

机械筛分法去除电石渣中非钙成分的研究

侯新凯，武志江，郑伟豪，马香，强兴东

(西安建筑科技大学材料科学与工程学院，陕西 西安 710055)

摘要：为寻求一种低成本、有效的电石渣除杂工艺，采用干法筛分以及粉磨后湿法筛分两种方式研究分析电石渣中化学成分的粒级分布特征，杂质富集粒级范围以及粉磨对成分分布的影响。结果表明，电石渣中杂质成分主要集中在-38 μm 和 +315 μm；粉磨可将松散的Ca(OH)₂团聚体解聚分散，粉磨样除去杂质富集粒级后，SiO₂含量由5.60%降至4.89%，且CaO含量大于85%，满足工业化生产需求。

关键词：电石渣；氢氧化钙；筛分分选；粒级分布；除杂

doi:10.3969/j.issn1000-6532.2020.02.029

中图分类号：TD985 文献标志码：A 文章编号：1000-6532 (2020) 02-0161-07

电石渣是电石与水反应生成乙炔气时产生的呈灰白色固体残渣^[1-2]，约含有85%~95% Ca(OH)₂、1%~10% CaCO₃、1%~3%未反应碳粒、SiO₂、硅化合物以及硅酸盐^[3-5]。电石渣替代石灰石生产水泥是目前电石渣综合利用中最为彻底、技术上也最为成熟的方法^[6]，但当地水泥厂仅能利用一小部分电石渣，跨地域利用成本高，效益差。另外电石渣也可作为改良土壤稳定剂^[7]，但存在重金属浸出超标的风险，且只能用于特定土壤成分，使用量很小。除此之外，还可用于酸性废水处理^[8]，利用电石渣的强碱性中和酸性废水，同时可降低水样中重金属含量，但废水消耗量有限且处理后废料污泥容易造成二次污染，以上应用都是将电石渣简单处理或直接利用，处理量有限且排放量逐年增加，电石渣资源化利用迫在眉睫。

目前钢铁厂、火电厂等对高纯石灰有大量需求，每年需开采数十亿t石灰石，不仅破坏生态环

境，而且石灰石矿产资源面临枯竭。用电石渣烧制电石用石灰，实现从“电石渣→石灰→电石→电石渣”的良性循环，符合国家环保产业政策，也符合企业切身发展利益。当前利用电石渣代替石灰石生产石灰最大的问题是其杂质成分造成石灰产品纯度低，影响下游利用。因此电石渣实现高附加值资源化利用的关键在于将电石渣中杂质成分低成本高效地分离去除。

电石渣除杂的基本方法包括化学方法与物理方法。化学方法是以NH₄Cl或盐酸为溶剂将电石渣中钙质成分溶解，过滤除去非钙质杂质，然后再将钙质成分转换为不溶钙盐，脱水得到纯净的含钙物料。曾蓉^[9]将电石渣溶于NH₄Cl中，再将Ca²⁺浸取液与杂质进行过滤分离制备出纯度为95.25%的CaCl₂。Zhang^[10]使用氯化铵作为萃取剂和碳酸铵沉淀剂，通过液相法由电石渣制备高纯度的碳酸钙超细粉末。曹建新^[11]将电石渣配成浆

收稿日期：2019-03-26；改回日期：2019-04-28
基金项目：陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2016JM5010)；山西省科技创新项目(2013101038)
作者简介：侯新凯(1966-)，男，硕士生导师，博士，主要研究方向为固废资源化利用。
通讯作者：武志江(1993-)，男，硕士研究生，E-mail: wuzhijiang2018@163.com

