

高压水清砂和化学清理

—国外精铸技术进展述评(9)—

《特种铸造及有色合金》，2005（9）：552~555

一. 高压水清砂

目前在美、欧各国，高压水清砂在精铸业获得越来越广泛应用。尤其对于铝合金精铸件来说，高压水清砂更是首选方法，因为无论震动、抛丸或其它机械方法都很容易损坏铸件。对钢和其它合金铸件，由于它有可能将残存在靠近铸件表面的残留型壳，甚至盲孔或内腔中的型芯清除掉，某些场合甚至能将型壳 100%地清除掉，所以，也有其优势。高压水清砂既可用于像震动脱壳那样的一次清理(脱壳)，也可代替诸如抛丸、喷砂和化学清理等彻底除尽残留型壳的二次清理。此外，它还具有无尘、低震、低噪等优点。其主要缺点是费水和一次性资金投入大。

跟震动、喷砂和抛丸等脱壳清砂方法的原理都有所不同，高压水清砂主要靠由高压水形成的一股高能射流，首先是切割型壳，然后将破碎的型壳从模组上冲刷掉。要达到好的切割效果，射流流股不可能太粗，因此，‘稳’是前提、‘准’是关键、‘狠’是结果。如果不能将壳模组牢固地夹持住，一旦经受冲击就松动、摇晃，高压水射流就不可能准确地命中目标，达到预期的效果。在这方面，不能不提及美国 Triplex 公司的贡献。1993 年美国第 41 届精铸年会上，Triplex 公司率先推出适用于精铸厂家的一种通用夹具 HC-1000，并获得美国专利(图 9-1)^{[1]、[2]}。它能快速而牢固地夹住壳模组上形状不规则的圆锥形浇口杯(图 9-2)，使操作者能方便而安全地进行操作。这种夹头结构紧凑，操作方便快捷，每次装卸大约只需 1~2 秒钟。用这种液压夹头代替传统的靠人工装卸模组的转盘，显著提高了工作效率，为高压水枪‘稳、准、狠’地进行清砂，奠定了良好的基础。该夹头可以正、反转，转速通常为 17.5 r/min，并可按需要适当调整。夹持尺寸有 $\Phi 13\sim 63\text{mm}$ 、 $\Phi 25\sim 121\text{mm}$ 和 $\Phi 38\sim 184\text{mm}$ 等三种规格，其中常用者为 $\Phi 25\sim 121\text{mm}$ 。夹持机构既可用液压也可用气压驱动。前者压力为 1.7MPa，后者 0.7MPa。

高压水清砂系统，首要问题是优化高压水的压力和流速。国外高压水的压力普遍比国内大，铝合金精铸件为 20.4~40.8 MPa；钢和其它合金铸件为 68~136MPa，通常以 102 MPa 时效果最好。压力过低会降低脱壳清砂的效率，而过高则容易损坏铸件。

其次需要解决的问题是，高压水枪和待清理的壳模组之间的相对协调运动。利用上述独特的液压夹头使模组沿轴向(Z 向)正、反转和往复移动(移动距离应超过模组全长)，同时，用二个气缸以适当的指令，令高压水枪沿 X(上/下)、Y(前/后)方向运动，同时能在角度 60° 范围内随机抖动。喷嘴前后自由伸缩(图 9-3)，使之与铸件之间保持最佳距离(通常为 25 ~ 152mm，如采用更高压力，水枪设计更为合理，最佳距离可增至 305 ~ 610mm)。这二组运动协调配合，就可使从水枪射出的高压水射流‘稳、准、狠’地冲击到模组上任何一个部位。图 9-4 为该设备工作现场照片。

TRX-500 有二种工作模式，即初步清砂(一次清理)和彻底清除(二次清理)。“初步清砂”的目的是将模组上，特别是内浇道附近的型壳尽可能多地清除，为切割铸件作准备，目前有人工和自动操作或二者结合等三种运行模式。“彻底清除”的目的是彻底清除盲孔、凹槽、内腔等部位的残留型壳，理想情况下可将型壳和型芯全部清除，免去喷砂和化学清理等其它工序^[3]。

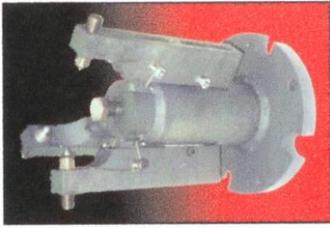


图 9-1 快速装卸液压夹头

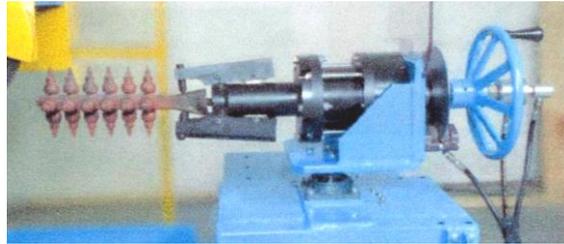


图 9-2 快速装卸液压夹头(带模组)

