

微型旋风器在硅铁电炉 烟气治理与回收中的应用研究*

王尚元 郑文阁 赵光玲 朱娜

(东北大学资源与土木工程学院 沈阳 110004)

摘 要 针对硅铁电炉烟气治理与回收中存在的问题,采用微型旋风器作为烟气治理与回收中的预处理器。研究微型旋风分级器的分级性能,目的是利用微型旋风分级器将 $1.0\ \mu\text{m}$ 左右的超细硅粉从烟气中分离出来。对3种微型旋风器在不同进口风速下进行实验研究。实验结果表明:分级效率与 S_{50} 数之间的关系在Rosin-Rammler坐标上为1条直线,在人口风速 $15\sim 25\ \text{m/s}$ 范围内分级时,分级粒径可以达到 $0.8\ \mu\text{m}$,分级粒径较小。设计合理的工艺流程,以微型旋风器为预处理器,而布袋除尘器可以将目标粉尘回收,满足市场对超细硅粉的技术要求。

关键词 微型旋风器 超细硅粉 分级粒径 袋式除尘器

Study on Mini-cyclones Used in Ferrosilicon Electric Furnace Flue Gas Control and Recycling

WANG Shang-yuan HAO Wen-ge ZHAO Guang-ling ZHU Na

(College of Resources and Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang, 110004)

Abstract Mini-cyclone is used to treat the problems existed in ferrosilicon electric furnace flue gas control and recycling. The classification features of mini-cyclone are studied to separate super-line powder about $1.0\ \mu\text{m}$ from the ferrosilicon electric furnace flue gas. Three kinds of mini-cyclones at different flow rates are studied. The results show that classification efficiency in cyclone is related to Stokes number and it is a linear function of Stokes number in the Rosin-Rammler coordinates; when classifying at the entrance air speed of $15\sim 25\ \text{m/s}$, the cutting diameter can reach $0.8\ \mu\text{m}$ and it is small. Mini-cyclone is used for pretreatment in designing a rational technical flow while bag house filter can collect target powder and the final products can satisfy the requirement of the market.

Keywords mini-cyclones fine silicon-powder cutting diameter bag house filter

在冶炼行业内,硅铁电炉烟气由于其含尘质量浓度大($2.2\sim 5.5\ \text{g/m}^3$),烟气温度高($400\sim 500\ ^\circ\text{C}$),含有密度小、粒度细的超细硅粉(含 SiO_2),其中粒径在 $0.5\ \mu\text{m}$ 以下的个数百分比在80%以上^[1]。大量的烟尘排放对环境造成严重污染,也造成了资源的浪费^[2]。有资料表明,回收质量分数为92%以上的 SiO_2 微粉,市场需求量非常大^[3]。因此,在硅铁热炉的烟尘治理上选择适宜的除尘工艺及设备尤为重要,使企业在满足达标排放的基础上取得良好的经济效益^[3]。

1 国内外硅铁电炉烟气净化技术现状

硅铁电炉烟气除尘系统采用袋式除尘在国内外硅铁行业已形成共识^[4]。目前硅铁电炉烟气除尘系统大多流程如下:电炉烟气→冷却器→预处理器→风机→袋式除尘器→排空^[1]。采用袋式除尘器可以将粉尘回收。而预处理器既作为粉尘净化设备,又具有去除大颗粒的分级作用,使布袋除尘器收集到符合要求的超细粉尘。因此,选择恰当的预处理器是硅铁电炉烟气治理与粉尘回收的关键。采用微型旋风器作预处理器,分割粒径可以达到 $0.8\ \mu\text{m}$,小粒径粉尘则通过袋式除尘器回收。

2 微型旋风器粉尘分级性能实验研究

2.1 微型旋风器的结构

按一定比例关系设计3种微型旋风器,筒体尺寸分别为: $26\ \text{mm}$, $34\ \text{mm}$, $42\ \text{mm}$ 。旋风器结构见图1。

