

· 专题论述 ·

铸造车间冲天炉消烟除尘净化处理

鲁靖国
(陕西工业职业技术学院 陕西 咸阳 712000)

摘要 铸造车间冲天炉烟尘净化是铸造生产过程中进行劳动保护 ,消除环境污染的基本要求。采用喷水式火花捕集器除尘装置 ,可有效地净化冲天炉烟尘 ,减少对环境 的污染。
关键词 冲天炉 烟尘净化 环境污染
中图分类号 :TG232.1 文献标识码 :A 文章编号 :1004 - 6178(2004)06 - 0006 - 03

Smoke-abating Dust-removing and Purifing of Cupola in Foundry
LU Jing-guo
(Shanxi Polytechnic Institute ,Shanxi Xianyang 712000 ,China)

Abstract Smoke and dust purifing in foundry is essential request for labor protection and elimination environment pollution. In this paper a fire-spray sparkle-collector dust-removing device is applied ,which may ellectively purify smoke and dust and decrease environment pollution.
Key Words cupola ,smokde and dust purifing ,environment pollution

铸造车间冲天炉熔化时 ,若未采取净化除尘措施 ,其烟囱排放出的烟粉尘量均超过国家标准规定 200 mg/m³ 的值。目前普遍采用的干式火花捕集器除尘 ,其烟囱排尘浓度达 1 765 mg/m³ ,其中粒度较大的尘粒沉积在火花捕集器内沿导管落入车间 ,粒度较小的尘粒则随烟气逸散到空气中或降落在车间的屋面上。这不仅造成车间内部烟尘浓度的增大 ,影响工人的身体健康 ,而且造成环境空气严重污染。因此 ,冲天炉的消烟除尘是铸造车间进行劳动保护 ,净化车间周围环境的起码要求 ,特别对地处人口密集市区内的铸造厂尤为重要。

1 冲天炉烟尘污染源及形成

冲天炉熔炼是一个连续的过程。从冲天炉的加料口不断加入金属炉料、焦炭和熔剂等 ,经熔化后形成的铁水和熔渣源源不断地从前炉排出的同时 ,焦炭燃烧和熔剂熔化后产生的烟尘在余热强对流气流的作用下 ,夹带着炉料层中的尘粒从烟囱中不断排出 ,形成冲天炉烟尘 ,其结果一方面余热未被科学利用 ,造成能源浪费 ,另一方面烟尘污染了环境。

经对冲天炉烟气中的尘粒进行测定表明 1g 尘粒在管式试验炉内完全燃烧后剩余物重 0. 28g ,也就是说 1g 的尘粒含碳量为 72% ,所以冲天炉烟气中的尘粒主要组成是焦炭颗粒。

通常情况下 ,冲天炉烟尘主要源于以下几个方面 :首先 ,焦炭本身就存在着一定量的微小颗粒 ,同时还含有 12% 左右的灰分 ;在运输、装卸时又不可避免地发生破碎 ,熔化加料时又受到批料的撞击 ,这些过程都将造成了焦炭中微粒量的增加。其次 ,由于金属炉料清理不善 ,表面上含有一定数量氢化物、泥土和粘砂 ,其主要化学成分为氧化镁、氧化铝及氧化硅等。另外 ,炉料中的石灰石、萤石等熔剂也有一部分微粒及粉尘存在。冲天炉熔化加料时 ,上述尘粒也随批料加入炉内 ,当颗粒粒度较大、其重量大于炉气压力时 ,将随炉内的料柱向下移动被燃烧或熔化形成炉渣排出炉外 ,而当颗粒粒度较小、其重量小于炉气的压力时 ,必然被炉气携带向上运动从烟囱排出炉外 ,形成冲天炉烟尘。因此 ,从减少炉料中微粒数量来降低冲天炉烟尘排放量的角度出发 ,加强炉料管理 ,提高炉料本身的清洁度 ,对焦碳、熔剂进行过筛等 ,不仅可以提高铁水质量 ,而且有助于减少冲天炉烟尘的排放量 ,减轻对周围环境的污染。