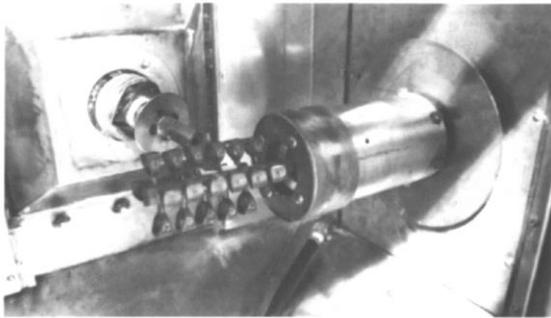


图 9-3 高压水清理设备的内部



图 9-4 高压水清理工作现场

高压水自动清砂系统中,采用计算机程序控制,以保证高压水枪和液压夹头二者相互协调动作。由于精铸件尺寸、形状多种多样,公司提供多种 PLC 程序供用户选用。试验和研究表明,水枪跟踪运动的同时作随机抖动,能使清砂效果大为改善,效率提高一倍以上(图 9-5)。采用此项技术,清理一个合金钢铸件模组的周期可缩短到 2~3 分钟。对铝合金铸件,也只需 3~6 分钟就可以清除掉 98%~100%的型壳。Investcast of Minneapolis MN.采用此技术,每工作班清理铸件超过 6000 件。目前, Triplex 可以提供 TRX-500, TRX-1000, TRX-1500 等多种规格的高压水自动清理中心(图 9-6)^[4]。不仅能完成自动一次清理、自动或手动二次清理,而且还可以切割铸件,并配有循环水处理系统,以便充分利用水资源。

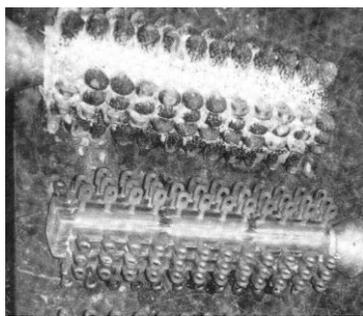


图 9-5 水枪随机抖动清砂效果
前(上)后(下)



图 9-6 TRX-1500 精密清理中心

二. 化学清理

化学清理方法国外常称盐浴‘Salt Bath’或沥滤‘Leaching’法,国内则称‘碱爆’和‘碱煮’,其优点是铸件清理干净彻底,对工件无机械损伤,无需循环水设施,投资少。缺点是会排放有毒有害物质,污染环境。另外,激冷和冲洗铸件后的废水在排放前也要经过特殊处理。然而在

某些情况，特别是铸件形状复杂时，化学清理往往不可或缺。所以，用这种方法来清理其他方法很难除尽的少量残留陶瓷材料，无疑是更为明智的选择。

国外多按工作温度，将化学清理方法分为三类：高温型(370~650℃)、中温型(205~370℃)和低温型(120~205℃)。从提高效率角度出发，最好采用高温型(碱爆)。有的铸件(例如某些铜合金铸件)，为了避免高温引起合金金相组织和性能改变，需要在低于370℃下处理，才采用中温型。低温型清理(碱煮)速度较慢，但不存在冷却后铸件表面槽液凝固的问题，铸件不会被氧化，也不必担心槽液飞溅或爆炸，所以，操作安全，对环境的影响较小。

在化学清理方面，上世纪90年代国外的主要进展，首先是开发出一些新的化学清理剂，其次是渣泥和废水处理方法。

2.1 新型化学清理剂

众所周知，传统的化学清理剂就是强碱(例如氢氧化钾)，为了进一步提高效率，美国 W. J. Laird, Inc. 推出二种专利配方新产品 NABI MSR 和 NABI LSR^[5, 6]。前者是经改性的熔融碱，使用温度 370~595℃。后者是苛性钾基水溶液，其中除含有苛性钾外，还含有螯合剂、水调节剂和润湿剂等多种成分，使用温度 95~177℃。与单纯的苛性钾溶液相较，其主要优点是大大缩短了某些很难清除的陶瓷型芯和型壳所需时间，例如，在温度 177℃ 条件下，清除含 85% 锆石的陶瓷型芯所需的时间缩短为采用单纯苛性钾溶液时的 1/9。美国 Kolene 公司推出的 Kastech Ultra 法广泛应用于航空工业，清除包括二氧化硅含量少而难清除的型壳或型芯。该方法除采用专门清理剂外还辅以超声振动，处理温度高(455~705℃)，效率也高。据称能在 10 多分钟内将铸件上的残留型壳和型芯全部清除干净(图 9-7)^[7]。