液后与盐酸反应制备氯钙溶液，再通过复分解反应制备微细和超细碳酸钙，

化学法大量使用化学试剂，成本高昂且容易造成二次污染，所以目前工业应用主要以物理法为主。物理方法除了磁选分选出 FeSi 杂质外，通常都利用钙质矿物与非钙质矿物在粒级分布的差异性，采用机械筛分法、旋风分离法、水力旋流法等，实现钙质矿物与非钙质矿物分离，使得除杂后电石渣钙质成分富集。但建明^[12]将电石渣浆沉降分离硅铁及炭粒等杂质后，采用湿法多级机械筛分除去 +25 μm 杂质，工艺需水量大，设备投资成本高。为降低工业用水量，但建明^[13]将电石渣烘干料，通过干法选粉机分选除去 +45 μm 杂质得到细粉，再将细粉磁选后得到熟石灰，但该过程电石渣细粉料无法充分分散，杂质颗粒仍与钙质粉料团聚包裹。杨航^[14]利用水力旋流法提纯电石渣中含钙物相，溢流粒度主要分布在 -90 μm，以钙质成分为主，底流粒度主要分布在 17 ~ 174 μm，杂质含量高，因 Ca(OH)₂ 与杂质密度相近，分选效果差，产品纯度低。宋存义^[15]设计了一种重选鼓风氧化提纯工艺及其装置，在曝气池中借助鼓风装置鼓入空气使 Ca(OH)₂ 碳化成 CaCO₃，借助过滤网将粒径 -48 μm 的 CaCO₃ 颗粒和杂质不溶物分离，该反应过程周期长，处理效率低，在实际生产过程中，除杂效果与预期目标有一定差距。

本文通过干法筛分以及粉磨后湿法筛分两种方式研究分析电石渣中化学成分的粒级分布特征，杂

质富集粒级范围以及粉磨对成分分布的影响，以期找到一种低成本、有效的提纯方法循环利用电石渣。

1 试 验

1.1 原料

(1) 试验用电石渣取自陕西北元化工集团股份有限公司，标记为 Y，对 Y 作 X-ray 荧光分析，化学成分见表 1。

表 1 电石渣 Y 化学成分 /%

Table 1 Carbide slag Y chemical composition

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SO ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	LOI
65.82	5.27	2.11	0.87	0.41	0.25	0.27	0.24	24.45

可看出电石渣中 CaO 含量为 65.82%，SiO₂ 含量为 5.27%。测定电石渣灼烧基中 CaO 含量为 84.09%。

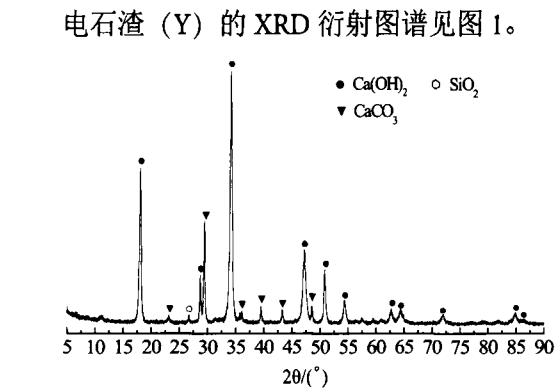


图 1 电石渣 (Y) 的 XRD 图谱
Fig. 1 XRD pattern of carbide slag (Y) raw material

Y 试样的主导矿物为 Ca(OH)₂ 和 CaCO₃。其中 CaCO₃ 是由部分 Ca(OH)₂ 与空气中 CO₂ 气体碳化反应而成，XRD 图谱中可以看到杂质矿物石英 (SiO₂) 的衍射峰。表 2 为电石渣粒径分布图。

表 2 电石渣粒径分布

Table 2 Granularity range of the carbide slag

粒径 / μm	-18	+18-23	+23-38	+38-45	+45-80	+80-125	+125-200	+200-315	+315
含量 / %	5.08	10.11	26.47	16.83	21.13	11.85	6.90	0.99	0.64

从表 2 中可以看出电石渣原料粒径主要集中在 18 ~ 125 μm 之间。

1.2 仪器

日本理学 D/MAX2200 型 X 射线衍射仪，Cu 靶 Kα 射线，λ = 0.15418 nm (扫描速率 5° /min，

2 θ 角度 5 ~ 90°)。德国布鲁克 X 射线荧光光谱仪，型号：S4 PIONEER。美国 FEI 公司生产的场发射扫描电镜，型号：Quanta 600FEG (二次电子)。北京众合创业科技发展有限责任公司 ZHM-1A 型振动磨。北京格瑞德曼仪器设备有限公司全自动电

磁三维振动筛分仪，型号：SS200。

1.3 试验方法

1.3.1 试样制备

(1) 在 Y 料中加入适量的 3 mol/L 稀盐酸，调节溶液的 pH 值至 2，使 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 CaCO_3 充分溶解过滤，将剩余残渣收集，该残渣为电石渣杂质富集料，标记为 SY。