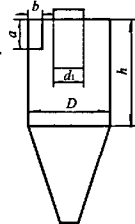


图1 微型旋风器结构

2.2 实验

2.2.1 实验系统

实验研究微型旋风器的分级性能,设计如图2所示的实验系统。

2.2.2 实验用粉尘性质

采用硅粉作为实验粉尘,其真密度为 $2.2\ \text{g/m}^3$ 。其原始分散度经显微镜测定后,用Rosin-Rammler坐标表示,见图3。

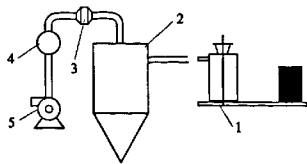


图2 测试系统
1—发生器;2—旋风分级器;3—采样头;4—流量计;5—风机

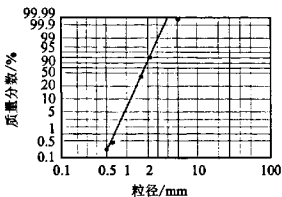


图3 硅粉的粒径分布

2.2.3 实验方法

控制粉尘质量浓度为 20~30 g/m³。含空气流速分别取 15 m/s, 18 m/s, 20 m/s, 25 m/s。将捕集到的粉体用万分之一的天平称重,用显微镜法测定分散度,从而确定分级粒径。

3 结果与讨论

通过对实验获得的数据进行分析发现:粉体分级的效率与 D, μ, ρ, v_0 等参数有关。若将这些因素用无因次 Stk 数表示,可大大简化分析收集效率的因素。旋风器尺寸比例一定的情况下,收集效率只与斯托克斯数相关,这一事实大大减少了旋风器收集性能实验研究的工作量^[5]。其中斯托克斯数的表达式为:

$$Stk = \frac{\rho d^2 v_0}{18 \mu D} \quad (1)$$

式中, ρ 为粒子密度, kg/m³; d 为颗粒粒径, m; v_0 为径向速度, m/s; μ 为气体动力粘性系数, Pa·s; D 为旋风器筒体直径, m。

将不同条件下对应的分级效率数据在 $R-R$ 坐标系中进行描绘,发现 2 者的关系在 $R-R$ 坐标系中呈直线关系,如图 4 所示。其关系式为:

$$\eta_d = 1 - \frac{1}{8nStk} [1 - \exp(-8nStk)] \quad (2)$$

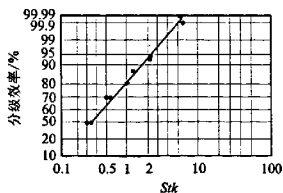


图4 微型旋风器的分级特性

式中, $n = 0.9(H_0/D)$, 其中, H_0 为自然长。

硅粉在不同旋风器、不同风速下的分级粒径如表 1 所示。

表1 分级粒径的实验值

人口风速/ (m·s ⁻¹)	旋风器		
	I	II	III
15	1.2	1.2	1.3
18	0.9	1.0	1.0
20	0.8	0.9	1.0
25	0.8	0.8	0.9

由表 1 可以发现,分级粒径可以达到 0.8~1.3 μm。阻力在 180~600 Pa 之间,处理烟气粉尘比较适宜。根据不同的产品要求,可以选择相应的风速和除尘器尺寸。在实际应用中硅铁矿热炉产生的含尘烟气首先经过多管微型旋风器处理,去除大颗粒炭粒,然后进入到袋式除尘器,收集硅粉微粒。

4 结论

(1)设计合理的工艺流程,以微型旋风器为预处理器,而布袋除尘器可以将目标粉尘回收,得到满足市场要求的硅微粉。

(2)实验测试资料表明,可以通过微型旋风器对超细粉体进行分级,分级粒径可以达到 0.8 μm,是传统分级设备难以实现的。旋风分级器具有结构简单、操作方便的优点,运用微型旋风器作为微硅粉尘分级的预处理装置,在实践上是可行的。

(3)测试数据表明,微型旋风器的分级效率与 Stk 的关系,在 $R-R$ 坐标上为 1 条直线。采用相似准数—— Stk 斯托克斯数来研究旋风分级器的分级性能,可以减少旋风分级器的实验研究的工作量。

(4)建议应用微型旋风器进行粉体分级时,适宜风速为 15~25 m/s。

参考文献

[1]杨丽芳,张志凌.用于硅铁矿热炉烟气除尘的先进技术.环境工程学报,2007,1(1):100-103.
 [2]李英久,苏晓燕.浅谈工业硅厂电炉烟尘治理及硅微粉回收工程.轻金属,2005(7):45-47.
 [3]张海燕.硅铁矿热炉烟尘的治理与回收利用.河南冶金,2002,5(52),20-21.
 [4]向晓东.现代除尘理论与技术.北京:冶金工业出版社,2002.145-148.
 [5]张国权.气溶胶力学——除尘净化理论基础.北京:中国环境科学出版社,1987.98-99.
 作者简介 王尚元,1982年生,男,山东威海人,硕士研究生。
 郝文阁,1959年生,男,河北唐山人,硕士生导师,副教授,从事环境科学与技术方面的研究与教学。

(收稿日期:2007-04-19)