2 冲天炉烟尘的构成分析

将悬浮在冲天炉烟气中的尘粒采取一定措施在较短的时间内从气流中分离出来的过程既就是烟尘净化处理的过程。

影响冲天炉烟尘净化处理效果的因素主要有烟

尘的密度、粒度构成及分散度等。首先,尘粒在气流中的沉降速度与它粒度的大小、本身的密度成正比关系,即当气流速度不变时,尘粒的颗粒度、密度愈大,它的沉降速度也愈大,从气流中沉积下来的时间就愈短,除尘效果也就愈好。其次,烟尘的分散度愈集中,将尘粒从烟气中越易分离出来。

某铸造厂冲天炉烟尘未经除尘净化前其烟气中尘粒两次取样进行粒度分析数值如表1所示。

表1 未除尘净化烟气中尘粒粒度

筛号 /目	物料粒度 /mm	I #取样		II #取样	
		重量/g	百分比/%	重量/g	百分比/%
6	4.2	0.6	1.2	1.2	2.4
12	2.1	1.6	3.2	3.7	7.4
20	1.135	4.4	8.8	5.9	11.8
30	0.63	2.6	5.2	3.4	6.8
40	0.444	5.3	10.6	4.3	8.6
50	0.315	14.9	29.8	13.1	26.2
70	0.223	10.2	20.4	3.5	7.0
100	0.157	7.5	15	10.9	21.8
140	0.112	2.3	4.6	3.1	6.2
200	0.079	0.2	0.4	0.3	0.6
270	0.057	0.1	0.2	0.2	0.4

计算 I #、II #取样的加权平均粒径分别为：

$$d_a^I = \frac{4.2 \times 1.2 + 2.1 \times 3.2 + 1.135 \times 8.8}{100} + \frac{0.63 \times 5.2 + 0.444 \times 10.6 + 0.315 \times 29.8}{100} + \frac{0.223 \times 20.4 + 0.157 \times 15 + 0.112 \times 4.6}{100} + \frac{0.079 \times 0.4 + 0.057 \times 0.2}{100} = \frac{46.57}{100} = 0.47(\text{mm})$$
$$d_a^{II} = \frac{4.2 \times 2.4 + 2.1 \times 7.4 + 1.135 \times 11.8}{100} + \frac{0.63 \times 6.8 + 0.444 \times 8.6 + 0.315 \times 26.2}{100} + \frac{0.223 \times 7.0 + 0.157 \times 21.8 + 0.112 \times 6.2}{100} + \frac{0.079 \times 0.6 + 0.057 \times 0.4}{100} = \frac{60.05}{100} = 0.6(\text{mm})$$

根据悬浮速度公式选用条件,当圆形尘粒直径小于9.6 mm 时,其沉降速度采用斯托斯克公式：

万方数据 = $\frac{d_a^2(r^1 - r)}{18\mu}$

式中： v_g ——沉降速度，m/s；
 d_a ——尘粒平均粒径， μ ；
 r^1 ——焦炭密度，kg/m³，一般取1400；
 r ——空气密度，kg/m³；冲天炉烟囱气流平均温度按120℃计，其密度一般取0.896kg/m³；
 μ ——气体动力粘度性系数，N·s/m²；冲天炉烟囱气流平均温度按120℃计，其动力粘度性系数一般取22.60×10⁻⁶ N·s/m²。

对于不规则颗粒在应用斯托斯克公式时其粒径应加以修正,若按圆球颗粒计算,其修正系数一般取0.6。这样 I #、II #取样尘粒的沉降速度为：

$$v_g^I = \frac{0.6d_a^2(r^1 - r)}{18\mu} = \frac{0.6 \times (0.47 \times 10^{-3})^2 \times (1.4 \times 10^3 - 8.96 \times 10^{-1})}{18 \times 22.6 \times 10^{-6}} = 0.6 \times \frac{3.09 \times 10^{-4}}{4.06 \times 10^{-4}} = 0.6 \times 0.76 = 0.456(\text{m/s})$$
$$v_g^{II} = 0.6 \times \frac{d_a^2(r^1 - r)}{18\mu} = 0.6 \times \frac{(0.6 \times 10^{-3})^2 \times (1.4 \times 10^3 - 8.96 \times 10^{-6})}{18 \times 22.6 \times 10^{-6}} = 0.6 \times \frac{5.04 \times 10^{-4}}{4.06 \times 10^{-4}} = 1.24 \times 0.6 = 0.744(\text{m/s})$$