(2) 取干基 Y 50 g 干法筛分为 9 个粒级：-18 μm 、18 ~ 23 μm 、23 ~ 38 μm 、38 ~ 45 μm 、45 ~ 80 μm 、80 ~ 125 μm 、125 ~ 200 μm 、200 ~ 315 μm 、+315 μm ，计算各粒级产率并测定各粒级化学成分。

(3) 除去 Y 料中杂质富集粒级，标记为 YF，取 YF 50 g 用振动磨分别粉磨时长 3 s，7 s，10 s 得到三种试样，以超声波为振动源湿法筛分为 8 个粒级：-18 μm 、18 ~ 23 μm 、23 ~ 38 μm 、38 ~ 45 μm 、45 ~ 80 μm 、80 ~ 125 μm 、125 ~ 200 μm 、200 ~ 315 μm ，筛分后粉磨样烘干至恒重，计算各粒级产率，选择粒级产率稳定试样 YW，测定其各粒级化学成分。

(4) 经上述 (3) 步骤得到粒级产率稳定试样，除去其杂质富集粒级得到最终产品 YZ。

1.3.2 化学成分测定

将上述 1.3.1 方法制得试样，依据 GB/T 176-2017 水泥化学分析方法^[16]使用灼烧基测定其化学成分：CaO 含量测定采用氢氧化钠熔样-EDTA 滴定法； SiO_2 含量测定采用氟硅酸钾容量法； Al_2O_3 含量测定采用硫酸铜返滴定法； Fe_2O_3 含量测定采用 EDTA 直接滴定法；MgO 含量测定采用 EDTA 滴定差减法；硫酸盐 SO_3 的测定采用硫酸钡重量法。

2 结果与讨论

2.1 电石渣矿物成分及显微形貌

电石渣中主导矿物为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 CaCO_3 ，为进一步显现电石渣中杂质矿物，用上述 1.3.1 中稀

盐酸溶解去除 Y 试样中 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 CaCO_3 ，得到富集杂质试样 SY。SY 的 XRD 图谱见图 2，从 SY 衍射图谱中可看出杂质相有 SiO_2 、SiC、FeSi 及 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 。其中 SiO_2 为主要杂质成分，电石渣除杂工艺围绕如何去除 SiO_2 展开研究。

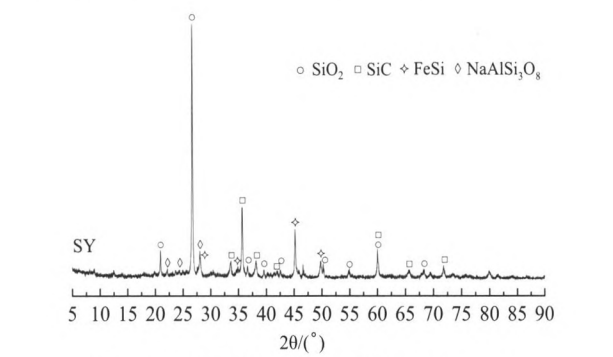
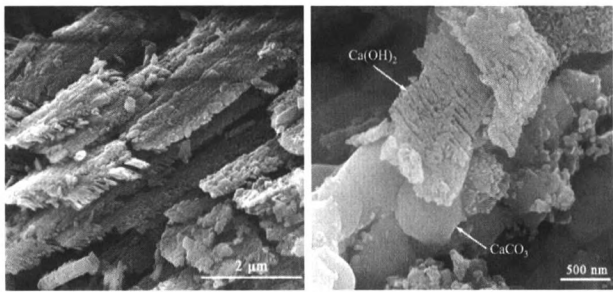


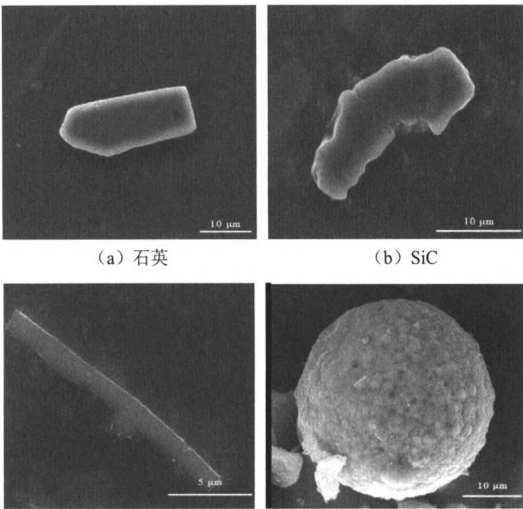
图 2 电石渣杂质富集料 SY 的 XRD
Fig. 2 XRD pattern of carbide slag impurity-rich material SY



