

采用烧结法降低垃圾焚烧飞灰浸出毒性的研究

李 浩¹ 王 恒¹ 韩 涛¹ 方建华² 白良成²

(1 北京科技大学机械工程学院, 北京, 100083; 2 北京金州工程有限公司, 北京, 100101)

摘 要 采用电感耦合等离子体发射光谱仪 (ICP-AES) 对垃圾焚烧飞灰和造粒烧结后试样中重金属的浸出量进行分析. 研究表明, 随着烧结时间的增加和烧结温度的提高, 大多数重金属浸出毒性都有所降低. 对造粒后的飞灰物料进行低温烧结处理, 烧结工艺参数可初步定为造粒直径为 15mm, 烧结温度为 950℃—1100℃, 烧结时间约为 20 min.

关键词 垃圾焚烧, 飞灰, 烧结, 浸出毒性.

垃圾焚烧产物中的重金属主要富集于飞灰中, 且具有浸出毒性高的倾向, 因此, 垃圾焚烧飞灰必须经过处理后才能进行填埋和综合利用. 在当今国内外垃圾焚烧飞灰的稳定化处理方法中, 低温烧结法具有节省能源、工艺简单、资源化程度高等优点, 成为近年来发展最迅速的处理技术之一^[1-4]. 本文研究了造粒后的飞灰在低温烧结条件下重金属的脱除规律, 为烧结炉的设计开发提供理论和实验依据.

1 实验方法

飞灰取自华东地区的两座垃圾焚烧厂 (代号分别为 SH 和 NB), 取样点均为袋式除尘器底部排灰口, 采用压饼机将飞灰制成直径 12mm 高约 15mm 的圆柱形. 取 NB 灰样时, 其半干法脱硫脱酸塔没有工作, 这使得灰样中的钙含量相对较低. 作为对比分析, 对北京市某污水处理厂 (WN) 的污泥也进行了取样, 干燥后用同样方法进行试样制备.

烧结在高温箱式电阻炉中进行, 分别采用 850℃, 900℃, 950℃和 1000℃ 4 个烧结温度, 在每个烧结温度下飞灰样品焙烧 5min, 10min, 15min 和 20min. 采用电感耦合等离子体发射光谱仪 (ICP-AES) 对实验样品进行重金属含量全分析和浸出毒性分析, 其中浸出毒性分析试液的制备参照国家标准《固体废物浸出毒性浸出方法——水平振荡法》(GB 5086 2-1997) 进行.

2 烧结时间的选择

图 1 为在一定烧结温度下样品中 Cu, Ni, Pb 和 Zn 的浸出量随烧结时间的变化. 随着烧结时间的增加, 浸取液中 Cu, Ni, Pb 和 Zn 的含量不断减少, 这是因为试验中重金属或挥发或被固融的量都随烧结时间的延长而增加. 其中 PbO 和 PbCl₂ 较易挥发, SH 灰样在 950℃ 下烧结 10min 后 Pb 基本挥发完全, 随着烧结时间继续增加, 浸出液中 Pb 的含量变化已经很小. Zn 和 Ni 的浸出量随着烧结时间的增加也有所降低. 适当延长烧结时间能减少 Cu, Ni, Pb 和 Zn 的浸出毒性污染. 本文选择烧结时间为 20min.

3 烧结温度的选择

图 2 为在一定烧结时间下样品中 Cu, Ni, Pb 和 Zn 的浸出量随烧结温度的变化. 从图 2 可以看出, SH 灰样在 10—15min 的烧结时间下, Cu, Ni, Pb 和 Zn 等的浸出量随着烧结温度的升高均有不同程度的下降. 温度从 850℃ 提高到 1000℃, 这 4 种元素的浸出量都减少了 50% 以上. 因此, 适当提高烧结温度是改善烧结效果、降低浸出毒性的有效措施. NB 灰样随烧结温度的提高, Ni 和 Zn 的浸出量有一定的增加, Cu 和 Pb 的浸出量变化不是很明显, 其原因还有待进一步研究.

