，再加上精铸件产量与日俱增，模组和型壳越来越大，以及快速成型技术逐渐普及，某些非蜡质材料，诸如聚苯乙烯，填料和各种各样的快速成型材料等，用蒸汽脱蜡方法无法脱除，只能通过焙烧将其烧掉，由此而产生大量浓烟，致使传统的后燃烧室无法应对，迫切需要更加先进和有效的后燃烧室。经改进的后燃烧室中补充通入燃气和氧气，令残蜡和蜡烟充分燃烧，产生的火焰先返回主燃烧室助燃，然后再从烟囱排放到大气中，不仅烟尘排放大大减少，而且热能也得到充分利用，其基本原理如图 7-5 所示<sup>[5]</sup>。

为了开发新型后燃烧室，Pacific Kiln & Insulations, Inc.首先对常用的各种蜡质和非蜡质材料的燃烧特性，以及炉温、氧含量等因素对各种材料燃烧速率和产生烟尘数量的影响进行了系

统的研究。为了使新型后燃烧室更加实用，充分满足不同用户的需求，设计过程严格遵循以下程序<sup>[5]</sup>：

- 1) 数据采集 包括各部分设计尺寸，型壳数量，需要完全燃烧掉的材料种类和数量以及燃烧温度等。
- 2) 建立燃烧过程模型 利用上述资料和数据，建立模型，以确定当燃烧速率达到高峰时，产生烟雾的体积和流量等关键参数，
- 3) 工艺设计 在上述模型基础上，确定主要设计参数，如炉温，烟雾驻留时间，后燃烧室热量输入，空气流量要求等。
- 4) 按标准或用户要求，设计制造符合工艺参数要求，性能理想的后燃烧室系统。

标准的后燃烧室被设计成为一个独立的总成，可以方便而快捷地安装在几乎任何一种现有的工业焙烧炉上，同时又避免了为使环保达标而造成的停工、停产，甚至传讯和罚款<sup>[6]</sup>。

针对精铸生产厂家的不同情况，目前有每炉烧尽 3.5kg、6.4kg 和 12.8kg 残蜡的三种标准规格的后燃烧室总成。也可按用户特殊要求定制<sup>[6]</sup>。该公司不仅为本厂自己生产的炉子，也为其他品牌的焙烧炉或闪烧炉提供这种新颖的后燃烧室总成；不仅提供产品，还提供老设备升级服务；并承接包括：厂房规划和布局、烟囱和烟尘收集器、带点火器的燃气喷嘴和鼓风机、带温度控制器的控制面板以及安装说明书等在内的全套工程项目<sup>[6]</sup>。

Pacific Kiln & Insulations, Inc.的不断开拓创新精神，严谨求实的工作作风，以及处处为用户着想的营销理念，实在值得国人认真研究、学习和借鉴。图 7-6 所示就是安装有后燃烧室的焙烧炉。

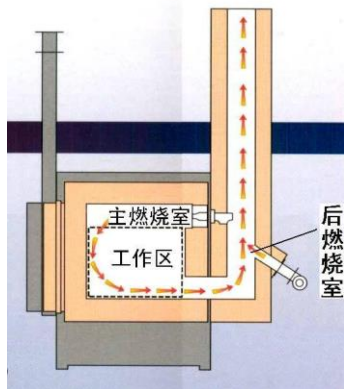


图7-5 后燃烧室原理示意图

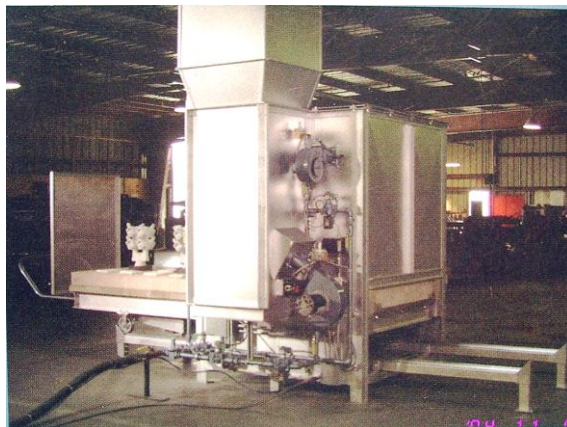


图7-6 安装在焙烧炉上的后燃烧室

### 三. 废壳回收和利用

早在上世纪70~80年代，美、日等工业发达国家就已经开始注意精铸厂废弃物（特别是废弃型壳，因为它的排放量大）排放和再利用的问题。1976年美国加利福尼亚Orbis精铸厂，就从生产粉碎设备的Sweco公司购入现成设备回收型壳（图7-7）<sup>[7]</sup><sup>①</sup>。1987年，美国ICI牵头的型壳回收研究课题正式起步，并有将废弃型壳适当处理加工成一次性使用的耐火制品（例如浇口杯、成型浇道等）的报道<sup>[8]</sup>。1991年日本精铸件的产量不过12000吨，就提出“无论从环保和降低成本角度考虑，陶瓷型壳的废弃处理和再生利用非常重要，其方针措施的确立对于精密铸造的发展是当务之急”<sup>[7]</sup><sup>①</sup>。日本铸造技术普及协会随即将之定为该年度的研究课题。