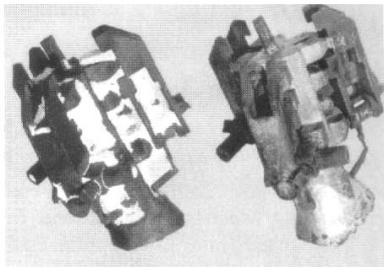


图 9-7 Kastech Ultra 法清理铸件前(左)后(右)对比

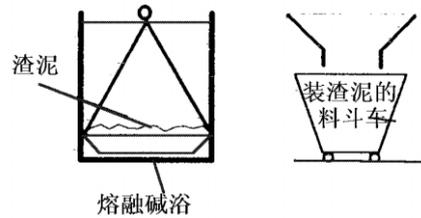


图 9-8 从熔融碱浴清除渣泥

2.2. 渣泥处置和处理^[8, 9]

化学清理过程中一个令人烦恼和头痛的问题是伴随清理过程，必然产生大量渣泥的处置和排放。从长计议，渣泥堆放和清除必须要有一个有效而方便的方法。最简单的方法就是将一个吊盘放在碱浴底部，待渣泥堆满后提出。当盘中夹带的碱液滤掉或倾出后，再将渣泥倒入料斗车中(图9-8)，或待渣泥在盘中冷却固化后清除。清理过程中产生的渣泥相当多，生产量较大时一个工作班往往需要清除二次渣泥。只有及时清除渣泥并补充新碱，才能保持化学反应速度和清理的效率。渣泥冷却到接近室温，用水冲稀后才能排放，用水量大约为每公斤渣泥 4.2~8.4L。也可使用激冷或冲洗铸件用过的水，因为这些水也要经过适当处理才能排放，处理方法跟稀释渣泥的水是相同的。

从环保角度考虑，如何处置废弃的渣泥是个大问题。如果渣泥真的如一般人预料的那样，只含有未能反应的残留耐火材料(例如硅铝酸盐、锆石或硅石等)、清理过程的化学反应产物(碱金属硅酸盐)、以及夹带的苛性碱，那么渣泥还可以按一般的碱性废弃物处理。但出人意料的是，经化学分析发现，渣泥中还含有数量可观的金属元素(表9-1)。它们主要是碱液与铸件上的污垢或金属氧化物反应生成的。一般来说，铸件中所有的合金元素都有可能在渣泥中出现，

所幸之处是，其中大多数在高pH 状态不溶于水，因此危害并不严重。遗憾的是，对人体健康有严重危害的 Cr^{+6} 恰好是例外，它在任何pH值下都是可溶的。清理不锈钢铸件产生的渣泥中，经常有铬和镍元素出现，镍常以不溶于水的氧化物固体微粒形式存在，危害不大。而铬则以 Cr^{+6} 的形式存在，因为它在任何pH值下都是可溶的，故大量存在于稀释渣泥的废水中，致使其不能任意排放。必须将其中的 Cr^{+6} 转变为 Cr^{+3} 或 Cr^{+2} ，再沉淀去除后，才允许排放。

表9-1 渣泥中发现的有害金属元素含量 ppm

金属元素	最低值	最高值	平均值	允许值
砷			1	5.0
钡		12	4	100
镉				1.0
铬	50	1500	436	5.0
铅		350	55	50
汞				0.2
硒				1.0
银				5.0

传统的降价/沉淀法是采用 pH 双向调节剂来完成 Cr^{+6} 的降价-沉淀。常用的降价剂(即还原剂，如偏亚硫酸氢钠)在低 pH 范围($\text{pH} \leq 3$)才有效，因此必须先加酸降低 pH，再加碱提高 pH。整个处理过程分三步进行。即：

- 1) 加酸降低废水的 pH 值；
- 2) 用降价剂处理，使 Cr^{+6} 转变为 Cr^{+3} 或 Cr^{+2} ；
- 3) 加碱提升 pH 值，使 Cr^{+3} 或 Cr^{+2} 沉淀析出。