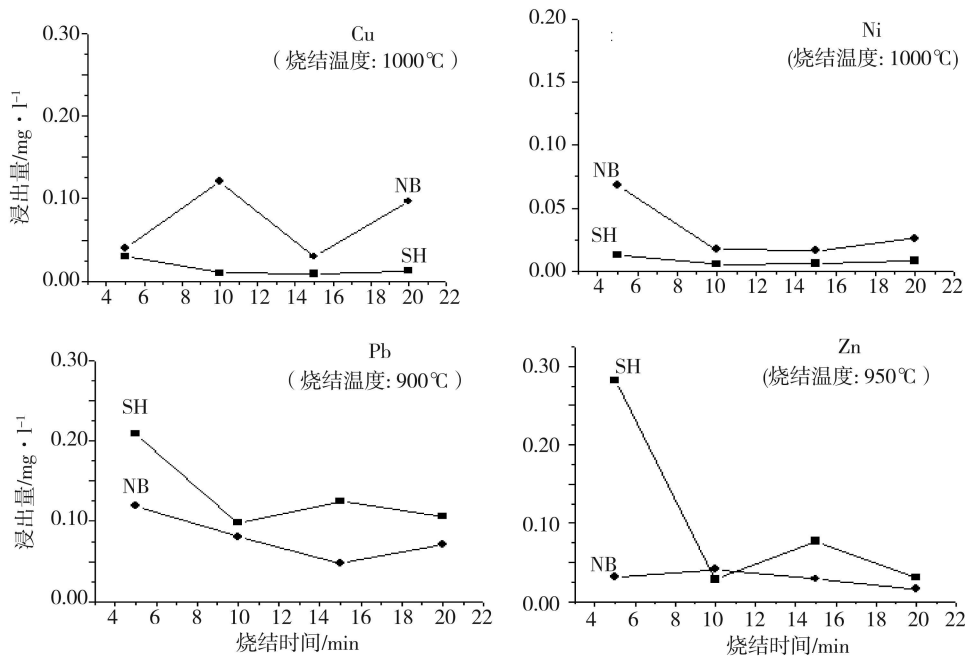


图 1 Cu、Ni、Pb 和 Zn 的浸出量与烧结时间的关系

Fig 1 Relations of leaching amount of Cu、Ni、Pb、Zn and sintering time

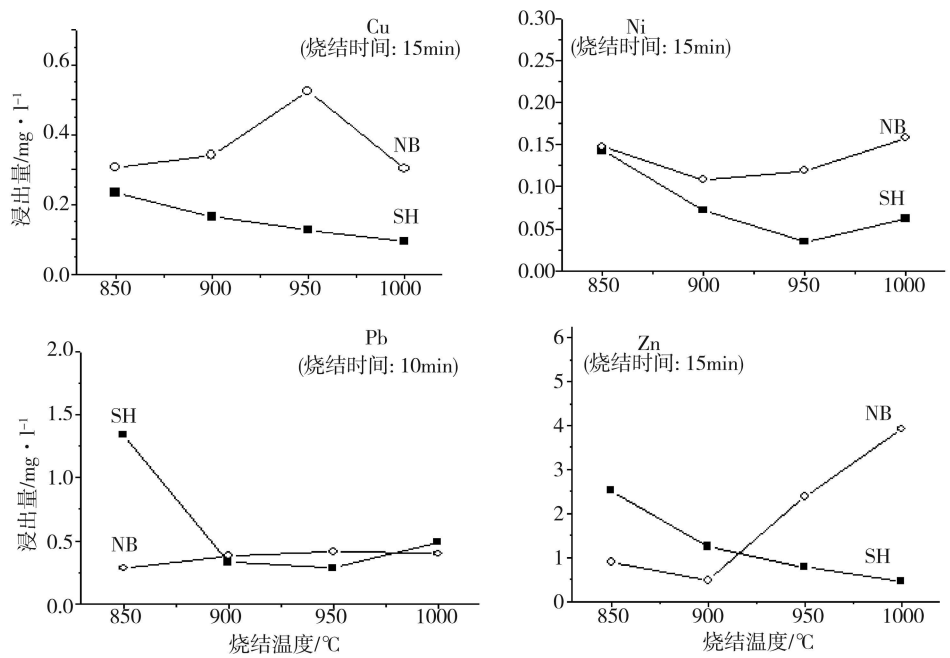


图 2 Cu、Ni、Pb 和 Zn 的浸出量与烧结温度的关系

Fig 2 Relations of leaching amount of Cu、Ni、Pb、Zn and sintering temperature

Hg 极易挥发，SH 灰样在烧结温度超过 950℃ 后，Hg 挥发完全，浸出液中已经检测不到。NB 灰样中 Hg 在更低的温度 (850℃) 下，就已挥发完全。

SH 灰样在各个烧结时间下 As 的浸出量随烧结温度的变化规律并不明显。总的来说，随着烧结温度的增加，As 的浸出量略有降低，但影响并不显著。

由于烧结处理过程中 Cr 主要以 Cr_2O_3 和 Cr_2O_3 的形式存在，它们在烧结过程中生成了易溶的钙盐，因而促进了 Cr 的溶出，所以随着烧结温度的升高，Cr 的浸出量也随之增加。

本实验中，在同等浸取条件下 Cd 的浸出毒性在两种灰样中表现差异很大。SH 灰样中 Cd 的浸出

毒性随着烧结温度和烧结时间的升高而有所降低，而 NB 灰样中却刚好相反，随着烧结温度和烧结时间的升高，增长趋势相当明显，这可能是由于两种灰样成分不同，导致烧结后产物中 Cd 存在的形式有所不同。SH 灰样中大部分 Cd 挥发或生成不易浸出的化合物，而 NB 灰样中，由于灰样成分上的差异，Cd 可能生成了一些更易浸出的物质。本文选择烧结温度为 950℃—1100℃