<sup>①</sup> 许云祥编译.精密铸造实用技术.内部资料，2002

不久，回收型壳的试验样机便投产运行（图7-8）<sup>[7]</sup>。生产实践表明，使用回收砂、粉作背层耐火粉料和撒砂料基本能满足使用要求，型壳强度足够，浇注试验也得到了满意的结果<sup>①</sup>。

目前，据粗略估计，我国精铸件年产量已多达50万吨以上，每年产生的废壳将近100万吨。如此下去，我国在成为世界工厂的同时也正在变成世界的垃圾场。不仅造成严重的环境问题，为了处理这些废弃物耗费的运力也十分惊人。值得庆幸的是，近年来，爱护生态环境，珍惜自然资源，人与自然协调发展的观念逐渐深入人心。我国宁波大学赵义恒教授对废弃型壳的化学成分、物相组成以及由回收废壳制成的型壳强度、透气性、抗热变形能力等，进行了较深入而全面的试验研究，指出：只要处理方法得当，废弃型壳是完全可以回收利用的<sup>[10] [9]</sup>。其实，回收废壳的方法和设备并不复杂，投资不过几万元。主要流程不外破碎、磁选、筛分和除尘<sup>①</sup>。整个系统最好封闭，以免粉尘飞扬，造成新的环境问题（参见图7-7和图7-8）。近来（2004年）江苏泰州金鼎和鑫宇精铸公司，将回收废弃硅溶胶型壳制成的粗砂用作四层以后撒砂料，粉料用作封浆，取得良好效果，经济效益显著，在一定程度上缓解了由于原材料涨价造成的压力。即使精铸生产中不便利用的，也不应任意抛弃，建议用作一次性使用的耐火制品或砖、瓦等建筑材料，纳入循环经济轨道。像这种既有社会效益又有经济效益的善举，何乐而不为！值得一提的是，废弃水玻璃型壳，由于化学成分复杂，在精铸生产中回收利用应谨慎从事。

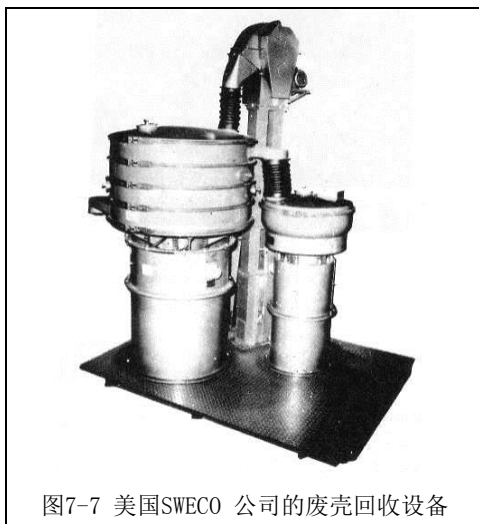


图7-7 美国SWECO公司的废壳回收设备



图7-8 日本铸造技术普及协会开发的废壳回收设备

### 参考文献

- 1 Glenn Foster. Flashfire Dewax Enters New Generation. INCAST 1995 (2): 14~15
- 2 Glenn Foster Flashfire Dewax For Today's Investment Casting Foundry. Investment Casting Institute: 42nd Annual Technical Meeting ,USA,1994, No.2
- 3 Pacific Kiln & Insulations, Inc.Flashfire Dewax System Responds to Rapid Prototyping Needs; Addresses Traditional Concerns. INCAST 1994(2) : 13
- 4 Tom Jantzen, Dewax And Burnout Energy Efficiency In The Investment Casting Foundry. INCAST 2002(3): 19~21
- 5 Tom Jantzen. Need For Smoke Reduction Advances State Of The Art In Afterburner Systems INCAST 2004(2): 12~13
- 6 Tom Jantzen. Afterburner Retrofit Packages Can Eliminate Emissions in Burnout Process INCAST 1998(2): 20
- 7 山屋洋树.精密铸造法の基本と应用技术.铸锻造と热处理, 1992 (7) : 45~46
- 8 R.C.Oberst, Mark Oles,Benefits of Using Recycled Ceramic Shell Materials in the Manufacture of Technical Refractories. Investment Casting Institute: 49<sup>th</sup> Annual Technical Meeting ,USA, 2001:No.20
- 9 赵恒义, 王建民.废弃硅溶胶型壳的回收利用.特种铸造及有色合金.2004(2):50~51
- 10 赵恒义.熔模铸造型壳废弃物组成及其再利用分析.特种铸造及有色合金.2005(1):52~54