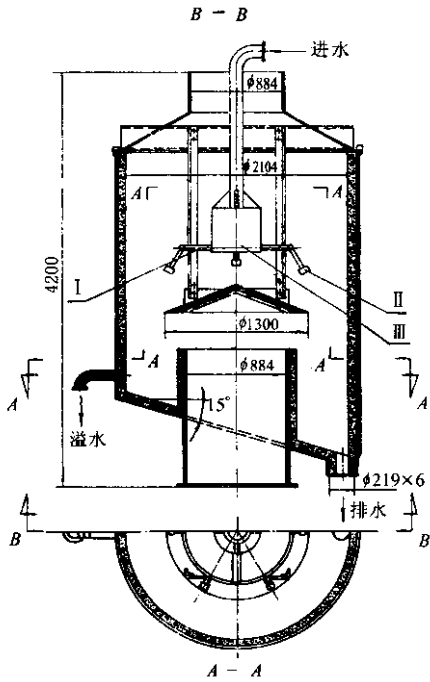
显然,冲天炉气流在火花捕集器内的速度是不可能降到这个数值。因在设计火花捕集器时,考虑到其结构等因素,一般最小设计值只能取1m/s。这样,冲天炉烟气中的很大部分尘粒是不能沉降在火花捕集器内,而是随气流逸散到大气中,造成粉尘污染。所以通常采用的干法火花捕集器的除尘效果是有限的。

3 冲天炉烟尘的净化措施

冲天炉的烟尘净化方式可分为干法除尘和湿法除尘两种。干法除尘通常用机械强排风,保持加料口形成负压,使烟气中的尘粒分离,其优点是操作者劳动条件好,但分离器需要水冷却,往往在冷却器壁上容易形成水垢,且分离器除尘效率较低。湿法除尘通常采用自然通风排烟,并采用喷水雾进行烟尘净化,其优点是投资少、除尘效率高,而且有利于清除烟气中的有害气体。因此,从除尘投资少、效率高等角度出发,结合干法除尘和湿法除尘的共同优点,将火花捕集器结构作适当的改进后,并在除尘过程

中采用喷水形成水幕的方式 来有效地消除烟尘 ,以
达到冲天炉的烟尘净化的目的。

经改进后的冲天炉喷水式火花捕集器装置的结
构与工作原理如图 1 所示。



I - 环形管 ;II - 旋流喷嘴 ;III - 分配箱

图 1 冲天炉喷水式火花捕集器结构图

该装置主要由进水管、分配箱、环形管及旋流喷
嘴等组成 ,它安装在火花捕集器的上部 ,分配箱上部
与进水管相连 ,下部侧壁上有三根导管与环形水管
相连 ,环形水管设有六个与垂直线成斜角的旋流喷
嘴。分配箱与烟囱之间用顶罩隔开 ,以防止喷水溅
入烟囱流到炉内。为防止装置内壁被烟气与喷水形
成的酸性水腐蚀 ,装置内壁表面用铸石与耐酸混凝
土砌筑加以保护。

当具有一定压力的水沿着进水管流经分配箱、
导管、环形水管 ,再由旋流喷嘴喷射出去 ,形成沿径
向向外扩散的环形水幕 ,“封闭”了烟气向上流动的
“通道”。烟气与其中的尘粒流经烟囱出口处时 ,由
于排气截面的突然扩大 ,使烟气流与尘粒的运动速
度相应地突然减慢 ,同时 ,尘粒与顶罩相碰撞损失
了一定的能量 ,迫使大部分粒径较大的尘粒沉降下
来 ,落入火花捕集器的下部 ,粒径较小的尘粒在烟
气流的作用下继续向上流动 ,当进入环形的水幕层
后 ,尘粒在喷水压力作用下被水雾吸附并捕捉 ,改
变了其原来的运动方向 ,随喷水一起下落到火花捕
集器底部的环形水槽内 ,在水流的冲刷下沿与水平
面成倾角的环形水槽从排水口排出 ,进入水循环系
统被沉淀下来。而烟气在穿过水幕同时 ,其中的二
氧化碳、二氧化硫等有害气体与水发生反应 ,形成
碳酸与硫