4 烧结前后重金属浸出量的比较

图 3 是 SH 和 NB 飞灰试样在 900℃ 下烧结 20min 重金属浸出量的比较。

SH 样本烧结前飞灰浸出量最多的是 Pb，其次是 Cr 和 Zn。飞灰样品在经过 900—1000℃ 的烧结后，浸出毒性测试中各元素均有很大的降低，大部分金属的浸出量减少了 60%。烧结 10min 以后，绝大多数元素浸出量的变化已不是很明显。

NB 样本在烧结后各元素的浸出毒性有增有减，情况较为的复杂。飞灰原样中 Cd、As、Ni 和 Hg 相对比较稳固，浸出量很低。原含量较高的 Pb 在经过处理后，浸出毒性有了明显的下降，这与 Pb 的挥发性有着密切的关系。而 Zn 在 10min 时出现降低，在 20min 后又有增加。

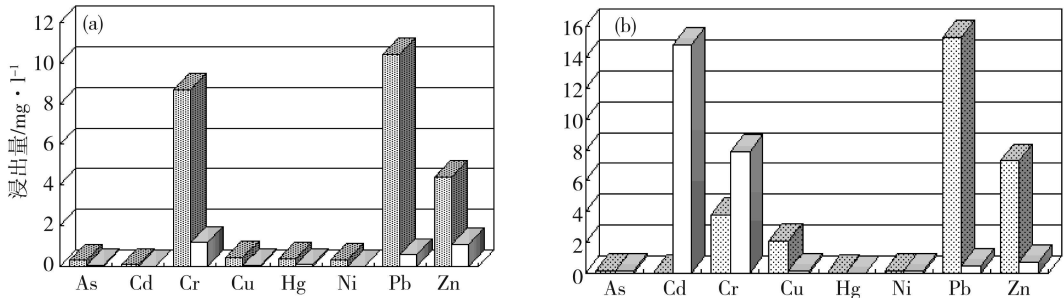


图 3 SH 和 NB 灰样烧结前后浸出毒性比较

(a) ■ SH, □ SH900-20; (b) ■ NB, □ NB900-20

Fig 3 Comparison of leaching toxicity of SH and NB before and after sintering

图 4 为北京市某污水处理厂的污泥原样与 950℃ 下烧结 20min 后其浸出毒性的比较。污泥原样中重金属浸出量从大到小依次为 Zn> Cu> Ni> As> Cr> Pb> Cd。经过烧结处理后，As、Cu、Ni、Pb 和 Zn 的浸出量都减少了 85% 以上，Cd 和 Cr 的减少量也在 29% 以上。这充分说明，污泥在燃烧发热后产生灰渣的毒性要比污泥本身的低很多。