(a) 50000× (b) 100000×

图 3 Y 料 SEM 显微形貌

Fig. 3 SEM micrograph of Y material



(c) 长石 (d) Al_2O_3 与碳粒包裹球

图 4 SY 料 SEM 显微形貌
Fig. 4 SEM micrograph of SY material

图 3 为电石渣中主导矿物 SEM 显微形貌，从 (a) 可看出原料为层状堆叠的团聚体，主要成分为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，表面呈现不规则纹理，同时也能看到簇状结构的聚集体之间存在大量空隙。(b) 为原料局部放大图，可看出层状堆叠的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 中有少量圆形 CaCO_3 颗粒，两者相互包裹团聚。与图 1 原料 XRD 衍射图谱结果相吻合。

图 4 是 SY 主要单体的 SEM 显微形貌，(a) 是石英单体呈长条状，粒径大小约 $23\times 9\text{ }\mu\text{m}$ 。(b) 是碳化硅颗粒，形貌不规则粒径大小约 $20\times 11\text{ }\mu\text{m}$ 。(c) 是长石单体呈棒状，粒径大小约 $15\times 2\text{ }\mu\text{m}$ 。(d) 为刚玉与碳粒包裹团聚球体，直径约 $25\text{ }\mu\text{m}$ 。以上可看出电石渣杂质成分粒径主要分布在 $20\text{ }\mu\text{m}$ 左右。

2.2 原料化学成分的粒级分布特征

电石渣原料经筛分后将不同粒级的原料在 $950\text{ }^\circ\text{C}$ 高温炉内灼烧并保温 1 h，将灼烧料做化学成分分析并计算各粒级产率，结果见表 3。

表 3 Y (灼烧基) 各粒级化学成分及产率 / %
Table 3 Y (burning base) chemical composition and yield in different size

粒级 / μm	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	产率
-18	79.84	9.77	1.82	0.24	0.24	1.02	5.08
18-23	80.12	9.48	3.58	0.24	0.18	1.06	10.11
23-38	80.64	9.02	0.90	0.19	0.41	0.97	26.47
38-45	91.16	3.96	1.05	0.05	0.14	0.60	16.83
45-80	91.19	3.67	1.04	0.12	0.15	0.38	21.13
80-125	94.48	1.51	0.72	0.24	0.24	0.23	11.85
125-200	94.26	1.29	0.45	0.24	0.18	0.25	6.90
200-315	88.84	1.30	1.21	0.43	0.18	0.27	0.99
+315	54.01	27.17	7.35	6.41	0.97	0.55	0.64

由表 3 可看出 Y 中杂质在各粒级分布规律，主要杂质 SiO_2 相集中在 $-18\text{ }\mu\text{m}$ 、 $18\sim 23\text{ }\mu\text{m}$ 、 $23\sim 38\text{ }\mu\text{m}$ 和 $+315\text{ }\mu\text{m}$ 这四个粒径范围内，含量分别为 9.77%、9.48%、9.02%、27.17%。其余杂质成分粒级分布规律与 SiO_2 相似。通过计算原料中 CaO 含量为 87.04%，主要杂质 SiO_2 含量为 5.74%。根据表 3 中数据绘制 CaO 含量及产率随粒径变化的趋势，结果见图 5 所示。

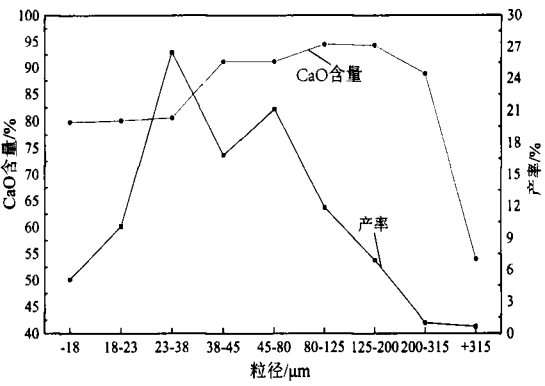


图 5 Y 料 CaO 含量及各粒级产率分布特征
Fig. 5 CaO content of Y material and distribution characteristics of each grade fraction