酸等酸性物质 ,也随水流被排出 ,使烟气中有害气
体得到净化 ,逸散回大气中。

另外 ,在火花捕集器的侧壁上开设有一个位置
低于烟囱出口的溢流孔 ,以防止喷水过大而从烟囱
出口流入炉内引起事故。

4 冲天炉烟尘净化循环水的处理

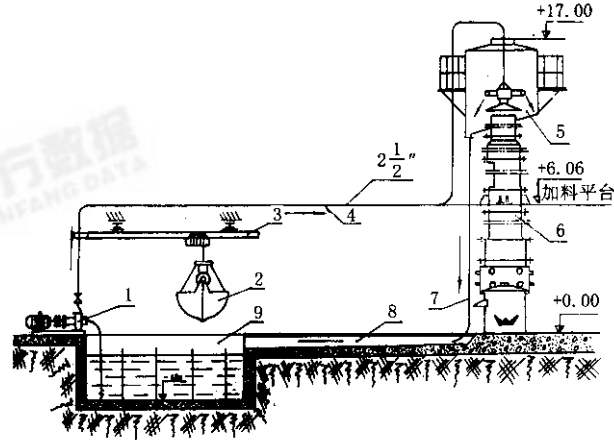
从冲天炉烟尘净化系统中流出的水中 ,不仅夹
杂着粒径较小的尘粒 ,而且含有酸性物质 ,直接流
入下水道极易造成水源浪费 ,引起环境水质污染 ,
又易堵塞下水道 ,必须采取必要的水质净化和水
的循环利用措施。

冲天炉烟尘净化的供、排水系统及循环水的处
理系统主要由供水泵、抓斗、悬挂吊、供水管排水
管、底沟槽、沉淀池等组成 ,其流程图见图 2 所
示。

沉淀池(见图 3)是附有隔墙的水池 ,借助隔墙
加长水在池内的流程 ,降低水的流速 ,以便于尘
粒沉淀。

循环系统的供水泵为 2BA - 6 单级离心泵 ,其
性能见表 2。与水泵和管路配用的阀门为 :Z44T -
1080 闸阀、H44T - 1080 止回阀、H11X - 2.550#
底阀。

从冲天炉烟尘净化装置中流出的夹带尘粒的回
水 ,经排水管、地沟槽进入沉淀池 ,经沉淀后的清
水后 ,由水泵提升 ,沿供水管输送到喷水装置中进
行烟气净化除尘 ,与尘粒一起从除尘装置的排水
口流 ,最



1-水泵 ;2-抓斗 ;3-悬挂吊 ;4-供水管 ;
5-喷水装置 6-冲天炉 ;7-排水管 ;8-地沟槽 ;9-沉淀池

图 2 冲天炉烟尘净化及循环水处理系统

表 2 水泵性能

流量 /m ³ · h ⁻¹	扬程 /m	转速 /r · min ⁻¹	吸程 /m	效率 /%	电机功率 /kW
20	30.8	2900	7.2	64	32

体与不透明实体混合。要实现透明状的实体显示，可以使用混合(Blending)技术 ,将铸件做成不透明体 ,铸型做成透明体 ,通过混合可以造成透过铸型看铸件的视觉效果。