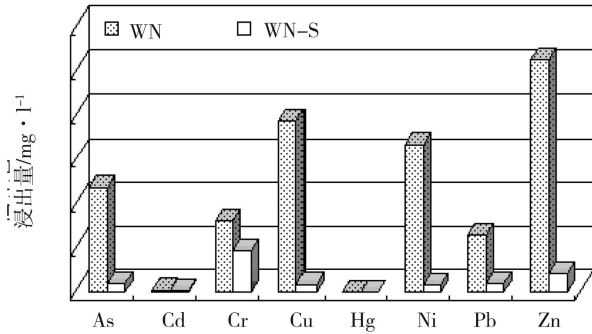


图 4 污泥试样烧结前后浸出毒性比较

Fig 4 Comparison of leaching toxicity of WN before and after sintering

5 结论

(1) 烧结时间对大多数重金属浸出毒性的影响大致相同。烧结温度一定时，随着烧结时间的增加，浸取液中 Cu、Ni、Pb、Zn 和 Hg 的含量减少，浸出毒性降低。Pb 易挥发，Hg 极易挥发，烧结后两种系列灰样的浸出液中几乎检测不到。

- (2) 随着烧结温度的提高，一般重金属的浸出量均有所降低，可见适当提高烧结温度有利于降低飞灰的浸出毒性。
- (3) 采用厚料层方式进行烧结，操作参数可初步定为：造粒的直径为 15mm，烧结温度为 950—1100℃，烧结时间为 20 min

参 考 文 献

[1] 陈德珍, 张鹤声, 龚伯逊, 垃圾焚烧炉飞灰的低温玻璃固化初步研究 [J]. 上海环境科学, 2002 24(6) : 609—612

[2] Wey M ing-yen , Liu Kuang-yu, Tsai Tsung-hsun et al., Thermal Treatment of The Fly Ash from Municipal Solid Waste Incinerator with Rotary Kih [J]. *Journal of the Hazardous Materials*, 2006 B137: 981—989

[3] Ward D B, Goh Y R, Clarkson P J et al., A Novel Energy-Efficient Process Utilizing Regenerative Burners for The Detoxification of Fly Ash [J]. *Trans Chem.*, 2002, 80 Part B: 315—324

[4] De Casa G, Mangiardi T, Paolini A E et al., Physical Mechanical and Environmental Properties of Sintered Municipal Incinerator Fly Ash [J]. *Waste Management* 2007, 27: 238—247

SINTERING OF MUNICIPAL SOLID WASTE INCINERATOR(MSWI) FLY ASH FOR LEACHING TOXICITY REDUCTION

LI Hao¹ WANG Heng¹ HAN Tao¹ FANG Jian-hua² BAI Liang-cheng²

(1 School of Mechanical Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China
2 Beijing Golden State Engineering Co., Ltd., Beijing 100101, China)

ABSTRACT

This paper adopted the inductively coupled plasma-apparatus of emission spectrograph (ICP-AES) to analyze the heavy metal contents and their leaching toxicity for original and sintered MSWI fly ash samples. The results indicate that the leaching toxicity of the most heavy metals tend to reduce as the sintering time or temperature increasing. Besides, the results also suggest that it is theoretically feasible to enhance the safety of their landfill and utilization. The sintering operation parameters can be considered primarily as 15mm in diameter of fly ash pellets, 950 to 1100℃ for about 20 minutes.

Keywords MSWI fly ash, sintering, leaching toxicity.