由图 5 可知，在 $-18\text{ }\mu\text{m}$ 、 $18\sim 23\text{ }\mu\text{m}$ 、 $23\sim 38\text{ }\mu\text{m}$ 和 $+315\text{ }\mu\text{m}$ 这四个粒径范围内，CaO 含量均低于 85%，其余粒径中 CaO 含量均在 85% 以上，尤其在 $80\sim 125\text{ }\mu\text{m}$ 粒级范围，含量为 94.48%。鉴于 $+315\text{ }\mu\text{m}$ CaO 含量仅有 54.01%， SiO_2 含量高达 27.17%，在后续研究过程中可考虑剔除该粒级物料。

选取筛分后 Y 料中杂质含量较高的 $-18\text{ }\mu\text{m}$ 、 $+315\text{ }\mu\text{m}$ 以及 CaO 含量最高的 $80\sim 125\text{ }\mu\text{m}$ 粒级进行 XRD 分析，见图 6。

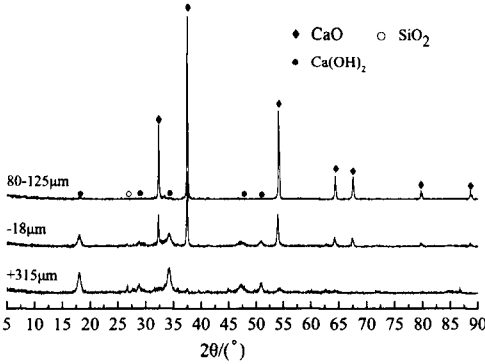


图 6 Y 料部分粒级 XRD
Fig. 6 XRD pattern of partial grain size of Y material

从图 6 分析可知， $80\sim 125\text{ }\mu\text{m}$ 粒级范围内仅出现 CaO 衍射峰，并未发现 SiO_2 衍射峰， $-18\text{ }\mu\text{m}$ 和 $+315\text{ }\mu\text{m}$ 衍射图谱中可看到明显的 SiO_2 衍射峰，且 $+315\text{ }\mu\text{m}$ 中衍射峰强度高于 $-18\text{ }\mu\text{m}$ 。三个粒径范围内 SiO_2 含量高低依次为： $+315\text{ }\mu\text{m} > -18\text{ }\mu\text{m} > 80\sim 125\text{ }\mu\text{m}$ ，该结果与表 3 中 SiO_2 含量分布特征相符合。

2.3 粉磨对各粒级化学成分的影响

原料中 +315 μm 粒级范围内杂质含量高、产率低，剔除该粒级粉料后原料中 CaO、SiO₂ 含量分别为 87.25%、5.60%。然后将试样粉磨，粉磨时间分别为 3 s、7 s、10 s。将粉磨后物料湿法筛分，得到不同粉磨时间后各粒级产率变化趋势，见图 7。

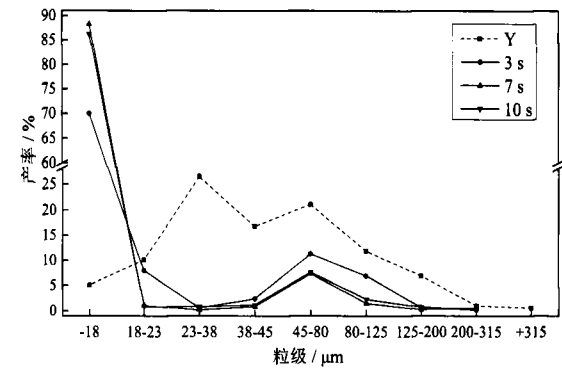


图 7 Y 及不同粉磨时间 YF 粒级分布特征
Fig. 7 Y and different grinding time YF size distribution characteristics

在 -18 μm 粒级内 Y 产率远小于 YF，其余粒级范围内 Y 产率均高于 YF。该现象的主要原因在于电石渣在未粉磨前团聚严重，在粉磨机械力作用下团聚体有效解聚分离^[17]。同时，Y 中粗粒级产率随着粉磨时间的延长降低，-18 μm 粒级产率陡增，在粉磨时间达到 7 s 后，粉磨样各粒级产率趋于平稳。试验采用稳定后粉磨样（10 s），标记为 YW。

YW 经筛分后将不同粒级的原料在 950℃ 高温炉内灼烧并保温 1 h，将灼烧料做化学成分分析并计算各粒级产率，结果见表 4。根据表 4 中数据绘制 CaO 含量及产率随粒径变化的趋势，见图 8。