3 结 论

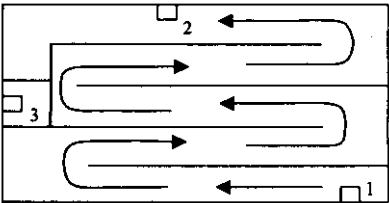
OpenGL 适用于各种计算机环境下的三维应用程序接口(3D API) ,是国际上通用的开放式三维图形标准。利用 OpenGL 技术 ,可以方便的实现金属凝固可视化过程中三维实体的旋转、裁剪、透明显示等操作 ,能够生成高质量的三维透视图和剖面图。因此 ,OpenGL 技术是实现金属凝固数值模拟可视化

一种实用的方法。

参考文献：

[1] 何东 ,马新武. 用 OpenGL 开发有限元可视化后处理系统[J]. 山东工业大学学报 2001 (2).
[2] 刘瑞祥 ,陈立亮. 铸件凝固模拟动态图形演示技术. 特种铸造及有色合金[J]. 1997 (4) 35 ~ 36.
[3] 刘瑞祥 ,杨宏. 凝固过程数值模拟的可视化研究. 中国机械工程[J]. 1999 (4) 42 ~ 48.
[4] 潇湘工作室. OpenGL 超级宝典[M]. 北京 :人民邮电出版社 , 2001.
[5] 贾志刚. 精通 OpenGL[M]. 北京 :电子工业出版社 ,1998.

(上接第 8 页)



1-回水口 2-吸水 3-排水口
图 3 沉淀池结构示意图

终实现了冲天炉的烟尘和循环水的净化处理。

夹带着尘粒的回水在沉淀池内迂回缓流逐渐地沉淀到池底 ,与尘粒分离的回水不断流向水泵的吸水口 ,被水泵吸上送入供水管中循环使用 ,每隔一定时间将池内的回水(澄清过的)从排水孔 3 排入地下渗坑、沉淀的尘粒用抓斗清除运出。之后再向池内注入新的用水进行循环。

5 冲天炉烟尘净化效果

除尘净化前后的烟气实测数值见表 3。除尘后含尘浓度为 197.2mg/m³ ,除尘效果为 88.8% ,这不仅消除了对环境的污染 ,而且尘粒不会散落到车间内部和车间屋面上 ,改变了车间的卫生条件 ,也消除了屋面积灰负荷(原来屋面积灰由于不经常清扫 ,积灰厚度达 600mm)。

表 3 除尘净化前后烟气比较表

	含尘量 /mg · m ⁻³	烟气动压 /Pa	测定时气温 /℃	测定时气压 /Pa
除尘前	1765.1	24.5	32℃	6801
除尘后	197.2	11.8	32℃	6801
规定值	200			
除尘效果	88%	测量仪器	BLC - I 型烟尘浓度测定仪	

喷水装置的流水 ,在除尘的同时被烟气的余热加热 ,随着熔化时间的加长 ,水温也增加到一定值趋于稳定 ,经测定水温与熔化时间关系如图 4 所示。水温升高对冲天炉湿法除尘能在本地区使用是很有意义的。由于喷水装置内水温较高 ,在管道设计合理(屋外尽可能避免水平布置)情况下 ,不需要附加保温材料也能保证冬季使用。

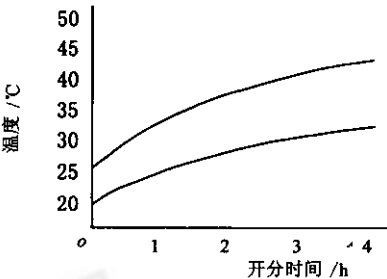


图 4 水温与开风时间曲线图

6 结 论

冲天炉采用湿法喷水除尘净化烟气的效率高 ,投资少 ,操作简便可靠 ,符合车间除尘卫生要求 ,是一项切实可行的除尘方法。同时沉淀池内焦炭尘粒经回收之后 ,还可以作耐火材料用于修炉、修包及当作造型辅助材料使用。做到节约焦炭、废物利用。

喷水除尘还存在一些不足的地方。循环水会有一定量酸度 ,向地下排放实际上是有有害气体污染的转移 ,则尚待进一步解决。另外冲天炉加料口呈现正压 ,部分尘粒吸附在加料平台上还未能有效地消除 ,须在加料口处安装加料门来解决。