美国 **Kolene** 公司新近开发成功并获得专利权的新型降价剂 **6-2-3**，在高 pH 范围就能有效地降低 Cr^{+6} 的价数。其加入的数量可按溶液中 Cr^{+6} 的浓度计算求得。也可通过氧势探头实现自动加料。然后，再适量加酸将废水的 pH 调整到 8.0~8.5，使 Cr^{+6} 直接转变为不溶于水的氢氧化物而沉淀析出。最后再通过沉降、过滤等方法将沉淀物清除。最后，经处理的废水还必须接受沥滤物毒性试验(TCLP)，确保无毒性才允许排放，为安全起见，清除的沉淀物还必须按环保法规要求密封包装好，选合适地点深埋。处理过程示意地表示在图 9-9 中，处理效果见表 9-2。

Kolene 公司新近推出的化学清理系统(图 9-10)，包括熔融碱浴、激冷水箱和渣泥排放区，并配有抽风排气系统和观察窗(观察窗是经过热处理的双层安全玻璃)，生产效率高，符合安全和环保要求^[10]。

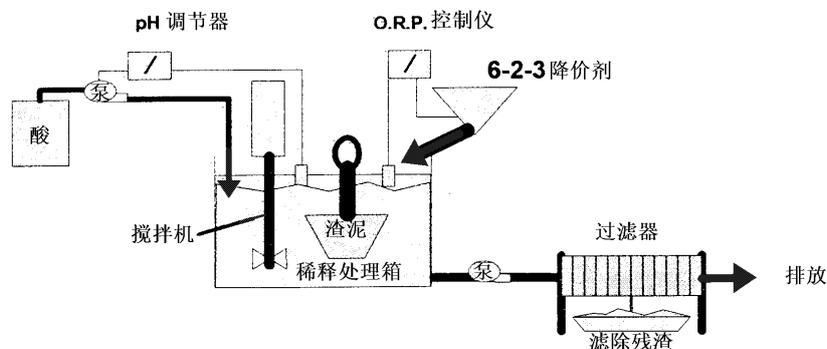


图 9-9 渣泥和废水处理过程示意图

表 9-2 化学清理废水经 6-2-3 处理前后对比

金属元素	处理前	处理后	允许值
砷	—	—	5.0
钡	3	0.16	100
镉	—	—	1.0
铬	650	0.13	5.0
铅	17	—	5.0
汞	—	—	0.2
硒	—	—	1.0
银	—	—	5.0

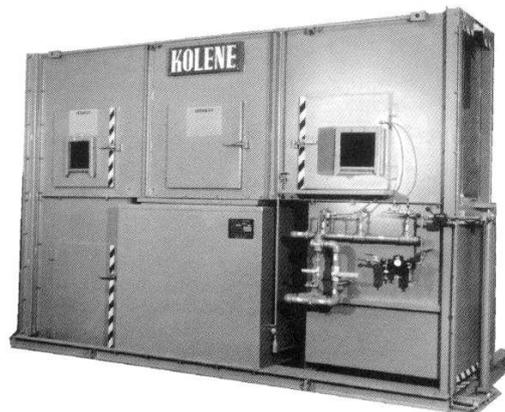


图 9-10 Kolene 化学清理设备(内含熔融碱浴、激冷水箱和渣泥倾倒区)

参 考 文 献

- 1 Triplex Systems, Inc. One-Minute Investment Cleaning Boasts Environmental Safety, Fewer Casting Rejections. INCAST,1990(7):10
- 2 Triplex Systems, Inc. Triplex Booth To Feature Hydro-Clamp; Advances In High-Pressure Water Jet Shell Removal. INCAST,1995(9):28
- 3 Joe Tebbe. Introduction To Primary And Secondary Operation Cleaning Methods Using High-Pressure Water Jets . INCAST,1997(8):16~19
- 4 Triplex Systems, Inc. Patented Triplex Processes Focus On Productivity, Ergonomics & Safety In Cut-Off, Cleaning Processes INCAST, 2002(7):8~9
- 5 W. James Laird. A Primer On Cleaning Investment Cast Parts. INCAST,2000(7):16~17
- 6 W. James Laird Jr. Alternative Leaching Product Cleans Shell Material, Ceramic Cores From Investment Castings At 93~177°C, INCAST 1999(8)
- 7 Kolene Corporation. Kolene's Kastech Ultra Salt Bath Process Cleans Castings To Mil Specifications
- 8 Kolene Corporation. Salt Bath Cleaning Sludge Treatment. INCAST,1996(7):14
- 9 John F. Pilznienski & James C. Malloy. Treatment Of Salt Bath Sludge And Rinse Water From Casting Cleaning Operations. INCAST,1995(7):18~21
- 10 James C. Malloy, Kolene Corp. Molten Salt Bath Cleaning As A Finishing Room Tool. INCAST, 1998(8):10~13