表 4 YW（灼烧基）各粒级化学成分及产率 /%
Table 4 Y W(burning base) chemical composition and yield in different size

粒级 / μm	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	产率
-18	84.59	5.02	2.02	0.19	0.41	0.90	86.25
18 ~ 23	83.47	7.32	2.33	0.24	0.34	0.73	0.85
23 ~ 38	85.29	7.07	2.12	0.24	0.36	0.41	0.82
38 ~ 45	90.25	3.87	1.21	0.12	0.30	0.32	1.18
45 ~ 80	90.81	3.73	1.21	0.12	0.30	0.36	7.65
80 ~ 125	89.39	4.37	1.51	0.19	0.26	0.38	2.29
125 ~ 200	86.29	6.54	2.23	0.12	0.36	0.57	0.77
200 ~ 315	86.05	6.68	2.34	0.24	0.24	0.67	0.19

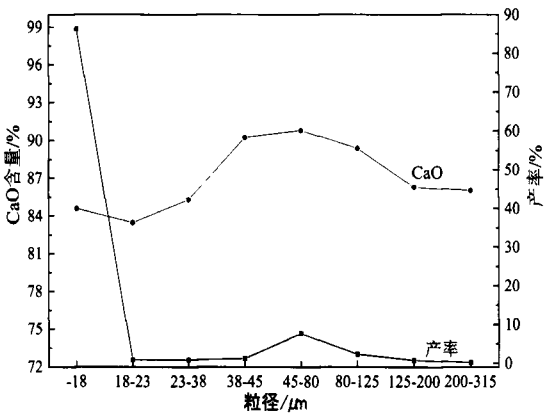


图 8 YW 中 CaO 含量及粒径产率
Fig. 8 CaO content and particle size yield of YW material

结合图 5、图 8 可看出 YW 相较于 Y 在 80 ~ 315 μm 粒级范围内的 CaO 的含量降低，而在 -80 μm 范围内含量提高，造成这种现象是由于团聚的 Ca(OH)₂ 粗颗粒在粉磨作用下解聚分散，向细粒级富集。YW 中 CaO、SiO₂ 含量分别为 85.25%、4.94%。在 18 ~ 23 μm、23 ~ 38 μm、125 ~ 200 μm、200 ~ 315 μm 这四个粒级中主要杂质 SiO₂ 含量高、粒级产率低，可考虑将这些粒级范围物料去除得到 YZ，YZ 中 SiO₂ 含量为 4.89%。

电石渣中钙质成分回收率计算公式如下：
$$P = \frac{m_1 \times \alpha}{m_2 \times \beta} \times 100\%$$
式 (1)
式中：P 为钙质成分的回收率；m₁、α 分别为电石渣原料的质量、CaO 品位；m₂、β 分别为最终产品的质量、CaO 品位。

根据式 (1) 及表 3、4 中相应数据可计算出最终电石渣提纯产品的 CaO 品位为 85.26%，回收率为 98.09%。

YF 经过粉磨、湿筛得到 YW，试样中 CaO 含量由 87.25% 降低至 85.25%，主要是在湿筛过程中少量 Ca(OH)₂ 溶解于水中。YF 经处理得到最终产品 YZ，SiO₂ 含量由 5.60% 降至 4.89%，达到预期除杂效果，CaO 含量大于 85%，满足工业化生产需求。

3 结 论

本文通过机械筛分方式，将电石渣原料与粉磨样筛分分级，探究电石渣化学成分随粒级变化的

规律及粉磨对化学成分分布的影响,得出以下结论。

(1) 电石渣中主要矿物是 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 CaCO_3 , 层状堆叠的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 团聚体包裹大颗粒 CaCO_3 。杂质矿物相含有 SiO_2 、 SiC 、 FeSi 及 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 。

(2) 干法机械筛分明确原料中各粒级成分分布特征,在 $+315\ \mu\text{m}$ 粒级中 SiO_2 含量高达 27.17%。为后续粉磨工艺去除该粒级杂质提供依据。

(3) 电石渣粉磨后,湿法筛分并除去杂质富集粒级,最终产品中 SiO_2 含量为 4.89%,该工艺流程有一定除杂效果; CaO 含量为 85.26%,回收率为 98.09%,满足工业化生产需求。

参考文献:

- [1] Palanisamy R, Agamuthu P, Shaliza I. Carbide Sludge management in Acetylene Producing Plants by Using Vacuum filtration[J]. Waste Management & Research the Journal of the International Solid Wastes & Public Cleansing Association Iswa, 2002, 20(6): 536.
- [2] Cardoso F A, Fernandes H C, Pileggi R G, et al. Carbide Lime and Industrial Hydrated Lime Characterization[J]. Powder Technology, 2009, 195(2): 143-149.
- [3] Saldanha R B, Scheuermann Filho H C, Mallmann J E C, et al. Physical-mineralogical-chemical characterization of Carbide Lime: An Environment-friendly Chemical Additive for Soil stabilization[J]. J. Mater. Civ. Eng, 2018, 30(6): 06018004.
- [4] Phetchuay C, Horpibulsuk S, Suksiripattanapong C, et al. Calcium Carbide Residue: Alkaline Activator for Clay-fly Ash Geopolymer[J]. Construction & Building Materials, 2014, 69(69): 285-294.
- [5] Hang Y, Cao J, Zhi W, et al. Discovery of Impurities Existing State in Carbide Slag by Chemical Dissociation[J]. International Journal of Mineral Processing, 2014, 130(JUL): 66-73.
- [6] Krammart P, Tangtermsirikul S. Properties of Cement Made by Partially Replacing Cement Raw Materials with Municipal Solid Waste Ashes and Calcium Carbide Waste[J]. Construction & Building Materials, 2004, 18(8): 579-583.
- [7] Horpibulsuk S, Phetchuay C, Chinkulkijniwat A. Soil Stabilization by Calcium Carbide Residue and Fly Ash[J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2012, 24(2): 184-193.
- [8] Othman A, Sulaiman A, Sulaiman S K. Carbide lime in acid mine drainage treatment[J]. Journal of Water Process Engineering, 2016, 15: S2214714416302495.
- [9] 曾蓉, 乔秀文, 郭丽丽, 等. 电石渣氯化铵循环法制备高纯氯化钙的工艺 [J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2014, 32(6): 665-670.
- Zeng R, qiao X W, guo L L, et al. Preparation of High Purity Calcium Chloride by Calcium Carbide Residue Ammonium Chloride Cycling Method [J]. Journal of Shihezi University: Natural Science Edition, 2014, 32 (6) : 665-670.
- [10] Zhang W, Yang H, Xi L, et al. Preparation of Calcium Carbonate Superfine Powder by Calcium Carbide Residue[J]. Energy Procedia, 2012, 17(1): 1635-1640.
- [11] 曹建新, 杨林, 倪南杰, 等. 一种电石渣制备不同晶形微细和超细碳酸钙的方法 [P]. 中国: CN101264920, 2008-09-17.
- Jian J X, Yang L, Xie N J, et al. Methods for Preparation of Different Crystal Shape of Fine and Ultra Fine Calcium Carbonate Using Carbide Slag [P]. China: CN101264920, 2008-09-17.
- [12] 但建明, 刘峰, 杨志文, 等. 一种湿法电石渣筛分除杂的方法 [P]. 中国: 201711211543.8, 2018-03-23.
- Dan J M, Liu F, Yang Z W, et al. A Wet Screening Method for Removing Impurities from Calcium Carbide Residue [P]. China. 201711211543.8, 2018-03-23.
- [13] 但建明, 刘峰, 杨志文, 等. 一种电石渣生产高纯熟石灰的方法 [P]. 中国: 201711211624.8, 2018-05-18.
- Dan J M, Liu F, Yang Z W, et al. A Wet Screening Method for Removing Impurities from Calcium Carbide Residue [P]. Chinese Patent: 201711211543.8, 2018-03-23.
- [14] 杨航, 曹建尉, 王志, 等. 电石渣中高钙相的水力旋流法富集 [J]. 过程工程学报, 2014, 14(3): 369-376.
- Yang H, Cao J W, Wang Z, et al. Hydrocyclone Enrichment of High Calcium Phase in Calcium Carbide Slag [J]. Journal of Process Engineering, 2014, 14 (3) : 369-376.
- [15] 宋存义, 卢熙宁, 童震松, 等. 一种重选鼓风氧化提纯工艺及其装置 [P]. 中国: 201410329465.1, 2014-10-01.
- Song C Y, Lu X N, Tong Z S, et al. Purification Process and Device of Heavy Selective Air Oxidation [P]. China: 201410329465.1, 2014-10-01.
- [16] GB/T 176-2017. 水泥化学分析方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- GB/T 176-2017. Methods for Chemical Analysis of Cement [S]. Beijing: China Standard Press, 2017.
- [17] 彭猛, 唐果宁. 振动磨机粉磨动力学研究进展 [J]. 矿业工程研究, 2008, 30(2): 107-108.
- Peng Meng, Tang G N. Research Progress of Vibration Mill Grinding Dynamics [J]. Mining Engineering Research, 2008, 30 (2) : 107-108.

(下转 155 页)

- Xia X M. Recovery of Cobalt from Zinc Purification Residue by Hydrometallurgy [D]. Central South University, 2012.
- [11] 王燕凤. 湿法炼锌贫镉液除钴净化新工艺的研究 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2012.
- Wang Y F. Study on a New Purification Process for Removing Cobalt from Cadmium Deficient Solution of Zinc Hydrometallurgy [D]. Kunming University of Science and Technology, 2012
- [12] 龙长江, 叶为辉, 胡昌文. 红土镍矿湿法冶金镍钴沉淀新工艺分析 [J]. 化工管理, 2018(31):197-198.
- Long C J, Ye W H, Hu C W. Analysis of a New Hydrometallurgical Nickel and Cobalt Precipitation Process in Laterite Nickel Mine [J]. Chemical Management, 2018 (31) : 197-198.
- [13] 贾露萍. 混合硫化镍钴沉淀工艺述评 [J]. 中国有色冶金, 2018,47(5):1-5.
- Jia L P. Review of Mixed Nickel Cobalt Sulfide Precipitation Process [J]. China Nonferrous Metallurgy, 2008,47 (5) : 1-5.
- [14] 鲁兴武. 高钴渣制取钴化合物新工艺研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2018.
- Lu X W. Research on a New Process for Producing Cobalt Compounds from High Cobalt Residue [D]. Lanzhou: hou University, 2018.
- [15] 王文祥, 刘莹, 李慧颖, 等. 碳酸盐沉淀法制备钴氧化物超细粉末前驱体 [J]. 湿法冶金, 2017,36(3):218-221, 226.
- Wang W X, Liu Y, Li H Y, et al. Preparation of Cobalt Oxide Superfine Powder Precursor by Carbonate Precipitation [J]. Hydrometallurgy, 2017,36 (3) : 218-221, 226.

Study on Precipitation of Cobalt from Purified Raffinate

Zhang Xingxun

(Zijin Mining Group Co., Ltd., Xiamen, Fujian, China)

Abstract: Cobalt was recovered by two-stage precipitation from purified raffinate of the acid leaching a certain copper-cobalt ore. Active magnesium oxide was used in the first stage and lime was used in the second stage. The test results showed that the first stage of cobalt precipitation was stirred at room temperature for 7 h, the amount of magnesium oxide was 2 kg/m³, the cobalt concentration in the first stage of cobalt precipitation solution was 0.18 g/L, the cobalt precipitation rate was 91.22%, and the cobalt residue contained 28.80% cobalt. The total cobalt precipitation rate of the two stages was 98.86%, and the cobalt residue of the second stage contained 3.75% cobalt, which could be returned to leaching.

Keywords: Active magnesium oxide; Copper-cobalt oxide ore; Precipitation

////////////////////////////////////
(上接 166 页)

Study on Removal of Non-calcium Ingredients from Carbide Slag by Mechanical Screening
Hou Xinkai, Wu Zhijiang, Zheng Weihao, Ma Xiang, Qiang Xingdong
(College of Material Science and Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi' an, Shaanxi, China)

Abstract: In order to find a low-cost and effective impurity removal process for calcium carbide slag, the particle size distribution characteristics of chemical components in calcium carbide slag, the impurity enrichment size range and the effect of grinding on the distribution of ingredients were studied and analyzed using dry sieving and wet sieving after grinding. The results showed that the main impurities in carbide slag were in the size ranges of -38 μm and +315 μm. The loose Ca(OH)₂ aggregates can be depolymerized and dispersed by grinding. After removing the impurities and enriching particle size, the content of SiO₂ in the ground sample decreased from 5.60% to 4.89%. The content of CaO was greater than 85%, which meets the needs of industrial production.

Keywords: Carbide slag; Calcium hydroxide; Sieve sorting; Particle size distribution; Edulcoration